

## **РЕЗИМЕ**

У првом делу овог рада говори се о самим почецима примене и пробоју пнеуматике у различите области технике. Други део рада односи се на анализу и приказ основних физичких величина којим се описују својства ваздуха: густина, температура, специфичној топлота и вискозност (кинематска и динамичка). У трећем поглављу дефинисани су пнеуматски цилиндри при чему су обрађене следеће теме: принцип рада и подела пнеуматских цилиндара, материјали од којих се израђују и оптерећења која трпе. Четврто поглавље објашњава израду 3Д модела пнеуматског цилиндра двосмерног дејства из производног програма предузећа „Прва Петолетка“ Трстеник. Модел је израђен у програмском пакету CATIA V5R19, где су коришћени одређени алати овог програмског пакета као што су Part Design и Assembly Design.

## **ABSTRACT**

The first part of this thesis is related to the beginning and to the breakthrough of pneumatics in different fields of technics. The second part is related to the analysis of air properties: density, temperature, specific heat, viscosity. Pneumatic cylinders (i.e. their functioning, materials from which they are made, their loads) are described in the third chapter. The creation of 3D models of a double acting pneumatic cylinder (manufactured by PPT – Trstenik) is explained in the fourth chapter. Modelling was performed in CATIA V5R19 software package, which used certain tools of this software package such as Part Design and Assembly Design.

## Садржај

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.0 Увод у пнеуматику.....</b>                        | <b>4</b>  |
| 1.1 Пнеуматика.....                                      | 4         |
| 1.2 Предност коришћења компримованог ваздуха.....        | 4         |
| 1.3 Недостаци компримованог ваздуха.....                 | 4         |
| <b>2.1 Својства ваздуха.....</b>                         | <b>6</b>  |
| 2.1.1 Густина ваздуха.....                               | 8         |
| 2.1.2 Специфична топлота .....                           | 8         |
| 2.1.3 Вискозност.....                                    | 9         |
| 2.1.4 Ваздух под притиском.....                          | 10        |
| 2.1.5 Промене стања ваздуха .....                        | 11        |
| <b>3.1 Подела цилиндара.....</b>                         | <b>15</b> |
| <b>3.2 Симболи-означавање цилиндара .....</b>            | <b>15</b> |
| <b>3.2.2 Пнеуматски цилиндри двосмерног дејства.....</b> | <b>18</b> |
| 3.2.2.1 Цилиндри са пригушењем на крају хода .....       | 20        |
| <b>3.2.3 Специјални цилиндри .....</b>                   | <b>21</b> |
| 3.2.3.1 Пнеуматски цилиндар ударног дејства.....         | 22        |
| 3.2.3.2 Ротациони (обртни) пнеуматски цилиндар.....      | 23        |
| 3.2.3.3 Тандем цилиндар .....                            | 24        |
| 3.2.3.4 Вишеположајни цилиндри .....                     | 24        |
| 3.2.3.5 Телескопски цилиндар .....                       | 25        |
| 3.2.3.6 Цилиндар без клипњаче .....                      | 25        |
| <b>5.0 ЗАКЉУЧАК.....</b>                                 | <b>35</b> |
| <b>6.0 ЛИТЕРАТУРА.....</b>                               | <b>36</b> |

## 1.0 УВОД У ПНЕУМАТИКУ

### 1.1 Пнеуматика

Савремено друштво карактерише интензиван напредак на свим подручјима технике и привреде. Овај напредак поставља свакодневно пред сваког у привреди и техници нове и веома различите проблеме. Главни циљ при решавању постављених проблема је да се повећа продуктивност рада, да се смање трошкови производње и да се постигне бољи квалитет производа. Решење ових задатака лежи пре свега у модернизацији индустријских предузећа, а први квалитативни корак у томе је увођење аутоматизације.

Радне јединице које као погонску енергију користе енергију ваздуха под притиском у склопу економски застареле, али још технички исправне машине, служе за аутоматизацију целокупног рада машина.

Пнеуматски апарати и уређаји су познати одавно у свим областима технике. Још крајем прошлог века примењивали су се пнеуматски секачи код обраде метала, пресе на пнеуматски погон, затим разни други пнеуматски алати за грубо скидање неравнина на откованим комадима, чишћење цеви и одстрањивање корозије са металних делова.

Развојем пнеуматских компонената чијом се комбинацијом могу израђивати разни уређаји и инсталације за аутоматизацију, створени су услови за ширу примену пнеуматике уопште. Управљање цилиндрима и ваздушним моторима помоћу разводника омогућује даље путеве у свим областима на пољу аутоматизације.

Пнеуматски елементи се данас због тога врло успешно користе у ваљаоницама, на пресама, маказама, у папирној и стакларској индустрији, у дрвној индустрији у процесу транспортовања материјала и на низ других места. Применом пнеуматских радних јединица на машинама алаткама продужава се економски век машине, и постиже повећање обима производње у јединици времена. Типизацијом и стандардизацијом компонената створена је могућност великог броја комбинација, што успешно може да замени разне аутомате. Сем тога, опремање машина овим путем, постиже се значајан економски ефекат за релативно кратко време уз знатно мање трошкове. Даљом масовном производњом пнеуматских уређаја цена би могла бити нижа тако да би у том смислу успешно конкурисала механичким и електричним уређајима који се данас још увек користе [1].

### 1.2 Предности коришћења компримованог ваздуха

Пнеуматски уређаји се одликују нарочито робусном и релативном једноставном конструкцијом. Ове карактеристике омогућиле су да пнеуматски уређаји буду примењени свуда, где су услови рада тешки и где се од конструкције уређаја тражи да буде сигурна у раду. Захваљујући чињеници да је ваздух у њима увек под

притиском већим од атмосферског, могу да раде у хемијски агресивној и влажној атмосфери.

У средини где постоји опасност од експлозије користе се пнеуматски уређаји. Није редак случај да су у таквим срединама електрични уређаји искључени из употребе. Пнеуматски уређаји (нпр. пнеуматски цилиндри и пнеуматски мотори) примају преоптерећења без икаквих последица што није случај са електричним моторима и апаратима.

Брзина реаговања се креће у зависности од конструкције уређаја око 0.001-0.02 s. За специјалне намене ово време реаговања може још да се смањи [1].

У много случајева одређене радне операције могу се знатно појевтинити ако се досад примењени уређаји замене пнеуматским. Тако нпр. пнеуматски чекићи и бушилице имају предност у односу на исте електричне машине. Они су знатно лакши, постижу већи број удараца у јединици времена, а за опслуживање су једноставнији и у погледу сигурности безбеднији. Сигурнији рад, мање кварова у погону при преоптерећењу, сигурност при руковању у влажној средини и низ других предности су веома важне карактеристике пнеуматских уређаја.

Пнеуматски, хидраулични или електрични уређаји не искључују једни друге, него се могу успешно допуњавати. Зависно од места употребе, даје се предност одређеном систему. Да би се боље сагледале области и домен примене, дају се упоредно неке карактеристичне особине пнеуматских уређаја:

1. *Преоптерећење*: Пнеуматски обртни алати могу бити преоптерећени до заустављања ротора, док за исти случај електрични уређаји код преоптерећења прегоревају што најчешће захтева скупу оправку.

2. *Мала маса*: Пнеуматски уређаји су за исте намене лакши од машина са електричним погоном. Нормални пнеуматски мотор тежак је само десети део тежине електромотора исте снаге и нормалног извођења. Модерни високофреквентни пнеуматски мотор је три пута тежи од пнеуматског мотора исте снаге. Ова мала маса пнеуматских уређаја је од велике важности када су у питању ручни алати.

3. *Мала опасност од несрећног случаја*: Електрични алати користе обично струју напона 120 до 380 V чиме се могућност од несрећног случаја повећава. У влажној просторији или на слободном простору долази до кратког споја што може да проузрокује несрећу, док су пнеуматски уређаји од тога ослобођени.

4. *Могућност финог регулисања брзине као и поступног повећања силе притиска*: Код пнеуматских цилиндра је могуће подешавати и брзину кретања клипа и силу на клипњачи, а код обртних пнеуматских мотора број обртаја и величину обртног момента.

5. *Једноставно одржавање*: Готово све пнеуматске уређаје може одржавати један техничар или један радник крај машине. У најгорем случају долази у обзир

агрегатна замена елемената. Код електричних уређаја нужно је код сваке оправке консултовати стручно лице. Због дејства електромагнетног поља, нарочито код машина за полирање, долази до привлачења металних опиљака. Због овога електричне уређаје треба чешће чистити него пнеуматске [3].

Сем тога, предности коришћења компримованог ваздуха су:

1. *Велика сигурност*: Нема опасности од експлозије и пожара, те опадају скупи уређаји за осигурање и разне мере за заштиту од пожара и експлозије.

2. *Брзина*: Компримовани ваздух је врло брз радни флуид. Брзина кретања клипа у пнеуматским цилиндрима износи 1-2 m/s. Код посебно изведених цилиндра могу се постићи средње брзине клипа и до 10 m/s.

3. *Лак транспорт*: Компримовани ваздух се може без потешкоћа, помоћу цевовода, транспортовати до највеће удаљености. Повратни водови су непотребни, јер се ваздух који је извршио рад, испушта у атмосферу.

4. *Складиштење*: Ваздух се може акумулирати у резервоаре, па према томе компресори не морају стално да раде.

5. *Континуална промена брзина*: Брзина клипа у пнеуматским цилиндрима као и силе, могу се континуално по жељи мењати.

6. *Притисак је континуално подесив*: Силе притиска на извршним органима се могу континуално подешавати у ширем опсегу притиска.

7. *Чистоћа*: Компримовани ваздух је чист и код евентуалног пропуштања на водовима или уређајима не долази до прљања делова, алата односно материјала.

8. *Једноставна конструкција*: Помоћу пнеуматских цилиндра може се извести праволинијско кретање, директно, без помоћних механичких елемената као што су полуге, ексцентри, завојна вретена и слично.

9. *Подешавање дужине хода*: Помоћу граничника може се дужина хода клипа по жељи мењати између крајњих положаја.

