

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 795/2010

Ненад, Ј. Пауновић
Пнеуматски системи
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф. др Богдан Недић

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру завршног рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о пнеуматским системима примењеним код машина и њиховом карактеристикама. Посебну пажњу посветити опису пнеуматских компоненти, пнеуматских радних јединица и управљачких система код алатних машина. На крају рада дати пример једног пројектованог пнеуматског система.

Препоручена литература:

1. Владимир Зрнић, дипл. Инж., ПНЕУМАТИКА, Техничка књига, БЕОГРАД 1980.
2. Зоран М. Ррадојевић, ОСНОВИ ПНЕУМАТИКЕ, ЗЦЗ, КРАГУЈВАЦ, 1988.
3. Зоран М. Ррадојевић, ПНЕУМАТСКИ УПРАВЉАЧКИ СИСТЕМИ, ЗЦЗ, КРАГУЈЕВАЦ 1990

Метор:

проф. др Богдан Недић

Резиме:

У раду ћемо се упознати са основним појмовима пнеуматских система, њиховим карактеристикама и предностима у односу на друге техничке системе. Такође ћемо се упознати и са особинама ваздуха и основним променама стања ваздуха, како би увидели оправданост коришћења компресованог ваздуха. Представљене су важније пнеуматске компоненте са кратким описом њиховог функционисања. Описане радне јединице нашле су широку примену због своје рентабилности и лаке интеграције у производне процесе. У раду су описани и основни пнеуматски системи са шемама њиховог управљања, као и пример пнеуматског управљања линије СЕБОПАК 1000 ТТП.

Кључне речи:

Пнеуматика, пнеуматски системи, компресовани ваздух, пнеуматске компоненте, пнеуматски управљачки системи.

Summary:

In this paper we introduce the basic concepts of pneumatic systems, their characteristics and advantages compared to other technical systems. We will also be familiar with the basic properties of air and changes the state of air, in order to observe the justification of using compressed air. We have presented the major pneumatic components with a brief description of their functioning. The described work units have found wide application because of its cost effectiveness and easy integration into production processes. This paper describes the basic pneumatic system with schemes of their governance, such as pneumatic control line TTP SEBOPAK 1000.

Keywords:

Pneumatic, pneumatic systems, compressed air, pneumatic components, pneumatic control systems.

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
2. ПНЕУМАТСКИ СИСТЕМИ	3
2.1. Основе пнеуматских система	3
2.2. Техничке предности пнеуматских уређаја.....	5
2.3. Економичност пнеуматских уређаја.....	6
3. ВАЗДУХ КАО РАДНИ ФЛУИД КОД ПНЕУМАТСКИХ СИСТЕМА	7
3.1. Особине ваздуха као радног флуида	7
3.1.1. Густина ваздуха.....	7
3.1.2. Ваздух под притиском (компресовани ваздух)	7
3.1.3. Температура.....	8
3.1.4. Специфична топлота	8
3.1.5. Струјање.....	9
3.1.6. Вискозитет	9
3.2. Основне промене стања ваздуха	10
3.3. Влажност ваздуха	12
3.4. Стварање кондензата	13
3.5. Хлађење млазнице.....	14
4. ПНЕУМАТСКЕ КОМПОНЕНТЕ	16
4.1. Компресори.....	16
4.1.1. Кипни компресори	17
4.1.2. Мембрански компресор	19
4.1.3. Ротациони компресор	19
4.2. Резервоар за ваздух	21
4.3. Цевовод	22
4.4. Пречишћавање и припрема ваздуха	23
4.4.1. Пречистач.....	23
4.4.2. Регулатор притиска	24

4.4.3. Зауљивач	24
4.5. Разводници.....	25
4.6. Вентили	27
4.6.1. Неповратни вентил.....	28
4.6.2. Пригушни вентил	28
4.6.3. Пригушно неповратни вентил.....	29
4.6.4. Врзоиспусни вентил	29
4.6.5. Притисни вентили	29
4.7. Пригушивачи буке	30
4.8. Притисни прекидач (пресостат).....	31
4.9. Пнеуматски мотори.....	31
4.10. Пнеуматски цилиндри	34
4.10.1. Пнеуматски цилиндри једносмерног дејства.....	34
4.10.2. Пнеуматски цилиндри двосмерног дејства.....	35
4.10.3. Специјални цилиндри	35
4.11. Прорачун цилиндра.....	36
5. ПНЕУМАТСКЕ РАДНЕ ЈЕДИНИЦЕ КОД АЛАТНИХ МАШИНА	39
5.1. Обртни радни сто	39
5.2. Јединица за дотур материјала	41
5.3. Радна јединица за бушење.....	44
5.4. Аутоматски пнеуматски цилиндар	46
6. ПНЕУМАТСКИ УПРАВЉАЧКИ СИСТЕМИ	49
6.1. Директно управљање цилиндром једноструког дејства	49
6.2. Директно управљање цилиндром двоструког дејства	51
6.3. Индиректно управљање цилиндром.....	53
6.4. Управљање цилиндром помоћу стоп вентила	55
6.5. Индиректно управљање цилиндром са памћењем последње инструкције (самодржање)	56
6.6. Управљање зависно од пута.....	58

7. ПРИМЕР ПНЕУМАТСКОГ СИСТЕМА ЛИНИЈЕ СЕБОПАК 1000 ТТП.....	60
8. ЗАКЉУЧАК.....	65
ЛИТЕРАТУРА.....	66

1. УВОД

Ваздух под притиском је један од најстаријих облика енергије, коју човек познаје и примењује као замену за физички напор. Појам „пнеуматика“ настао је од грчке речи „пнеума“ која значи дисање, ветар, а у филозофији има значење за душу.

Први представник Школе у Александрији (III век пре нове ере) за кога са сигурношћу знамо да се бавио пнеуматиком тј. применом сабијеног ваздуха као погонског средства, био је Ктесибиос. Он је „открио снагу природног ваздуха и пронашао машине које помоћу снаге ваздуха могу нешто да покрећу“.

До озбиљнијег развоја пнеуматике, долази тек у другој половини XIX. Карактеристични проналасци су пнеуматска железница, пнеуматска пошта и пнеуматски алати за бушење. Као проналазач данашње пнеуматске (ваздушне) поште сматра се аустријанац Јосеф Ритер фон Хоненеблум, који је 1385. године добио патент за своју „брзу коренспонденцију“. Пнеуматски алати за бушење почели су се развијати упоредо са градњом тунела кроз Алпе, око 1860. године.

Седамдесетих година XIX века сабијени ваздух је коришћен за погон многих постројења. Посебно се истиче његова примена за индустријске сврхе у Паризу. Главни разлог је тај што су се тамо ваздушни водови, водови ваздушне поште, телеграфски и телефонски водови могли поставити у канализационе канале који су били озидани скоро у целом граду и на тај начин били приступачни и могли су лако да се контролишу.

Стварна широка примена пнеуматике у индустрији почела је тек када се појавила потреба за аутоматизацијом и рационализацијом радних процеса (од 1950. године). Модерна индустрија се не може ни замислити без ваздуха под притиском, апарати, и уређаји који користе ваздух под притиском се примењују у свим гранама индустрије. Данас се сабијени ваздух, нормалног притиска до 8 bar, користи како за извршење радних функција извршних органа, тако и за управљачке функције.

Савремена производња пнеуматских компоненти нуди стандардизоване компоненте чијом комбинацијом се могу економично решавати сложени задаци аутоматизације уређаја и процеса. Овај тренутак развоја производње пнеуматских компоненти у свету карактеришу:

- ❖ Примена пластичних материјала у циљу избегавања зауљивања ваздуха,
- ❖ Цилиндри интегрисани са управљачким вентилима, граничним прекидачима, елементима за регулацију притиска и протока,
- ❖ Цилиндри без одржавања, једноставне конструкције,
- ❖ Цилиндри без клипњаче,
- ❖ Разводници са електромагнетним управљањем, снаге испод 5W,
- ❖ Повезивање компоненти помоћу пластичних цеви и брзораздвојивих прикључака,
- ❖ Пнеуматски управљачки системи интегрисани са електроником, и то за управљање преко 6 корака.

Овај рад је подељен у неколико тематских целина како би се на адекватан начин представили сви релевантни појмови када су питању пнеуматски системи.

Друго поглавље овог завршног рада се односи на упознавање са основним појмовима пнеуматских система. Дат је кратак преглед основних карактеристика система са освртом на техничке предности ових система у односу на друге техничке системе. Веома битан аспект функционисања техничког система је и економичност система, која је такође заступљена у оквиру овог поглавља.

Треће поглавље се односи, пре свега на детаљније упознавање ваздуха као радног флуида и компонената пнеуматских уређаја. Том приликом представљене су особине ваздуха, као што је његова густина, понашање под притиском, понашање на повишеним температурама, вискозност и друге особине чије познавање доприноси бољем разумевању функционалних могућности ваздуха као радног флуида. У веома битне карактеристике ваздуха убрајају се основне промене стања ваздуха, влажност ваздуха и склоност ваздуха ка грађењу кондензата.

Четврта тематска целина односи се на пнеуматске компоненте, у оквиру које су представљени: различити типови компресора, резервоари за ваздух, елементи цевовода и система за пречишћавање и припрему ваздуха, разводници, вентили, пригушивачи буке, притисни прекидачи и пнеуматски мотори.

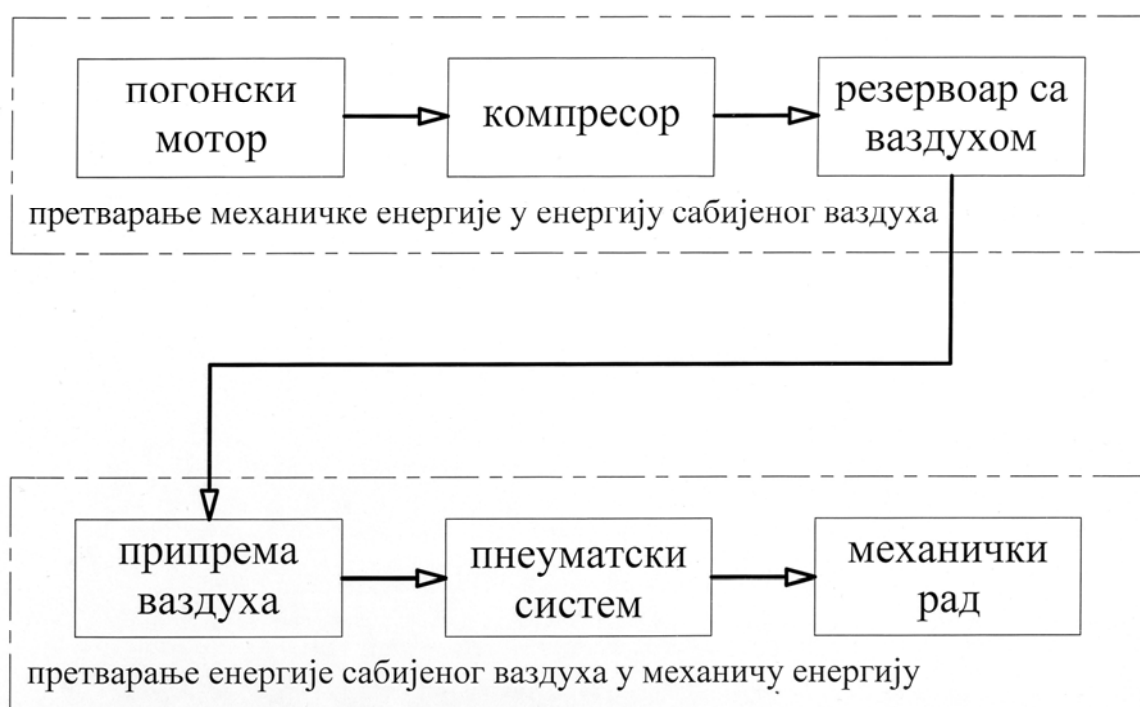
Радне јединице су због својих техничких карактеристика и рентабилности у раду нашле широку примену на радним машинама. Због својих конструктивних карактеристика и веома лаке интеграције у било који производни процес, радне јединице имају велику примену код алатних машина. Стога су у петом поглављу представљене најзаступљеније радне јединице код алатних машина.

