

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Пренос снаге флуидом

Број индекса: 122/2017

Дамир Д. Дамњановић

**Израда 3Д модела аксијално клипне пумпе у софтверском
пакету CATIA V5**

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доц. др Владимир Вукашиновић -ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Основне академске студије**

Студијско подручје (усмерење): **Машинско инжењерство (ЕПТ)**

Име и презиме: **Дамир Дамњановић**

Број индекса: 122/2017

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **Израда 3Д модела аксијално клипне пумпе у софтверском пакету CATIA V5**

Задатак: У оквиру завршног рада студент би требало да прикаже теориска разатрања која се односе на запреминске пумпе (подела, принцип рада, параметри енергије, конструктивна решења), са нагласком на аксијалне пумпе. Пред тога потребно је обрадити конкретан модел пумпе у софтверском пакету CATIA. Коришћењем софтверског пакета CATIA генерисати техничку документацију за све елементе склопа у складу са стандардом.

Ментор:

Др Владимир Вукашиновић, доцент

Крагујевац, 27.02.2020

Садржај

Резиме.....	1
Abstract	1
1. Увод	2
1.2 Хидраулични преносници	2
1.3 Хидростатички систем.....	3
1.4 Запреминске хидрауличке машине.....	5
1.5 Класификација пумпи и обртних хидромотора	6
2. Клипне пумпе	9
2.1 Радијално клипне пумпе.....	9
2.2 Редне клипне пумпе	10
2.3 Радијално клипне пумпе са ексцентром.....	11
2.4 Радијалне клипне пумпе са клиповима у ротору	12
3. Аксијално клипне пумпе	14
3.1 Подела аксијално клипних пумпи	14
3.2 Аксијално клипне пумпе са косом нагибном плочом и са косим цилиндарским блоком	15
3.5 Аксијално клипне пумпе са вентилским развођењем.....	16
3.3 Материјал за израду делова пумпи.....	19
4. Радни параметри клипних пумпи	20
4.1 Параметри хидрауличне снаге	20
4.2 Запремински губици	20
4.3 Параметри механичке снаге пумпи	21
4.4 Укупан степен корисности.....	22
5. Израда 3Д модела аксијално клипне пумпе.....	24
5.1 Поступак моделирања компоненти	28
5.2 Поступак креирања склопа.....	36
5.3 Поступак израде техничке документације.....	38
Закључак.....	45
Литература	46

Резиме

У оквиру овог рада приказана су теоријска разматрања која се односе на пумпе, клипне пумпе док је акценат стављен на аксијално клипним пумпама. Приликом теоријског разматрања извршена је категоризација пумпи, принцип рада, параметри као и конструктивна решења. У уводном поглављу дате су опште теоријске напомене о хидрауличним преносима и описани су хидраулични преносници, категоризације, док су у другом и трећем поглављу детаљно описане клипне пумпе, детаљно описана аксијално клипна пумпа као и материјал од кога се израђују. У оквиру четвртог поглавља представљени су параметри хидрауличне снаге, запремински губици, параметри механичке снаге као и укупан степен корисности. У оквиру петог поглавља представљено је детаљно упутство за коришћење програма за 3Д моделирање као и сам поступак моделирања и склапања делова аксијално клипне пумпе.

Кључне речи: пумпа, аксијална клипна пумпа, хидраулични систем

Abstract

Theoretical considerations related to pumps and piston pumps are presented in this work, while the emphasis is placed on axial piston pumps. In the theoretical consideration, the classification of pumps, working principles, parameters as well as constructive solutions was presented. The introductory chapter gives general theoretical notes on hydraulic transmissions and describes hydraulic transmissions, categorizations, while the second and third chapters describe in detail the piston pumps, the axial piston pump and the material from which they are made. In the fourth chapter, the parameters of hydraulic power, volume losses, and parameters of mechanical power as well as the overall efficiency are presented. Detailed instructions for using the 3D modelling program, as well as the process of modelling the parts of the axial piston pump are presented in the fifth chapter.

Keywords: pump, axial piston pump, hydraulic system

1. Увод

Последњих година постигнут је велики напредак у развоју и практичној примени хидрауличног система у свим гранама привреде. Посебно широку примену имају у области мобилних система у грађевинарству, рударству, пољопривреди и шумарству. Тако да је практично немогуће размишљати о конструкцији разних транспортних средстава, пољопривредних, рударских и других машина, а да се истовремено не размишља и о конструкцији хидрауличног система. Овако широка примена хидрауличких система иницирана је низом предности у односу на друге преноснике као што су механички преносници који представљају основне видове преноса енергије са једног места на друго преко полуге, вратила и зупчаника [1].

Механички преносници често омогућавају најједноставнији пренос енергије између погонских и радних машина, али са развојем технике повећава се и степен захтева које механички преносници не могу увек испунити. Све сложнији захтеви при преносу енергије који се односе на брзину кретања, сложеност конструкције, величину снаге, тачност помака иницирали су широку примену хидрауличких система у свим областима технике. Хидростатички преносници (хидраулички системи) у односу на друге преноснике успешно решавају ове и друге сложене захтеве као у случају када је [1]:

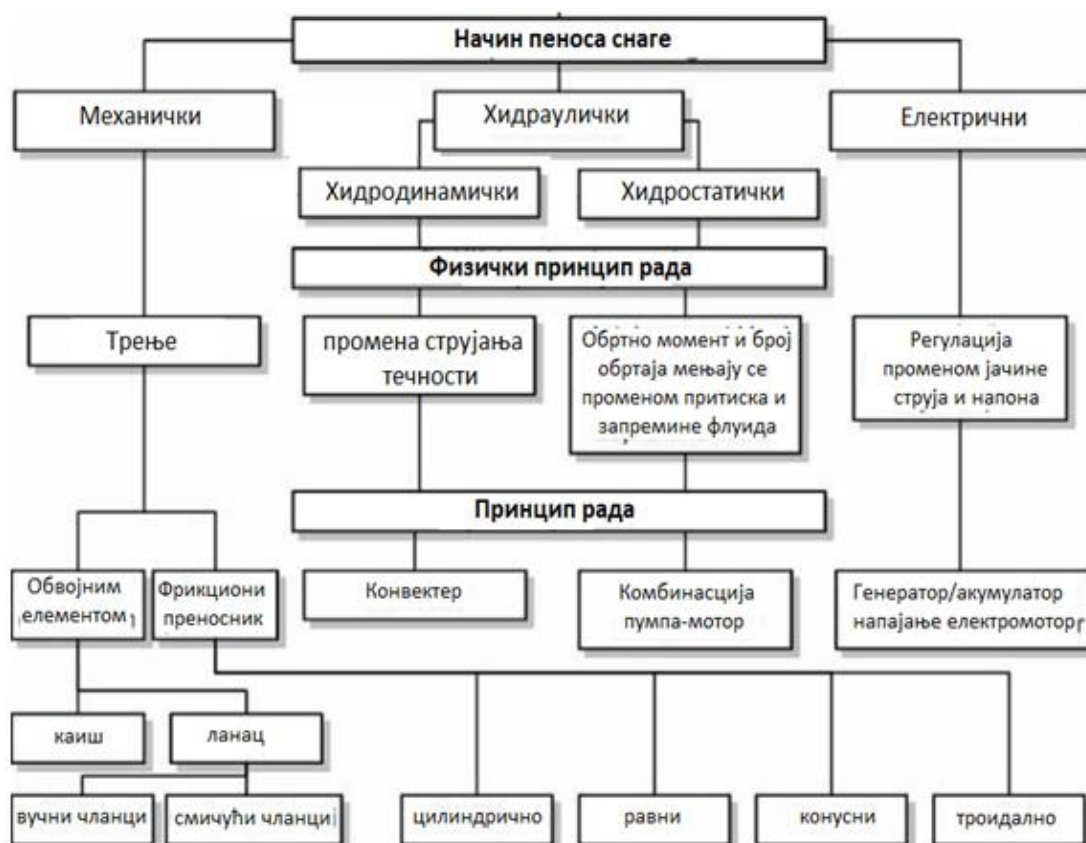
- Растојање од извора енергије до места њеног коришћења велико;
- Потребна промена смера и правца кретања;
- Неопходно обезбедити континуирано кретање;
- Потребно мењати оптерећење и брзину кретања;
- На располагању мали простор и преносник мора бити мале тежине, и у низу других.

1.2 Хидраулични преносници

У техници постоје различите врсте извођења система преноса снаге као што су електрични, механички и хидраулички. На слици 1 је приказана класификација преноса снаге [2].

Под хидрауличким преносником, у општем случају, подразумевамо скуп уређаја способних да врше пренос енергије помоћу течности са једног места на друго. У истом уређају обављају се и друге функције: трансформација једног облика енергије у други, регулација протока притиска и тока кретања течности. У односу на начин преноса и трансформацију хидрауличне енергије, хидраулични преносници се могу поделити у две велике групе [1]:

- Хидродинамичке преноснике и
- Хидростатичке преноснике

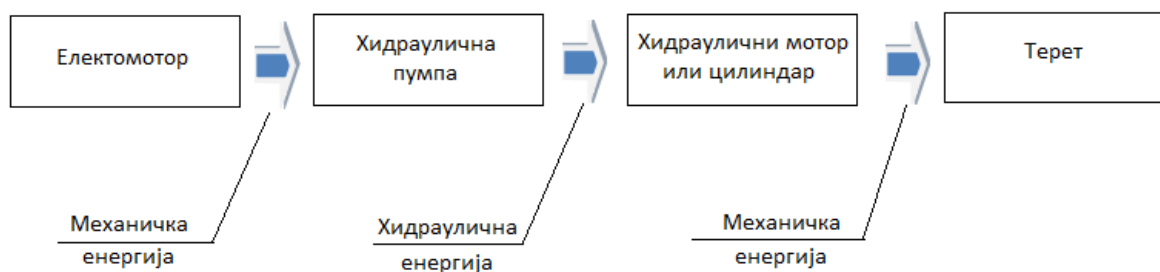


Слика 1. Класификација система преноса снаге [2]

1.3 Хидростатички систем

Под хидростатичким системом подразумеваће се сваки хидраулички преносник, код кога је претварач механичке у хидрауличку енергију запреминска пумпа, а претварач хидрауличке у механичку енергију запремински хидраулични мотор [1].

Ток енергије код хидростатичких преносника приказан је на слици 2.

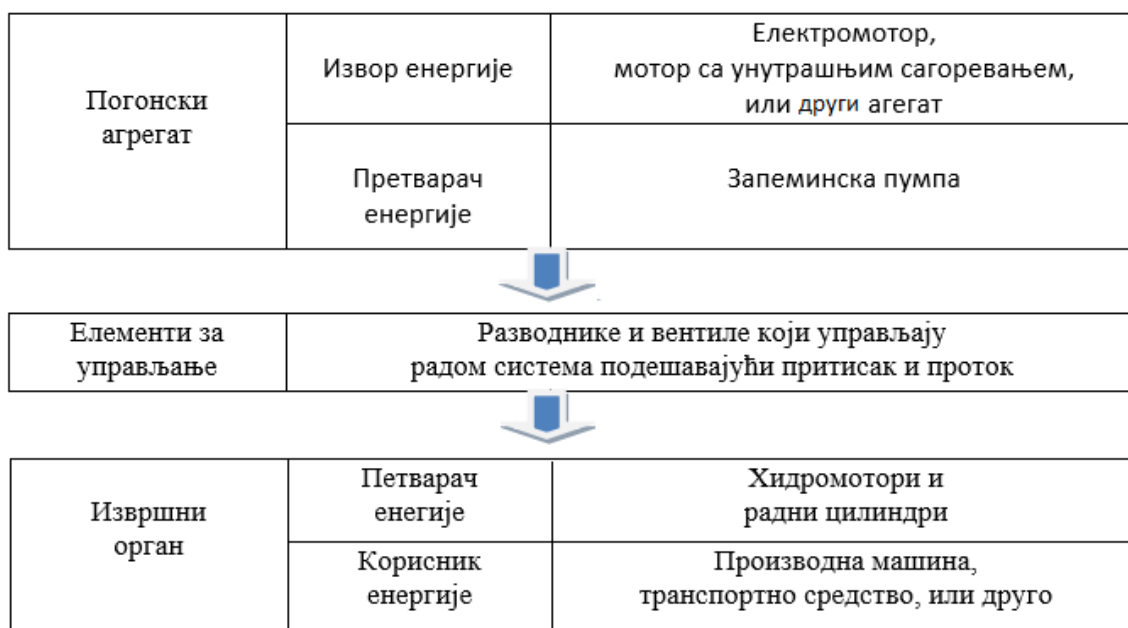


Слика 2. Ток енергије хидростатичког преносника [1]

Сваки хидраулички систем, без обзира на степен сложености, састоји се од 3 основне групе елемената [1]:

- Погонског агрегата (извор енергије и претварач енергије) претварач енергије (пумпа) добија механичку енергију од извора енергије (електромотора или мотора СУС) и претвара је хидрауличну енергију.
- Елемента за управљање који управљају радом система управљајући притисак и проток.
- Извршног органа (хидромотора) који хидрауличку енергију претвара у механичку и предаје радној машини (производној машини, транспортно средство, или друго).

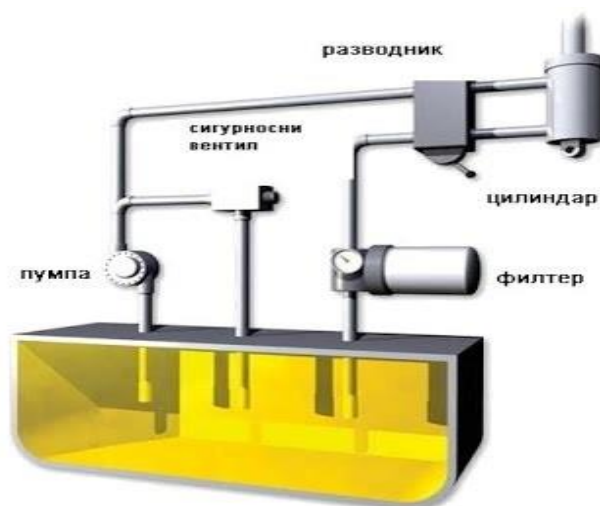
Принципијелна блок шема хидрауличног система са основним елементима приказана је слици 3.



Слика 3. Принципијелна блок шема хидрауличног система [1]

Поред основне групе елемената да би чинио функционалну целину хидраулични систем садржи и друге елементе као што су [5]:

- Везивни елементи (цевоводи, цревоводи и прикључци) који повезују елементе хидрауличног система и служе за пренос хидрауличне енергије, односно радне течности под притиском;
- Елементи за пречишћавање радне течности (филтери) који пречишћавају радну течност од нечистоћа;
- Елементи за смештај и грејање радне течности (резервоари, хладњаци и грејачи);
- Елементи за акумулирање хидрауличке енергије (хидраулички акумулатори).



Слика 4. Компоненте хидрауличког система [3]

По врсти кретања разликујемо [1]:

1. Хидраулички систем са обртним кретањем, код кога излазно коло врши обртно (кружно) кретање, при чему се као извршни мотор користи запремински хидромотор
2. Хидраулички систем са наизменичним кретањем, код кога излазно коло врши праволинијско наизменично кретање, а као извршни елемент користи се радни цилиндар
3. Хидраулички систем са наизменичним кретањем, код кога излазно коло врши праволинијско наизменично закретно кретање за угао мањи од 360, а као извршни елемент користи се радни цилиндар

1.4 Запреминске хидрауличке машине

У хидростатичким системима примену имају запреминске хидрауличне машине. Хидрауличне машине су уређаји за претварање механичке енергије (механичког рада) у енергију струјања радне течности (пумпе) или за претварање струјне енергије радне течности у механички рад (хидромотор) [6].

Хидрауличке машине имају механизам за потискивање и механизам за развођење. Механизам за потискивање чине радне коморе и покретни механички склоп, овај механизам претвара доведену механичку енергију у енергију струјања радне течности или струјну енергију радне течности у механички рад у зависности да ли је хидрауличка машина пумпа или хидромотор [5].

Механизам за развођење радне течности омогућава одвајање захваћене радне запремине течности тако да раздваја зону ниског притиска (на улазу) од зоне високог притиска (на излазу) хидрауличке машине [5].

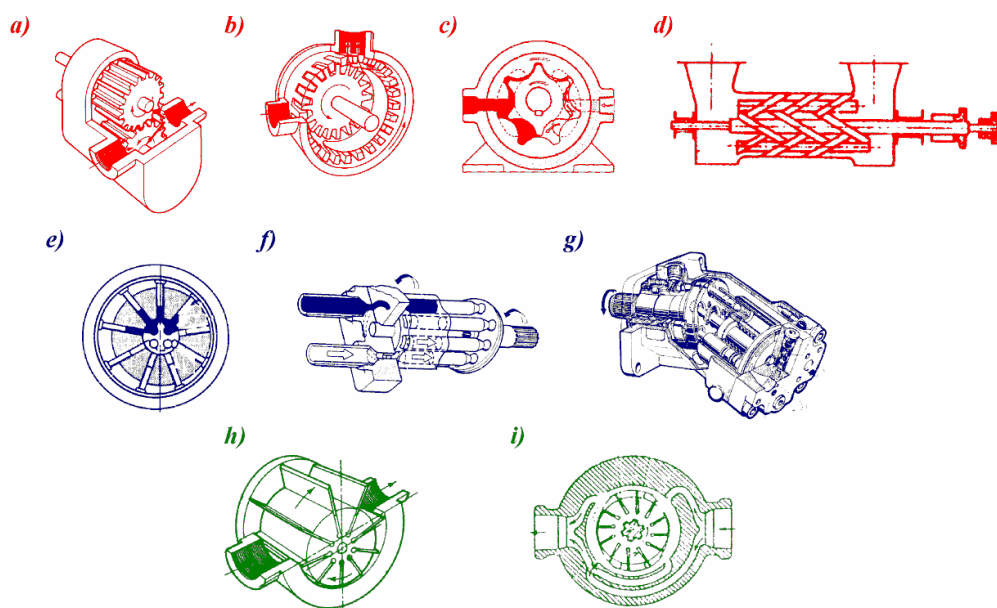
Механизам за управљање радних параметара пумпе омогућује промену радних параметара хидрауличне машине током рада (промену притиска, промену протока, промену момента на вратилу) (Хидраулички и пнеуматски системи) [5].

Пумпа је основни агрегат код хидрауличног система који улазну механичку енергију претвара у енергију струјања радне течности. У овом раду обрађивање се само запреминске пумпе користе запремински принцип дејства који је заснован на цикличној промени радне запремине њихових радних органа. Радни органи који врше промене радних запремина ових пумпи дејствују на принципу клипног механизма, а могу бити конструкцијски изведени као клипови, покретне обртне плоче, зупчаници и мембране [5].

1.5 Класификација пумпи и обртних хидромотора

Постоји велики број различитих варијанти извођења радних елемената запреминских хидрауличних машина и тешко је пребројати сва решења која се могу наћи на тржишту. Ипак требало би нагласити да се у системима хидрауличног преноса снаге најчешће користе [6]:

- Зупчасте и завојне пумпе и обртни хидромотори;
- Крилне пумпе и обртни хидромотори;
- Клипне пумпе и обртни хидромотори (слика 5).