10. *Неосетљивост на температуру*: Чист ваздух (без воде) може беспрекорно вршити рад при температурама које су изнад и испод 0°C [2].

### 1.3 Недостаци компримованог ваздуха

Ваздух је компресибилан флуид, па су стога ограничене силе које се могу постићи. Ако нису употребљени пригушивачи звука настаје јаки шум при испуштању ваздуха. Поред тога не може се постићи мала и константна брзина пнеуматског цилиндра [4].

## 2.0 ВАЗДУХ КАО РАДНИ ФЛУИД

Ваздух је материја која захваљујући својој способности сабијања и експанзије има широку примену као преносник енергије. Упознавање са особинама ваздуха може да послужи за његово потпуније и обимније коришћење [1].

### 2.1 Својства ваздуха

Ваздух је мешавина разних једноатомних, двоатомних, троатомних гасова а садржи још воду и разне чврсте честице. У ваздуху су највише присутни азот (N<sub>2</sub>) и кисеоник (O<sub>2</sub>). Суви и чисти ваздух садржи N<sub>2</sub> 79 % и O<sub>2</sub> 21% у запреминском проценту.

У пракси ваздух поред N<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> увек садржи и друге гасове као што су CO, CO<sub>2</sub> (табела 1) а понекад у погонима и разне агресивне гасове нпр. SO, SO<sub>2</sub> итд. [3].

Табела 1: Састав ваздуха

| Врста гаса      | Запремински удео (%) | Масени удео (%) |
|-----------------|----------------------|-----------------|
| Азот            | 79                   | 75.47           |
| Кисеоник        | 21                   | 23.2            |
| Аргон           | 0.93                 | 1.28            |
| Водоник         | 0.01                 | 0.001           |
| CO <sub>2</sub> | 0.03                 | 0.046           |

Међутим ваздух који се усисава у пнеуматски систем није сув него садржи и водену пару. Садржај водене паре зависи од метеоролошких услова али се најчешће креће у границама  $x=(4\div 11)$  [g/m<sup>3</sup>].

У пнеуматским системима таква количина водене паре није пожељна, јер водена пара изазива корозију металних елемената, а ако се кондезује могућ је и застој система. Због тога се водена пара одстрањује из ваздуха помоћу одстрањивача влаге. У зависности од садржаја водене паре могуће је дефинисати пет квалитета ваздуха. Подаци су дати у табели 2 и важе за ваздух при атмосферском притиску.

Табела 2: Ваздух при атмосферском притиску

| Класа ваздуха обзиром на садржај влаге | Масени удео водене паре | Тачка росе (°C)   |
|----------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1                                      | 156                     | -40               |
| 2                                      | 633                     | -20               |
| 3                                      | 4267                    | +2                |
| 4                                      | 7196                    | +10               |
| 5                                      | није ограничено *       | није ограничено * |

\* ваздух узет из околине

Сем водене паре у ваздуху се налазе и чврсте честице. Ваздух узет непрерађен из околине има садржај чврстих нечистоћа приказан у табели 3:

Табела 3: Непрерађен ваздух

| Место мерења        | Просечна вредност садржаја чврстих нечистоћа (mg/m <sup>3</sup> ) | Граничне вредности садржаја чврстих нечистоћа (mg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Поље                | 1.5                                                               | 0.5÷5                                                              |
| Град                | 3                                                                 | 1÷10                                                               |
| Индустријска област | 10                                                                | 2÷50                                                               |
| Фабрички круг       | 20                                                                | 5÷90                                                               |

Наведене концентрације нечистоћа не смеју се дозволити унутар пнеуматских система, па се због тога одстрањују из ваздуха помоћу разних пречистача. У зависности од садржаја чврстих честица могуће је дефинисати пет класа ваздуха. Подаци су дати у табели 4:

Табела 4: Вредности чврстих нечистоћа

| Класа ваздуха обзиром на садржај чврстих нечистоћа | Просечна вредност садржаја чврстих нечистоћа (mg/m <sup>3</sup> ) | Максимална величина чврстих нечистоћа (µm) |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1                                                  | -                                                                 | 0.5                                        |
| 2                                                  | 1                                                                 | 1.5                                        |
| 3                                                  | 5                                                                 | 5                                          |
| 4                                                  | 10                                                                | 10                                         |
| 5                                                  | није ограничено*                                                  | није ограничено*                           |

\*ваздух узет из околине

Ваздух узет из околине има занемарив садржај уља. Међутим, најчешће коришћени компресори у пнеуматским системима (клипни компресори) имају такве системе за подмазивање да део уља за подмазивање доспева у компримовани ваздух. Садржај тог уља мора се ограничити посебним пречистачима-одвајачима уља. У зависности од садржаја истрошеног уља квалитет ваздуха је могуће дефинисати на начин приказан у табели 5:

Табела 5: Садржај уља у ваздуху

| Класа ваздуха у зависности од садржаја уља | Садржај уља (mg/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------------------|----------------------------------|
| 1                                          | без уља                          |
| 2                                          | 0.5                              |
| 3                                          | 1                                |
| 4                                          | 5                                |
| 5                                          | 25                               |
| 6                                          | није ограничено                  |

### 2.1.1 Густина ваздуха

Ваздух има своју масу и заузима одређену запремину. Густина се изражава као маса у јединици запремине.

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (2.1)$$

где је:

$m \text{ [kg]}$  - маса ваздуха,  
 $V \text{ [m}^3\text{]}$  - запремина ваздуха.

Реципрочна вредност густине је специфична запремина.

$$\nu = \frac{V}{m} \text{ [m}^3\text{/kg]} \quad (2.2)$$

Између ове две физичке величине постоји однос:

$$\nu = \frac{1}{\rho} \quad (2.3)$$

где је:

$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$  - густина

Густина ваздуха се мења са променом температуре (Табела 6).

Табела 6: Промена густине у зависности од температуре

|                                |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| t(°C)                          | -20  | 0    | 20   | 40   | 60   | 80   | 100  | 200  |
| $\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$ | 1.39 | 1.29 | 1.20 | 1.13 | 1.06 | 0.99 | 0.95 | 0.75 |

### 2.1.2 Специфична топлота

Количина топлоте коју треба додати или одузети 1 kg ваздуха да би се температура променила за 1K зове се специфична топлота и обележава се са  $c$ .

Специфична топлота карактерише физичку особину материје и зависна је од услова при којима се врши загревање односно хлађење. У једном случају загревање ваздуха се обавља у затвореном резервоару без промене запремине. У другом случају загревање ваздуха се обавља у резервоару променљиве запремине као нпр. у цилиндру са покретним клипом. У првом случају енергија ваздуха не врши никакав рад, док се у другом случају она користи за вршење рада. Због тога се разликује специфична топлота при константном притиску ( $c_p$ ) и специфична топлота при константној запремини ( $c_v$ ).

На бази искуства узимају се средње вредности специфичне топлоте ваздуха ( $c_v$ ) при умереној температури за случај сталне запремине односно сталног притиска ( $c_p$ ):

$$c_v = 720 \text{ J/kgK}$$

$$c_p = 1010 \text{ J/kgK}$$

На тај начин потребна количина топлоте за загревање јединице масе ваздуха ће се одредити према једначинама:  
за сталну температуру:

$$q_v = c_v(t_2 - t_1) \text{ [J/kg]} \quad (2.7)$$

а за стални притисак:

$$q_p = c_p(t_2 - t_1) \text{ [J/kg]} \quad (2.8)$$

### 2.1.3 Вискозност

Трење између честица ваздуха зависи од отпора промене облика ваздушног стуба што представља физичка својства ваздуха и зове се: вискозитет. Ради бољег разумевања ове особине на слици 2.1 је приказан пресек струјања између две паралелне и равне плоче.

Претпоставља се да је доња плоча непокретна, а да се горња креће паралелно доњој брзином  $W$ . Искуство је показало да ће распоред брзина честица ваздуха бити као што је на слици приказано. Слојеви честица непосредно уз покретну плочу имаће брзину равну нули, а слојеви уз покретну плочу брзину  $w$  као и плоча. Овакав распоред брзина између слојева јесте последица трења између суседних честица, чиме се одређује и вискозност ваздуха.

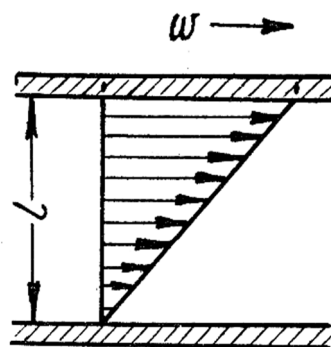
Према једначини Њутна за кретање горње плоче потребна сила  $F$  је директно пропорционална површини горње плоче ( $A$ ) и паду брзине нормално на правац струјања  $dw/dl$ . Осим тога сила зависи и од својства материје:

$$F = \eta A \frac{dw}{dl} \quad (2.9)$$

где су:

$\eta$  [Ns/m<sup>2</sup>] - динамички вискозитет

$A$  [m<sup>2</sup>] - површина



Слика 2.1. Пресек струјања између две паралелне и равне плоче

Јединица у СИ систему за динамичку или апсолутну вискозност је  $[\text{Pa} \cdot \text{s}] = [\text{Ns/m}^2]$ .

У пракси користи се кинематска вискозност и која представља количник између динамичке вискозности и густине ваздуха.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad [\text{m}^2/\text{s}] \quad (2.10)$$

Вискозност ваздуха као и других флуида мери се специјалним апаратом тзв. вискозиметром. Вредност измерене вискозности зависи у великој мери од температуре флуида. У Табели 7 приказана је средња вредност динамичке вискозности ваздуха за различите температуре.