Пнеуматски управљачки системи су тема шестог поглавља, где је за сваки појединачни тип система дата шема и детаљан опис функционисања система.

У седмом поглављу дат је кратак опис линије СЕБОПАК 1000 ТТП намењене паковању двобојних кремова, и представљен је пнеуматски подсистем и модел механизма за набацивање навојних затварача који чини подсклоп те линије.

2. ПНЕУМАТСКИ СИСТЕМИ

Задатак сваког пнеуматског система укључује претварање, пренос и управљање енергијом. Слика 2.1. шематски приказује принцип рада пнеуматског система. У горњем блоку приказано је претварање механичке енергије у енергију компресованог ваздуха који се смешта у резервоар ваздуха. Кроз пнеуматску разводну мрежу тај ваздух се доводи у доњи блок, у којем се врши обрнуто претварање енергије. Након јединице за припрему ваздуха (филтрирање, сушење, зауљивање), у пнеуматском систему енергија ваздуха претвара се у користан механички рад. Тај систем обухвата компоненте које управљају смером струјања, протоком и притиском ваздуха, као и компоненте које врше претварање енергије. Осим конверзије у механички рад, пнеуматски систем често обавља и улогу управљања односно регулације.



Слика 2.1. Принципи рада пнеуматског система ^[4]

2.1. Основе пнеуматских система

Елементи пнеуматског система могу се према њиховој функцији у систему поделити на:

- ❖ Елементе за производњу и транспорт ваздуха,
- ❖ Елементе за припрему ваздуха,
- ❖ Извршне елементе,
- ❖ Управљачке елементе,
- ❖ Управљачко-сигналне елементе,
- ❖ Помоћне елементе

Елементи за производњу и транспорт ваздуха (компресор, резервоар, цеководне мреже) имају задатак да обезбеде потребне количине компресованог ваздуха одговарајућих параметара. Елементи за припрему ваздуха (филтер, зауљивачи, регулатор притиска) обављају припрему (кондиционирање) ваздуха, што укључује филтрирање, зауљивање и регулацију притиска. Извршни елементи (цилиндри, мотори) су елементи који обављају жељене радње односно механички рад. Управљачки елементи (вентили) управљају токовима енергије и информација (сигнала). Управљање може бити у потпуности пнеуматско, а најчешће се изводи у комбинацији с другим медијем и елементима (електрично). Управљачко-сигнални елементи (сензори, индикатори) имају задатак добављања информације о стању система. Помоћни елементи извршавају различите додатне функције (нпр. прикључне плоче, пригушивачи буке, бројачи итд).

Као радни медијум компримовани ваздух има следеће предности:

- ❖ Сировина (околни ваздух) нам стоји у неограниченим количинама и увек на располагању,
- ❖ Релативно једноставно се транспортује кроз цеви независно од растојања,
- ❖ Може се складиштити и транспортовати у резервоарима,
- ❖ Готово је неосетљив на промене температуре и екстремне услове,
- ❖ Неосетљив је на радијацију, магнетна и електрична поља,
- ❖ Безбедност, није експлозиван нити запаљив,
- ❖ Приликом испуштања не загађује околину,
- ❖ Нема повратних водова (испуштање у атмосферу),
- ❖ Сигурност елемената од преоптерећење (све до заустављања),
- ❖ Трајност и поузданост робусних елемената,
- ❖ Једноставна конструкција елемената,
- ❖ Једноставно одржавање уређаја,
- ❖ Лако постизање жељених или великих брзина кретања елемената,
- ❖ Брзине и ход мењају се и подешавају континуално,

Да би се тачно ограничила област примене пнеуматике, неопходно је упознати и негативне особине ваздуха под притиском:

- ❖ Ваздух под притиском је релативно скуп извор енергије, у односу на електричну струју или енергију добијену хидрауличним путем. Висока цена енергије компензује се јефтинијим елементима пнеуматике и њиховом дуготрајношћу.
- ❖ Искоришћени ваздух на излазу је прилично бучан,
- ❖ Ваздух под притиском захтева врло добру припрему, јер се прљавштина и влага не смеју транспортовати са ваздухом (опасност од хабања пнеуматских елемената)
- ❖ Тешко остваривање једноличне мале брзине елемената због стишљивости,
- ❖ Због ових недостатака пнеуматски системи се често комбинују са хидрауличним (за велике силе) или електричним (за пренос и обраду сигнала).

Карактеристике пнеуматских система:

- ❖ Притисак ваздуха за напајање 1-15 bar (уобичајено 7 bar),
- ❖ Погонске температуре ваздуха -10 до 60 °C (макс. око 200 °C)
- ❖ Оптимална брзина струјања ваздуха 40 m/s,
- ❖ Кретање елемената: праволинијско и ротационо,
- ❖ Брзина цилиндара 1-2 m/s (макс. око 10 m/s),
- ❖ Макс. остварива сила око 40 kN,
- ❖ Макс. снага око 30 kW,

У пнеуматским системима се код температура компресованог ваздуха мањим од -10 °C појављују проблеми са залеђивањем, док се код температура већих од 60 °C појављује проблем заптивања.

2.2. Техничке предности пнеуматских уређаја

Због своје робусности и једноставне конструкције пнеуматских система значајна је примена свуда где су услови рада тешки, где се од конструкције тражи сигурност у раду, где се рад врши у агресивној хемијској влажној атмосфери, где постоји опасност од експлозије, итд.

У много случајева одређене радне операције могу се знатно појефтинити ако се замене досад примењени уређаји, 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, са 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 једној или другој погонској енергији. Да би се боље сагледале области и домен примене, дају се упоредно неке карактеристичне особине пнеуматских уређаја.

1. *Једноставно одржавање:* Готово све пнеуматске уређаје може одржавати један бравар или оператер на машини. 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.

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

3. *Мала тежина:* Пнеуматски уређаји су за исте намене лакши од машина са електричним погоном. Нормални ваздушни мотор тежак је само десети део од тежине електромотора исте снаге и нормалног извођења. Модерни високо-фреквентни мотор је три пута тежи од ваздушног мотора исте снаге. Ова мала тежина је од велике важности када су у питању ручни алати.

4. *Мала опасност од несрећног случаја:* Високофреквентни алати су грађени обично за 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 ваздушни уређаји од тога ослобођени.

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

2.3. Економичност пнеуматских уређаја

Техничке карактеристике пнеуматских уређаја дају једно мерило за примену истих. Некад примена ваздуха под притиском није неопходна, јер и неко друго решење задовољава па је нужно посматрати и економску страну примене. Економичност примене се мора посматрати с обзиром на техничке предности пнеуматских уређаја. Ако због примене пнеуматских уређаја треба радити компресорску станицу као извор притиска, онда цена примене пнеуматике нема са економске стране оправдање без обзира чак и на изузетне техничке предности. Међутим када енергија притиска већ постоји, примена има и пуно економско оправдање. Једна упоредна калкулација са једном брусаницом са пнеуматским погонским мотором и брусаницом истих радних карактеристика са електромоторним погоном даје јасну слику економичности. Цена погонске енергије по радним операцијама иде у прилог компримираном ваздуху, јер је у овом случају електрични погон скупљи за око 40%. Ако се томе додају трошкови одржавања и рада предност се даје пнеуматским уређајима. Ово потврђује и чињеница да је после масовне производње пнеуматских компонената дошло до веће примене у свим гранама индустрије не узимајући у обзир места где је из разлога сигурности и безопасности економичност дошла у други план.

3. ВАЗДУХ КАО РАДНИ ФЛУИД КОД ПНЕУМАТСКИХ СИСТЕМА

За тачно пројектовање инсталација и конструисање пнеуматских уређаја морају се познавати закони струјања гаса. Код примене радних цилиндара мора бити познато убрзање клипа, брзина кретања и успорење на крају. За одређивање ових величина потребно је познавати особине ваздуха као радног флуида и карактер струјања кроз цеви, преко разводника и на излазу из цилиндра.

Због свега тога потребно је детаљније познавати ваздух као радни флуид као и компоненте пнеуматских уређаја да би аутоматизација машина и процеса била технички исправна и економски оправдана.

3.1. Особине ваздуха као радног флуида

Свака материја независно од њеног стања (чврсто, течност или гасовито) може бити носилац или преносник енергије. Способност чврсте материје је у томе да претвара саопштену енергију у покрете делова преносећи је помоћу машина и уређаја. Течне и гасовите материје у хидрауличним и пнеуматским инсталацијама претварају енергију притиска у механички рад.

Ваздух је материја која захваљујући својој способности сабијања и експанзије има широку примену као преносник енергије. Зато је потребно упознати се са особинама ваздуха што би могло да послужи за његово потпуније и обимније коришћење.

3.1.1. Густина ваздуха

Као свака материја у природи и ваздух има своју масу и заузима одређену запремину. Густина је дакле маса у јединици запремине

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Реципрочна вредност густине је специфична запремина

$$v = \frac{V}{m} \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

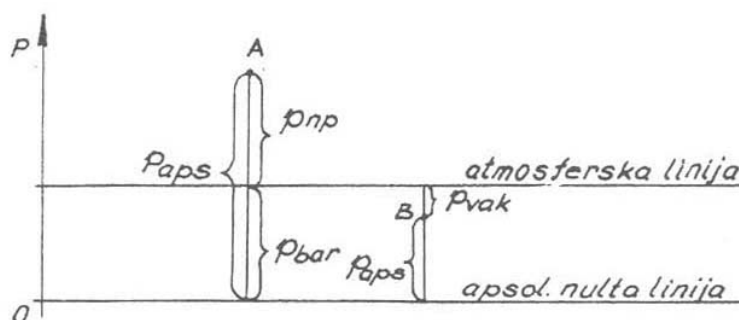
Између ове две формуле постоји однос

$$v = \frac{1}{\rho}$$

3.1.2. Ваздух под притиском (компресовани ваздух)

Као и друге материје ваздух је еластичан. Ова особина еластичности омогућује да се преноси притисак. Јединица притиска од 1 N/m^2 је *Паскал* и обележава се са *Pa*.