Слика 5. Најчешће коришћене запреминске хидрауличке машине (пумпе и обртни хидромотори) – а) зупчасте са спољашњим озубљењем, б) зупчасте са унутрашњим озубљењем, с) героторксе (са зупчастим прстеном), д) завојне, е) радијалне клипне, ф) аксијалне клипне са косом плочом, г) аксијалне клипне са косим цилиндарским блоком, h) крилне са крилима у ротору једноструког дејства, и) крилне са крилима у ротору двоструког дејства [6]

Радни елемент запреминских хидрауличних машина (пумпа, хидромотор) може изводити ротационо или транслаторно кретање, па запреминске хидрауличке машине можемо поделити на [1]:

- Ротационе и
- Транслаторне

У зависности од броја смерова протицања радне течности пумпе и обртни хидромотори могу бити [1]:

- Једносмерног дејства
- Двосмерног дејства

Према конструкцији запреминске пумпе и обртни хидромотори могу бити са константном (нерегулационе) и промењивом радном запремином (регулационе). Пумпе са константном радном запремином дају приближно константан проток на излазу, за константну угаону брзину погонског уређаја. Обртни хидро мотори са константном радном запремином дају приближно константну угаону брзину на излазу, за константан проток на улазу [1].

Постоји велики број различитих варијанти констукцијских решења запреминских хидрауличних машина чија се основна разлика огледа у конструкцији и врсти радних елемената. Према начину формирања радне запремине ротационе хидрауличне машине се могу поделити [1]:

- Зупчасте са правим и косим зупцима
- Завојне
- Крилне

Зупчасте машине спадају у групу, код којих су радни елементи за потискивање течности зуба зупчаника. Запреминска течност која се потискује је ограничена бројем и величином међузубља зупчаника и бројем обртаја зупчаника у јединици времена. Зупчасте машине са правим зупцима према конструкцијском решењу се могу поделити на [1]:

- Машине са унутрашњим озубљењем
- Машине са спољашњим озубљењем

Завојне пумпе налазе примену у низу специјалних места захваљујући низу добрих карактеристика, као што су равномеран проток течности равномеран момент увијања, компактна конструкција, бешуман рад, могућност израде у широком дијапазону капацитета и број обртаја. Посебну примену налазе у нафтној индустрији. По конструкцији се разликују завојне пумпе са два, три или пет вретена [1].

Крилне машине спадају у групу конструктивно најједноставнијих запреминских машина, према конструкцијском решењу се могу поделити на [1]:

- Са крилцима у жљебовима ротора;
- Са крилцима у жљебовима статора.

Клипне хидрауличне машине се у односу на постављање цилиндара у односу на осу обртања ротора могу поделити на [1]:

- Радијалне клипне
- Клипне без ротора
- Аксијално клипне машине

Радијално клипне пумпе се могу поделити у односу на то како су постављени клипови [1]:

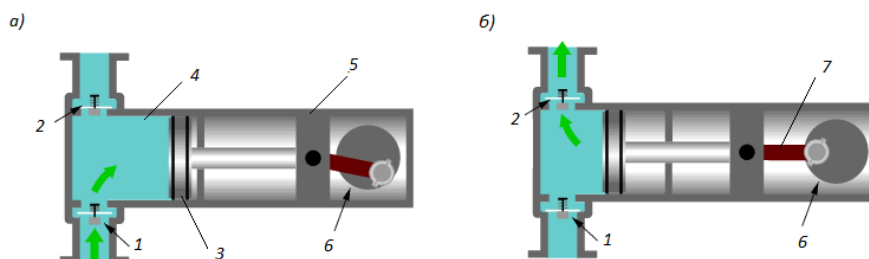
- Са клипом у ротору
- Са клипом у статору

Аксијалне клипне пумпе и хидромотори са аксијалним распоредом цилиндара добиле су у пракси назив просторне, или пумпе са косом плочом (диском). Ове пумпе се могу поделити у две основне групе [1]:

- Клипне пумпе и хидромоторе са косом нагибном плочом- аксијално клипне пумпе код којих се оса цилиндарског блока поклапа са осом улазног (погонског) вратила.
- Клипне пумпе и хидромотори са косо постављеним цилиндарским блоком - аксијално клипне пумпе код којих се оса улазног вратила поклапа са осом плоче.

2. Клипне пумпе

Основна конструкција клипне пумпе је приказана на слици 6. То је једноставна пумпа са једним клипом која данас нема никаквог значаја у примени, али се изведене законитости њеног рада користе за конструкцију осталих сложенијих клипних пумпи.



Слика 6. Једноклипна пумпа, 1-усисни вентил, 2-потисни вентил, 3-радни клип, 4-радни цилиндар, 5-водећи механизам, 6-погонско вратило, 7-погонска полука [11]

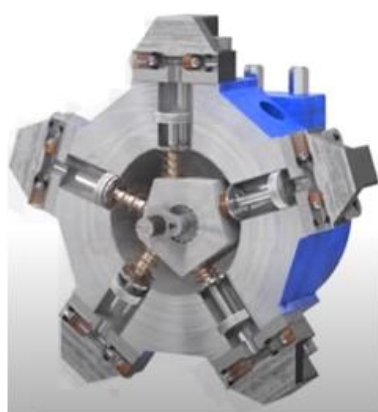
Погон радног клика (3) се остварује се остварује преко погонског вратила (6) и зглобно везаних полука (7). Када се радни клип креће према спољашњој крајњој тачки смањује се радна запремина цилиндра (4) отвара се потисни вентил (2) и потискује се радни флуид, у току повратног хода радног клипа ка унутрашњој крајњој тачки смањује се радна запремина отвара се усисни вентил (1) и радни цилиндар се испуњава флуидом [1].

У савременим хидрауличким системима високог притиска примену имају претежно ротационе клипне пумпе и хидромотори. Разликују се радијалне ротационе клипне пумпе са цилиндрима постављеним нормално у односу на осу обртања ротора и аксијалне ротационе клипне пумпе са паралелно постављеним цилиндрима у односу на осу обртања цилиндарског блока. Код првих пумпи клипови се крећу у једној равни, а код других у простору. И прве и друге пумпе израђују у варијантама са и без регулације протока. Аксијални положај клипова погоднији се за високе брзине и мале торзионе моменте, а радијалан за веће торзионе моменте и мале брзине [1].

2.1 Радијалне клипне пумпе

Радијалне клипне пумпе назив су добиле по распореду клипова у односу на осу ротације, који су постављени тако да им се осе секу у истој тачки и налазе се у истој равни. Пумпе оваквог типа робусне конструкције, израђују се у извесним случајевима за снаге до 3000kW и протоке течности до 800 l/min. Док пумпе малих димензија израђују се за притиске до 1000 bar, при чему се за притиске до 200-300 bar израђују са разводом помоћу разводника, а за више притиске са вентилским разводом. По конструкцији могу бити [8]:

- Са клиповима у статору (редне клипне пумпе и радијалне клипне пумпе са ексцентром)
- Са клиповима у ротору (ротационе радијалне клипне пумпе)



а)

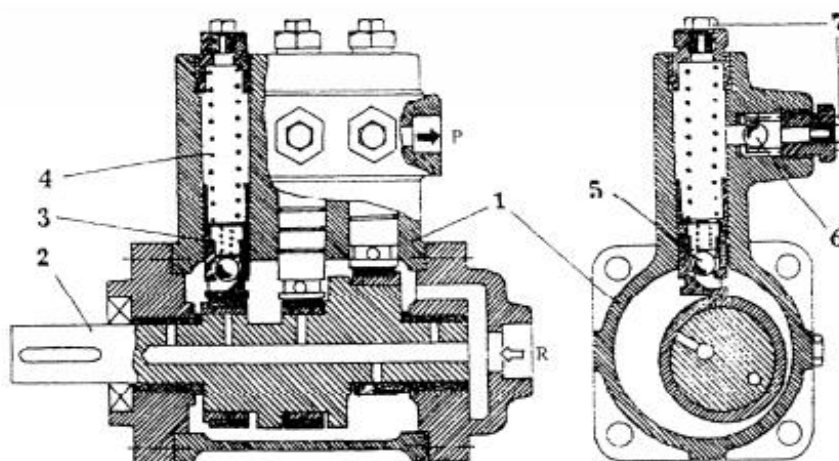


б)

Слика 7. Примери радијалних клипних пумпи: а) Радијално клипна пумпа са клиповима у статору; б) радијално клипна пумпа са клиповима у ротору [11]

2.2 Редне клипне пумпе

На слици 8 је приказан пресек редне клипне пумпе. Механизам за потискивање чине склоп цилиндара, клипова и повратне опруге. Клипови који су постављени уздуж осе ротације доњим крајем се ослањају на ексцентричне сегменте коленастог вратила (2). Ротационо кретање коленастог вратила преноси се преко ексцентрика на клипове који се крећу транслаторно уздуж своје осе. Стално налегање клипова на површине сегмента коленастог вратила омогућено је помоћу опруге (4). Највише тачке сегмента закренуте су за 120° .

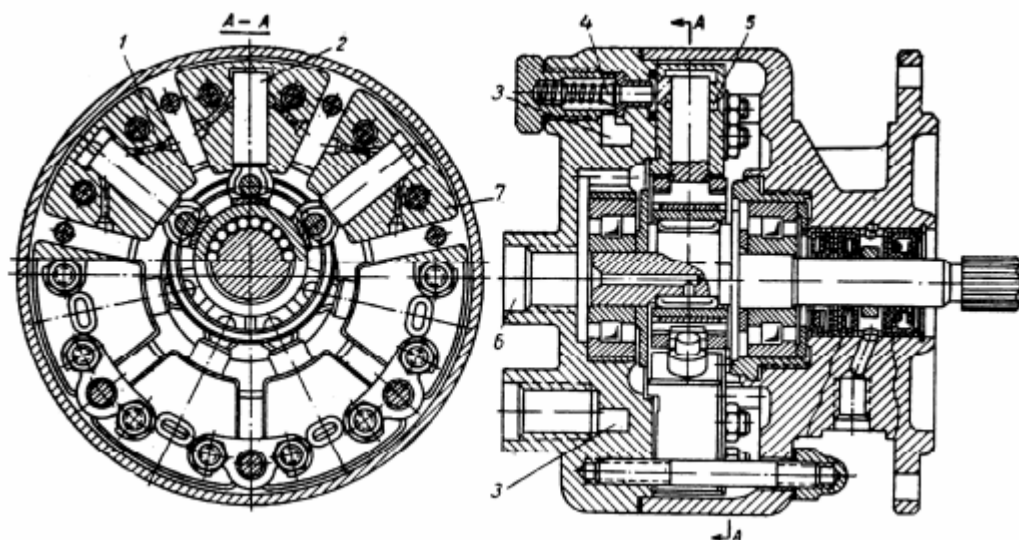


Слика 8. Шематски приказ редне клипне пумпе: 1-тело са цилиндрима, 2-ексцентрично вратило, 3-клип, 4-опруга, 5-усисни вентил, 6-потисни вентил, 7-завртањ за испуст ваздуха [8]

Редне клипне пумпе се производе за притиске и од 640 bar. Раде са бројевима обртаја $n=300 \div 100$ o/min и релативно ниским степеном корисности: запреминском $0.75 \div 0.85$, а укупним $0.60 \div 0.75$.

2.3 Радијалне клипне пумпе са ексцентром

Пресек и конструкција радијалне клипне пумпе са ексцентром приказан је на слици 9. Радни клипови (2) чије се покретање врши помоћу ексцентричног главног погонског вратила, постављени су у статору. Течност се из резервоара доводи у унутрашњу шупљину тела пумпе кроз прикључни отвор (6), па затим течност бива усисана кроз отворе (5) у зидовима цилиндра и канале (1) у цилиндру при ходу клипова у смеру центра. Пошто је отвор (5) прекривен, клип при кретању од центра, потискује течност кроз вентил (4) у потисну комору (3) пумпе. [8]

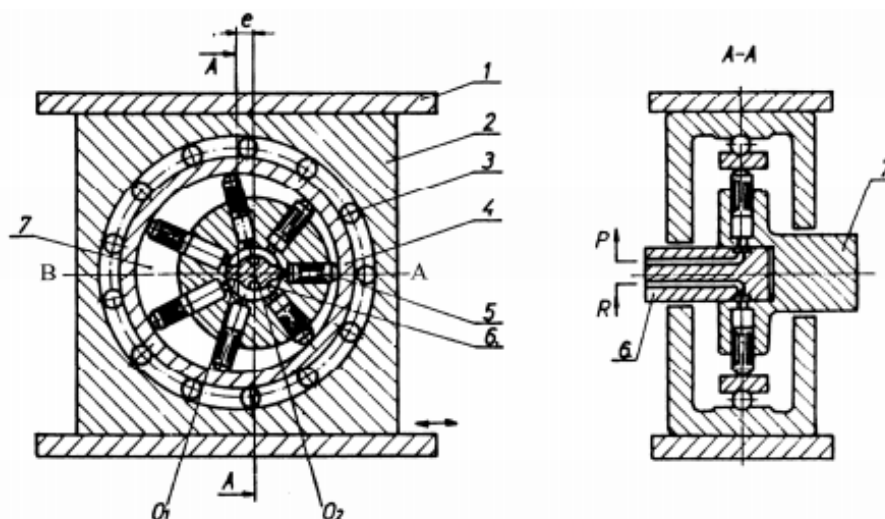


Слика 9. Шематски приказ радијалне клипне пумпе са ексцентром: 1-усисни разводни вентил, 2-клип, 3-потисни прикључак, 4-вентил, 5-усисни вентил, 6-усисни прикључак, 7-цилиндар [8]

Радијалне клипне пумпе са ексцентром изводе се и са већим бројем клипова (цилиндара), постављених у неколико паралелних равни. Не препоручује се више од 5 низова, пошто је у том случају потребна велика дужина ексцентричног вратила, што погоршава његову крутост. Радијалне клипне пумпе са ексцентром обезбеђују високе протоке, најчешће до 600 bar, а код специјалних извођења и до 1000 bar.

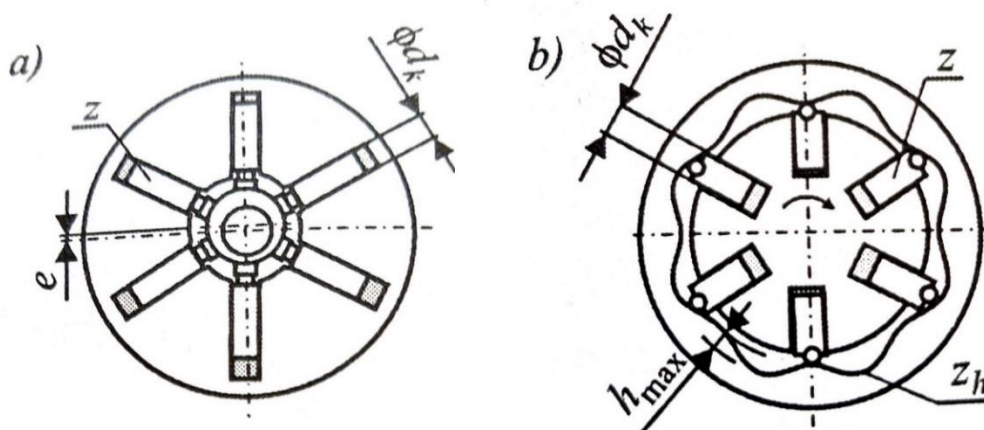
2.4 Радијалне клипне пумпе са клиповима у ротору

На слици број 10 је приказан пресек радијално клипне пумпе са ротором. Механизам за потискивање чине склоп цилиндра и клипа радијално постављених у односу на вратило пумпе. У кућишту (1) је постављен статор (2) који се може померати уздуж вођице, како је назначено на пресеку. Центар статора је означен са (O_1). Центар ротора (7) је у тачки (O_2), а растојање између центра је означено са (e) у радијално избушеним отворима у ротору су смештени клипови (5). Ротор је улежиштен на разводном рукавцу (6), који има два отвора, од којих је једану вези са усисном, а други са потисном комором пумпе. Ако се ротор обрће у смеру казаљке на сату, у подручју од тачке (А) до тачке (В), радни клипови се извлаче из цилиндра. При томе се у усисним коморама ствара притисак, па се оне пуне са радном течношћу. У пресеку O_1B ексцентритет је највећи па су у њему завршна фаза пуњења цилиндра радном течношћу. Даље од тог пресека ексцентритет се смањује, па се клипови померају према центру. Радна течност се из цилиндра транспортује кроз потисну комору према излазу из пумпе, који је означен са (Р) [8].



Слика 10. Пресек радијалне клипне пумпе са клиповима ротора 1-кућиште, 2 –статор, 3 кугле улежиштења, 4 прстен, 5-клип, 6-разводни рукавац, 7-ротор [8]

Између статора и прстена (4) су постављене куглице (3), тако да прстен за време рада пумпе може слободно ротирати. Пумпе овог типа се изводе и без прстена, при чему клипови клизе по непокретном статорском прстену. [8].



Слика 11. Радијалне клипне пумпе а) са ексцентритетом б) са профилисаним статором

Капацитет ових пумпи за један обрт (специфични проток) се може одредити користећи следећи израз, који упрошћено узима да је ход радног клипа једнак двострукој вредности ексцентритета [8]:

$$q = \frac{d_k^2 \cdot \pi}{4} \cdot h_{max} \cdot z \cdot z_h \cdot z_r$$

где су [6]:

- q [m^3/o]- специфични проток
- d_k [m]-пречник клипа
- h_{max} [m]-максимални ход клипа
- z [-]- број клипова
- z_h [-] број ходова клипа по једном реду
- z_r [-] број редова клипова

Код конструктивне варијанте радијалних клипних пумпи са статором кружног попречног пресека, максимални ход клипа h_{mah} је.

$$h_{max} = 2 \cdot e$$

Где је:

- e [m]-ексцентритет

3. Аксијалне клипне пумпе

Аксијалне клипне пумпе су због низа изванредних својстава, најчешће коришћени тип погонског агрегата у хидрауличком систему. Одликују се компактном конструкцијом, високим моментом инерције, високим притисцима, великим капацитетима и погодним конструктивним могућностима за уградњу уређаја за регулацију капацитета и правца течења уља пумпи. Мана аксијално клипних пумпи је висок степен чистоће 10-20 μ м. Зависно од конструкције имају радни век 5000-10 000 сати. [1]



а)



б)

Слика 12. Примери аксијалних пумпи: а) пресек аксијално клипне пумпе са нагибном плочом и уређајем за регулацију; б) пресек аксијалне клипне пумпе са косим цилиндарским блока [12]

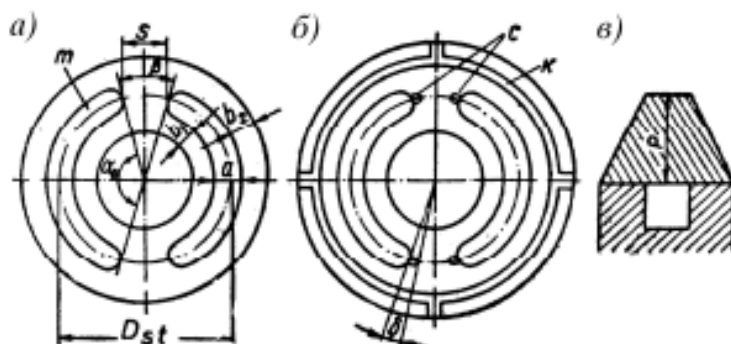
3.1 Подела аксијално клипних пумпи

Разликују се аксијалне клипне пумпе са нагибном плочом и са нагибним ротором, обе конструкције су сличне састоје се од кућишта које ротира, у коме су дуж ротације постављени клипови. Углавном је непаран број, а најчешће су постављени 7 или 9 клипова. Тако постиже висок степен равномерности потискивања уља у систем, а истовремено је достигнута горња граница сложености конструкције с обзиром на захтеве у погледу и цене израде [1].

Развођење течности у пумпи (од уписног отвора пумпе до цилиндара и од цилиндара до потисног отвора пумпе), конструктивно се решава на више начина. Према разводном склопу, који је међу најважнијим склоповима пумпе, разликују се пумпе

- са чеоним развођењем,
- са разводним рукавцем,
- са развођењем преко цилиндричног разводника и
- са вентилским развођењем [8].