Табела 7: Зависност вискозитета ваздуха од температуре

| t°C            | -20                  | 0                    | +20                  | +40                  | +70                  |
|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| $\eta$ (kg/ms) | $16.2 \cdot 10^{-6}$ | $17.3 \cdot 10^{-6}$ | $18.3 \cdot 10^{-6}$ | $19.3 \cdot 10^{-6}$ | $20.9 \cdot 10^{-6}$ |

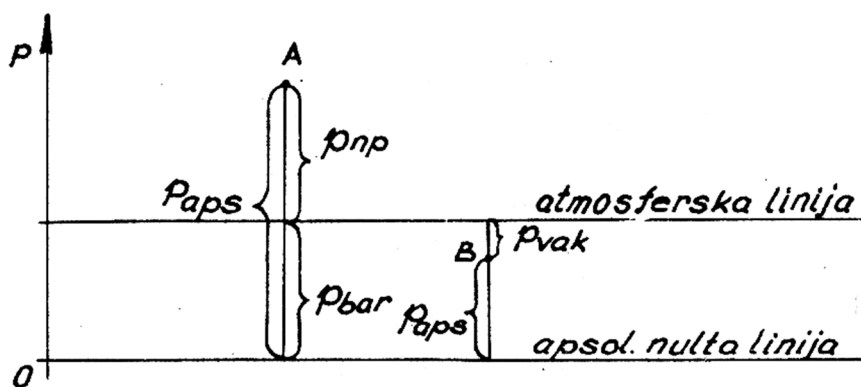
### 2.1.4 Ваздух под притиском

Уређаји који се у техници примењују за мерење притиска показују разлику између притиска на мерном месту и атмосферског притиска ( $p_{aps}$ ) (или спољног притиска). Ако је разлика позитивна, онда уређај показује натпритисак ( $p_n$ ), а ако је негативан потпритисак ( $p_v$ ) или "вакуум". Код прорачуна се може користити вредности апсолутног притиска који се добија као алгебарски збир атмосферског (барометарског) притиска и натпритиска или потпритиска.

$$p_{aps} = p_{bar} + p_n \quad (2.11)$$

$$p_{aps} = p_{bar} - p_v \quad (2.12)$$

Код техничког мерења вредности притиска погодна је користити јединицу бар, при чему је  $1[\text{bar}] = 10^5[\text{Pa}]$ . За мерење натпритиска у инсталацијама и уређајима служе манометри. На слици 2.2 се може видети графички приказ односа притисака



Слика 2.2. Графички приказ односа притиска

За повећање притиска ваздуха у једном затвореном резервоару потребно је смањивати запремину или повећати температуру. Повећањем притиска развија се топлота која има за последицу повишење температуре ваздуха.

### 2.1.5 Промене стања ваздуха

Притисак, температура и густина одређују стање ваздуха па због тога ове вредности чине параметре стања. Променом једног параметра мењају се и други на одређени начин па се тако и мења стање ваздуха.

Једначина стања за јединицу масе ваздуха гласи:

$$pv = RT \quad (2.13)$$

где је  $R$  гасна константа ваздуха:

$$(R = 287 \text{ J/kgK}) \quad (2.14)$$

Ова се једначина може приказати и на други начин:

$$p(v_2 - v_1) = R(t_2 - t_1) \quad (2.15)$$

при чему је  $p$  притисак (Pa),  $(v_2 - v_1)$  пораст специфичне запремине ( $\text{m}^3/\text{kg}$ ),  $(t_2 - t_1)$  разлика температуре.

Ако се са  $m$  [kg] маса ваздуха помножи лева и десна страна претходног израза, онда једначина добија облик:

$$pV = mRT \quad (2.16)$$

где је  $V$  [ $\text{m}^3$ ] укупна запремина ваздуха.

### 3.0 ПНЕУМАТСКИ ЦИЛИНДРИ

Пнеуматски цилиндри су пнеуматски мотори који енергију струјања гаса претварају у механички рад наизменичним праволинијски кретањем радног органа(клипа или плунжера).

Пнеуматски цилиндри користе потенцијалну енергију флуида, у овом случају у облику компримованог ваздуха, и претварају је у кинетичку енергију док се ваздух шири у покушају да достигне атмосферски притисак. Ово ширење ваздуха гура радни орган у жељеном правцу. Клип је у облику диска или цилиндра, а клипњача преноси снагу што доводи до померања објекта.

У односу на хидрауличне цилиндри, пнеуматски цилиндри су тиши, чистији и не захтевају велики простор за складиштење флуида. Како се као радни флуид користи ваздух, приликом цурења неће доћи до загађења околине.

Пнеуматски цилиндри се могу разликовати по изгледу, величини и функцији. Постоје многе врсте пнеуматских цилиндра конструисане да испуне специфичне и специјализоване функције[5].

**Материјал:** Материјал од кога ће бити израђени зависи од намене тог цилиндра, и услова у којима ће радити. Могу бити од никлованог месинга, алуминијума, нерђајућег челика[5].

**Постоље:** У зависности од локације примене и уклапања у склоп постоје различите врсте постоља за везивања пнеуматских цилиндра. На следећој слици (3.1) приказане су врсте везивања пнеуматски цилиндра[5]:



Слика 3.1. Начини причвршћивања цилиндара [5]

**Величине:** Пнеуматски цилиндри, слика 3.2, су доступни у различитим величинама, од пречника 2.5 mm који се користе за мање терете, до 400 mm који се користе за веће терете (подизање аутомобила). Пречници клипова неких цилиндара могу бити и до 1000 mm; они се користе на местима хидрауличних цилиндара код специјалних околности где цури хидраулично уље што може довести до опасности.



Слика 3.2. Пнеуматски цилиндри

- **Оптерећење:** Због сила које делују на цилиндру, клипњача је највише оптерећена компонента. У зависности од смера деловања спољашњег оптерећења, клипњача може бити оптерећена на притисак или истезање [5].

$$d \geq \sqrt{\frac{4 * F}{\pi * \sigma d a}}$$

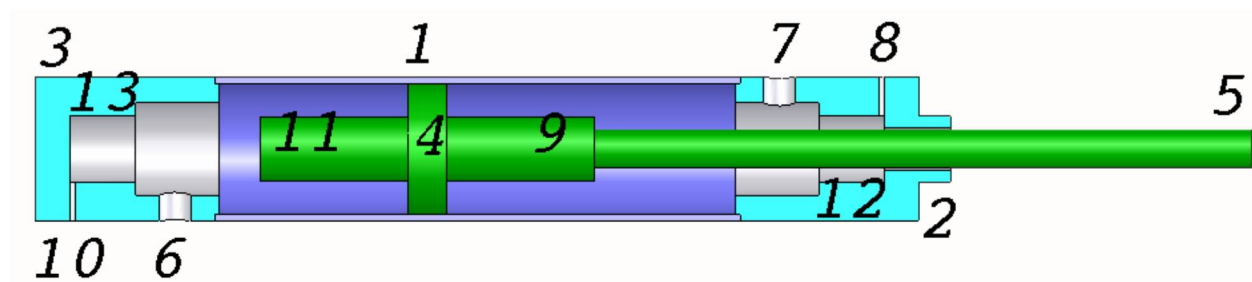
Где је:

$\delta da$  – дозвољени напон при истезању(тј. притиску) материјала клипњаче

$d$ -полупречник цилиндра

$F$ - сила која делује на цилиндар

На слици 3.3 дат је шематски приказ пнеуматског цилиндра. Основни елементи овог цилиндра су предњи поклопац, задњи поклопац, клип и клипњача.

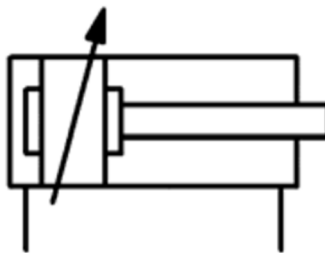


Слика 3.3:Шема пнеуматског цилиндра: 1-кућиште, 2-предњи поклопац, 3-задњи поклопац, 4-клип, 5-клипњача, 6-прикључак, 7-прикључак, 8-канал, 9-елемент пригушења, 10-прикључак, 11-елемент пригушења, 12-отвор, 13-отвор

Рад цилиндра се остварује тако што се ваздух под притиском доводи на прикључак 6, па сила притиска на клипу 4 покреће клип са клипњачом према предњем поклопцу цилиндра. По постизању крајњег положаја, затварањем довода ваздуха на прикључку 6 и довођењем ваздуха под притиском на прикључак 7, клип са клипњачом се враћа у почетни положај. Да би се све ово могло остварити потребан је материјал који не дозвољава прострујавање ваздуха са једне на другу страну клипа, као и излазак ваздуха у атмосферу између клипњаче и предњег поклопца.

Канали 8 и 10 су снабдевени и пригушним вентилом којим се може подешавати њихов попречни пресек, а тиме и проток ваздуха кроз њих. Елементи пригушења 9 и 11 служе за пригушење брзине тј. силе којом клип удара у предњи односно задњи поклопац. Посредно, овим елементима се подешава интензитет инерцијалних сила које се јављају у крајњим положајима клипа. Ако се посматра кретање клипа према предњем поклопцу (радни ход), може се уочити да пред крај овог хода елемент пригушења 9 улази у отвор 12 истог пречника стварајући "ваздушни јастук" који се празни кроз канал 8. Подешавањем пресека овог канала подешава се брзина пражњења "ваздушног јастука" тј. веће или мање успорење клипа, односно интензитет инерцијалне силе. У кретању ка задњем поклопцу (повратни ход) користи се идентична техника уз помоћ канала 10, елемента пригушења 11 и отвора 13. Ова техника из конструктивних разлога има ефекта само када је ход цилиндра већи од 50мм. Код малих брзина кретања клипа ово такође не даје резултате.

Пнеуматски симбол горе описаног цилиндра је приказан је на слици 3.4 [3].



Слика 3.4. Символ пнеуматског цилиндра

### 3.1 Подела цилиндара

Према начину деловања:

- једносмерни
- двосмерни
- посебна извођења:
  - тандем
  - вишеположајни
  - телескопски
  - без клипњаче (најчешће магнетни)
  - ударни

### 3.2 Символи-означавање цилиндара

Зависно од тога да ли се клипњача налази са једне или са обе стране клипа, разликују се цилиндри са једностраном клипњачом и цилиндри са двостраном клипњачом. Ако је неопходно остварити веће силе на клипњачи уз ограничену величину пречника клипа цилиндри, или у радном ходу треба деловати двема силама различитог интензитета, примењују се тандем цилиндри. Када радни процес захтева релативно велики ход, а смештајни простор је ограничен, користе се телескопски цилиндри [3].