Код техничког мерења вредности притиска погодно је користити јединицу *bar* која је једнака: $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$. За мерење натпритиска у инсталацијама и уређајима служе манометри.



Слика 3.1. Графички приказ односа притисака^[1]

За повећање притиска ваздуха у једном затвореном резервоару мора се запремина смањивати или да се температура повећава. Повећањем притиска развија се топлота која има за последицу раст температуре ваздуха.

Под нормалним притиском подразумева се притисак од 1,01325 bar, што се раније означавало као једна физичка атмосфера.

3.1.3. Температура

При техничком прорачуну узима се као полазна тачка, температура апсолутне нуле при којој температури престаје кретање молекула. Овакво стање настаје при температури око 273°C испод нуле. Ова температура која се рачуна од апсолутне нуле мери се у јединицама Келвин-а [K], а даје се изразом

$$T = 273 + t[K]$$

Код нормалног притиска тачка мржњења износи $T = 273 + 0 = 273 \text{ K}$, а температура кључања воде $T = 273 + 100 = 373 \text{ K}$.

Из овога произлази да су јединице за мерење температуре, према апсолутној нули и скали Целзиуса, једнаких вредности.

За време компресије ваздуха одаје се топлота околина при чему се температура повећава, а када се ствара подпритисак топлота се узима од околине па се температура снижава. Код знатног повећања температуре, материје за подмазивање могу сагоревати, а при великом вакууму долази до смрзавања радних механизма. Ако заштитни уређаји евентуално откажу у једном или другом случају може доћи до оштећења машина.

3.1.4. Специфична топлота

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

За загревање 1 kg ваздуха на температуру t_2 мора се унети топлота од:

$$\frac{q}{\Delta t} = c_{sr} \left[\frac{J}{kgK} \right]$$

где је Δt у ствари температурска разлика између t_1 и t_2 , а дата је изразом :

$$\Delta t = t_2 - t_1 = T_2 - T_1$$

Ако је узети интервал температуре довољно мали тада ће бити мања разлика између средње и стварне специфичне топлоте.

3.1.5. Струјање

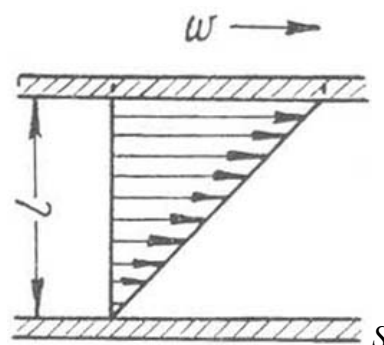
Као сви гасови и течности, и ваздух може да струји. Под струјањем се подразумева особина материје која се из области високог притиска креће према области ниског притиска.

Рад материје, а нарочито ваздуха, може се остварити и на даљини захваљујући струјању при чему долази до извесног пада притиска због дужине водова. При струјању ваздуха долази, као и код других материја, до трења између честица унутар материје и честица материје о зидове водова кроз које се изводи струјање. Ово трење утиче на брзину струјања као и на пад притиска. У многим случајевима губитак притиска може достићи и знатну вредност. Струјање ће бити посебно третирано, јер представља веома важну карактеристику ваздуха као флуида.

3.1.6. Вискозитет

Трење између честица ваздуха зависи од отпора промене облика ваздушног стуба што представља физичку особину ваздуха и зове се: вискозитет. Ради бољег разумевања ове особине на слици 3.2. је дат пресек струјања између две паралелне и равне плоче.

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



Слика 3.2. Промена брзине слојева при кретању горњег слоја плоче ^[1]

Вискозитет ваздуха као и других гасова и флуида мери се специјалним апаратом тзв. *вискозиметром*. Он зависи у великој мери од температуре. Доња табела даје средњу вредност динамичког вискозитета ваздуха за различите температуре

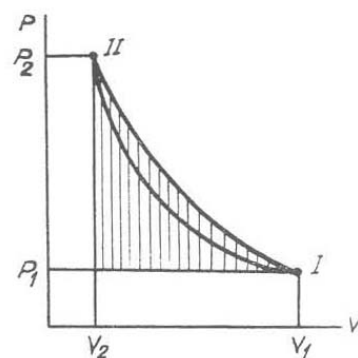
$t(^{\circ}C)$	-20	0	+20	+40	+70
$\eta(kg / ms)$	$16,2 \cdot 10^{-6}$	$17,3 \cdot 10^{-6}$	$18,3 \cdot 10^{-6}$	$19,3 \cdot 10^{-6}$	$29,3 \cdot 10^{-6}$

Из табеле се види да вискозитет ваздуха расте када температура расте (код уља је ситуација обрнута, јер са порастом температуре вискозитет брзо опада).

3.2. Основне промене стања ваздуха

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

Ради јаснијег приказивања промене стања треба замислити један цилиндар који може да прими 1 kg ваздуха. На почетку постоји једно стање са одређеним вредностима свих параметара према једначини стања. Ако се сада смањује запремина цилиндра померањем клипа у цилиндру, мењаће се и вредности осталих параметара. Ако се смањује запремина притисак се повећава па се то може представити на дијаграму p, V једном кривом линијом (слика 3.3.). Шрафирана површина на дијаграму представља количину рада утрошену за смањење запремине и повећање притиска коју можемо обележити са L .



Слика 3.3. Графички приказ промене стања ваздуха ^[1]

Рад промене запремине ваздуха не зависи од облика резервоара у коме се врши сабијање или експанзија, већ само од начина промене стања. Ако је крива различита, различит је био и рад ваздуха, односно шрафирана површина која представља рад. Код сабијања ваздуха изнад атмосферског притиска потребан је механички рад и одузимање топлоте. Код експанзије до атмосферског притиска врши се рад и предаје топлота околини. Између топлоте и механичког рада постоји један одређени однос који се даје изразом

$$Q = A \cdot L$$

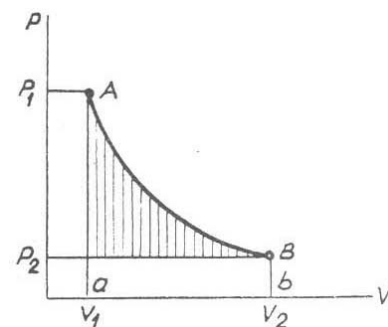
где је Q количина топлоте у килокалоријама (kcal), а A коефицијент пропорционалности тзв. механички еквивалент топлоте $\left(A \cong \frac{1}{4187} \frac{\text{kcal}}{\text{J}} \right)$ и L рад (J).

У машинама и пнеуматским уређајима није могуће без губитака претворити топлоту у механички рад.

При промени стања гаса мењају се основне величине стања. У пракси се дешава да је једна од основних величина стања гаса стална, па настају следећи случајеви:

Изотермска промена стања ($T = \text{const}$).

Температура је стална а притисак и запремина се мењају. Из једначине стања гаса добија се:

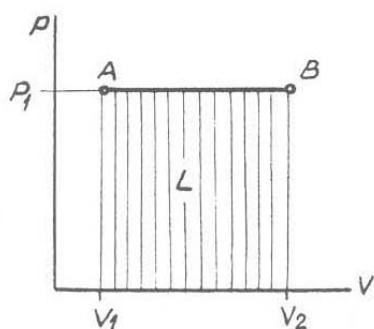


Слика 3.4. Графички приказ изотермског процеса у p, V дијаграму ^[1]

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Овај однос изражава Бојл-Мариотов закон који гласи: при сталној температури промена запремине гаса обрнуто је сразмерна притиску.

Изотермски процес је приказан графички на слици 3.4. Линија стања има облик праве хиперболе и назива се: *Изотерма*.



Слика 3.5. Графички приказ изобарског процеса у p, V дијаграму^[1]

Изобарска промена стања ($p=const$). Притисак је сталан а запремина и температура се мењају. Из једначине стања гаса добија се:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Овај однос изражава Геј-Лисаков закон који гласи: при сталном притиску специфичне запремине гаса су сразмерне температурама.

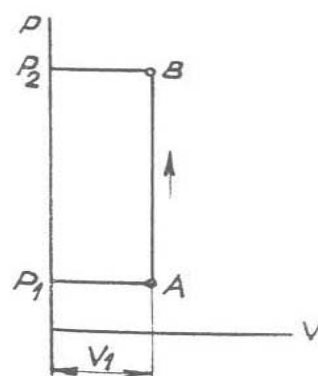
Процес приказан на слици 3.5 линијом $\overline{AB}$ која се зове: *Изобара*. Рад као последица промене запремине 1 kg ваздуха дат је као шрафирана површина на дијаграму.

Изохорска промена стања ($v=const$). Специфична запремина је стална, а притисак и температура се мењају. Из једначине стања гаса се добија:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Тај однос изражава Шарлов закон који гласи: при сталној запремини притисци гаса су сразмерни температурама.

Графички приказан овај процес на координатном систему p, V , слика 3.6, представља праву линију $\overline{AB}$ која се назива: *Изохора*. Из приказаног дијаграма произилази да је рад раван нули, а то значи да је доведена количина топлоте искоришћена само за повећање унутрашње енергије односно за повишење температуре и притиска.



Слика 3.5. Графички приказ изохорског процеса у p, V дијаграму^[1]

Адијабатска промена стања је промена стања гаса без размене топлоте са околином, при чему се све три основне величине стања гаса мењају. Из једначине стања гаса се добија:

$$\frac{p_1 \cdot v_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot v_2}{T_2} = const$$

Добијена једначина може математички да се преобрази у следећи облик

$$n \cdot v^\chi = \text{const}$$

где је: χ - експонент адијабате и за ваздух износи $\chi = 1,4$ (при 0°C).

Рад ваздуха код адијабатског процеса може се одредити из површине на дијаграму или аналитички применом првог закона термодинамике.

У пнеуматским системима сматра се да су промене адијабатске јер се процеси брзо обављају па нема времена за размену топлоте са околином.

Политропска промена стања је најсложенија промена, при чему се мењају све три основне величине стања гаса. Ова промена се изражава као:

$$p \cdot v^n = \text{const}$$

где је: n – политропски коефицијент.

Једначина:

$$p_1 \cdot v_1^n = p_2 \cdot v_2^n = \text{const}$$

је политропска једначина са политропским коефицијентом n . Ова једначина садржи у себи све до сада изведене једначине разматраних процеса. Ако се обе стране једначине степењују са $1/n$ добија се следећи облик:

$$p_1^{\frac{1}{n}} \cdot v_1 = p_2^{\frac{1}{n}} \cdot v_2$$

Ако се коефицијенту n дају различите вредности добија се за:

$n = \infty$, $v = \text{const}$ (изохорска промена стања),

$n = 0$, $p = \text{const}$ (изобарска промена стања),

$n = 1$, $p \cdot v = \text{const}$ (изотермска промена стања),

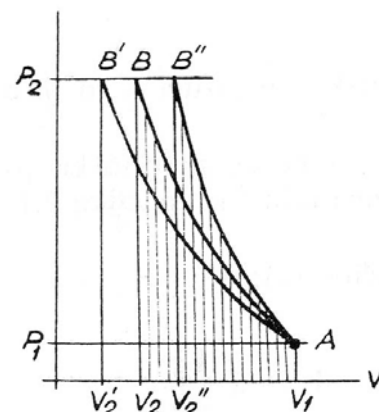
$n = \chi$, $p \cdot v^\chi = \text{const}$ (адијабатска промена стања).