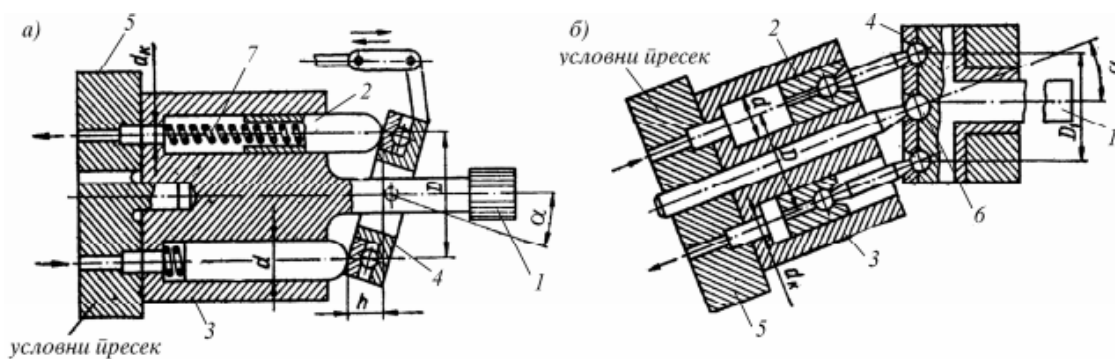
Чеono развођење течности, преко чеонoг разводника (чеоне разводне плоче) са два српаста канала, знатно упрошћеније конструкцију, смањује габарите и масу, тако да се аксијалне клипне пумпе најчешће и изводе са чеоним разводником. Аксијално клипне пумпе са чеоним разводом производе се за радне притиске 420 bar и протоке 1000 l/s [8].



Слика 13. Шема чеоне разводне плоче аксијално клипних пумпи [8]

3.2 Аксијалне клипне пумпе са косом нагибном плочом и са косим цилиндарским блоком

На слици број 14 дате су шеме конструктивних извођења аксијалних клипних са косом нагибном плочом а) и са косим цилиндарским блоком б) код којих се течност разводи помоћи чеоне разводне плоче. Сличне су конструкције састоје се од клипова од клипова и цилиндарског блока који ротира.



Слика 14. Шематски приказ аксијалних клипних пумпи а) са нагибном плочом б) са косим цилиндарским блоком 1-погонско вратили, 2-клип, 3 цилиндарски блок, 4-а нагибна плоча, 4-б вертикална плоча, 5-чеона разводна плоча, 6-кардански зглоб, 7-опруга [8]

Конструкције аксијално клипне пумпе са косом нагибном плочом и са косим цилиндарским блоком разликују се по томе што се код прве осе цилиндарског блока, чеоне разводне плоче и погонског вратила поклапају, док се код друге разводни блок са сабирном плочом поставља под одређеним углом у односу на осу ротације.

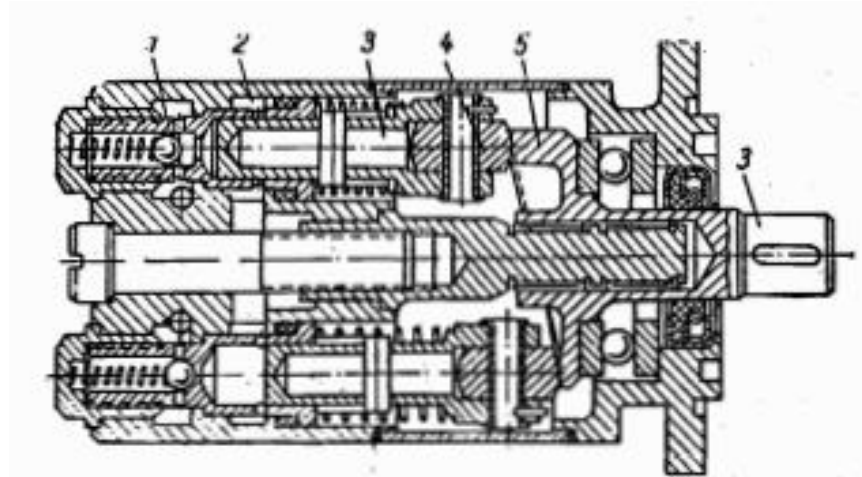
Код пумпе са нагибном плочом разводна плоча мирује; на једној њеној половини је постављен усисни канал, а на другој канал који врши потискивање уља под притиском. Радни клипови (2) су постављени у цилиндрима, и притиснути су опругама (7) смештеним у цилиндрима, тако да заобљеним крајевима клизе по нагнутој плочи (4) [8].

Када се клип нађе у крајњем доњем положају, даљом ротацијом извлачи се из цилиндра услед чека долази до пада притиска и усисавања радне течности, даљом ротацијом када дође у крајњи горњи положај, клип почиње да се креће у супротном смеру, услед чека долази до потискивања радне течности у потисни комору. [8].

Аксијално клипна пумпа са косо постављеним цилиндарским блоком функционише на следећи начин: посредством карданског механизма (6), погонско вратило (1) обрће цилиндарски блок са цилиндрима и клиповима (2) и вертикалну плочу (4) при томе се клипови који су зглобно везани са вертикалном плочом. Усисавање и потискивање се врши исто као код пумпи са косом нагибном плочом. [8]

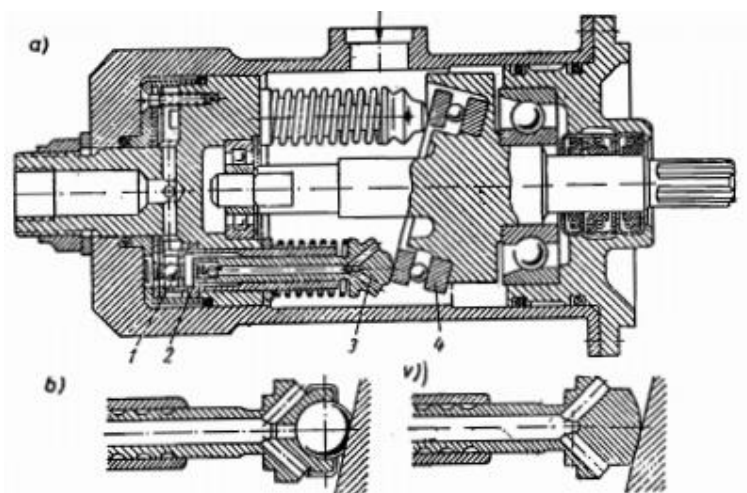
3.3 Аксијалне клипне пумпе са вентилским развођењем

Широку примену имају и пумпе са непокретним цилиндарским блоком и вентилским развођењем течности. Погонска коса плоча (5) овакве пумпе, која при обртању делује на ваљке (4) и клипове (3), круто је везана са погонским вратилом. Сваки цилиндар пумпе има по један вентил са куглицом (1), кроз који се течност, при кретању клипа у леву страну, сабија у потисни вод. Усисавање се врши кроз отворе (2) у бочним зидовима цилиндра [9].



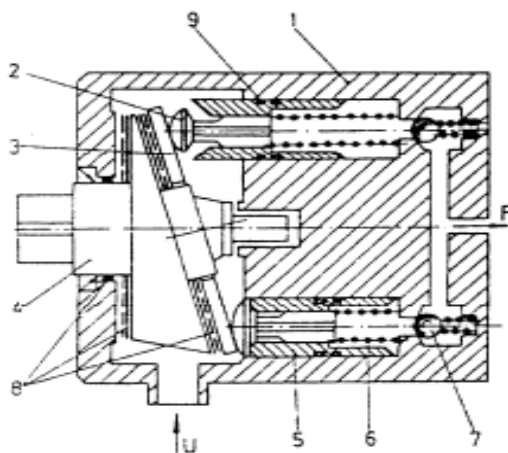
Слика 15. Аксијално клипна пумпа са вентилским развођењем 1-бентил са куглицом, 2-отвори у бочним зидовима цилиндра, 3-клип, 4-ваљци, 5- погонска плоча [X]

Вентили могу бити изведени у самим клиповима. Течност се усисава у цилиндри из унутрашњости пумпе кроз основне отворе у клиповима (3), на чијим крајевима су монтирани усисни вентили (2); при радном ходу клипова (3) течност се истискује кроз потисне вентиле (1). Контакт клипова са косом плочом (4) код овакве пумпе остварује се преко одсечне куглице или сферне главе великог пречника [9].



Слика 16. Аксијално клипна пумпа са вентилима постављеним у клиповима а) одсечена куглица, б) сферна глава 1-потисни вентил, 2-усисни вентил, 3-клип, 4- коса плоча [9]

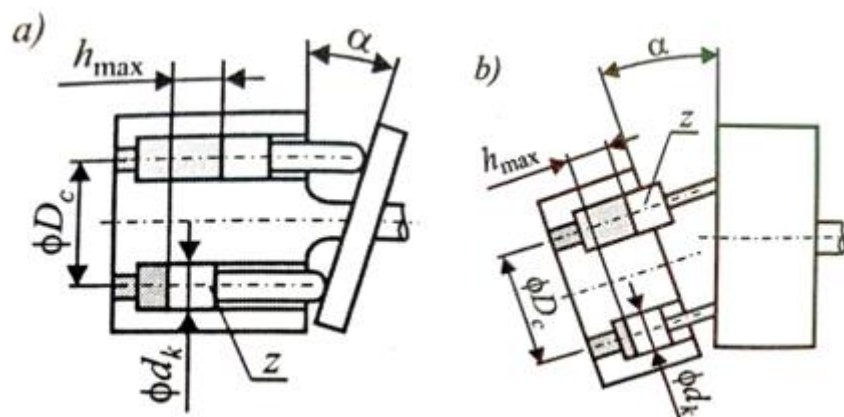
Конструктивна варијанта пумпе са вентилским развођењем приказана је на слици 17. Где је са U означен усисни, а са Р потисни отвор пумпе. Принцип рада је сличан као код претходних: обртањем погонског вратила клипови се померају у аксијалном правцу посредством косе клизне плоче и опруга. Отварање и затварање усисних вентила омогућавају челични правоугаони прстенови – карице које коче клип и тиме прво омогућавају рад вентила па тек онда кретање клипа [9].



Слика 17. Аксијално клипна пумпа са вентилским развођењем 1-цилиндарски блок, 2-усисни вентил, 3-клизна коса плоча, 4-погонско вратило, 5-клип, 6-опруга, 7-потисни вентил, 8-лежај, 9-карице [9]

Аксијалне клипне пумпе са непокретним цилиндарским блоком и вентилским развођењем омогућавају рад при притисцима 600-640 bar са уљима средњег вискозитета [9].

$$(v = 2 \cdot 10^5 - 2,5 \cdot 10^5 [m^3/s])$$



Слика 18. Аксијалне клипне пумпе а) са косом плочом б) са косим цилиндарским блоком

Капацитет аксијално клипних пумпи зависи од броја обртаја клипова, површине клипова, дужине њиховог хода [6]:

$$q = z \cdot \frac{d_k^2 \cdot \pi}{4} \cdot h_{max}$$

Где су [6]:

- q [m^3/s] - специфични проток пумпе по једном обртају,
- z [-] - број клипова,
- d [m] - пречник клипа,
- h [m] - ход клипа,

При чему је:

$$h_{max} = D_c \cdot \tan \alpha,$$

Где су:

- D [m] - пречник цилиндарског блока на којем су смештене осе цилиндара,
- α — угао нагибне плоче или цилиндарског блока.

3.4 Материјал за израду делова пумпи

У овом делу рада представљени су материјали који се користе за израду делова аксијално клипних пумпи као што су клизни делови, чеона плоча, цилиндарски блок, разводни дискови и тело пумпе, али и најприхватљивије материјале за овај тип пумпе.

При изради клизних делова пумпи употребљавају се материјали од челика и бронзе и то у следећим комбинацијом, ако се један клизни део израђује од челика, његов парњак израђује се од бронзе и обрнуто.

Затим, за израду чеоне плоче углавном се користи челик, при чему се он употребљава у комбинацији са цилиндарском блоком од бронзе. Код пумпи већих димензија од бронзе израђују само површине блока (прстенови цилиндара и чеона подлога), док се блок израђује од челика. Код пумпи малих димензија цилиндарски блок се израђује од бронзе, наочито бронзе са антимоном у комбинацији са разводним диском од челика. Док се разводни дискови израђује се од ливеног гвожђа компактне структуре. Распрострањени су разводни дискови од нитрираног челика.

Цилиндарски блок овакве пумпе израђују се од челика са површинским делом од бронзе, у овом случају разводни диск израђује се од челика. Ради лакше обраде и смањења хабања површине бронзаних цилиндарских блокова и разводних дискова обично се превуку танким слојем (неколико микрона) антифрикцијских и антикорозионих материјала. Од оваких материјала користе се углавном индијум, са подлогом од олова и олово.

Клипови се у већини случајева израђују од челика. У случају челичног цилиндарског блока обично се клипови израђују од берилијумове бронзе, при чему се потпорно-разводни диск израђује од компактног антифрикционог гвожђа. Коса плоча обично се израђује од челика. Тело пумпе се лије од гвожђа и алуминијумских легура. При избору материјала и зазора неопходно је узети у обзир температурне услове рада пумпе, да би се избегла могућност заривања клипова услед различитих коефицијената ширења метала, или образовања превеликих зазора између клипова и цилиндра.

Са ове тачке гледишта прихватљив је тип пумпе код кога су клипови израђени од бронзе, а цилиндарски блок од челика. Пракса показује да се део разводног пара са тврдом површином троши интензивније него са мекшом површином. [9]

4. Радни параметри клипних пумпи

4.1 Параметри хидрауличне снаге

Напор запреминских хидрауличних пумпи представља повећање енергије струјања јединице масе радне течности, а он је практично једнак разлици притисака на излазу и улазу у пумпу $\Delta p_p [\text{Pa}]$, па се за хидрауличну снагу пумпе $P_{hp} [\text{W}]$ може писати [6]:

$$P_{hp} = Q_p \cdot \Delta p_p$$

где је [6]:

$Q_p [m^3/s]$ – запремински проток пумпе на излазу из пумпе

Пораст притиска који ствара запреминска пумпа у хидрауличном систему зависи од спољашњег оптерећења хидромотора и отпора насталих у хидрауличном систему услед трења радне течности. Како се по правилу радна течност пумпи доводи из резервоара, у коме је најчешће притисак радне течности атмосферски (приближно 1 bar), то се често при анализи биланса снаге запреминских хидрауличних машина, притисак на улазу у пумпу, занемарује као много мањи од притиска на излазу из пумпе $p_p [\text{Pa}]$ [6]:

$$P_{hp} = Q_p \cdot p_p$$

Запремински проток пумпе представља запреминску количину радне течности која у јединици времена излази из пумпе. Теоријски проток пумпе $Q_{tp} [m^3/s]$ представља промену радне запремине пумпе у јединици времена. Теориски проток пумпе, математички се дефинише као производ специфичног протока пумпе $q_p [m^3/o]$ и угаоне брзине вратила пумпе $\omega_p [o/s]$ [6].

$$Q_{tp} = q_p \cdot \omega_p$$

Због постојања запреминских губитака $\Delta Q [m^3/s]$ стварни проток запреминске машине се разликује од њеног теоријског протока. Стварни проток пумпе је увек мањи од њеног теоријског протока [6]:

$$Q_p = Q_{tp} - \Delta Q_p$$

4.2 Запремински губици

Запремински губици се најчешће изражавају запреминским степеном корисности $\eta_v [-]$ који се код пумпи изражава изразом [6]:

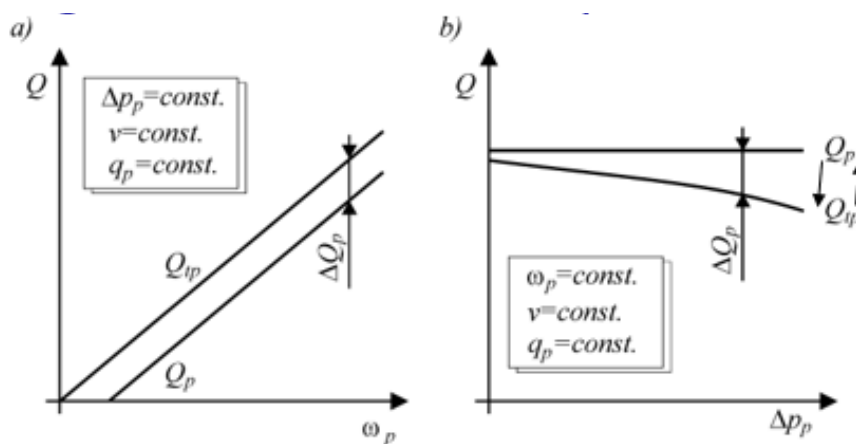
$$\eta_{vp} = \frac{Q_p}{Q_{tp}}$$

Према начину настајања, запремински губици хидрауличне машине могу бити [6]:

- Губици протока због цурења течности кроз зазоре из области вишег притиска у област нижег притиска, и линеарно зависи од разлике притисака, при чему се коефицијент пропорционалности назива коефицијент цурења $k_c [m^3/s \cdot Pa]$.
- Губици протока због непопуњености радне запремине (волуметријско кавитациони); настају само код запреминских пумпи и практично су константни до одређеног броја обртаја вратила пумпе, а након тога расту.
- Губици протока због стишљивости течности, који се, за уобичајене радне притиске хидрауличних машина, са инжењерског становишта практично могу занемарити.

Када се занемаре губици протока због цурења непопуњености радне запремине, запремински губици настају само због цурења, па се коефицијент цурења пумпе k_{cp} може писати [6]:

$$k_{cp} = \frac{\Delta Q_p}{\Delta p_p} = q_p \cdot \omega_p \frac{1 - \eta_{vp}}{\Delta p_p}$$



Слика 19. Зависност запреминског протока од а) угаоне брзине б) разлике притисака [6]

4.3 Параметри механичке снаге пумпи

Механичка снага пумпе $P_{mp} [W]$ је снага која на се на вратилу пумпе доводи из погонског агрегата (електромотора или мотора СУС, а дефинише се изразом [6]:

$$P_{mp} = M_p \cdot \omega_p$$

где је [6]:

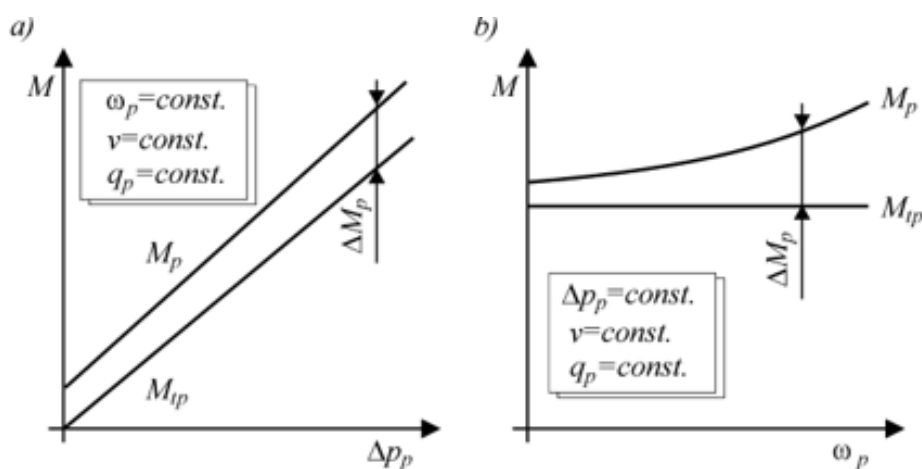
$M_p [Nm]$ -обртни (торзиони) момент на вратилу пумпе.