Цилиндар једносмерног дејства са повратном опругом



Цилиндар двосмерног дејства са клипњачом на једној страни



Цилиндар двосмерног дејства са клипњачом на обе стране



Цилиндар са подесивим обостраним пригушивањем



Троположајни цилиндар



Телескопски једносмерни цилиндар



Обртни цилиндар



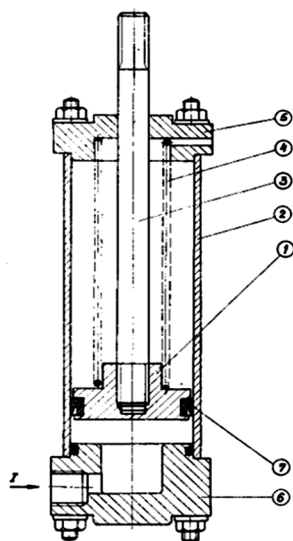
Тандем цилиндри



### 3.2.1 Пнеуматски цилиндри једносмерног дејства

Када ваздух под притиском долази у цилиндар само с једне стране да би клип извршио радни ход, онда је то цилиндар једносмерног дејства. Цилиндар на слици 3.5, се састоји из клипа 1 који се креће кроз тело цилиндра 2 када компримовани ваздух доспе у цилиндар кроз отвор **I**. Преко клипњаче 3 сила произведена на клипу врши ван цилиндра неки рад. Померањем клипа 1 сабија се опруга 4, а ваздух испред клипа излази у атмосферу кроз поклопац 5. Ова страна цилиндра је увек у вези са атмосфером. Када се улазни канал **I** веже преко разводника са атмосфером, под дејством опруге клип се враћа у почетни положај. Тело цилиндра је са поклопцима 5 и 6 учвршћено помоћу четири дуга завртња. На страни притиска, поставља се округла заптивка ради заптивања када је цилиндар испуњен компримованим ваздухом. Клип

има манжету 7 која служи за заптивање. Код цилиндра једносмерног дејства клипњача је увек увучена када у цилиндру нема притиска ваздуха [1].



Слика 3.5. Пнеуматски цилиндар једносмерног дејства

Ова врста цилиндра се примењује углавном за стезања, избацивања, утискивања, подизања, увођења итд.

Сила која се добија на клипњачи цилиндра једносмерног дејства користи се за вршење рада. Ова ефективна сила је дата изразом:

$$F = \frac{\pi}{4} D^2 p - F_0$$

Где је:

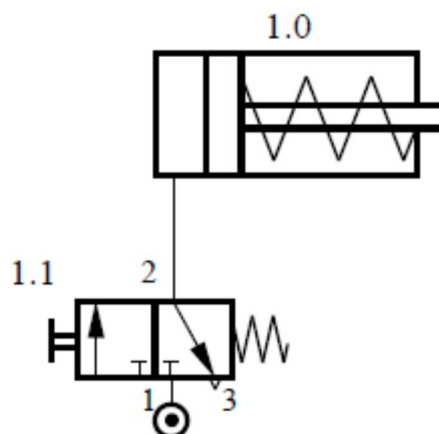
$D$  (m) – пречник цилиндра

$p$  (bar) – радни притисак

$F_0$  (N) – сила отпора

Сила отпора је сума отпора услед трења при кретању клипа (највећи утицај има заптивка) и отпора од опруге. Код цилиндра једносмерног дејства, сила у радном ходу је мања од оне коју остварује цилиндар двоструког дејства истог пречника клипа јер клип мора и да сабије опругу која се налази испред њега, слика 3.6. [1].

За управљање једносмерним цилиндром користе се разводници 3/2.

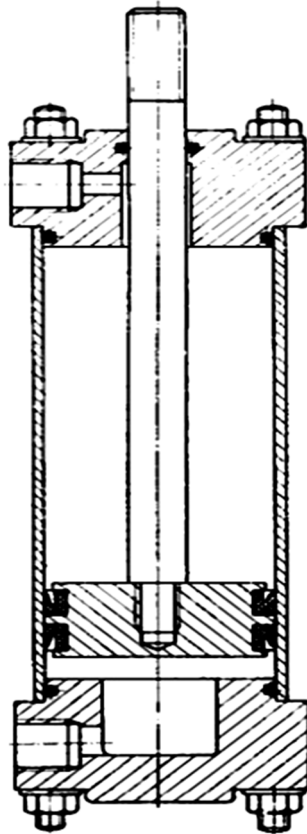


Слика 3.6. Шема управљања и симбол за једносмерни цилиндар са опругом

### 3.2.2 Пнеуматски цилиндри двосмерног дејства

На слици 3.9, је приказан цилиндар за чије је кретање клипа потребно да се доведе ваздух са једне или друге стране клипа у зависности од тога у коме смеру га треба покренути. Пошто се у овом случају може користити сила код оба смера кретања клипа, овакав цилиндар се назива: цилиндар двосмерног дејства. На клипу су уграђене две манжете због заптивања обе стране цилиндра. У телу поклопца на страни клипњаче уграђена је округла заптивка ради заптивања. Кретање клипа од једног до другог крајњег положаја омогућено је упуштањем компримованог ваздуха са једне или друге стране клипа. Кад се у једну страну упушта ваздух друга се повезује са атмосфером. Брзина кретања клипа се може регулисати пригушењем излазног ваздуха.

Ако је потребно да се са сваке стране клипа обезбеди иста вредност силе, клипњача повезана са клипом пролази кроз оба поклопца цилиндра. Некад се такав захтев поставља и с обзиром на место примене цилиндра.



Слика 3.9. Пнеуматски цилиндар двосмерног дејства

Сила која се добија на клипњачи цилиндра двосмерног дејства зависи од стране са које се упушта ваздух.

За страну А:  $F = \frac{\pi}{4} D^2 p - F_0$

За страну В:  $F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p - F_0$

где је :

$D$  [m] – пречник цилиндра

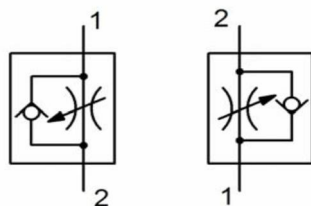
$d$  [m] – пречник клипњаче

$p$  [Pa] – радни притисак

$F_0$  [N] – сила отпора

Силе које пнеуматски цилиндри двосмерног дејства остварују зависе од пречника клипа и притиска ваздуха. У радном и повратном ходу силе се разликују, јер клипњача смањује површину на коју делује ваздух под притиском. Произвођачи дају обе ове силе израчунате према стандардном индустријском притиску ваздуха од 6 bar.

Брзина клипа у току кретања цилиндра двосмерног дејства може се подешавати. За ово се користе уређаји под називом пригушно – неповратни вентили. Њихов симбол је приказан на слици 3.10:

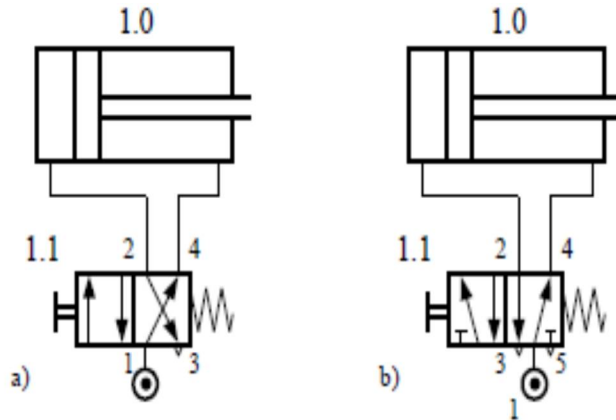


Слика 3.10. Симбол пригушно-неповратног вентила

Они се могу користити на два начина: тако што се пригушује проток ваздуха који се доводи у цилиндар или тако што се пригушује проток ваздуха који истиче из цилиндра.

Код класичних техника регулације брзине кретања пнеуматског цилиндра може се постићи максимална брзина до 2m/s. Посебним електронским системима се ова брзина може повећати до 10m/s.

Неугодне за рад пнеуматског цилиндра су мале брзине. Код малих брзина се може појавити тзв. „Stick - Slip“ ефекат тј. ефекат неравномерног кретања цилиндра, трзајућег кретања. За спречавање овог ефекта користе се посебни заптивни материјали и посебна средства за подмазивање [1].



Слика 3.11. Двосмерни цилиндар – симбол и шеме управљања помоћу разводника а) 4/2, б) 5/2

За управљање двосмерним цилиндром, слика 3.11 користе се разводници 4/2 или 5/2.

### 3.2.2.1 Цилиндри са пригушењем на крају хода

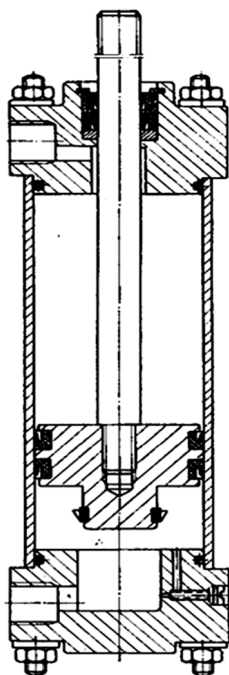
Врло често услови примене захтевају да се крај хода клипа заврши не чврстим додиром о поклопац. У таквим се случајевима (слика 3.12) у телу поклопца уграђује

пригушни елемент тако да се заустављање клипа постиже са тзв. »ваздушним јастуком«. [1].

Ако се једним цилиндром покрећу велике масе, потребно је остварити лагано заустављање у предњем и задњем крајњем положају да би се на тај начин избегло ударање клипа на поклопац цилиндра и евентуална оштећења. Пре него што цилиндар постигне свој крајњи положај, клип са пригушивачем затвара истицање ваздуха у атмосферу. При томе остаје само мали отвор слободан и често се попречни пресек за истицање ваздуха може регулисати.

Ваздух се у последњем делу хода клипа сабија у цилиндру. Овај сабијени ваздух се преко неповратног-пригушног вентила (малог попречног пресека за истицање ваздуха) испушта лагано у атмосферу. Сабијање ваздуха у крајњем положају клипа, одузима енергију клипу и он се лагано креће до свог крајњег положаја.