Политропа код сабијања ваздуха дата је на слици 3.7. линијом АВ. Ако се само мала количина топлоте одаје при сабијању ваздуха крива ће се налазити између криве изотермског (АВ') и адијабатског (АВ'')

У стварним процесима специфичне топлоте се стално мењају због чега се мења и вредност n . За линију процеса са променљивим n даје се одговарајућа метода.

3.3. Влажност ваздуха

Под влажношћу ваздуха подразумева се присуство водене паре у ваздуху. Атмосферски ваздух садржи различите гасове, али једина компонента која битно мења особине ваздуха је водена пара.



Слика 3.7. Графички приказ политропског процеса у p, V дијаграму^[1]

Сув ваздух је ваздух који не садржи водену пару.

Засићен ваздух садржи толико водене паре колико дозвољава стабилна равнотежа између ваздуха и воде код једне одређене температуре мешавине.

Температура орошавања је она температура код које је ваздух засићен воденом паром при неком константном притиску.

Презасићен ваздух представља стабилну равнотежу пошто садржи више водене паре него што је потребно за његово засићење код дате температуре и притиска. Практично, долази до засићења ваздуха, кад температура опада код константног притиска испод температуре орошавања, а не долази до кондензације.

Специфична влажност (Ψ) дефинисана је као однос масе водене паре према маси сувог ваздуха у да тој запремини мешавине.

$$\Psi = \frac{m_p}{m_v}$$

Релативна влажност (ϕ) дефинисана је као однос масе водене паре у јединици запремине мешавине према маси водене паре засићене мешавине при истој температури:

$$\phi = \frac{m_p}{m_p''} = \frac{p_p}{p_p''}$$

3.4. Стварање кондензата

Вода (влага) долази у компресор са спољњим усисаним ваздухом а тиме и у ваздушну мрежу. Садржај воде зависи, пре свега, од релативне влажности усисног ваздуха, а ово, опет, зависно од температуре ваздуха и временске ситуације.

Апсолутна влажност је количина воде коју садржи 1 m³ ваздуха.

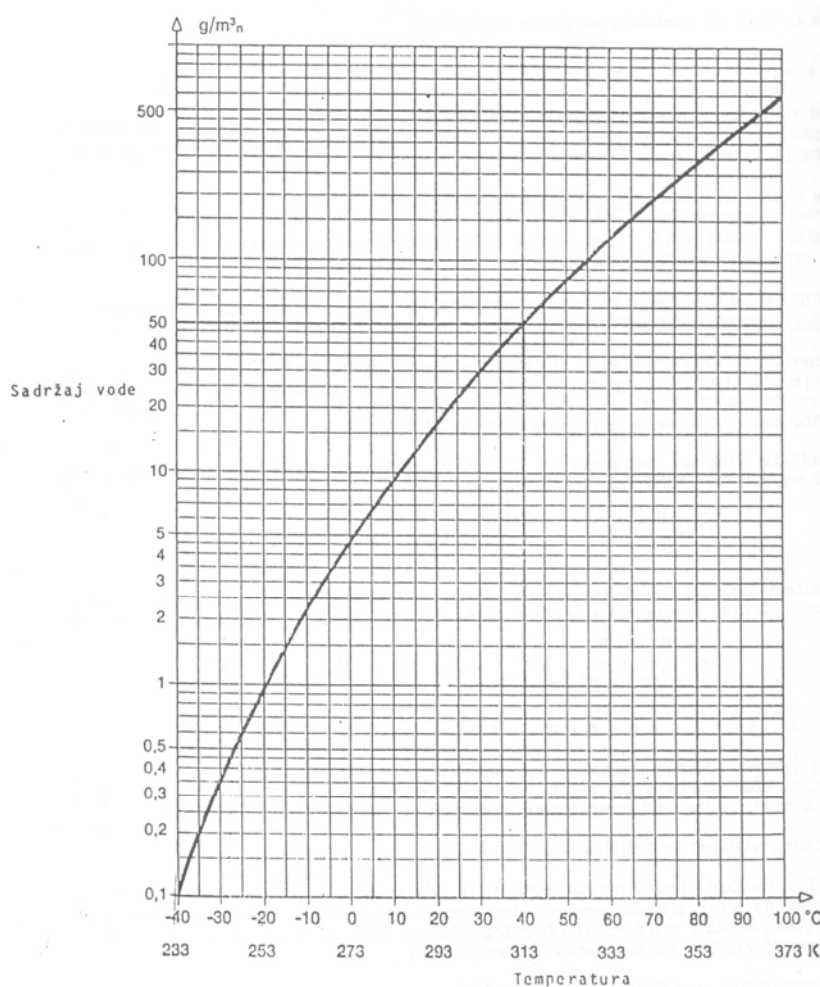
Количина засићења (максимална влажност) је она количина воде коју један m³ ваздуха може да прими при одговарајућој температури. Тада релативна влажност износи 100% max (температура засићености). Из дијаграма на слици 3.8., може се прочитати количина засићености ваздуха на одговарајућој температури.

При температури засићења од 293°K (20°С) садржај воде у једном m³ ваздуха износи 17,3 g.

У незасићеном ваздуху, водена пара је прегрејана пошто је њена температура виша од температуре којој одговара парцијални притисак ваздуха на температури засићења. Прегрејавање је при непромењеној температури утолико веће уколико је мањи садржај воде у ваздуху. Ако се загрева засићени ваздух, добија се више паре која постаје незасићена. Ако се хлади засићени ваздух издваја се вода све док се не достигне притисак засићења.

Због воде која се издваја морају се поставити одвајачи воде, било централни било испред сваког уређаја. Вода у преуматској мрежи значи стварање рђе,

замрзавање зими, оштећење машина, управљачких органа и контролних инструмената.



Слика 3.8. Крива засићења

Сви ови недостаци могу се избећи ако се ваздух који излази из компресора хлади на температуру нижу од температуре места где се примењује. Ако је на месту потрошача виша температура, ваздух је незасићен а пара прегрејана па не долази до одвајања воде.

3.5. Хлађење млазнице

Температура ваздуха који се сабија повећава се, а код обрнутог процеса, при експанзији, због пада притиска температура опада. Ова чињеница од нарочите је важности за истицање ваздуха кроз млазницу. Температура ваздуха у млазници нижа је од температуре у воду за време струјања због адијабатске експанзије компримираног ваздуха.

Ако ваздух експандира од 5 до 0 bar охлади се за око 100°C. Хлађење је најинтензивније непосредно ван млазнице - када се ваздух под притиском меша са околним ваздухом. Услед експандирања млаза ваздуха - водена пара се претвара у

водене капљице. При раду са фарбарским пиштољем нужно је строго водити рачуна о појави стварања водених капљица - које неповољно утичу на квалитет офарбане површине. Због тога се, за ове сврхе, ваздух предходно посебно суши на један од уобичајених начина.

4. ПНЕУМАТСКЕ КОМПОНЕНТЕ

Пнеуматски ситем на једном уређају састоји се од компонената:

- ❖ за производњу и транспорт ваздуха (компресори, резервоари, цеоводи),
- ❖ за пречишћавање и припрему ваздуха (пречистачи ваздуха, зауљивачи и регулатори притиска),
- ❖ управљачких елемената (вентили, разводници, давачи сигнала, притисни прекидачи, пнеуматски бројачи),
- ❖ извршних елемената (пнеуматски цилиндри и мотори),
- ❖ за сигнализацију и мерење основних параметара.

Извршни органи увек користе ваздух притиска 5 - 6 bar, док компоненте управљачког дела система мога радити са нижим притиском.

Када је систем са једноставнијим задатком, обично све компоненте користе ваздух нормалног притиска. У сложенијим пнеуматским системима, у којима се налази већи број компонената у управљачком делу система, компоненте нормалног притиска захтевале би већи смештајни простор. Због оваквих, све чешћих захтева развој ових компоненти ишао је ка габаритном смањењу.

4.1. Компресори

Компресор је уређај који неки гас или пару сабијањем (компресијом) преводи из једног енергетског стања у друго, енергетски вредније стање. Да би то обавио, компресор мора, према закону одржања енергије, утрошити енергију, тј. он је радни уређај.

Величине које дефинишу енергетско стање гаса су притисак p и температура T , па се зато називају величинама стања.

Гас се сабија ради повећања притиска (а истовремени пораст температуре, при томе, најчешће је непожељна појава) или ради повишења температуре (на пример код расхладних процеса), док је пораст притиска, при томе, неизбежна појава.

Сабијање ваздуха може се постићи на два, међусобно битно различита начина, користећи два начелно различита принципа рада: *запремински* и *струјни принцип*.

Запремински принцип рада компресора састоји се у томе да се помоћу конструктивних елемената у њему оствари такав простор који се релативним кретањем тих елемената може периодично повећавати и смањивати. Ваздух ниског притиска у такав радни простор улази све док се његова запремина повећава и не достигне максималну вредност. Тиме је завршен такт усисавања. Након завршеног такта усисавања следи смањивање радног простора и сабијања затвореног ваздуха у њему - све док се не постигне тражени пораст притиска и сабијени ваздух не истисне из уређаја. Тиме је завршен такт сабијања и истискивања. Описани циклус се периодично понавља. Уласком и изласком ваздуха из радног простора

компресора управљају посебни разводни органи који се у одређеном тренутку циклуса отварају, односно затварају. Карактеристика запреминског принципа рада је периодична пулзирајућа додава сабијеног ваздуха.

Запремински принцип рада користи се у изради клипних компресора. Према конструкцији својих потисних елемената могу бити клипни компресори са линеарно осцилујућим клипом и роторни компресори са ротирајућим потисним елементима.

Струјни принцип рада компресора састоји се у томе да се непрекинута струја ваздуха ниског притиска убрза утрошком механичке енергије при чему јој знатно порасте кинетичка енергија. Провођењем тако убрзане струје ваздуха кроз проширене (дифузорске) канале смањује се брзина, а кинетичка енергија струје претвара у потенцијалну енергију уз пораст притиска гаса. Потребно убрзање струје гаса ниског притиска обавља се у релативно брзоротирајућим, посебно обликованим каналима ротора, док се претварање тако повећане кинетичке енергије у потенцијалну енергију притиска обично обавља делом већ у ротору, а делом струјањем кроз мирујуће дифузорске канале статора. Струјни принцип рада не захтева никакве разводне органе а битна му је карактеристика непрекидна додава и постојано струјање ваздуха кроз компресор.

На струјном принципу рада граде се турбокомпресори. Према начину вођења струје ваздуха могу бити радијални или аксијални.