Обртни момент на вратилу пумпе је момент који је потребан за погон пумпе, а теоријски обртни момент запреминске хидрауличне машине је фиктивни момент којег ствара притисак радне течности у радном простору. Обртни момент пумпе разликује се од теоријског обртног момента пумпе $M_{tp}[\text{Nm}]$ за износ губитака обртног момента у пумпи $\Delta M_p[\text{Nm}]$ [6].

$$M_p = M_{tp} + \Delta M_p$$

Губици обртног момента настају као последица [6]:

- Хидрауличних губитака и вискозног трења између покретних делова хидрауличне машине,
- Сувог трења између покретних делова хидрауличне машине,
- Деформација делова машине које настају услед притиска радне течности.



Слика 20. Дијаграми стања [6]

Губитак обртног момента хидрауличне машине изражава се механичким степеном корисности, при чему је механички степен корисности пумпе $\eta_{mp}[-]$ дефинисан изразом [6]:

$$\eta_p = \frac{P_{hp}}{P_{mp}}$$

4.4 Укупан степен корисности

Укупан степен корисности хидрауличне машине је однос снага на њеном излазу и улазу. Код запреминске пумпе, укупан степен корисности $\eta_p[-]$ је [6]:

$$\eta_p = \frac{P_{hp}}{P_{mp}}$$

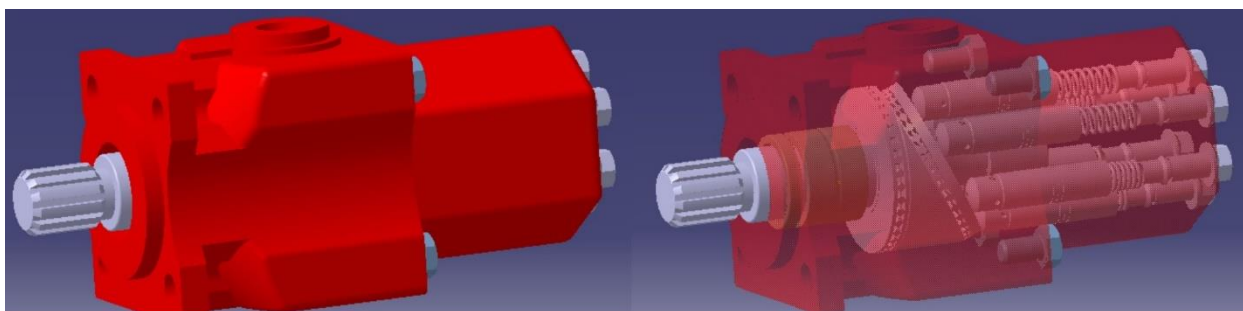
Укупан степен корисности пумпе изражен преко механичког и хидрауличног степена корисности [6]:

$$\eta_p = \eta_{mp} \cdot \eta_{vp}$$

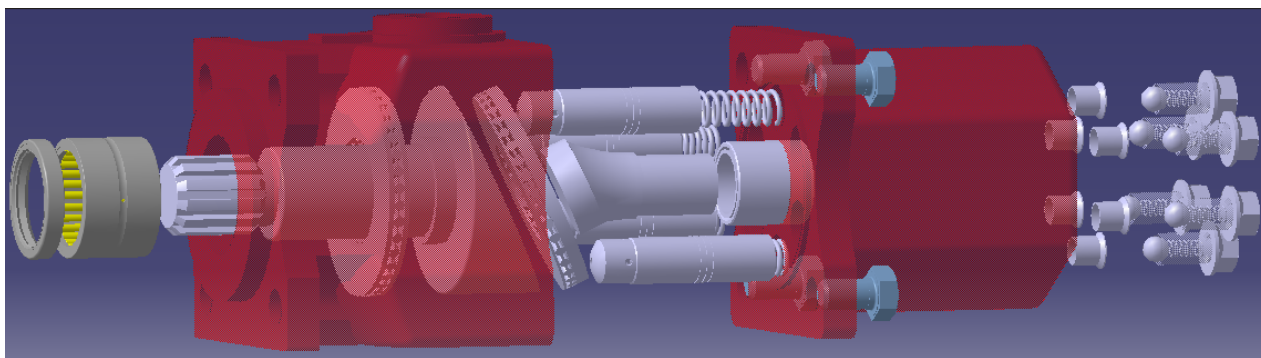
5. Израда 3Д модела аксијално клипне пумпе

У оквиру овог поглавља описана је израда 3Д модела аксијално клипне пумпе са вентилским развођењем радне течности. Модел је израђен у програму CATIA-V5 и реализован је у више корака.

CATIA (Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application) је рачунарски програм за рачунарско пројектовање и техничко конструисање. Суштински конструктивни процес САТИА програма обухвата израду тродимензионалних модела и из њих извођење 2Д цртежа и планова . У наредном делу рада приказан је 3Д модел аксијално клипне пумпе са вентилским развођењем (слика 21 и 22), као и процес (корак по корак) њеног моделира.

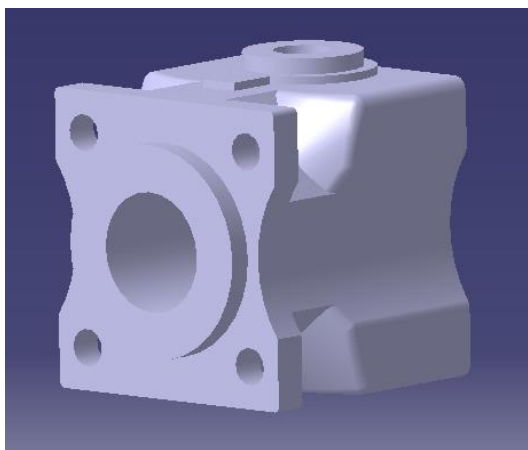


Слика 21. 3Д модел аксијално клипне пумпе

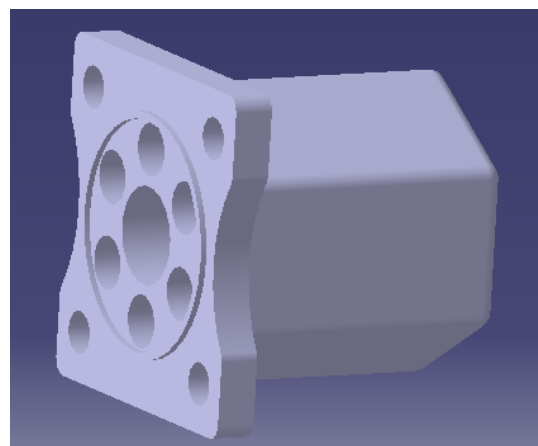


Слика 22. Склоп аксијално клипне пумпе са свим елементима склопа

На сликама 23 и 24 је приказан 3Д модел кућишта и непокретног цилиндарског блока. На горњем делу кућишта пумпе налази се прикључак за усисни вод. Тако да је унутрашњост кућишта пумпе испуњена радном течношћу. Течност се усисава у цилиндре кроз унутрашњост пумпе кроз отворе у клиповима.

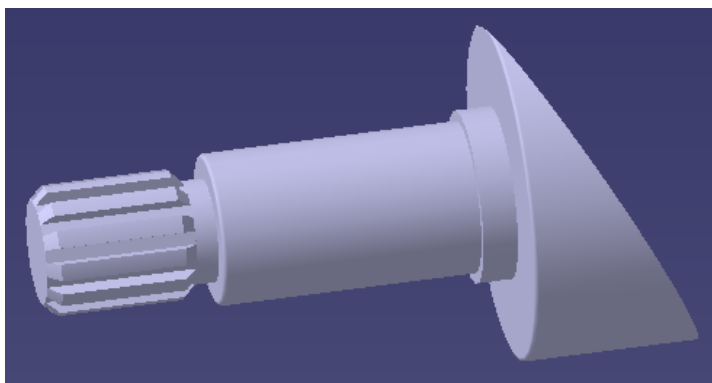


Слика 23. Кућиште аксијално клипне пумпе

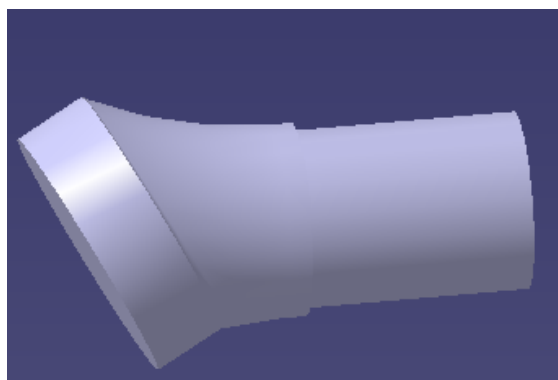


Слика 24. Непокретни цилиндарски блок

Пумпу погони електромотор за који је везана погонским вратилом. Погонска коса плоча која делује на клипове и омогућава њихово кретање израђена је из једног дела са погонским вратилом пумпе, слика 25. На слици 26 је приказано вратило која се налази у цилиндарском блоку.

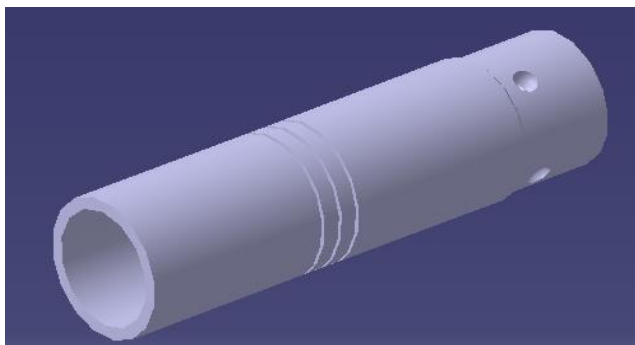


Слика 25. Погонско вратило са косом плочом

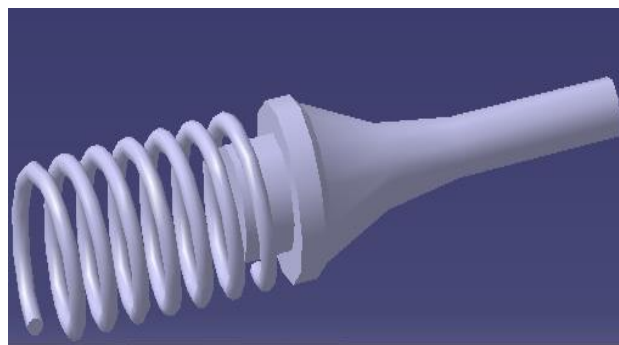


Слика 26. Вратило

Основни радни елемент пумпе је клип чијим кретањем долази до промене радне запремине односно до потискивања и усисавања радне течности, слика 27. На слици 28 је приказан вентил који се налази у самом клипу.



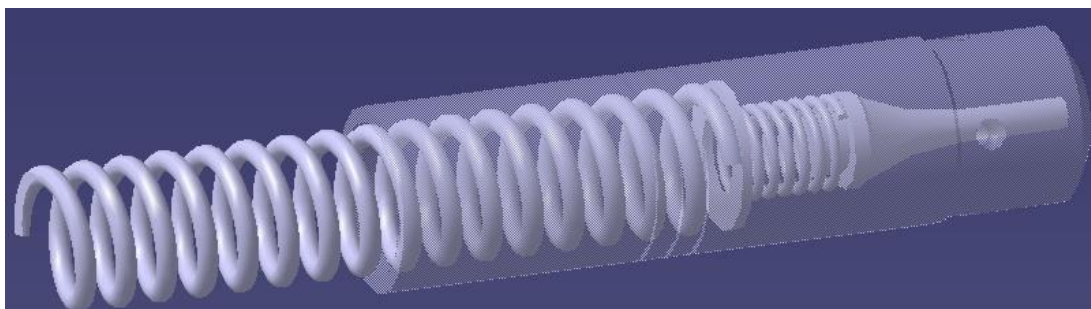
Слика 27. Клип



Слика 28. Вентил клипа са опругом

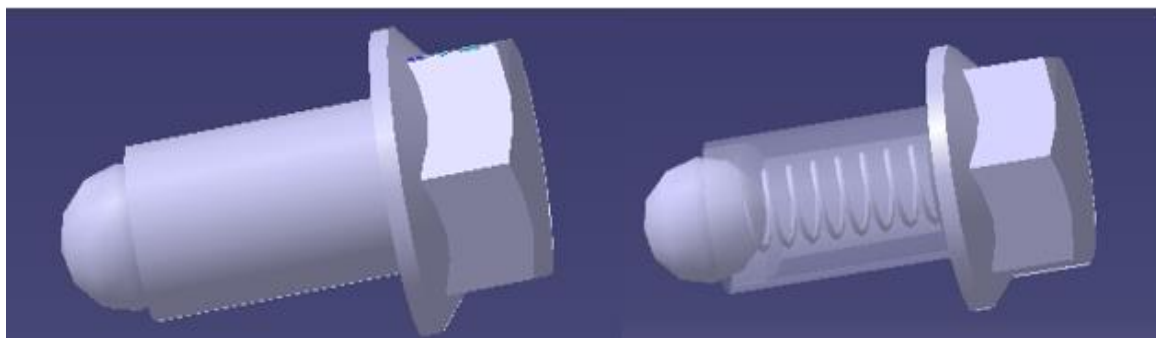
Клип својим кретањем ка спољњој крајњој тачки смањује радну запремину цилиндра, вентил у клипу се затвара и потискује радну течност, у току повратног хода повећава се радна запремина отвара се вентил у клипу и течност из унутрашње шупљине кућишта се усисава.

На слици 29 је приказан склоп клипа са вентилом и повратном опругом. Повратна опруга обезбеђује стално налагање клипа на потисну плочу.



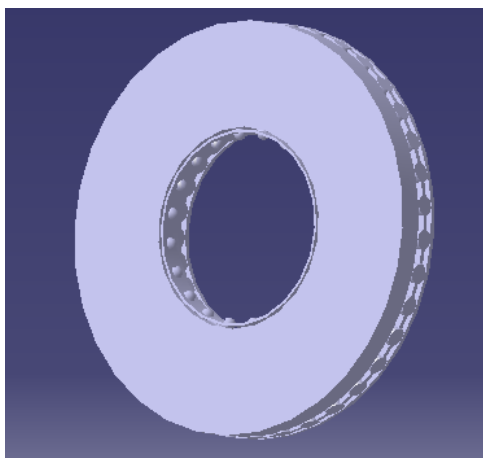
Слика 29. Склоп клипа са вентилом

На задњој страни непокретног цилиндарског блока, тј. на кају цилиндра у коме се креће клип постављају се потисни вентили са куглицом. Тако да сваки цилиндар пумпе има по један вентил са куглицом. Потисни вентил је приказан на слици 30.



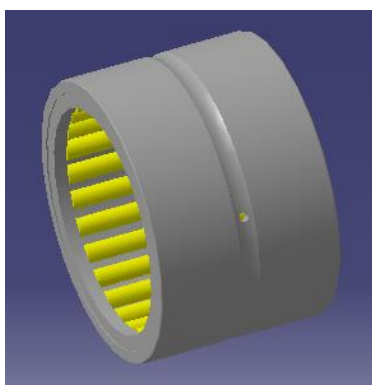
Слика 30. Потисни вентил

Контакт клипа са потисном плочом остварује се преко аксијалног ваљкастог лежаја. Основна улога овог лежаја је обезбеђивање услова за релативно кртање обртних делова и смањење трења између потисне плоче и клипа.

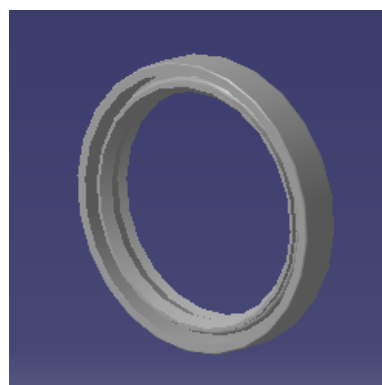


Слика 31. Аксијални ваљкасти лежај

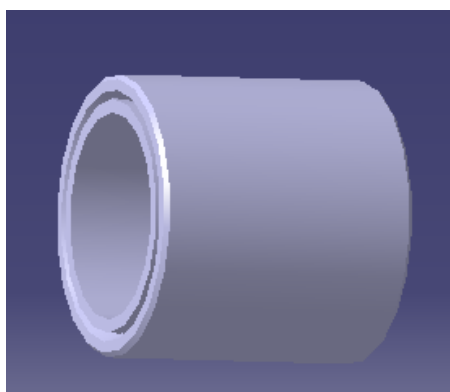
На сликама 32, 33 и 34 су приказани 3Д модели радијалног лежаја, заптивача и клизног лежаја.



Слика 32. Радијални лежај



Слика 33. Заптивач

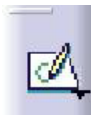


Слика 34. Клизни лежај

5.1 Поступак моделирања компоненти

Поступак моделирања врши се коришћењем доступних алата у оквиру софтвера. Први корак у моделирању компоненти представља избор референтне равни и израда иницијалне скице у окружењу *Sketch*.

Sketch (слика 35) – Представља једну од основних радних окружења у САТИА софтверском пакету, јер већина 3Д форми почиње од скице. Скице су обично затворене форме састављене од линија, кружних лукова али скице некада могу бити и отворене.



Слика 35. *Sketch*

Profile (слика 36) – Коришћењем ове палете алата дефинише се контура скице. Понуђене су опције као што су нпр. опција *Circle* за креирање кружнице, *Ellipse* за скицирање елипсе.



Слика 36. *Profile*

Circular Pattern (слика 37) – Ова функција се користи за копирање креираних 2Д форми по кружном шаблону.



Слика 37. *Circular Pattern*

Constraint (слика 38) – Ова палета омогућава дефинисање димензија скица и делова (дужина и ширина, висина, пречник, полупречник). Након израде скице, потребно је моделу додати „материјал“, односно трећу димензију, што се врши изласком из *Sketch* окружења и одабиром неке од команди за креирање треће димензије (*Pad*, *Pocket*, *Rib*, *Edge fillet*...).

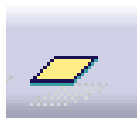


Слика 38. *Constraint*

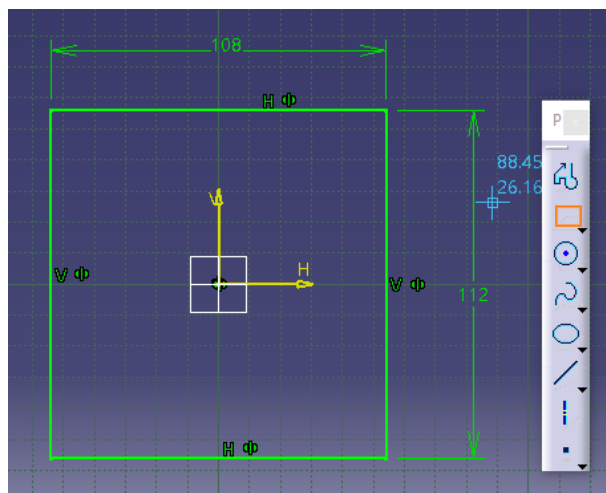
Sketch – Based Features (слика 39)– Из ове палете користи се функција *Pad* за додавање материјала (треће димензије), креирање отвора (*Pocket*) уклањањем материјала или креирање форме (*Rib*) итд.