Када се клип креће у супротном правцу, ваздух несметано преко неповратног вентила струји у цилиндар и обезбеђује кретање клипа [8].



Слика 3.12. Пнеуматски цилиндар са једносмерним пригушењем ваздуха

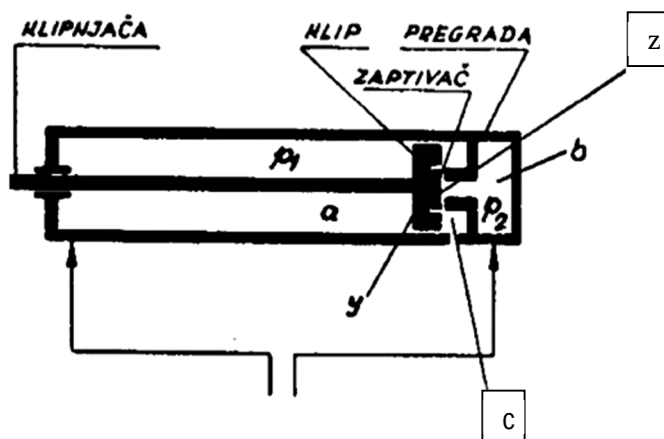
### 3.2.3 Специјални цилиндри

У ову групу могу се уврстити цилиндри који се у функционалном смислу нешто разликују од класичних радних цилиндара па су сходно томе извршене и неке конструктивне измене.

### 3.2.3.1 Пнеуматски цилиндар ударног дејства

Ови цилиндри су релативно малих димензија, а у погону могу успешно да замењују рад преса. Поред релативно малих димензија, цилиндар ударног дејства има посебно велику ударну силу. Цилиндар ударног дејства заузима мали простор, а и цена им је ниска па је замена за пресу када год је могуће препоручљива. Овај се цилиндар уграђује како вертикално тако и хоризонтално. Сем тога, према потреби може на једном месту бити уграђено више цилиндара. Појединачна примена цилиндара ударног дејства је многострука. Успешно су примењени код закивања и пресовања, пробијања рупа, сечења, маркирања и др. За утискивање знака или броја на усијаним комадима (до 500°C) користе се цилиндри ударног дејства.

Да би један цилиндар постигао што већу ударну силу, потребно је да клип цилиндра постигне за најкраће време што већу брзину. Уколико је постигнута већа брзина кретања клипа утолико је већа кинетичка енергија масе која се креће [1].



Слика 3.13. Шематски приказ цилиндра ударног дејства

На слици 3.13, је шематски приказан пнеуматски цилиндар ударног дејства према концепцији фирме Мартонаир. Цилиндар је преградом раздвојен на две коморе **a** и **b**. У основном положају клип преко заптивача стоји уз седиште преграде, јер је комора **a** под притиском ваздуха. Између клипа и преграде постоји један простор **c** који је везан малим отвором са атмосфером. У простору **a** влада притисак  $p_1$ , а у комори **b** атмосферски притисак  $p_2$ . Када се помоћу разводника **a** споји са атмосфером, а комора **b** са извором притиска, настаје следећи процес:

Притисак  $p_1$  у простору **a** опада делујући и даље на површину клипа **y**. У простору **b** се повећава притисак који делује на површину **z** клипа са супротне стране. Због разлике нападних површина које су изложене притисцима  $p_1$  и  $p_2$ , клип ће стојати уз седиште преграде и код знатно нижег притиска  $p_1$ . Тек када  $p_1 \cdot y$  буде мање од  $p_2 \cdot z$  долази до одвајања клипа од седишта преграде. У моменту одвајања клипа од седишта

због велике разлике у притисцима ( $p_2 > p_1$ ) и због деловања притиска  $p_2$  по целој површини клипа, клип за део секунде достиже брзину око 7,5 до 8 m/s, при неоптерећеном цилиндру. Под неоптерећеним цилиндром у овом смислу подразумева се цилиндар без масе алата који се причвршћује за клипњачу. Кинетичка енергија цилиндра ударног дејства зависи од брзине масе којој се у том случају саопштава једно убрзање. Брзина зависи и од величине притиска који је пре почетка кретања клипа достигнут у комори **b** као и од масе клипа, клипњаче и алата причвршћеног за клипњачу.

**Кинетичка енергија ( $E_{kin}$ )** која се ствара у цилиндру може се израчунати по обрасцу:

$$E_{kin} = \frac{mV^2}{2}$$

Ако се у обрасцу замене вредности за масу покретних делова и вредност брзине која се постиже, може се израчунати кинетичка енергија.

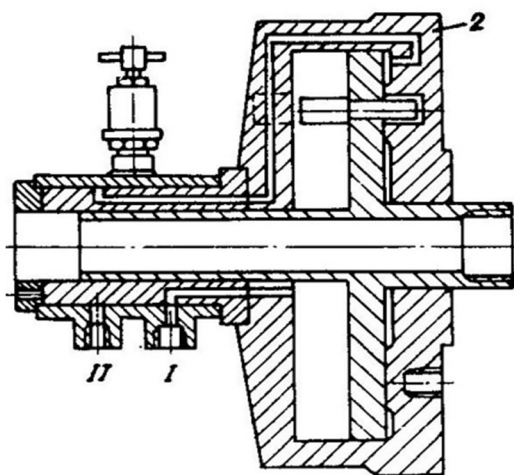
Потребно је напоменути да тежина алата који се причвршћује за клипњачу не треба да буде већа од 20.....30% у односу на силу која се добија када притисак  $p_1$  у комори **a** достигне вредност радног притиска. Ход клипа износи око 180 mm, али се највећа кинетичка енергија добија између 50 и 75 mm хода.

Код избора цилиндра треба усвојити онај тип који даје нешто већу вредност кинетичке енергије од оне која се по рачуну тражи [1].

Енергија коју постижу ови цилиндри примењује се за пресовање, пробијање, закивање, просецање итд. [8].

### 3.2.3.2 Ротациони (обртни) пнеуматски цилиндар

Код инсталација за пнеуматско стезање комада на стругу користи се ротациони пнеуматски цилиндар чији је шематски приказ дат на слици 3.14. Да би могао бити стегнут комад који се на стругу обрађује, упусти се ваздух преко прикључка **I** због чега се ротирајући део цилиндра аксијално помери до потпуног стезања комада. Стезање комада се врши у стезној глави. Стезна глава је специјалне конструкције а везана је са цилиндром преко пуне или шупље полуге. Шупља се полуга користи при обради шипкастог материјала. Ротациони цилиндар на слици је и конструисан за могућност да се обрађује шипкасти материјал. Ради отпуштања комада после завршене обраде, ваздух под притиском се упушта кроз прикључак **II** који каналом кроз тело 2 доспева на супротну страну клипа. Прикључак **I** се тада везује са атмосфером.

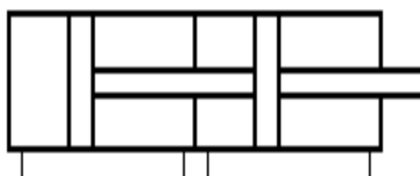


Слика 3.14. Ротациони пнеуматски цилиндар

За време обраде цео цилиндар се обрће заједно са стезном главом. Прикључци за довод и одвод ваздуха су непокретни. Због непокретних и ротирајућих делова клизне површине се помоћу мазалице подмазују специјалном машћу [1].

### 3.2.3.3 Тандем цилиндар

Два цилиндра и два клипакористе исту клипњачу, слика 3.15, уз исти ход и помак, повећава се сила. При томе и клипњача мора бити шири (чвршћа) [7].

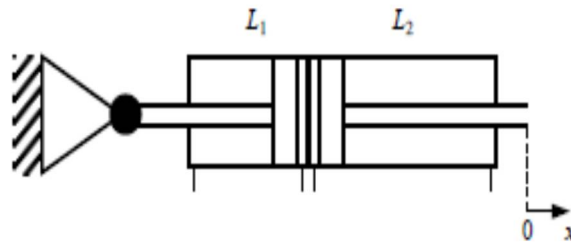


Слика 3.15. Тандем цилиндар

### 3.2.3.4 Вишеположајни цилиндри

Вишеположајни цилиндри се састоје из два или више цилиндара двосмерног дејства, који су међусобно повезани. У случају једнаког хода цилиндара могућа су 3 различита положаја, иначе, за два цилиндра различитих дужина хода могуће је постићи 4 положаја. Ако се ход првог клипа означи с L1, а другог с L2 (слика 3.16), могућа су следећа 4 положаја врха клипњаче (x):

- 1)  $x = 0$
- 2)  $x = L_1$
- 3)  $x = L_2$
- 4)  $x = L_1 + L_2$

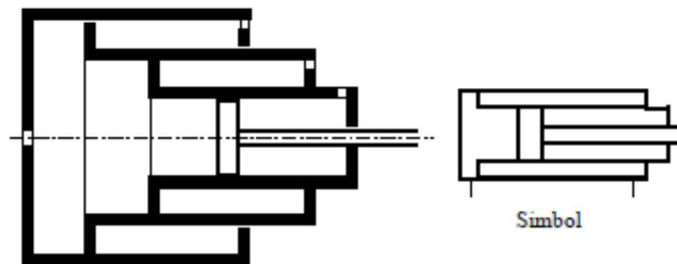


Слика 3.16. Вишеположајни цилиндар

Примена: транспорт регала преко транспортне траке, активирање ручица, сортирање (добар-лош-дорада), итд. [8].

### 3.2.3.5 Телескопски цилиндар

Телескопски цилиндри користе се када је потребан дуги ход клипњаче. Они се састоје од више цилиндара који су смештени један унутар другог, па се извлаче клижући један по другоме (слика 3.17) [6].



Слика 3.17. Принцип рада и симбол телескопског цилиндра

### 3.2.3.6 Цилиндар без клипњаче



Слика 3.18. Цилиндар без клипњаче

Последњих десетак година све је већа примена и све су веће могућности цилиндра без клипањаче (слика 3.18).

Код ових цилиндара уместо клипањаче користи се клизач.



Слика 3.19. Цилиндар са клизачем уместо клипањаче

Овај клизач (слика 3.19) се везује за клип на различите начине.