Компресори се могу разликовати и према притиску који могу да постигну (излазни притисак p_2) и то без обзира на основни принцип рада. То су:

- ❖ вакуумске пумпе, које усисавају ваздух из простора где влада знатно већи притисак од атмосферског, сабијају га и отискују у атмосферу,
- ❖ дуваљке, које обично усисавају ваздух атмосферског притиска а сабијају га највише до притиска од 2 bar. Код њих није потребно посебно хлађење уређаја,
- ❖ компресори ниског притиска, који сабијају ваздух у једном или два степена до око 10 bar, уз хлађење уређаја,
- ❖ компресори средњег притиска, који применом међухладњака постижу вишестепеним сабијањем притиске до приближно 100 bar,
- ❖ компресори високог притиска, који постижу притиске до 500 bar,
- ❖ суперкомпресори - специјални уређаји, који постижу екстремно високе притиске - више од 1000 bar.

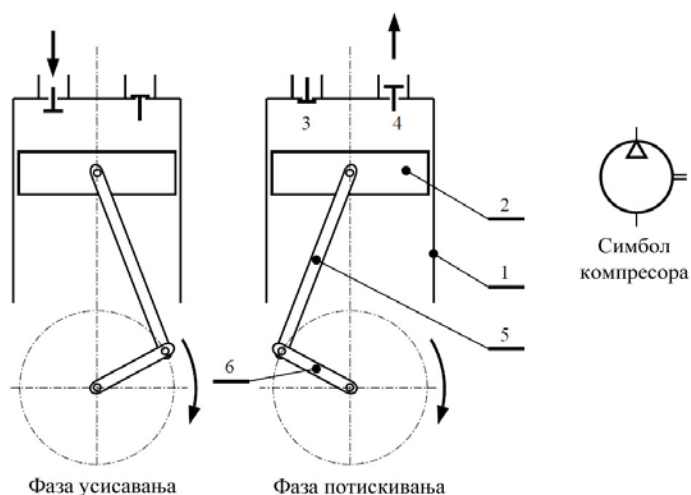
4.1.1. Клипни компресори

Цилиндар једносмерног клипног компресора пуни се и празни само с једне стране клипа. При ходу клипа према доле (слика 4.1) цилиндар се пуни кроз усисни вентил (фаза усисавања), док се при кретању у супротном смеру ваздух потискује кроз потисни вентил (фаза потискивања). На слици је приказан компресор код којег

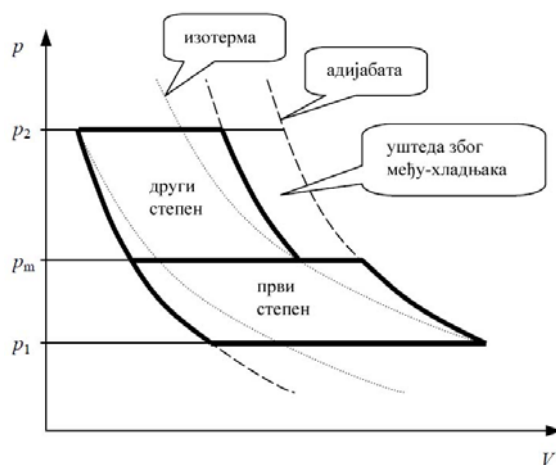
се претварање праволинијског кретања клипа претвара у кружно кретање помоћу механизма са коленастим вратилом. Двосмерни цилиндри усисавају и потискују ваздух са обе стране клипа.

Једноступени компресори користе се за повећање притиска до 4 bar, двоступени - до 15 bar, а вишеступени за веће притиске. Због могућности запаљења компресорског уља, излазна температура ваздуха не сме прелазити 200 °C.

Слика 4.2 приказује кружни процес идеалног двоступеног компресора са међухладњаком у p - V дијаграму. Рад једног циклуса (усисавање и потискивање) за први степен једнак је површини доњег кружног процеса. Промена стања ваздуха у компресорском степену обично је блиска адијабатској. Рад потребан за адијабатски компресију већи је од рада изотермне компресије. Уградњом међу-хладњака између степени компресора смањује се укупан потребан рад компресора (укупан процес приближава се изотермном). Повољно је и смањење температуре на излазу компресора (излазу другог степена).



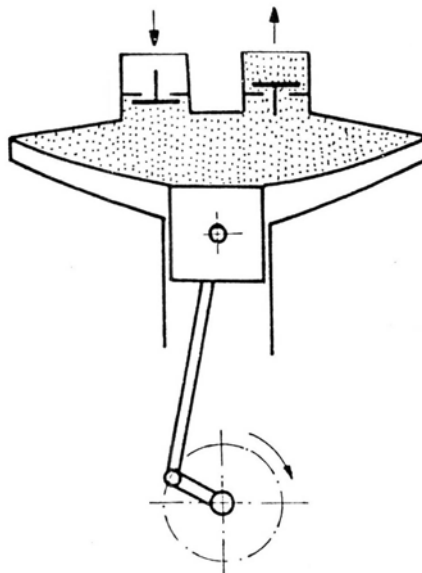
Слика 4.1. Принцип рада клипног компресора: 1- цилиндар, 2- клип, 3- усисни вентил, 4- потисни вентил, 5- полука, 6- коленасто вратило ^[4]



Слика 4.2. Приказ идеалног процеса двоступеног компресора са међухладњаком у p - V дијаграму ^[4]

4.1.2. Мембрански компресор

Ова врста компресора припада групи клипних компресора. Помоћу једне мембране одвојен је клип од простора за усисавање ваздуха, што значи да ваздух не долази у додир са клизним деловима односно са уљем за подмазивање. Ови компресори имају велику примену у прехранбеној и хемијској индустрији.



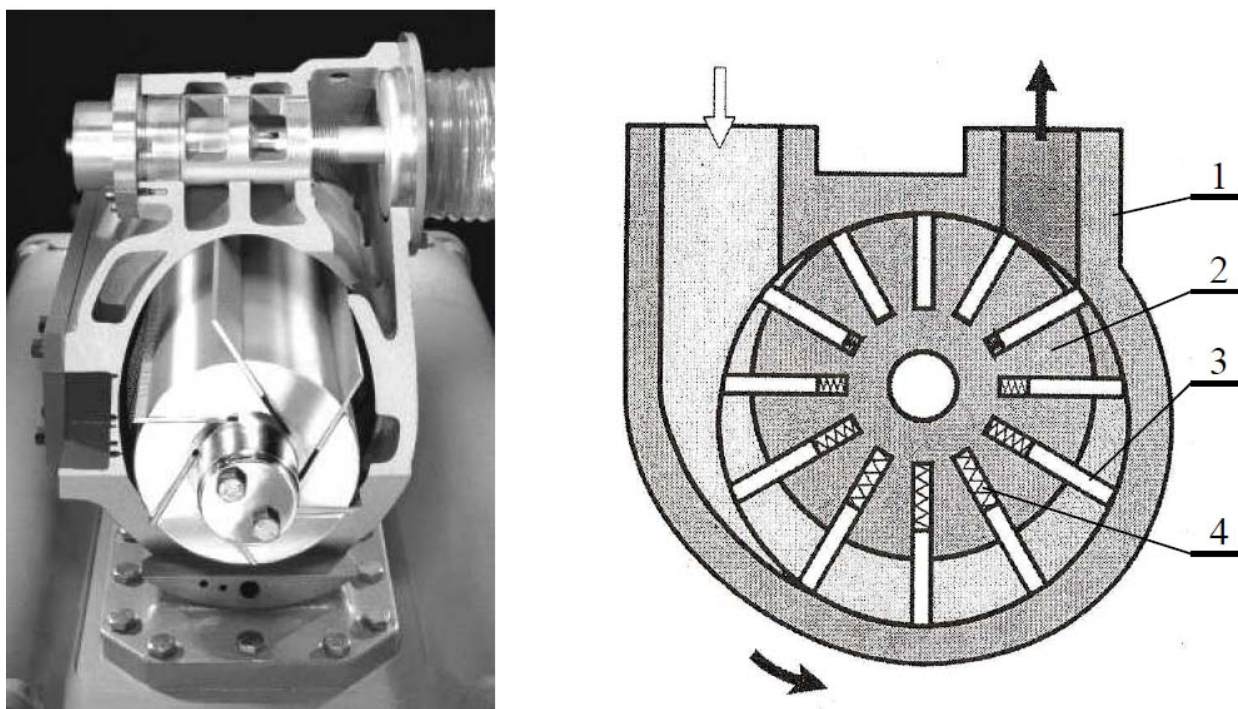
Слика 4.3. Мембрански компресор ^[2]

4.1.3. Ротациони компресор

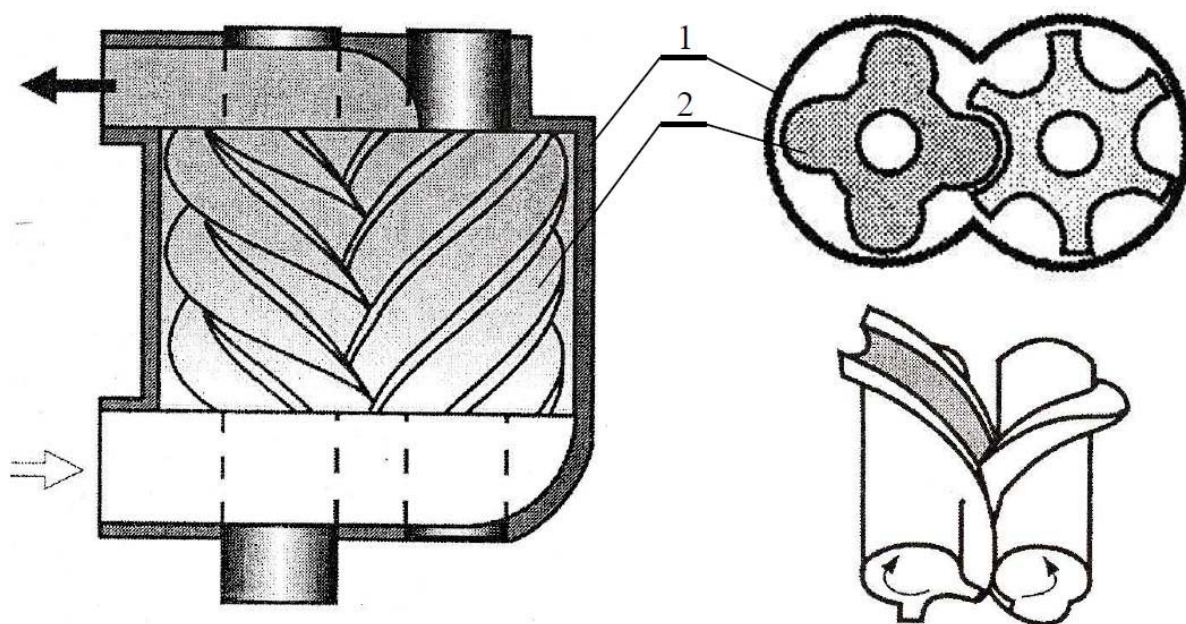
Ротациони компресори спадају у групу компресора који својим активним потисним елементима присиљавају ваздух да заузме мањи простор, тј. да се сабије. Да би се то постигло, простор у који је ваздух усисан и затворен потребно је закретањем осовине компресора геометријски смањити. Роторни компресори се израђују са једним (крилни) и два ротора (вијчани и зупчасти) .