Слика 39. *Sketch – Based Features*

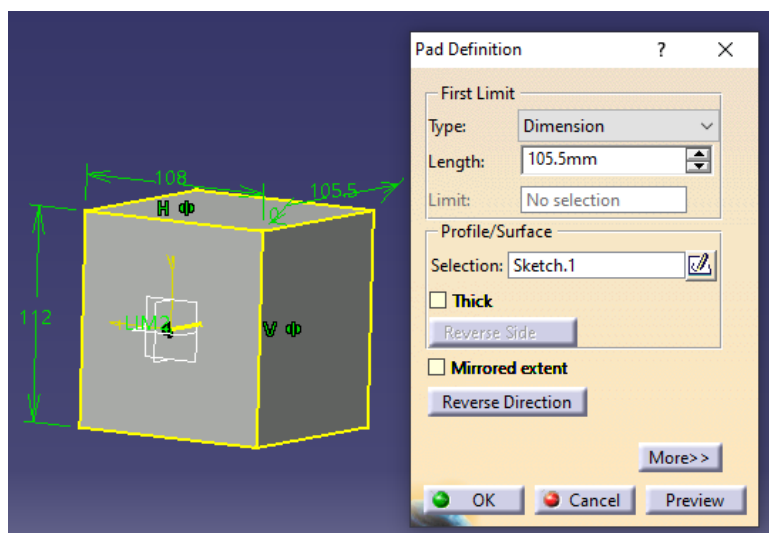
Plane definition (слика 40) – Користи се уколико је потребно креирати нову равну погодну за израду модела. Бира се референтна равна или равну површину у односу на коју је потребно направити нову равна, а затим се дефинишу правац и растојање.

Слика 40. *Plane definition*

Први корак при изради овог модела је цртање скице. Као што се види на слици 41, командом *Rectangle*  креира се правоугаоник, а затим се командом *Constraint*  задају димензије.

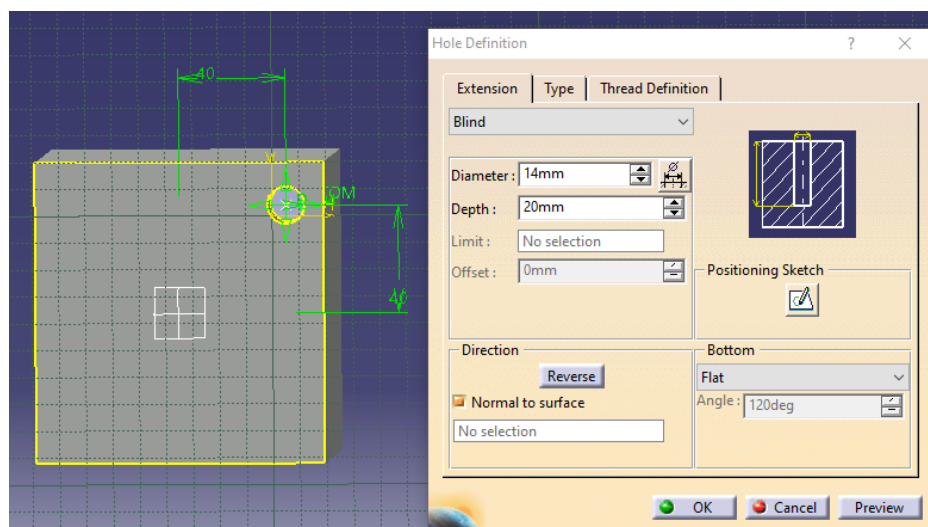
Слика 41. *Почетна скица*

Функција која се прва додаје моделу након скицирања када се почиње нови пројекат је обично *Pad* . Ова функција представља запремински елемент који додаје материјал 2Д скицираним профили. Тако да се након израде скице користи команда. *Pad* из палете *Based Features* додаје се дебљина материјалу што је приказано на слици 42.



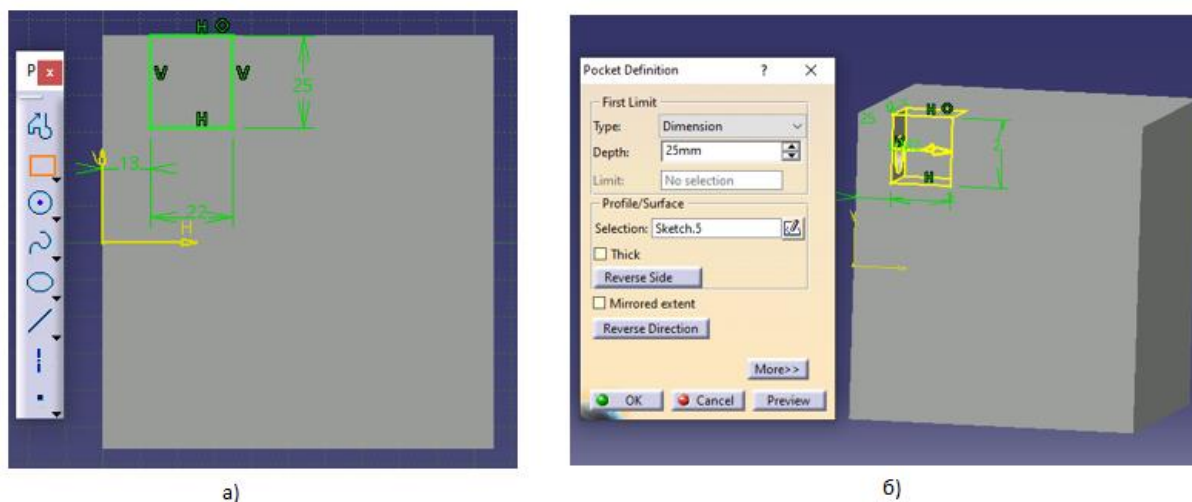
Слика 42. Примена функције Pad

Како је потребно изградити отвор са навојем на једном делу овог модела неопходно је користити опцију *Hole Definition*  што је приказано на слици 43. У оквиру ове команде може се изабрати какав ће отвор бити и за какав завртањ и навртку, најчешће се бирају стандардне и препоручене мере.



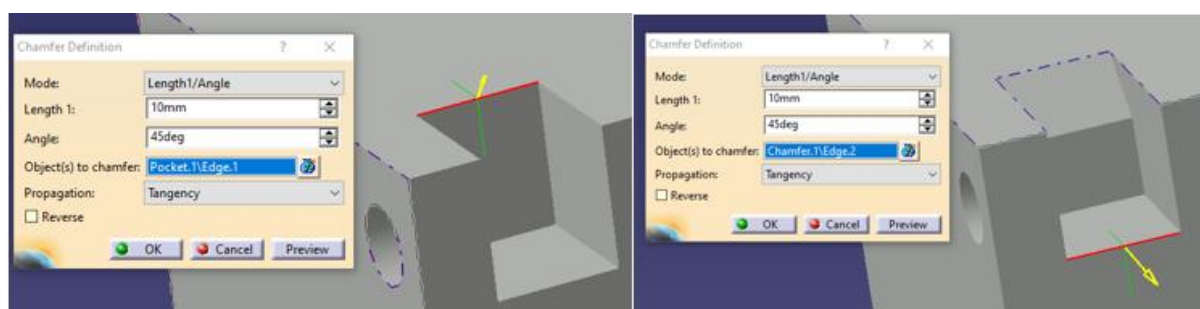
Слика 43. Израда отвора са навојем

У наредна четири корака приказано је дефинисање контуре сложене геометрије и веома неприступачне са заобљеним ивицама. Први корак је израда скице коришћењем команде *Rectangle* . У другом кораку се користи команда *Pocket Definition* , слика 44.

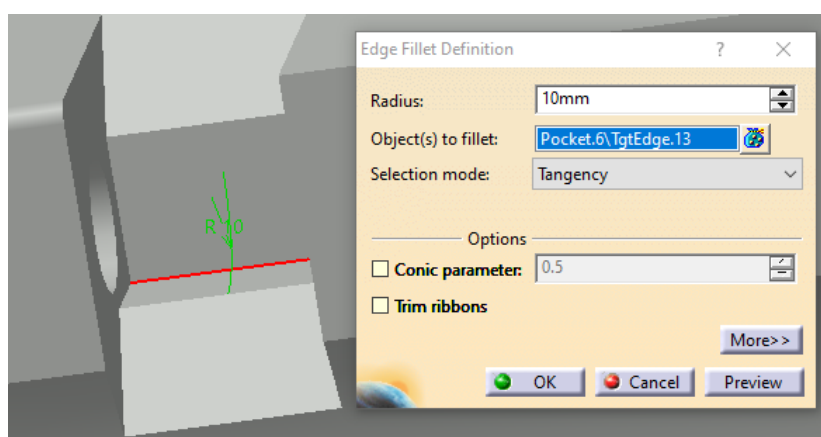


Слика 44. Поступак израде контуре а) израда скице б) примена функције Pocket Definition

Након уклањања материјала, коришћењем команде Chamfer  креира се нагнути елемент који одузима материјал, у облику равног пресека који се поставља на неку од ивица.



Слика 45. Примена команде Chamfer



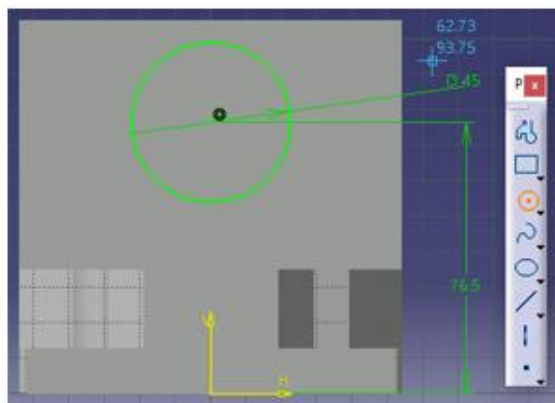
Слика 46. Примена команде Edge Fillet

На слици 47 је приказан изглед жељене контуре након заобљења оштрих ивица. За израду заобљења најчешће се користи команда *Edge Fillet* . Заобљење ивица се креира тако што се изабере оштра ивица и унесе радијус заобљења.

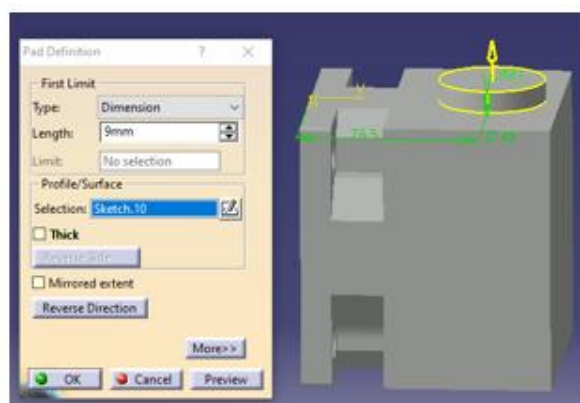


Слика 47. Изглед жељене контуре након обарања ивица

Командом *Circle*  креира се кружница, а затим се командом *Constraint*  задаје пречник или полупречник. Након тога, коришћењем опције *Pad*  из палете *Based Features* додаје се дебљина материјалу. Као што се види на слици 48.



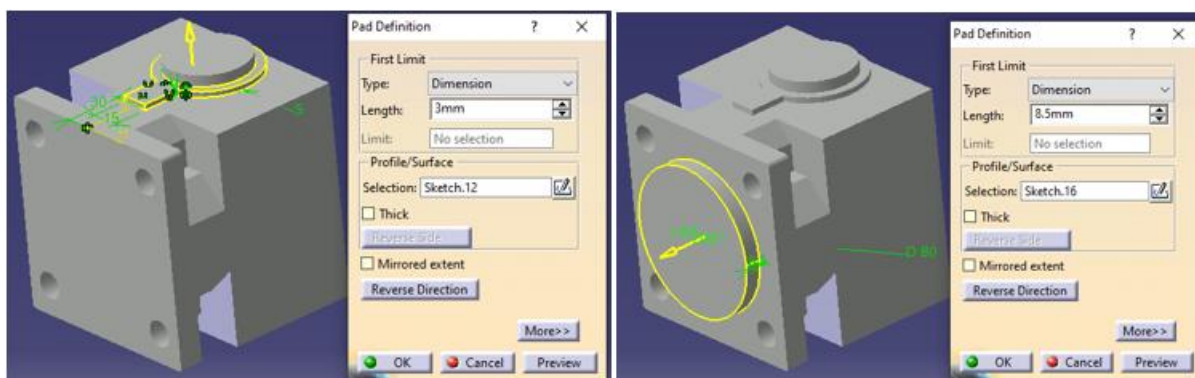
а)



б)

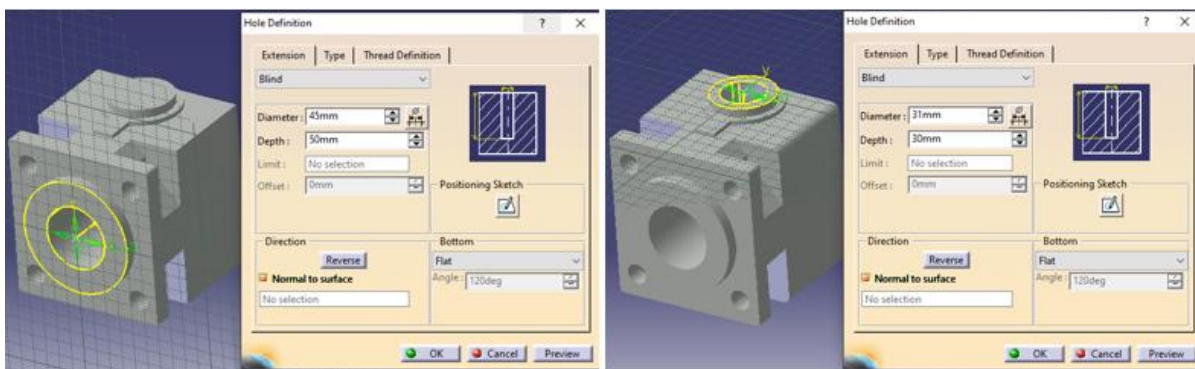
Слика 48. Додавање материјала а) Израда скице б) Примена команде *Pad*

Слично као у претходном кораку потребно је креирати скицу и коришћењем команде *Pad* додати материјал. (Слика 49).



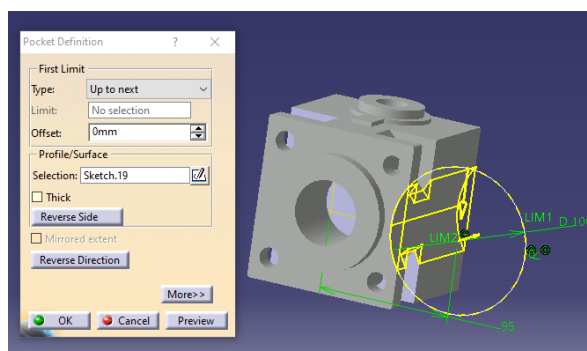
Слика 49. Пимена команде *Pad*

Након тога креира се отвор за налегање вратила и усисни отвор помоћу команде *Hole* . Активирањем ове команде дефинише се пречник и дубина отвора. Затим се ограничи центар отвора тако да буде са концентричан са кружном површином на којој креира отвор. (Слика 50).



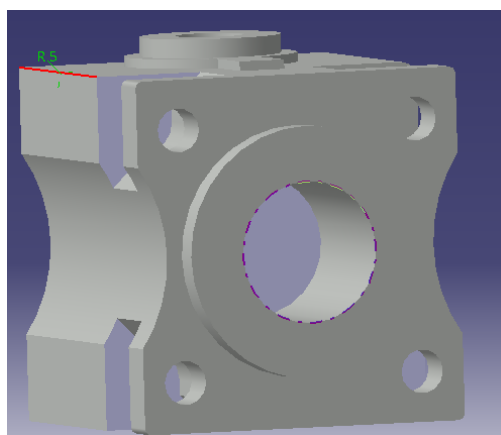
Слика 50. Израда отвора

На слици 51 приказан је поступак усецања профила. Прво се одабере раван скицирања, скицира се профил којим се усеца на профилу који се усеца. По овој операцији излази се из мода за скицирање и врши се операција *Pocket Definition* .



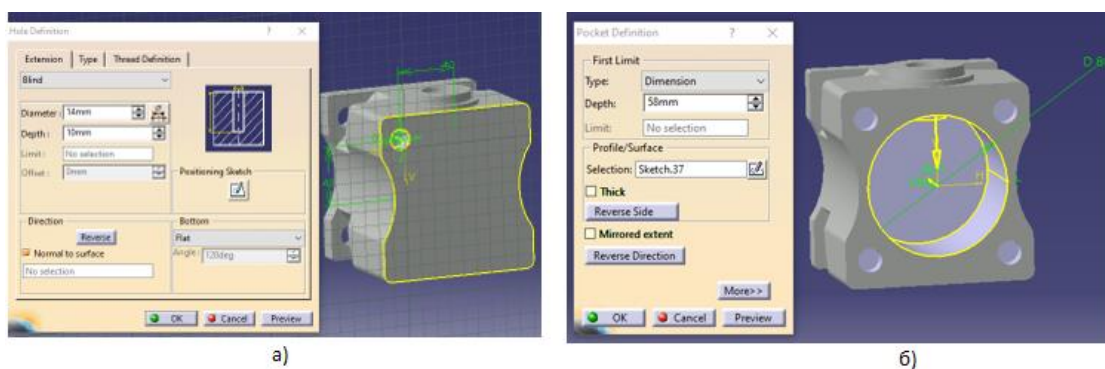
Слика 51. Усецање профила

На слици слици 52 приказан поступак заобљења оштрих ивица опцијом *Edge Fillet Definition*.



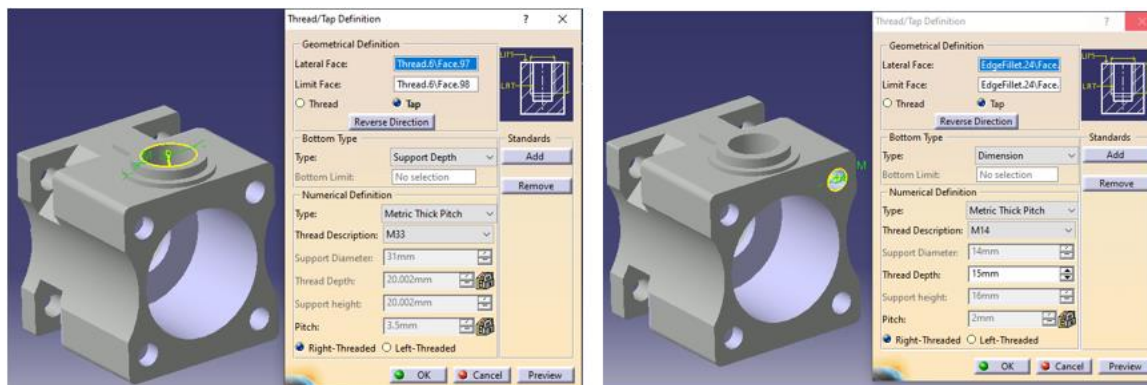
Слика 52. Заобљење оштрих ивица

На сликама 53 приказан је поступак добијања отвора за навојем на леђној површини коришћењем опције *Hole Definition* и израде унутрашњости кућишта коришћењем опције *Pocket Definition*.



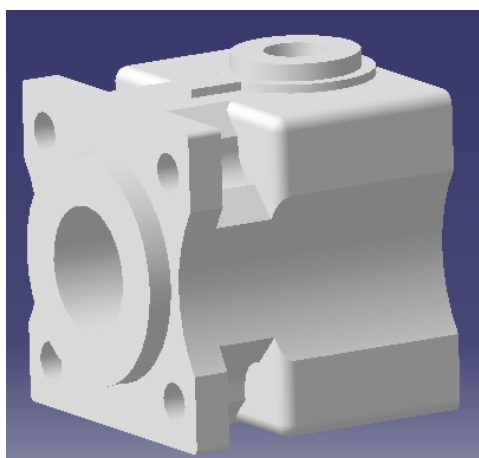
Слика 53. Израда отвора леђној површини а) примена *Hole* команде б) примена *Pocket Definition* команде

Затим на већ постојећим отворима и цилиндричним површима потребно је креирати навој. Навој се креира помоћу команде *Thread* . (Слика 54).