Један од начина је веза клипа и клизача уз помоћ перманентног магнета. Код овакве врсте цилиндара се строго мора водити рачуна о максималној дозвољеној сили јер прекорачење те силе изазива раскидање везе клипа и клизача која се најчешће не може поново успоставити.

Други начин везе клизача и клипа је уз помоћ челичне или гумене траке која се провлачи између механички повезаног клипа и клизача. Ова трака је разапета између два поклопца цилиндра и заплива прорез кроз који се креће механички спој клипа и клизача.

Ова конструкција јако поуздано ради. Користи се у врло различитим апликацијама. Данас се све чешће користи за системе за манипулацију различитим врстама материјала. Врло често налазе примену код уређаја за палетизацију и сл.

Код аутоматизованих система са пнеуматским извршним органима врло је важно да се зна када је клип у једном од својих крајњих положаја. Због овога се у клип уграђује прстен од перманентног магнета који омогућава бесконтактно активирање сензора крајњих положаја који раде на бази „рид релеја“ (Reed Relay). Рид релеј је електрични елемент (слика 3.20) који се састоји од стаклене цевчице из које је извучен ваздух.



Слика 3.20.Прстен од перманентног магента

У ову цевчицу су уметнути жичани контакти који се састављају под дејством перманентног магнета и дају потребан сигнал. За примену ове технике неопходно је цеви пнеуматског цилиндра буду израђене од немагнетичног материјала. Ово је код савремених цилиндара и случај. Израђују се од алуминијумских вучених профила или нерђајућих челика [3].

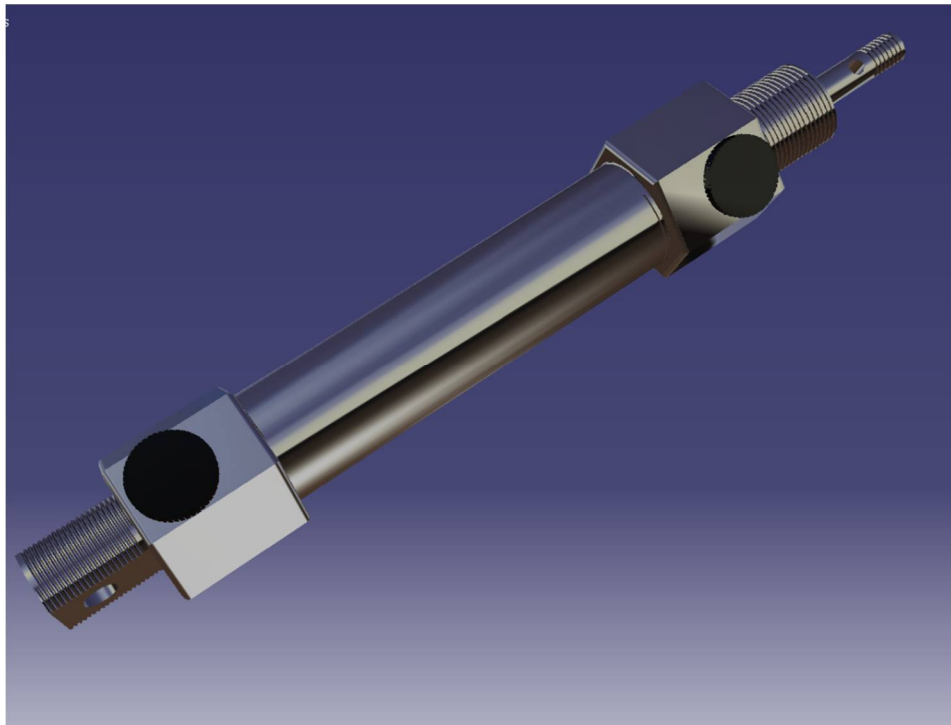
## **4.0 ИЗРАДА 3D МОДЕЛА ПНЕУМАТСКОГ ЦИЛИНДРА ДВОСМЕРНОГ ДЕЈСТВА**

Израда 3D модела пнеуматског цилиндра двосмерног дејства из производног програма “ПРВА ПЕТОЛЕТКА” са фабричким бројем 234-299 100, урађена је у програмском пакету CATIA V5R19, и реализована је у више корака. Од многобројних модула који се налазе у самом пакету, у овом раду је коришћено неколико као што су: Part Desing и Assembly Desing. Све компоненте пнеуматског цилиндра су моделиране у модулу “Part desing”, након чега су састављене у целину у модулу “Assembly desing”.

CATIA V5, развијена је у француској компанији Dassault Systemes, спада у породицу потпуно преуређених CAD/CAM/CAE софтверских система најновије генерације за управљање производним циклусом ( енгл. Product Lifecycle Managment). Преко свог изузетног и врхунског окружења, CATIA V5 нуди иновативну технологију за постизање максималне иновативности и продуктивности – од израде пројектног концепта до готовог производа.

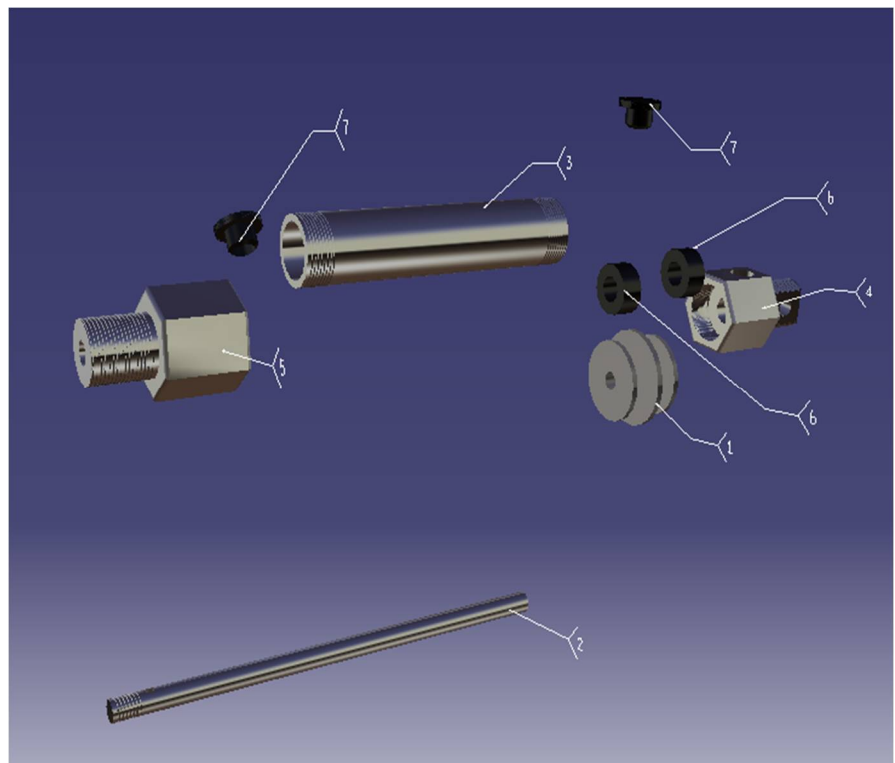
CATIA V5 прихвата податке из старијих верзија других CAD система и омогућава размену података између разних сопствених модула управљања производом. Права предност овог система јесте то што везе остају очуване, па се могу добити објашњења уколико спољни подаци буду измењени и може се брзо ажурирати модел [7].

На следећим сликама се може видети 3D модел пнеуматског цилиндра двосмерног дејства 234-299 100:

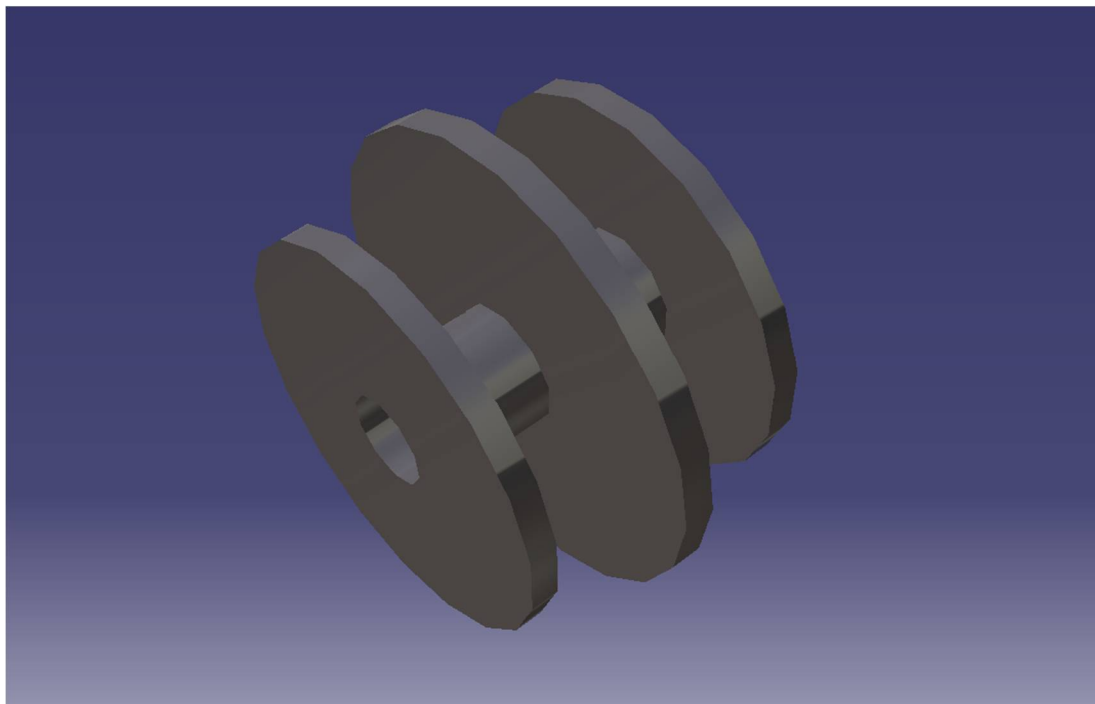


Слика 4.1. 3D модел пнеуматског цилиндра двосмерног дејства

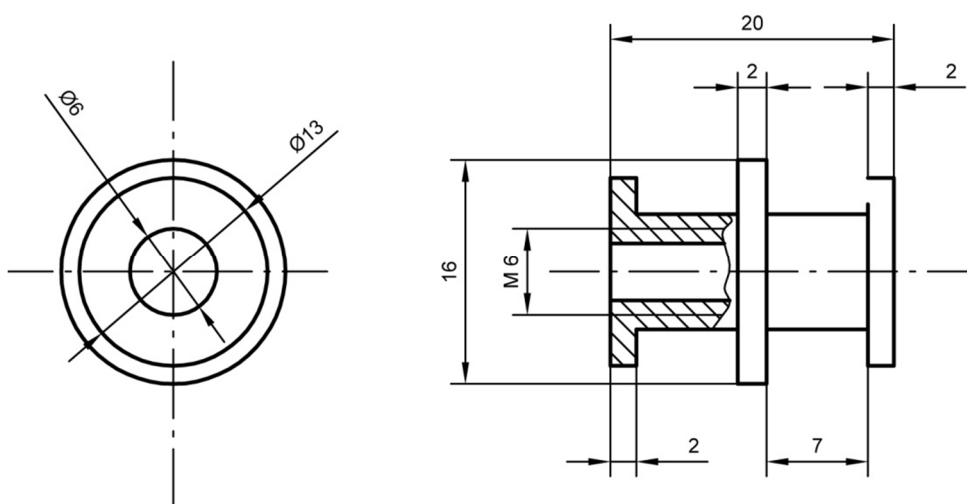
1. Клип цилиндра
2. Клипњача цилиндра
3. Кућиште цилиндра
4. Завртањ излаза радног медија
5. Завртањ улаза радног медија
6. Заптивка
7. Одвод радног медија
8. Довод радног медија



Слика 4.2 Приказ 3D модела растављеног на делове

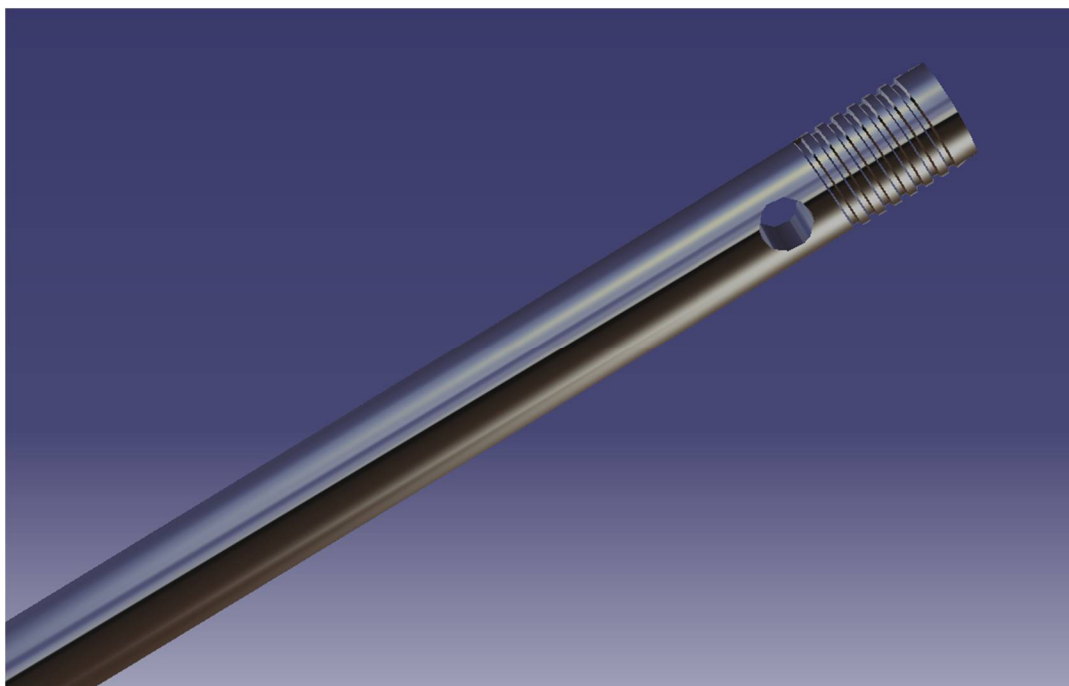


Слика 4.3 3D модел клипа пнеуматског цилиндра

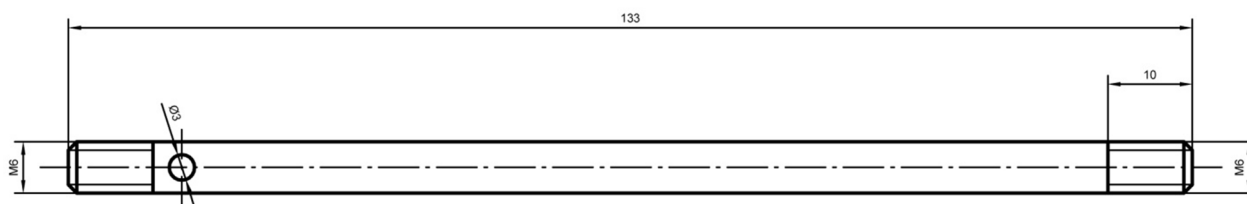


Слика 4.3а: Технички цртеж клипа

Клип је главни елемент овог система, пнеуматског цилиндра. Да бисмо остварили кретање клипа доводимо радни флуид који је код пнеуматског цилиндра ваздух. Ваздух под притиском врши померање клипа у оба смера. Материјали од којих се најчешће израђују клипови цилиндра су: алуминијум, нерђајућег челика и ређе од никлованог месинга. Материјал од ког је израђен овај пример клипа је алуминијум.