Код крилних компресора (слика 4.4.) ваздух заробљен у волумену између крила, статора и ротора потискује се смањењем тог волумена приликом ротације ротора постављеног ексцентрично у односу на осу статора. Променом ексцентрицитета могуће је регулисати проток.

Вијчани компресори (слика 4.5.) нешто су скупљи и имају лошији степен корисног дејства, а предност им је дуг век трајања и мали трошкови одржавања. Потисни механизам је спрегнути вијчани пар који се окреће у међусобно супротним смеровима. Радне коморе стварају се између вијака и статора. Ваздух се континуално усисава на једној страни вијка (коморе се отварају) и потискује на супротној страни (коморе нестају)

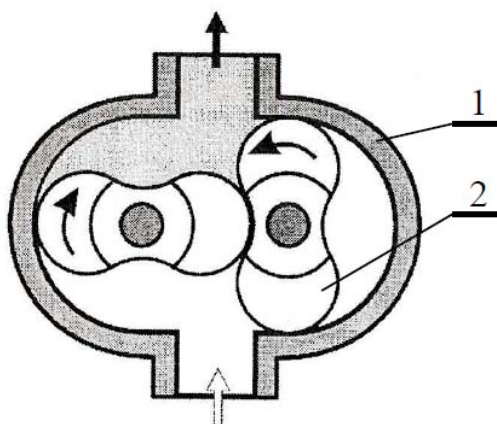


Слика 4.4 Слика и скица крилног компресора: 1- статор, 2- ексцентрично постављен ротор, 3- крило (ламела), 4- опруга ^[4]



Слика 4.5. Скица вијчаног компресора: 1- статор, 2- ротор (вијак) ^[4]

Зупчасти компресори (слика 4.6.) имају сличан принцип рада као и вијчани. Радни механизам је један пар зупчаника који су у захвату, па се окрећу у међусобно супротним смеровима. И овде се радне коморе стварају између ротора и статора, на страни на којој зуби излазе из захвата отвара се и пуни увек нова радна комора (усис), а на супротној страни, уласком зуба у захват, комора нестаје.



Слика 4.6. Скица зупчастог компресора: 1- статор, 2- ротор (зупчаник са два зуба)
[4]

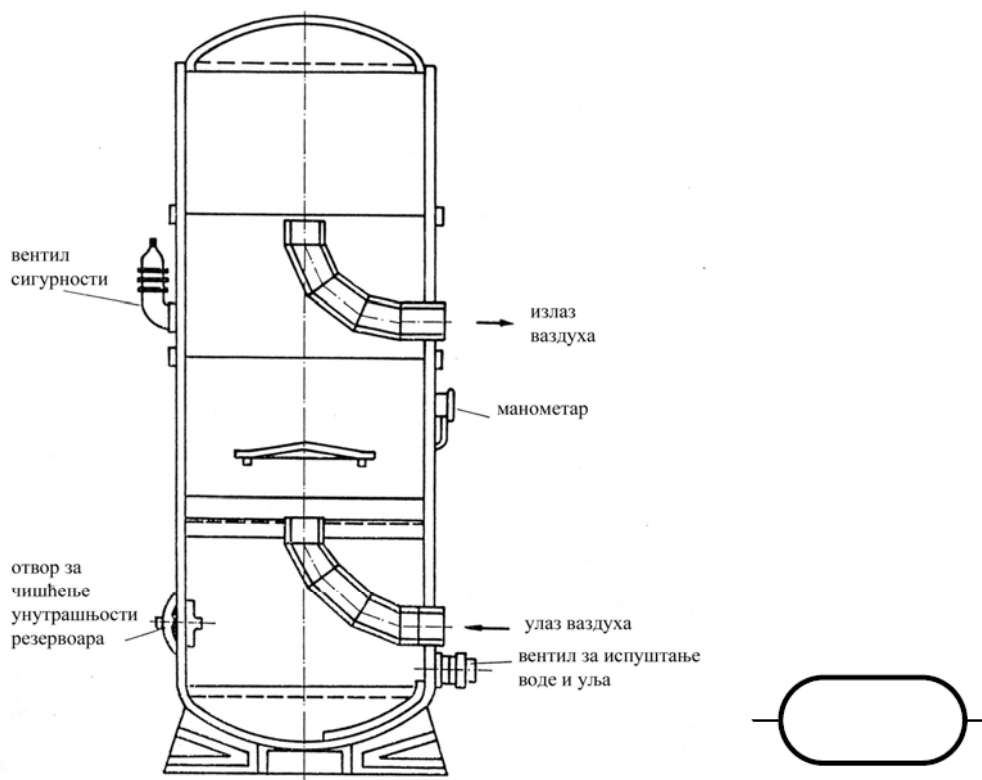
4.2. Резервоар за ваздух

Резервоар за ваздух има више намена када се поставља иза компресора а испред разводне мреже. Првенствени задатак резервоара није да умири пулзирајућу струју клипног компресора, јер би за то била довољна само 10-15 струка запремина цилиндра последњег ступња. Много важнији задатак је у томе да регулише рад компресора према потрошњи ваздуха. У резервоару се издваја кондензована вода из ваздуха и капљице уља од компресора. Због тога се резервоари обично постављају 10-15 м од компресора, на северној страни компресорске станице. Величина резервоара зависи, поред осталог, и од начина рада компресора. Ако компресор има аутомат за искључивање погонског електромотора, број укључивања и искључивања може бити максимално 15 пута на час, за разлику притиска од 1 бар.

Резервоари се израђују у виду цилиндричних судова (слика 4.7.) који се постављају хоризонтално или вертикално на темеље. Ради бољег одвајања капљица уља и влаге на вертикално постављеном резервоару улаз ваздуха је око средине, а одвод при врху резервоара. У унутрашњости резервоара поставља се преграда или одбојник, да би улазни ваздух правио што оштрије скретање како би одвајање капљица уља и влаге било што боље.

Сваки резервоар мора да има:

- ❖ прикључне отворе за довод и одвод ваздуха,
- ❖ прикључни отвор за везу са регулатором,
- ❖ вентил сигурности,
- ❖ манометар,
- ❖ славину за испуштање воде и уља,
- ❖ отвор за улаз ради чишћења унутрашњости резервоара,
- ❖ вентил за искључење резервоара из мреже.

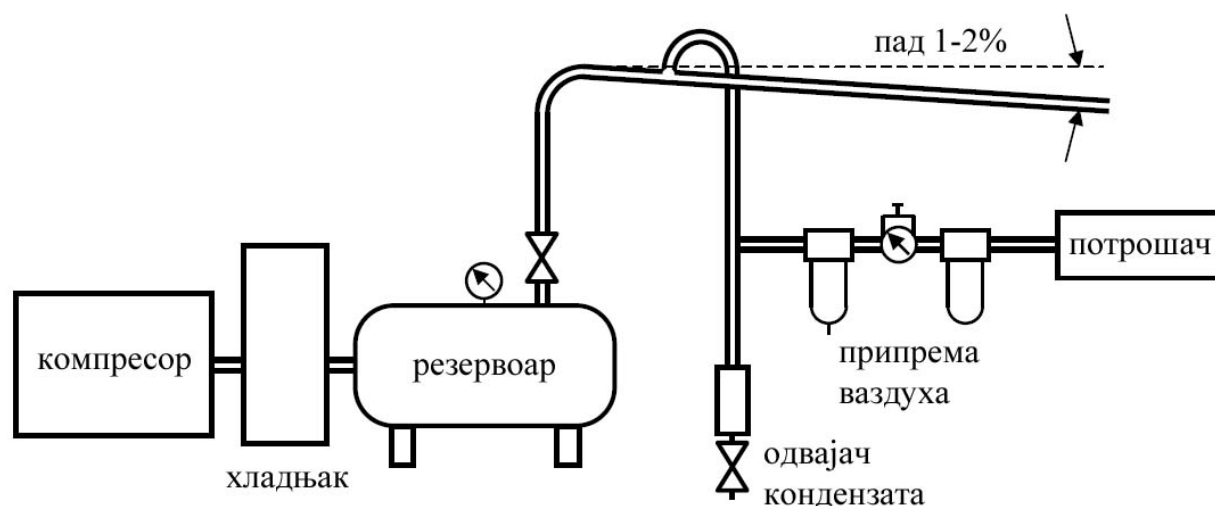
Слика 4.7. Вертикални резервоар ^[2]

4.3. Цевовод

Оптимална брзина ваздуха у водовима $V = 10-40 \text{ m/s}$, брзине веће од ових узрокују превелике губитке. Пречник цевовода бира се тако да губици притиска не прелазе дозвољену вредност (обично се узима 5% од радног притиска или 0,1 бар). Приликом пројектовања потребно је предвидети будуће повећање потреба за ваздухом под притиском и складу са томе предимензионисати пречнике цевовода. Тиме се избегавају знатни трошкови за евентуалну поновну израду цевовода. Како би се избегао продор кондензата према потрошачима:

- ❖ Водови се постављају косо - с падом од 1-2%
- ❖ Излази према потрошачима изводе се на горњој страни цеви
- ❖ На крајевима водова, увек се на најнижем месту ставља посуда за одвајање кондензата
- ❖ Водове треба топлотно изоловати при проласку кроз јаче загрејане просторе

Водови морају бити постављени приступачно, ради одржавања. Развод у облику петље је разводни цевовод изведен у облику петље (круга) на који се прикључују потрошачи. Такав развод је повољнији - смањују се осцилације притиска узроковане променама у потрошњи, омогућава се искључивање дела мреже ради поправки без искључивања целог пнеуматског система. Главни водови израђују се од металних цеви (челик, бакар), а у све већој мери и од пластичних материјала. Разводни водови на машинама се по правилу израђују од пластике.



Слика 4.8. Разводна мрежа компресованог ваздуха ^[4]

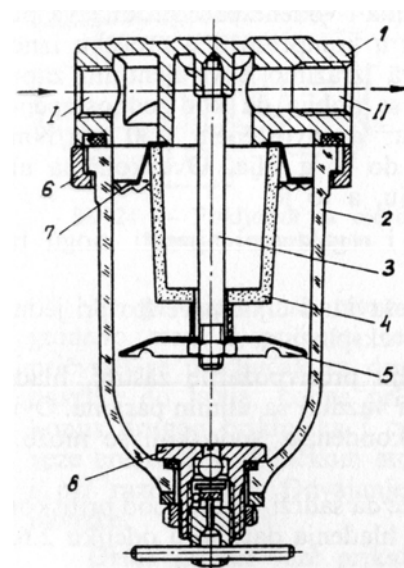
4.4. Пречишћавање и припрема ваздуха

Ваздух под притиском који долази из компресорске станице садржи у себи уљне и водене паре. Да би се компримирани ваздух могао користити у пнеуматским уређајима треба да буде очишћен од свих страних састојака. Нечистоћа или присуство уљних пара и капљица воде штетно делују на пнеуматске уређаје, а у неким случајевима уређаји не могу ни исправно функционисати. Због тога је потребно већ код пројектовања разводне мреже компримираног ваздуха инсталацију извести тако да до потрошача доспе очишћени ваздух.