Слика 54. Примена команде *Thread*

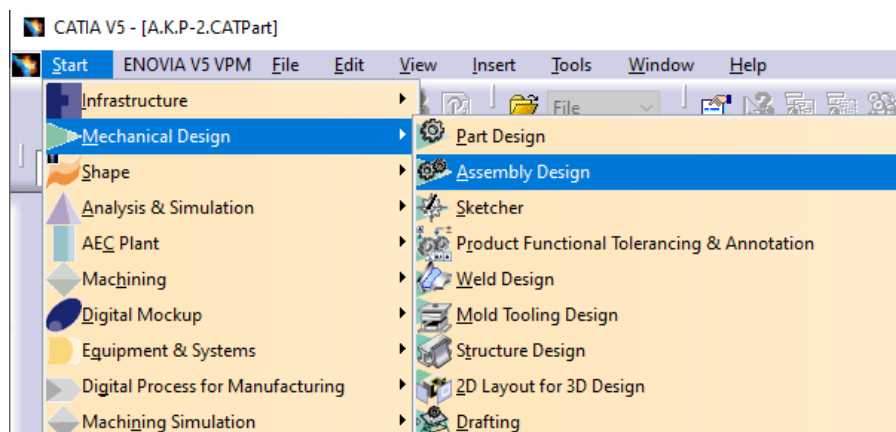
На слици 55 се може видети готов модел кућишта аксијалне клипне пумпе са вентилским развођењем.



Слика 55. Готов модел кућишта

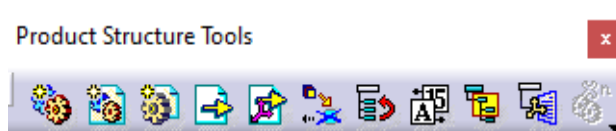
5.2 Поступак креирања склопа

У оквиру радног окружења *Assembly Design* може се креирати организован склоп који се састоји од мноштво компоненти које могу бити делови или други склопови, подсклопови.



Слика 56. Приступ радном окружењу *Assembly Design*

Алати из палете алатки *Product Structure* која је приказана на слици 57 почетна су тачка у овом радном окружењу, јер омогућавају склапање подсклопова, израду и убацивање нових делова. За убацивање дела у ово радно окружење користи се алатка *Existing Component* .



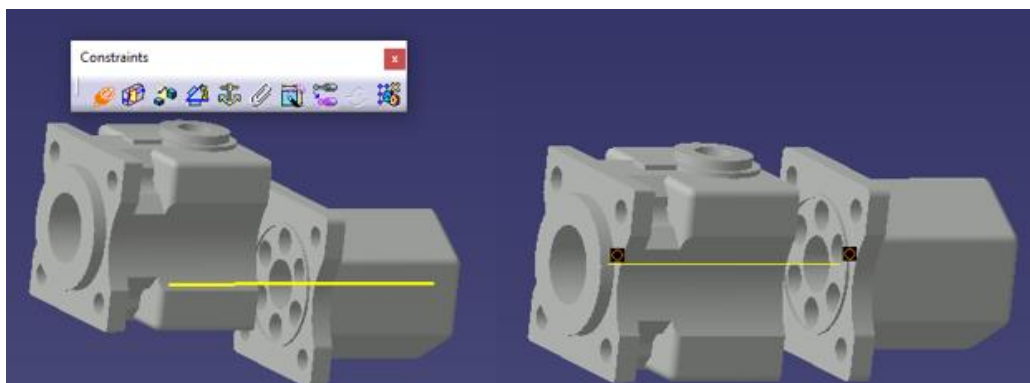
Слика 57. Палета алати *Product Structure Tools*

На следећој слици је приказана палета алатки помоћу које се активирају команде за задавање веза деловима и склоповима.



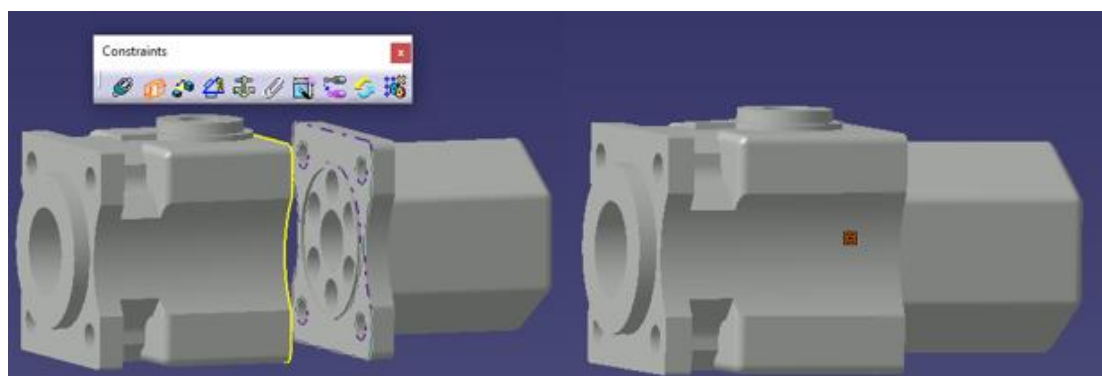
Слика 58. Палета алати *Constraints*

Кликом на команду *Coincidence Constraint*  изабере се осна линија на делу кућишта и осна линија цилиндарског блока. Затим се коришћењем команде *Update All*  извршава претходно задато ограничење, односно долази до поклапања изабраних осних линија, као што је приказано на слици 59.

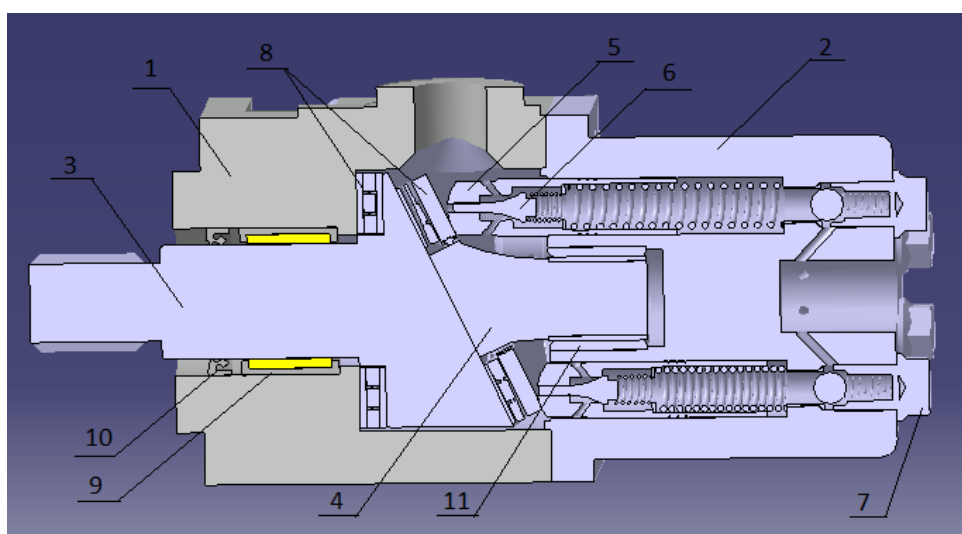


Слика 59. Примена команде Coincidence Constraint

Даље је потребно поклопити равне површине ова два дела применом ограничења *Contact Constraint*. Кликом на ову команду врши се одабир површина које је потребно поклопити, површине се поклапају након активирања команде *Update All* (Слика 60).



Слика 60. Примена команде Contact Constraint

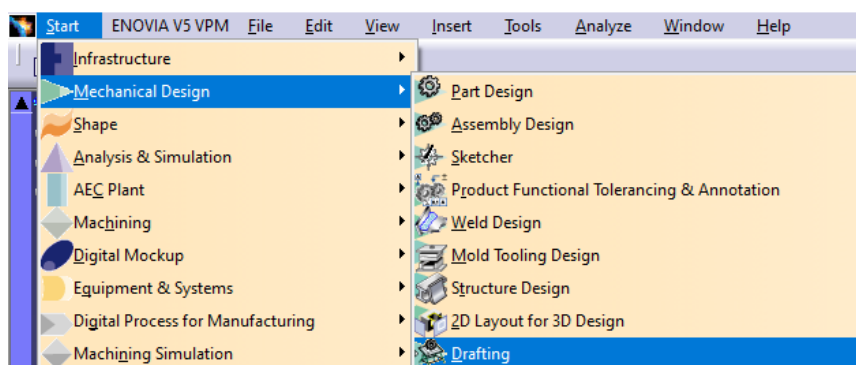


Слика 61. Пресек склопа аксијалне клипне пумпе 1- кућиште, 2-цилиндарски блок, 3-погонско вратило, 4- вратило, 5- клип, 6- вентил клипа, 7- потисни вентил, 8- аксијални ваљкасти лежај, 9- ваљкасти лежај, 10-заптивач

Поступак је исти за склапање свих осталих делова, пресек склопа аксијално клипне пумпе са означеним позицијама дат је на слици дат је на слици 61.

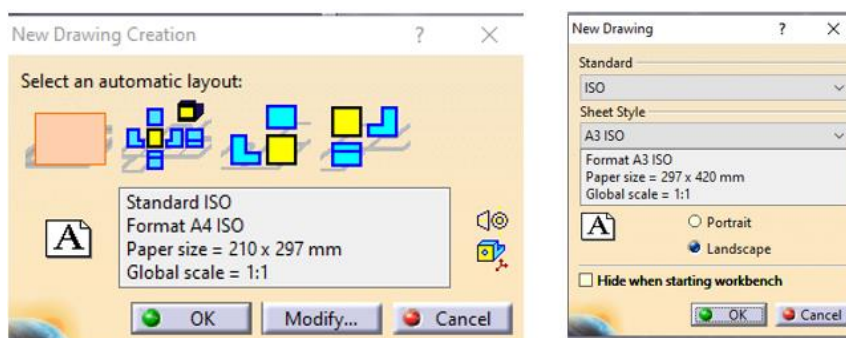
5.3 Поступак израде техничке документације

Софтверски пакет CATIA V5 поред израде скица, 3Д модела и склопова садржи и потпуни скуп алата за креирање 2D техничких цртежа.



Слика 62. Покретање техничке документације

Кликом на опцију скупа палета алата *Drawing* приступа се прозору *New Drawing Creation*. Уколико формат, величина, положај листа итд. нису одговарајући у прозору новог документа бира се опција *Modify*, након чега приступа прозору *New Drawing* и врши корекција папира, као што је приказано на слици 63.



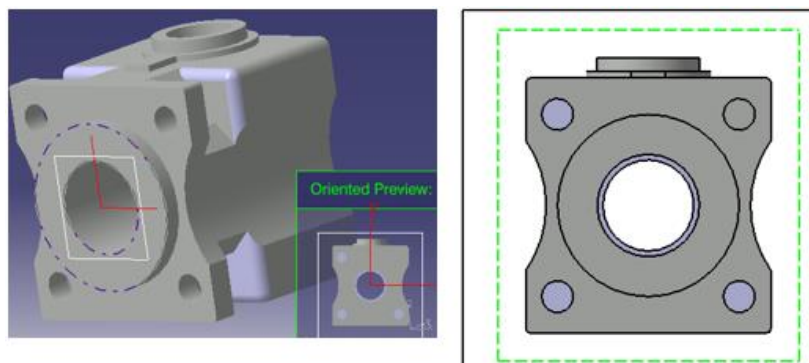
Слика 63. Одабир формата папира

На слици 64 је приказан прозор *Views* у коме бира команда *Front View*  и затим се врши одабир модел за који је потребно одрадити техничку документацију.



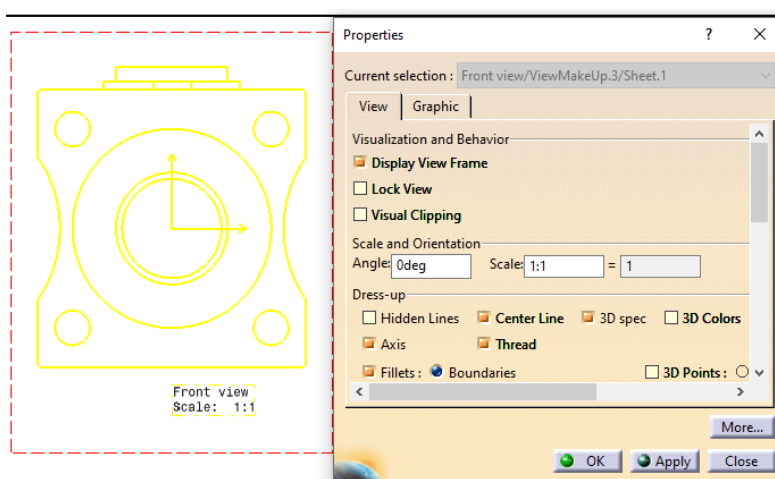
Слика 64. *Paleta Views*

Коришћењем команде *Front View* у оквиру модела изабере се предња равна површина модела као референтна раван за орјентацију при креирању погледа спреда, као што је приказано на слици 65.



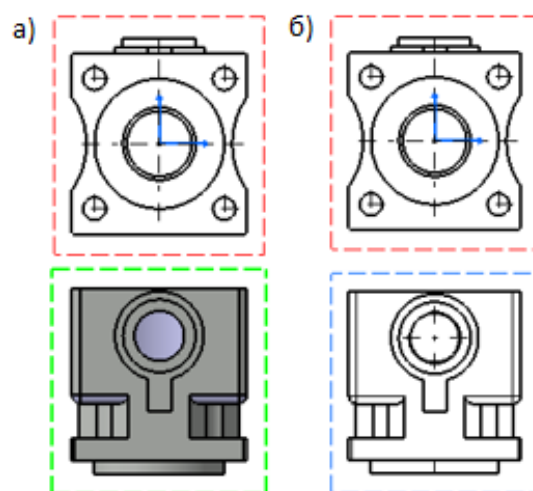
Слика 65. Употреба команде *Front View*

Након одабира модела, помоћу спецификационог стабла приступа се прозору *Properties* врши се следећа подешавања приказ, размера, орјентација, приказ елемената у оквиру погледа (Слика 66).



Слика 66. Подешавање приказа елемената у оквиру погледа

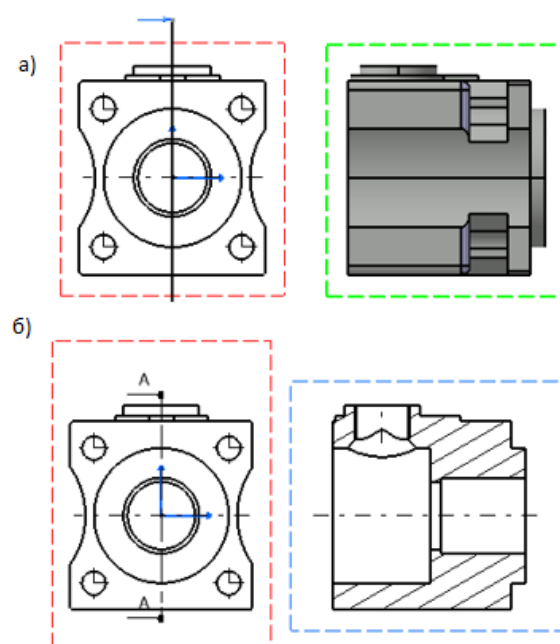
Креирање погледа са одозго врши се помоћу команде *Projection View* . Активирањем функције појавиће се поглед на део, оивичен испрекиданим зеленим оквиром, зелени оквир значи да је овај поглед активиран. Кликом на део прихвата се жељена позиција.



Слика 67. Примена функције Projection View а) активирање функције б) извршење функције

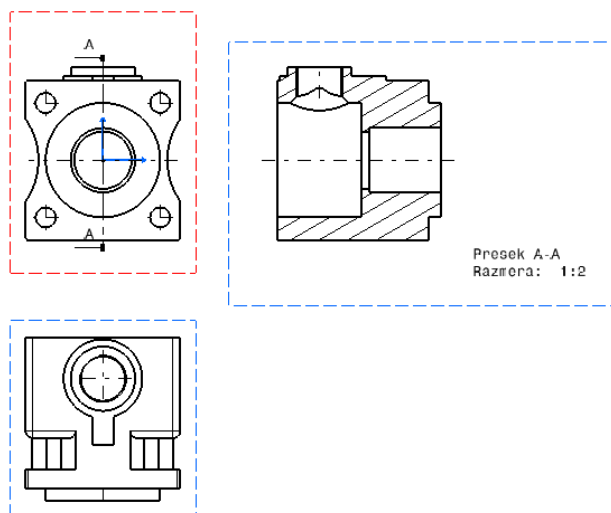
При приказивању пресека дела или склопа, модел се приказује као пресечен равнима или површинама које су претходно изабране у функцији приказа унутрашње конструкције дела. Како би се применио поглед пресека, поступак је следећи:

Из палете Views бира се команда Offset Section Views након чега се добија линија којом се одређује на ком конкретно делу модела се врши попречни пресек (Слика 68).



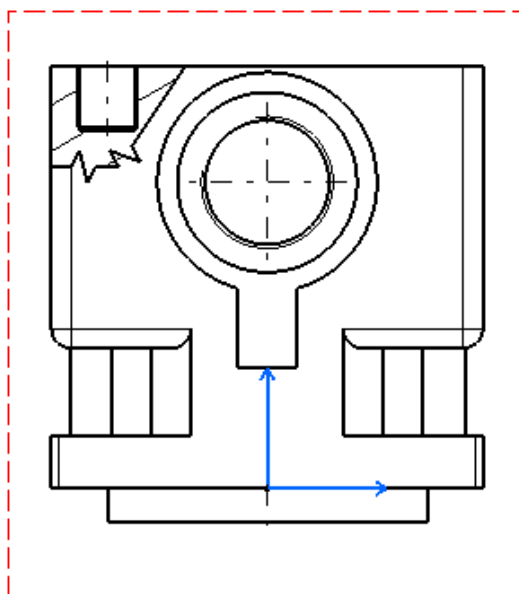
Слика 68. Примена команде Offset Section Views а) активирање функције б) извршење функције

На слици 69 је приказан изглед техничког цртежа након израде погледа одозго и израде попречног пресека



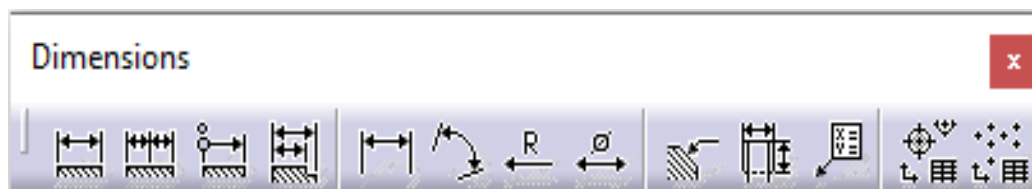
Слика 69. Изглед техничког цртежа након израде погледа одозго и израде попречног пресека

У случају када код делова постоји отвор или неки други детаљ који није могуће представити у три пројекције користи се делимични пресек. За делимични пресек користи се команда за 3D уклањање материјала *Breakout View* . Пројекција са делимичним пресеком приказана је на слици 70.