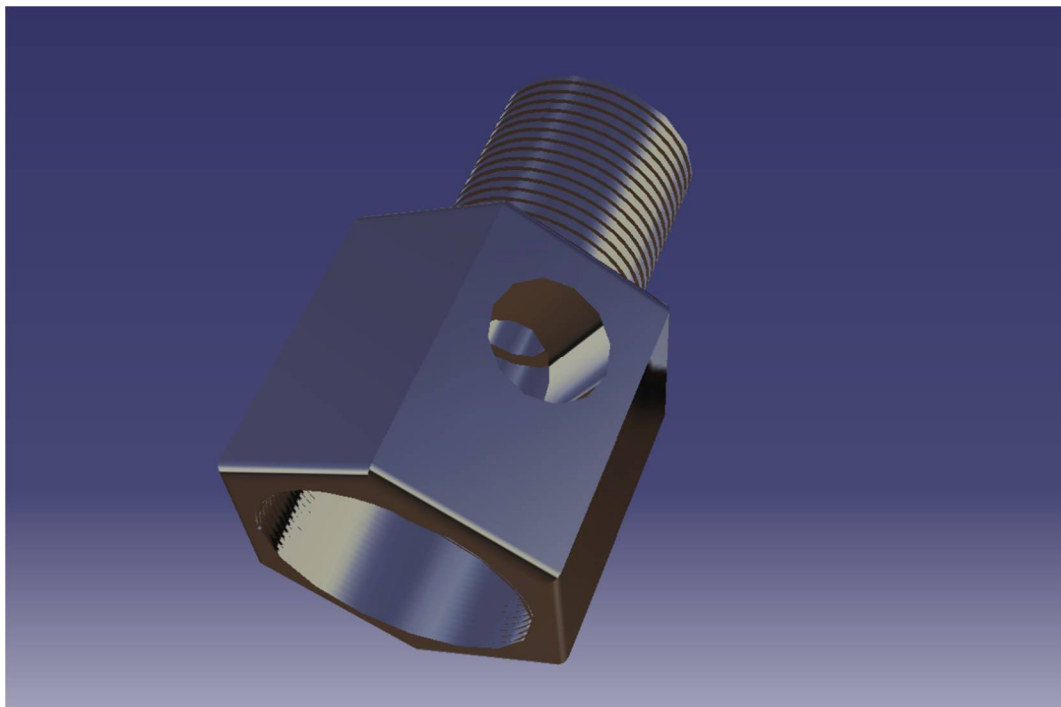


Слика 4.4 3D модел клипњаче пнеуматског цилиндра

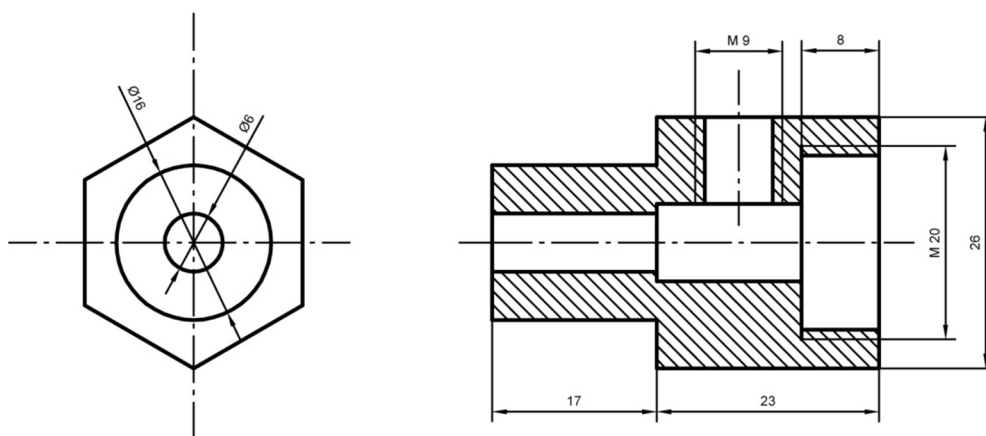


Слика 4.4a: Технички цртеж клипњаче

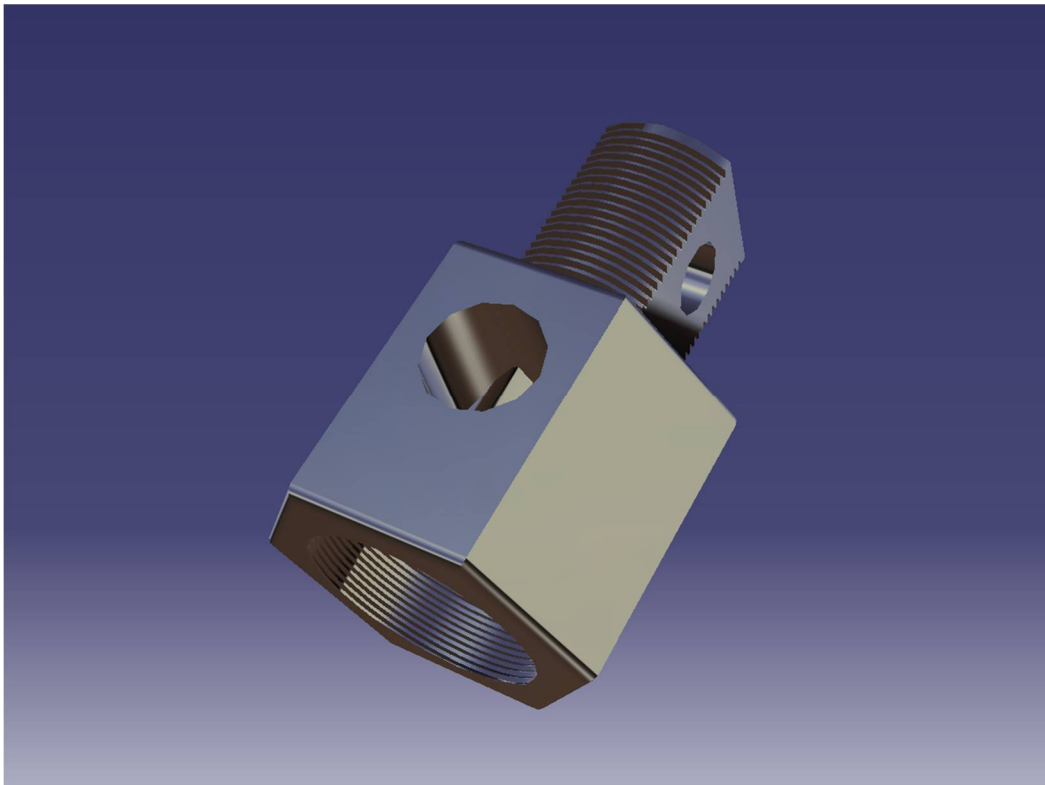
Клипњача је највише оптерећена компонента пнеуматског цилиндра. Израђена је од нерђајућег челика. Везана је са клипом кратким навојем који представља чврсту везу.



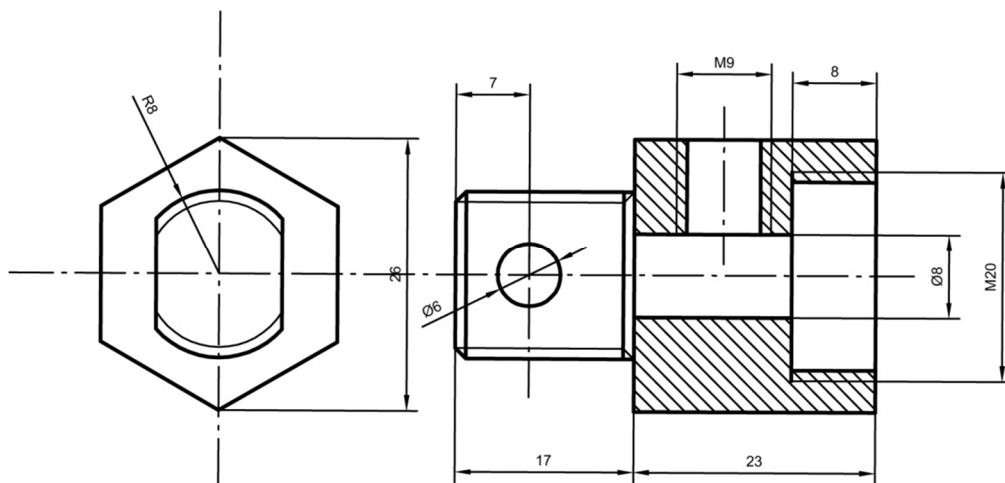
Слика 4.5 3D модел предњег поклопца



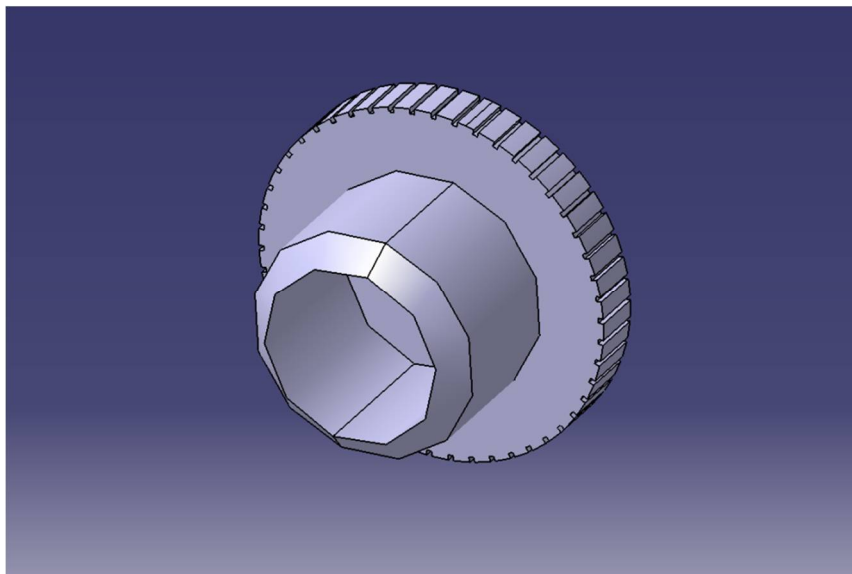
Слика 4.5а: Технички цртеж предњег поклопца



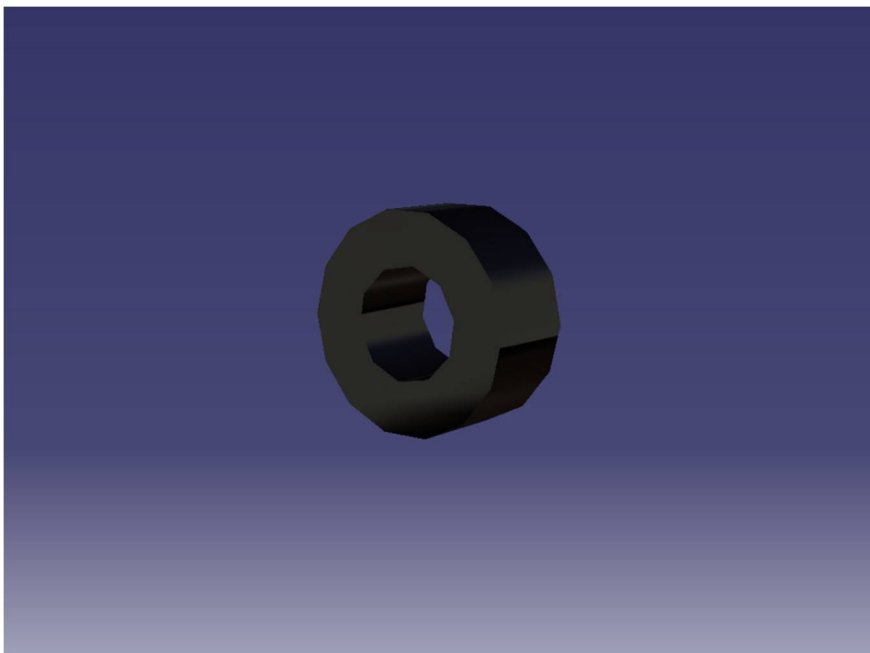
Слика 4.6 3D модел задњег поклопа



Слика 4.6a Технички цртеж задњег поклопа



Слика 4.7 3D модел заштитног завртња



Слика 4.8 3D модел зативке пнеуматског цилиндра

## 5.0 ЗАКЉУЧАК

Пнеуматика као радни медијум користи ваздух. Пнеуматски елементи присутни су данас у великом броју погона. Они су посебно погодни за примену у прехранбеној, фармацеутској као и различитим врстама процесне индустрије. У експлозивним и опасним срединама пнеуматски механизми су незаменљиви.

Пнеуматски уређаји и компоненте су робусне и релативно једноставне конструкције, лаки су за руковање, стандардизовани су и могу се оптеретити до заустављања, а да при том не претрпе никакво оштећење.

На стандардним индустријским притисцима остварују много мање силе, али зато остварују и много веће брзине.

Цилиндри су пнеуматски линеарни мотори, који се у системима користе као извршни органи. Њихова је једина улога, да претворе енергију притиска компримованог ваздуха у кретање клипа и надовезане клипњаче, и тако изврше физички рад. Пошто се израђују у серијској производњи и стандардизовани су, то им и набавна цена није велика. Њихова употреба је нарочито оправдана са економског аспекта, а такође још оправданија када се има у виду њихов јако дуг век експлоатације уз практично минимално одржавање, које не изискује велика материјална средства осим замене заптивача и то само пар пута за укупни век цилиндра. Пнеуматски цилиндри беспрекорно функционишу и у отежаним условима рада, влажним срединама, срединама са хемијским утицајима, а такође подnose и већа оптерећења без последица.

## 6.0 ЛИТЕРАТУРА

1. В. Зрнић : „Пнеуматика“, II измењено и допунско издање, Београд, 1980.
2. З. Радојевић: „Основи пнеуматике“, Крагујевац, 1976.
3. Њ. Јожеф: „Пнеуматика“, Суботица, 2001.
4. Д. Узелац: „Хидропнеуматске компоненте“, Нови Сад, 1995.
5. Д. Гордић: „Пренос снаге флуидом“, Крагујевац, 2007.
6. <http://en.wikipedia.org/wiki/Pneumatics> , интернет сајт
7. Р. Корбар: „Пнеуматика и хидраулика“, Карловац, 2007.
8. Ж. Адамовић: „Хидраулика и пнеуматика“, Институт Гоша, Београд, 2009.
9. [http://en.wikipedia.org/wiki/Pneumatic\\_cylinder](http://en.wikipedia.org/wiki/Pneumatic_cylinder) , интернет сајт