У циљу финије припреме ваздуха испред потрошача поставља се "припремна група за ваздух". Задатак припремне групе је да изврши фино пречишћавање, регулисање притиска и зауљивање ваздуха. Састоји се од пречистача, регулатора притиска и зауљивача.

4.4.1. Пречистач

Удаљавањем ваздушног вода од главног вода долази до хлађења ваздуха па због тога и стварања водених капљица. Да би до потрошача дошао ваздух ослобођен кондензата, поставља се пречистач. Задатак пречистача је да очисти ваздух од свих нечистоћа и кондензоване воде. На слици 4.9. је приказано једно од конструктивних решења пречистача односно одвајача капљица воде и уља и механичких нечистоћа. Улаз ваздуха долази кроз отвор I. Затим струја ваздуха пролази преко решетке која усмерава ваздух на ниже. После тога ваздух поново скреће ка метално-керамичком цилиндру 4. Правећи лук, капљице воде и уља због центрифугалне силе падају на чашицу 2 и сливају се ка дну. Оне капи које падају на заштитник 5 такође клизају на дно чашице. Механичка нечистоћа се



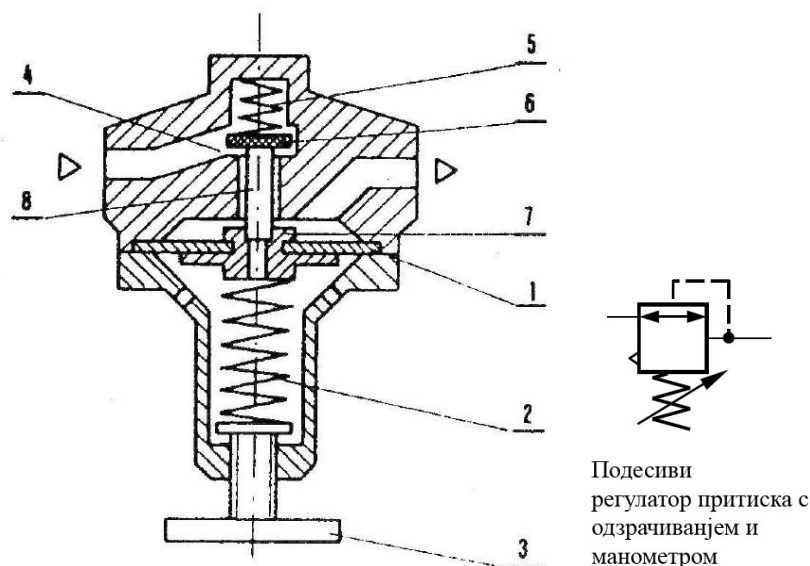
Слика 4.9. Пречистач ваздуха ^[1]

задржава на спољним зидовима метално-керамичког цилиндра. Испуштање кондензата се врши преко вентила 8. Заједно са кондензатом, спирају се и механичке честице. Код извесних конструктивних решења чишћење пречистача се изводи аутоматски када кондензат достигне одређени ниво.

На тај начин ваздух даље одлази кроз отвор II пречишћен и релативно осушен. Постоје и друга конструктивна решења пречистача зависно од тога до ког степена је потребно пречистити односно »осушити« ваздух.

4.4.2. Регулатор притиска

Регулатор притиска осигурава стабилан жељени (подешени) радни притисак. С једне стране, он неутралише осцилације притиска због променљиве потрошње ваздуха (поремећај на излазној страни регулатора). С друге стране, у њему се притисак из главног вода (обично $8 \div 10$ бар) редукује на потребну вредност радног притиска (обично $5 \div 6$ бар). Притисак на излазу регулатора (слика 4.10.) подешава се вијком (3) којим се мења сила у опрузи (2). Под опругом отвара се вентил (6) и пропушта ваздух према излазу регулатора, повећавајући излазни притисак. Кад притисак на излазу порасте, он делује на мембрану (1) тако да се вентил притвара и смањује проток, чиме се излазни притисак смањује. Приликом значајнијег пораста излазног притиска мембрана се све више савија, тако да се вентил најпре потпуно затвори и прекине проток, а даљом деформацијом отвара се пролаз ваздуха (7) кроз мембрану од излаза регулатора према атмосфери. Као резултат остварује се константан ниво притиска ваздуха на излазу регулатора.



Слика 4.10. Регулатор притиска: 1- мембрана, 2-опруга, 3- вијак, 4-улазни притисак, 5- опруга, 6- поклопац вентила, 7- отвор за атмосф. ваздух, 8- вретено вентила ^[4]

4.4.3. Зауљивач

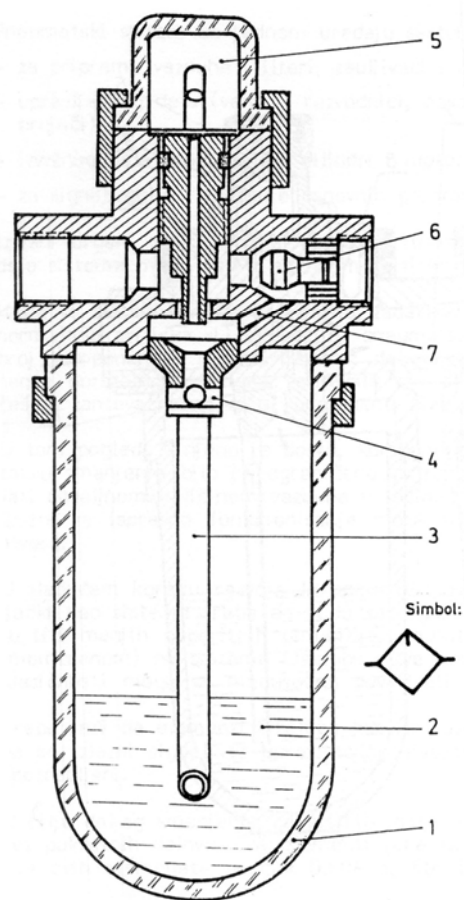
Ослобођен водених и уљних капи као и механичких нечистоћа, ваздух под притиском после регулатора притиска пролази кроз зауљивач наносећи фину маглу

уља у контролисаним количинама дође до покретних делова пнеуматских компонената. Ради правилног рада пнеуматских компонената подмазивање свежеом уљном маглом ношеном ваздухом постаје неопходно. Међутим, иако такав ваздух користи највећи број инсталација има случајева где се зауљивач изоставља (ваздух за фарбарске пиштоље, веома прецизни мерни инструменти и др.). Задатак зауљивача је да пнеуматске елементе снабдева са довољно средства за подмазивање. Средства за подмазивање спречавају хабање покретних делова елемената, смањују силе отпора кретања и штите апарате од корозије.

Зауљивач не сме да ствара велики отпор кретању ваздуха а треба да га обогати фином уљном маглом. То се може постићи самим конструктивним решењем (слика 4.11.).

Пречишћени ваздух сталног притиска води се у зауљивач. Регулациони вентил (6) скреће део струје ваздуха у простор чашице (1). Због повећања притиска у простору чашице и смањеног притиска у простору (5), уље (2) усисава се кроз цев (3) и капље у простор (5). Капи уља доспевају у струју ваздуха и због брзине струјања ваздуха се распршују. Количина уља која долази у простор (5) подешава се вијком за подешавање. Крупне капи уља каналом (7) падају у простор за уље чашице (1), а ситне капи у виду уљне магле доспевају у струју ваздуха и мешајући се одлазе у систем. Капљице уља морају бити довољно ситне да би са струјом ваздуха доспеле у све делове пнеуматског система.

Зауљивач ваздуха почиње да ради тек када је постигнута довољно велика брзина струјања. Код мале потрошње ваздуха постижу се и мале брзине струјања које нису довољне да произведу довољно низак подпритисак који би усисао уље из резервоара.



Слика 4.11. Зауљивач ^[2]

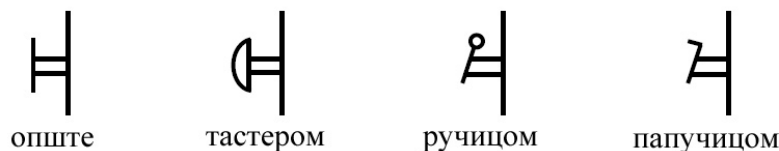
4.5. Разводници

Разводници служе за усмеравање тока радног флуида. Помоћу њих се обезбедује пропуштање, заустављање и промена смера флуида. Испред назива "разводник" пише се ознака чија прва цифра означава број радних прикључака, а друга број разводних положаја. Тако, на пример, разводник са три радна прикључка и два разводна положаја означавамо са "3/2 - разводник". Број разводних положаја зависи од функције које разводник треба да изврши.

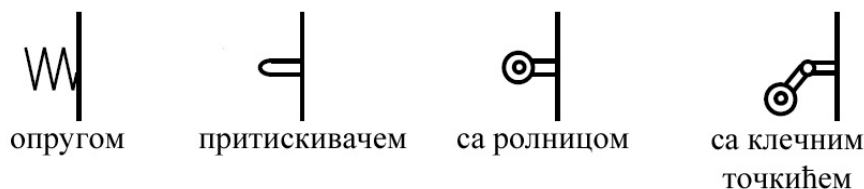
Поред функције, а без обзира на конструктивно решење, разводник карактеришу: проток флуида (димензије прикључака) и начин активирања.

Величина разводника описана је прикључном мером односно називним пречником (нпр $\frac{1}{4}$ ") која се бира према протоку медија.

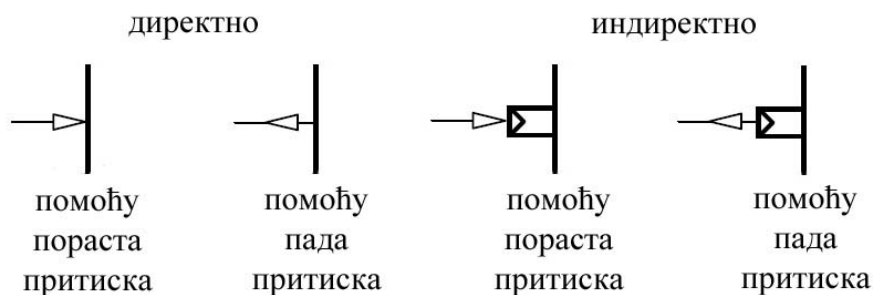
Активирање може бити: мануелно, механичко, електрично, директно и индиректно акивирање притиском (пнеуматско активирање) и комбиновано активирање.



Слика 4.12. Мануелно активирање ^[4]



Слика 4.13. Механичко активирање ^[4]



Слика 4.14. Пнеуматско активирање ^[4]



Слика 4.15. Електрично и комбиновано активирање ^[4]

Према дужини трајања сигнала потребног за активирање разводника, разводници седеле на:

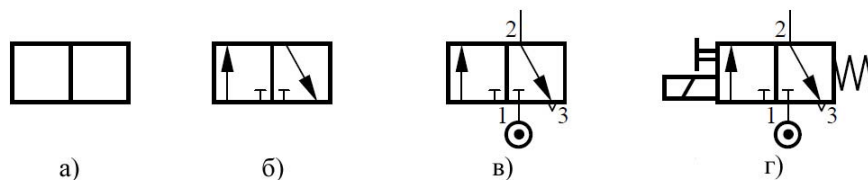
- Разводнике са трајним активирањем (моностабилни) који су активирани у временудок траје сигнал

- Разводнике са тренутним активирањем (бистабилне) који су трајно активирани кратким сигналом (функција пнеуматске меморије).