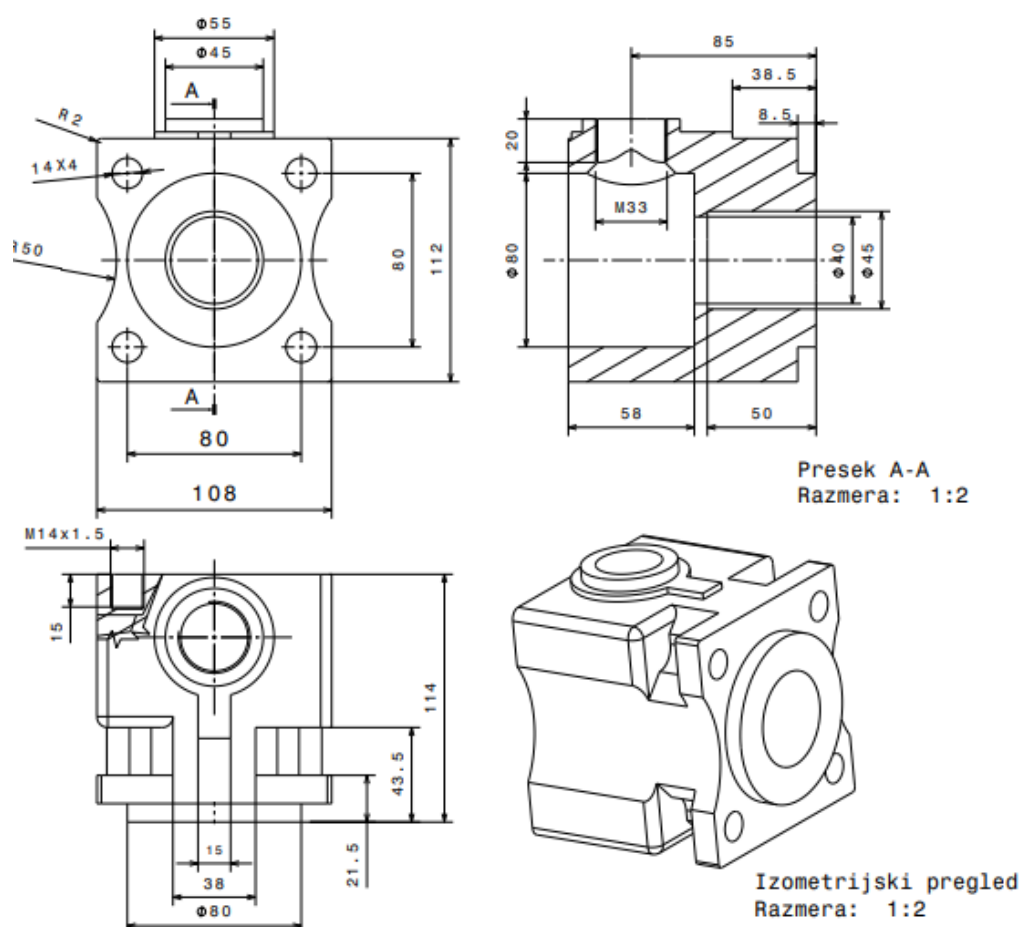
Слика 70. Команда *Breakout View*

Након израде делимичног пресека (исти принцип се примењује код пресека свих делова) потребно је извршити котирање техничког цртежа. Котирање димензија делова се врши функцијом *Dimensioning*, где постоје различите команде за котирање као што су котирање габаритних димензија (дужине и ширине), котирање углова (*Angle Dimensions*), радијуса (*Radius*), оборених ивица (*Chamfers Dimensions*), навоја (*Thread Dimension*). Палета са свим функцијама дата је на слици 71.



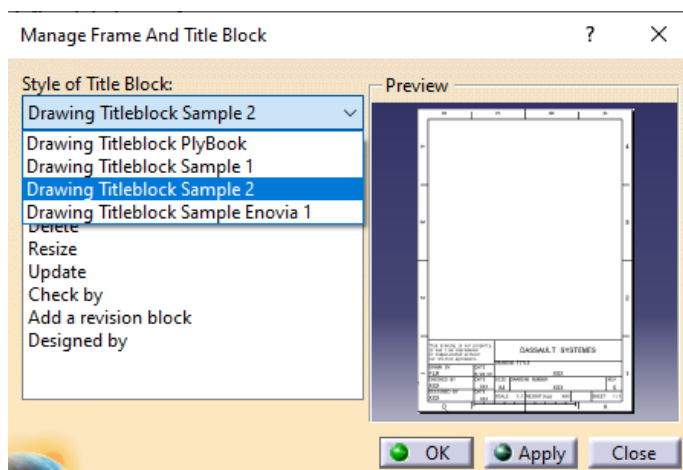
Слика 71. Палета са функцијама за котирање

На слици 72 се налази потпуно димензионисан и дефинисан технички цртеж са изометријским погледом модела. Убацивање изометријског погледа у технички цртеж врши се одабиром команда *Isometric View*  из палете *Views* па након тога бира се модел чији изометријски поглед потребно одрадити.



Слика 72. Котиран технички цртеж

На крају остаје да се одради оквир и заглавље. Оквир и заглавље убацује се одабиром *Edit > Sheet Background*. Затим из палете *Drawing* бира се команда *Frame and Title*  Block, где се даље у прозору *Manage FAME And Title Block* може одабрати једно од понуђених заглавља или се може изабрати опцију да корисник сам креира заглавље по сопственом нахођењу.



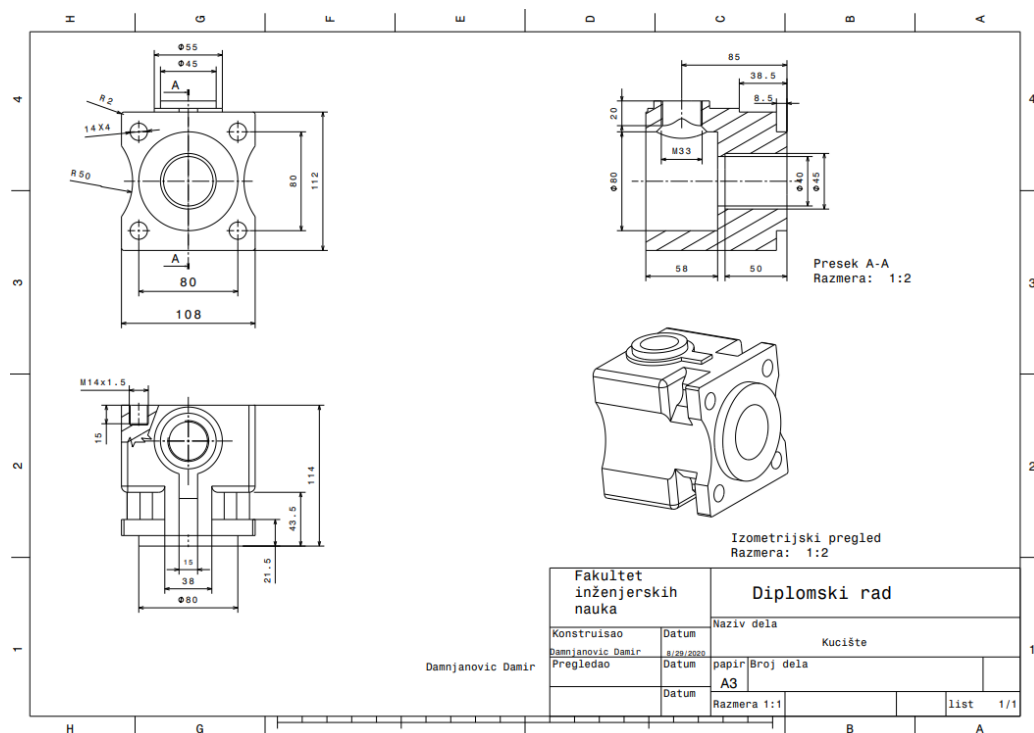
Слика 73. Одабир заглавља

Одабиром заглавља оно већ бива попуњено стандардом из програма, постојећи текст и поља се може обрисати и попуњити поља одговарајућим текстом. Пример попуњеног заглавља дат је на слици 74.

Fakultet inženjerskih nauka		Diplomski rad			
Konstruisao	Datum	Naziv dela			
Damnjanovic Damir	8/29/2020	Kucište			
Pregledao	Datum	paper	Broj dela		
		A3			
	Datum	Razmera 1:1			list 1/1

Слика 74. Пример заглавља

Изглед завршеног техничког цртежа кућишта аксијално клипне пумпе са вентилским развођењем радне течности дат је на слици 75.



Слика 75. Технички цртеж „Кућишта“

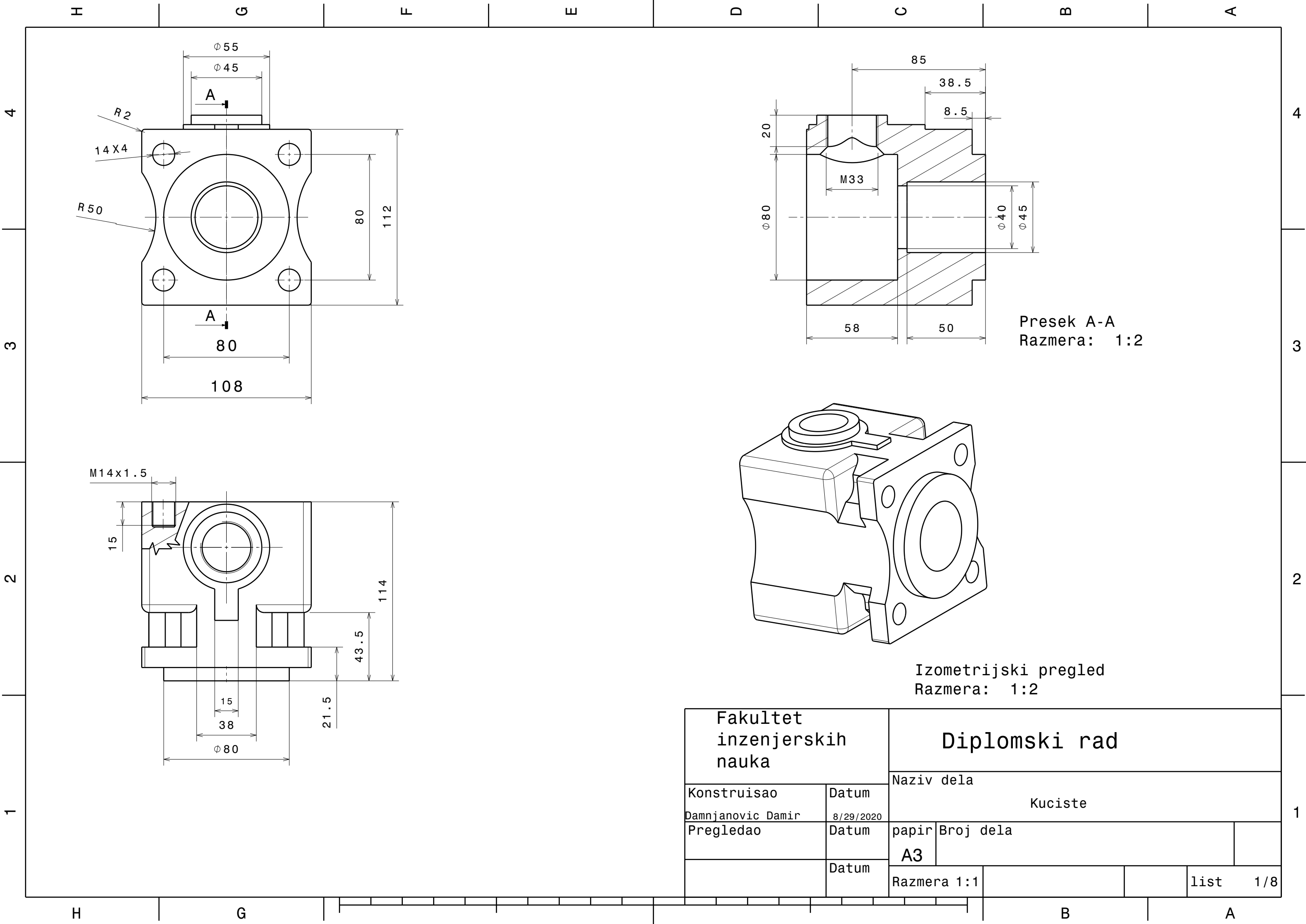
Закључак

Због низа добрих својстава аксијално клипне пумпе су најчешће коришћени тип погонског агрегата у хидрауличном систему. Наиме у готово свим гранама индустрије постоје хидраулични системи и ове пумпе. У оквиру једног дела рада детаљно се описују аксијално клипне пумпе где је детаљно описана њихова подела, конструкцијска решења, њихов начин функционисања, материјал за израду, као и параметри хидрауличне снаге, запремински губици, параметри механичке снаге као и укупан степен корисности.

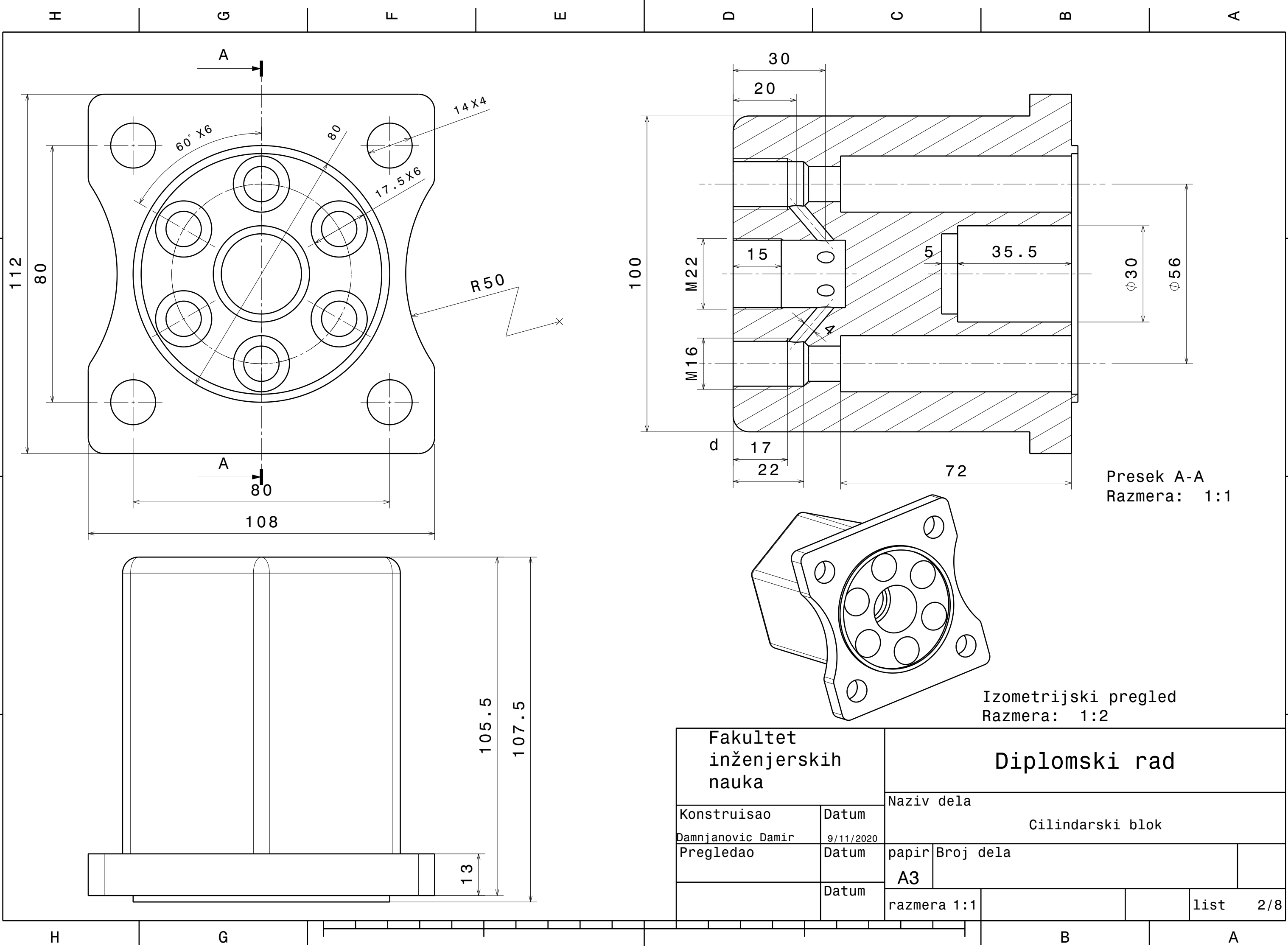
У софтверском пакету за 3Д моделирање на конкретном примеру, представљен је 3Д модел аксијално клипне пумпе са детаљним упутством за моделирање основних делова исте који је сачињавају. Као и поступак склапања склопа и израде техничке документације.

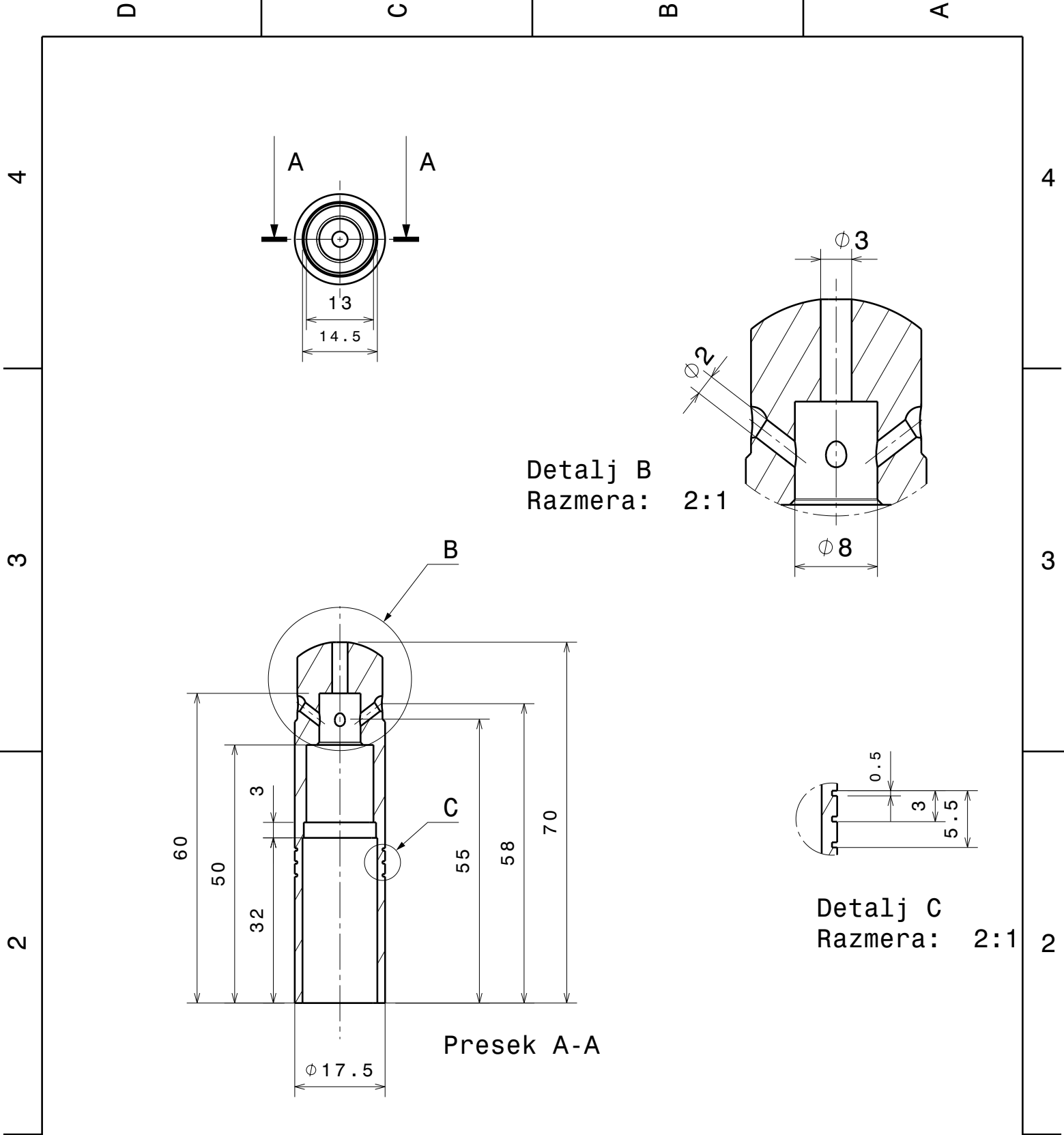
Литература

- [1] Владимир Савић „Уљна хидраулика“ Зеница, 1987
- [2] Вања Шуштершић, „Турбопреносници снаге-скрипта“ Машински факултет Крагујевац
- [3] Слика, сајт <https://i.ytimg.com/vi/zWnwXL5MstU/hqdefault.jpg>
- [5] „Хидраулични и пнеуматски системи” pdf фајл
- [6] Душан Гордић „Пренос снаге флуидом“ Машински факултет Крагујевац, 2007
- [7] Милун Бабић „Хидрауличне и пнеуматске машине“
- [8] Душан Гордић „Запреминске хидрауличне машине - запреминске пумпе и хидромотори - скрипта” Машински факултет Крагујевац, 2007
- [9] Т.М Башта „Машинска хидраулика“ Машински факултет Београд, 1986
- [10] Слика, сајт <https://gifer.com/en/gifs/pistons>
- [11] Слика, сајт <https://impremedia.net/radial-piston-motor-how-it-works/>
- [12] Слика, сајт <https://www.dreamstime.com/adjustable-axial-piston-pump-open-contour-section-image119270965>

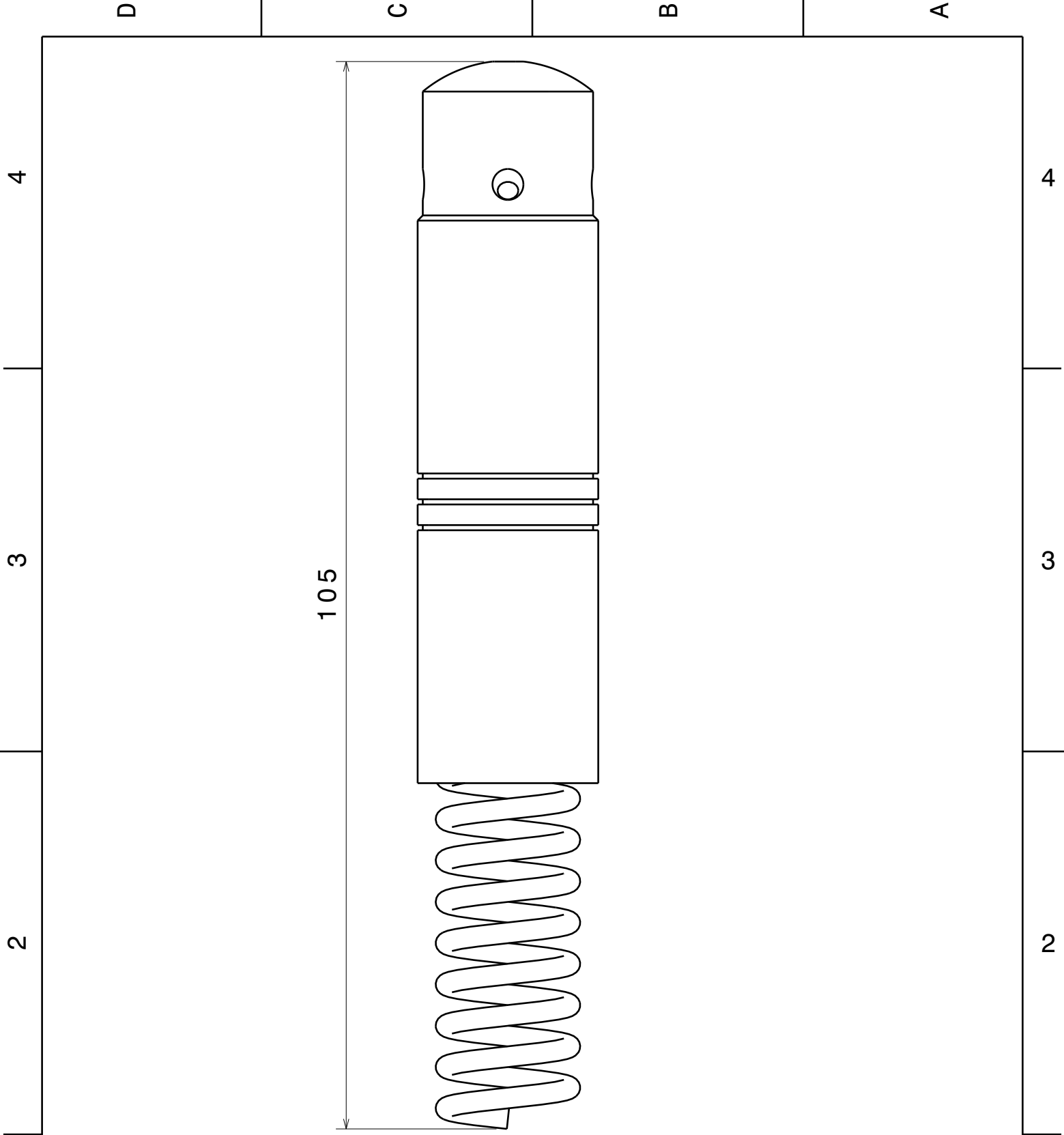


Fakultet inženjerskih nauka		Diplomski rad			
Konstruisao		Datum		Naziv dela	
Damnjanovic Damir		8/29/2020		Kuciste	
Pregledao		Datum		Broj dela	
		Datum		A3	
		Razmera 1:1		list 1/8	

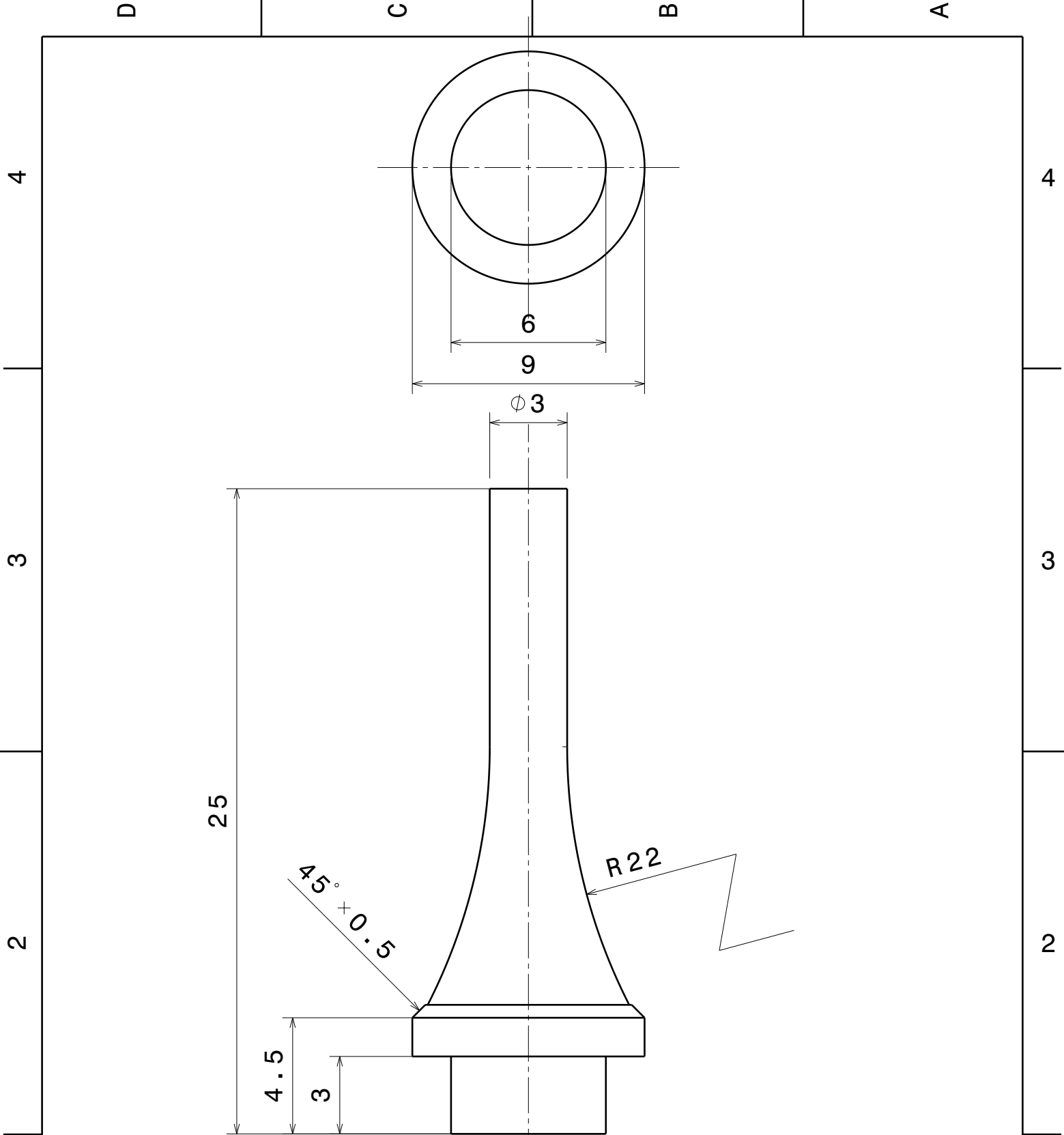




Fakultet inženjerskih nauka		Diplomski rad			
Konstruisao		Naziv dela			
Damjanovic Damir		Klip			
Datum		Broj dela			
Pregledao		Papir			
Datum		A4			
Pregledao		Razmera:1:1			
Datum		Llist 3/8			

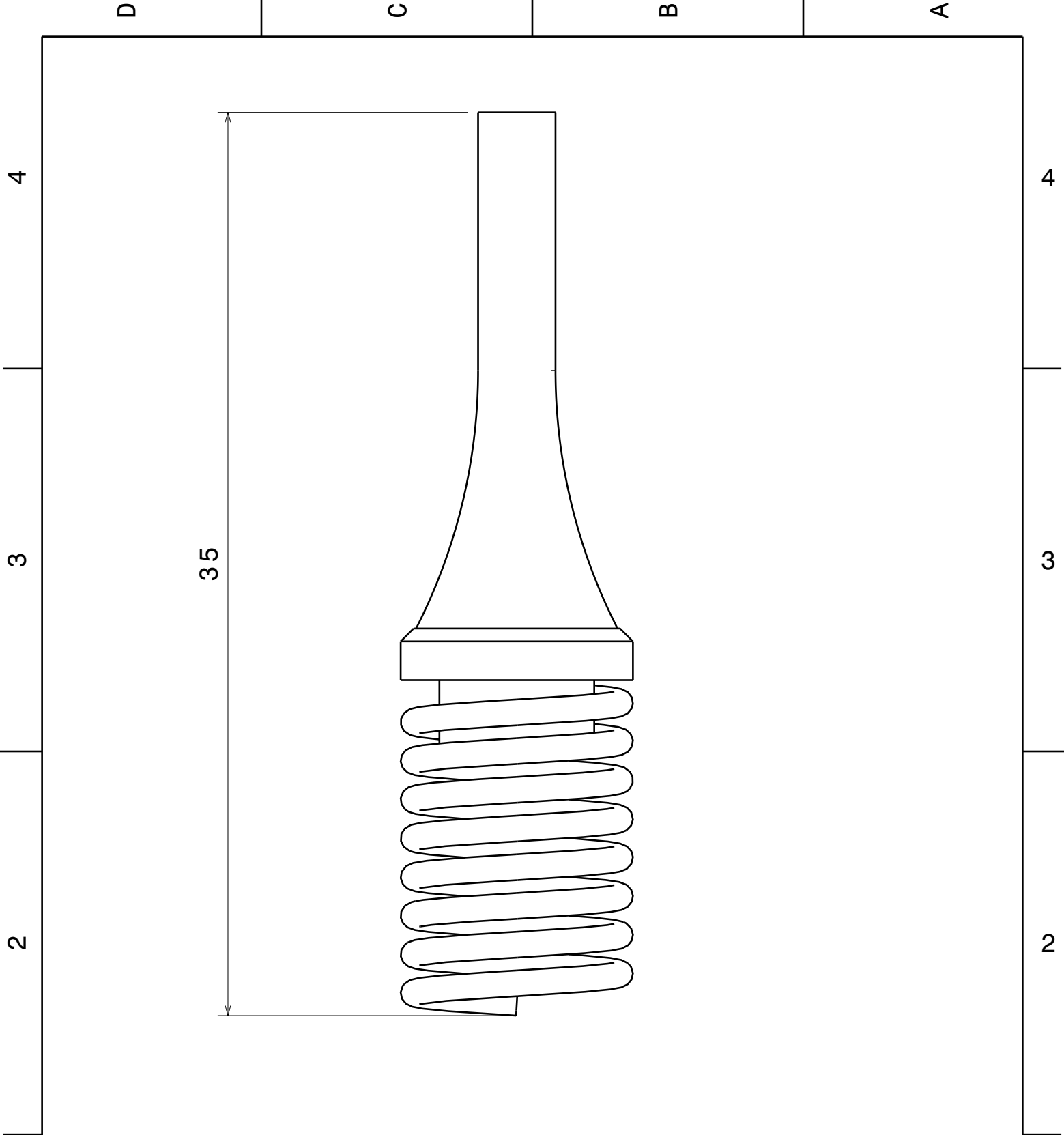


Fakultet inzenjerskih nauka		Diplomski rad			
Konstruisao		Naziv dela			
Damnjanovic Damir		Klip sa oprugom			
Datum		1			
9/16/2020					
Pregledao		Papir	Broj dela		
		A4			
Pregledao		Datum			
		Razmera:1:1		list	4/8



Fakultet inzenjerskih nauka		Diplomski rad											
Konstruisao		Datum		Naziv dela Ventil klipa									
Damnjanovic Damir		9/11/2020											
Pregledao		Datum		Papir A4		Broj dela							
Pregledao		Datum		Razmera 5:1								list 5/8	

D



Fakultet inženjerskih nauka		Diplomski rad			
Konstruisao		Naziv dela			
Datum		ventil klipa			
Damnjanovic Damir		9/15/2020			
Pegledao		Datum		Papir	
				Broj dela	
		A4			
Pregledao		Datum		Razmera 5:1	
				list 6/8	

D

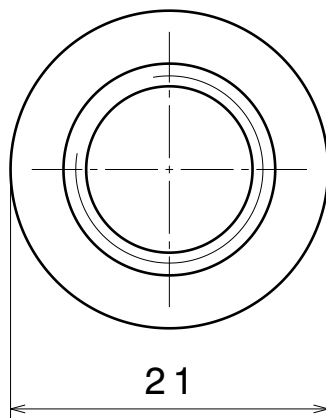
C

B

A

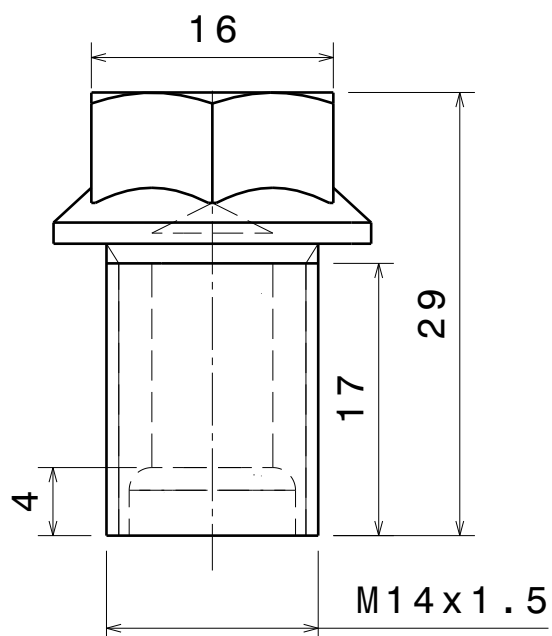
4

4



3

3



2

2

Daki

Diplomski rad

Konstruisao

Datum

Naziv dela

Potisni ventil

Damnjanovic Damir

9/15/2020

Pregledao

Datum

Papir

Broj dela

A4

Pregledao

Datum

Razmera 2:1

list

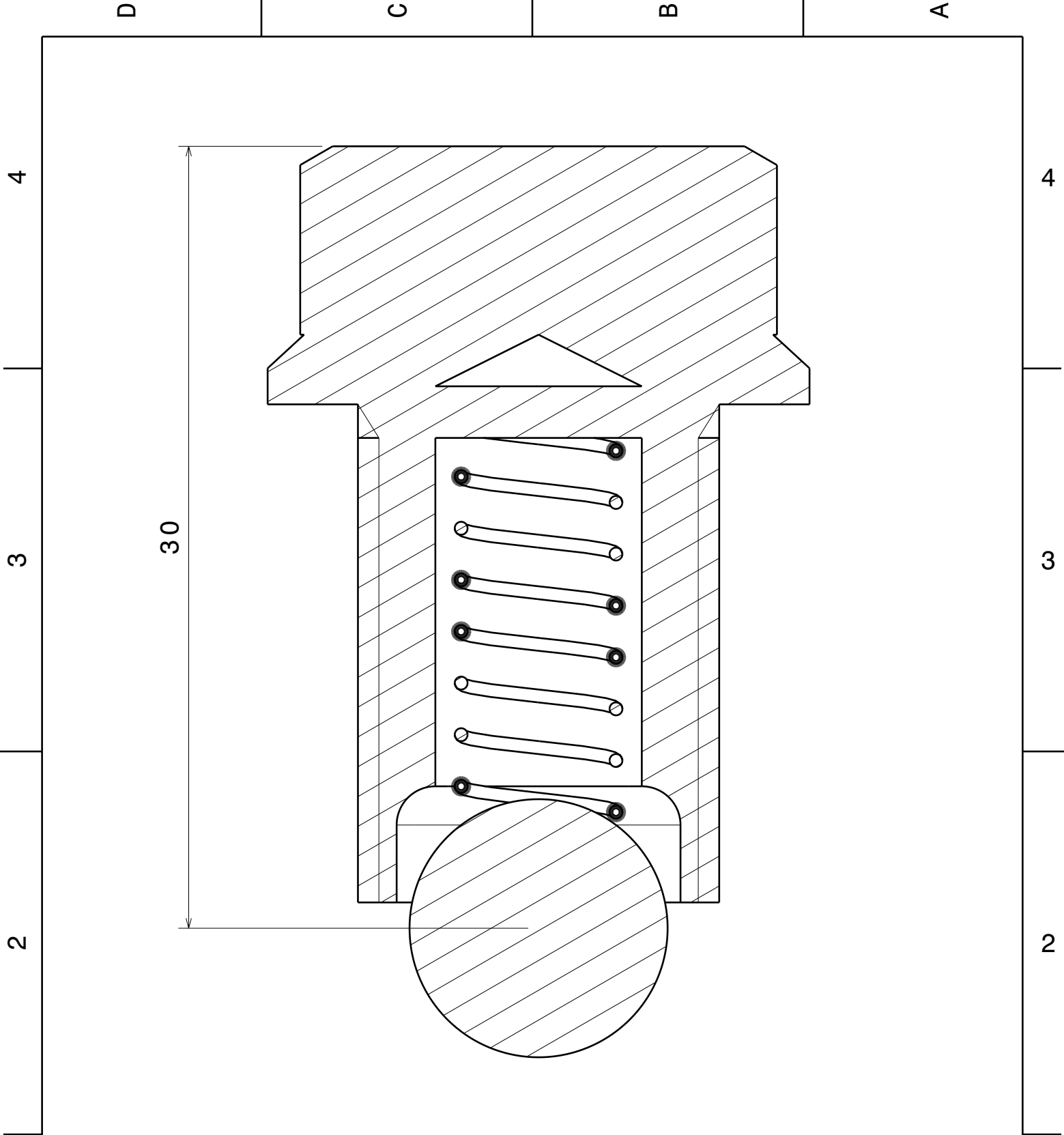
7/8

D

A

1

1



Fakultet inženjerskih nauka		Diplomski rad			
Konstruisao		Naziv dela			
Damnjanovic Damir		Potisni ventil			
Datum		9/11/2020			
Pregledao		Papir		Broj dela	
A4					
Pregledao		Datum		Razmera 1:1	
				list 8/8	