Конструкција разводника је одлучујућа за век трајања, силу активирања, могућност разноврсног активирања, могућност прикључивања и габарита.

Према врстама конструкционих решења разликујемо: плочасте разводнике, разводнике са седиштем и разводнике са клипом.

У пнеуматским шемама користе се симболи разводника који приказују њихову функцију (не конструкцију). Разводник се приказује квадратним симболима - број квадрата одговара броју могућих разводних положаја датог разводника (слика 4.16.). Стрелице уцртане у поља (квдрате) приказују разводне путеве и смер протока медија (б). затворен пут означава се попречном линијом унутар поља. Доводни и одводни прикључци уцртавају се на пољу нултог (мирног) положаја (положај који разводник заузима кад на њега не делује управљачки сигнал) или на пољу полазног положаја, ако разводник нема нулти положај (в). Начин активирања означава се са стране (г) - у овом случају опругом и комбиновано: електромагнетом или ручно.



Слика 4.16. Значење симбола разводника ^[4]

Прикључци разводника означавају се бројевима, и то:

- ❖ Радни прикључци: 2, 4, 6. .. (А, В, С. ..)
- ❖ Напајање 1 (Р)
- ❖ Испуштање ваздуха 3, 5 (R, S, T)
- ❖ Прикључак на управљачке водове 12, 14 (Ks, I, Z)

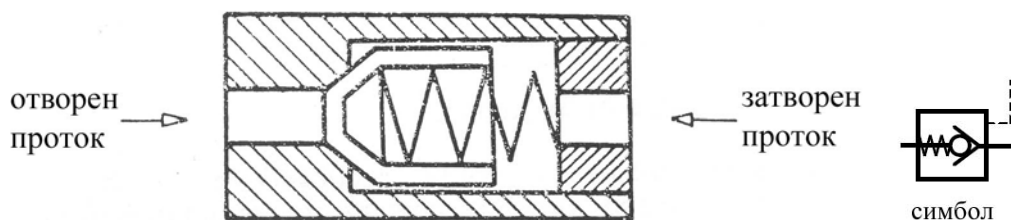
4.6. Вентили

Вентили, пнеуматски управљачки елементи, су уређаји за регулацију и усмеравање радног медија. Могуће функције вентила укључују: пропуштање, заустављање и промену смера медија; регулацију протока и притиска. У пнеуматском управљању вентили преносе енергију и / или информацију. Неки типови вентила су:

- ❖ неповратни,
- ❖ пригушни,
- ❖ пригушно неповратни,
- ❖ брзоиспусни,
- ❖ притисни...

4.6.1. Неповратни вентил

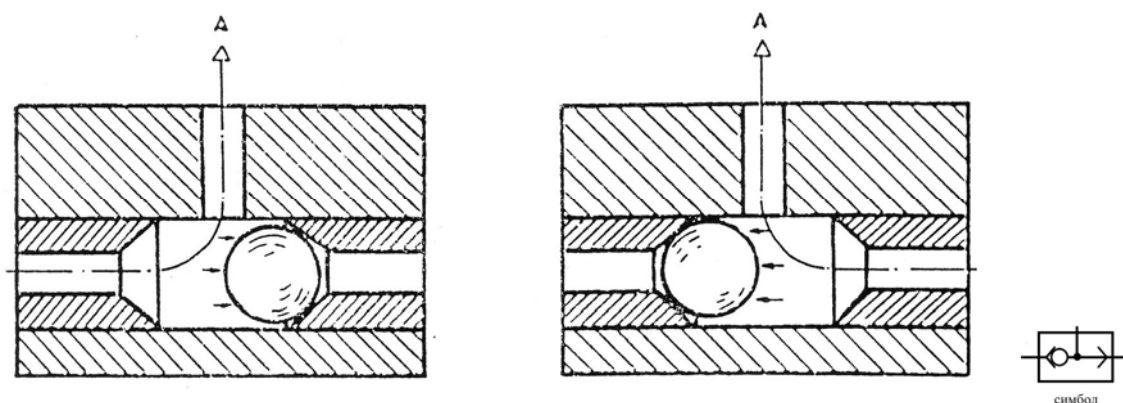
Пропуштање ваздуха кроз цевну мрежу у једном смеру без могућности супротног струјања, обезбеђује се неповратним вентилом. Неповратни вентили се изводе са куглицом или клипом који је обично са једне стране потискиван опругом. У хидраулично-пнеуматским инсталацијама обично се поставља куглица као запорни елемент вентила. На слици 4.17. је приказан неповратни вентил са клипним елементом. Ако се један резервоар снабдева ваздухом одређеног притиска, онда се поставља неповратни вентил пре улаза у резервоар.



Слика 4.17. Неповратни вентил са заптивним делом коничног облика ^[2]

Двоструко неповратни (двосмерни) вентил се користи када је потребно да се цилиндар активира доласком ваздуха са две заличите стране.

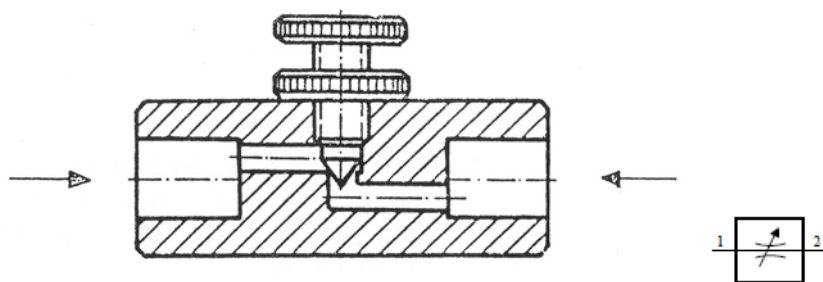
На слици 4.18. приказан је пресек кроз двоструко неповратни вентил. Он има два довода и један одвод. Ако на једно доводу порате притисак, куглица ће затворити други довод и обрнуто. Код повратног струјања, тј. када се цилиндар и вентил озрачује куглице ће задржати свој раније заузети положај.



Слика 4.18. Двоструко неповратни вентил ^[2]

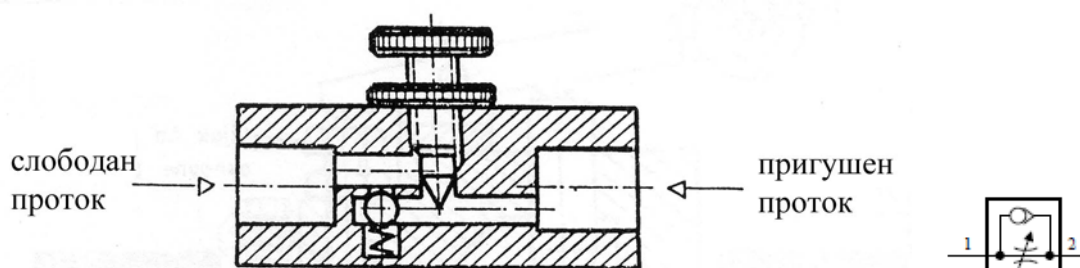
4.6.2. Пригушни вентил

Пригушни вентили делују на проток радног флуида, а посредно и друге величине које зависе од протока односно брзине флуида. Пригушно деловање остварује се сужењем (пригушница, бленда) које представља отпор струјању флуида (изазива пад притиска). Најједноставније пригушни вентил није ништа друго неко славина којом се може мењати величина попречног пресека.

Слика 4.19. Неповратни вентил ^[2]

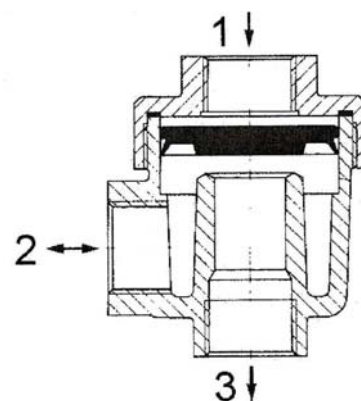
4.6.3. Пригушно неповратни вентил

Пригушно неповратни називају се још једносмерно пригушни вентили. Они представљају паралелни спој пригушнице и неповратног вентила. У једном смеру проток иде кроз пригушницу, док се у супротном смеру отвара неповратни вентил, па проток највећим делом пролази кроз њега уз минимални отпор.

Слика 4.20. Пригушно неповратни вентил ^[2]

4.6.4. Брзоиспусни вентил

Брзоиспусни вентили користе се за убрзање пражњења цилиндра, чиме се повећава брзина кретања клипа. Цилиндар се не празни преко управљачког разводника, него преко брзоиспусног вентила. Брзоиспусни вентил има релативно велики проточни пресек и представља мањи отпор струјању медија који излази из цилиндра него разводник. Такође, у случају пражњења цилиндра кроз разводник, на разводнику се јавља бука због пригушивања ваздуха. Приликом пуњења цилиндра запорни елемент брзоиспусног вентила (слика 4.21.) затвара прикључак 3 и својим деформисањем омогућава пролаз од 1 (разводник) према 2 (цилиндр). Приликом пражњења запорни елемент затвара прикључак 1 (онемогућава одзрачивање цилиндра преко разводника), уз истовремено отварање пролаза од 2 (цилиндр) према 3 (одзрачни отвор).

Слика 4.21. Брзоиспусни вентил ^[4]

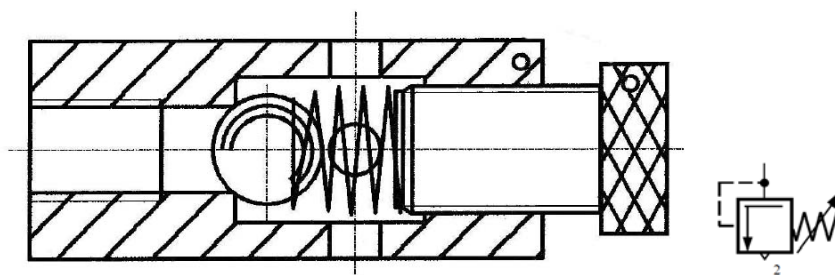
4.6.5. Притисни вентили

Притисни вентили користе се за регулацију притиска радног флуида, као и за низ других функција базираних на нивоу притиска. Притисни вентили деле се на:

- ❖ Сигурносне вентиле
- ❖ Проследне притисне вентиле

Сигурносни вентил

Сигурносни вентили (вентили за ограничење притиска) обезбеђују да не дође до прекорачења притиска у доводном воду. Ако притисак у доводном воду порасте изнад подешене вредности, довод се спаја са одзрачним одводом све док притисак не падне испод подешене вредности.



Слика 4.22. Сигурносни вентил ^[4]

Проседни притисни вентили

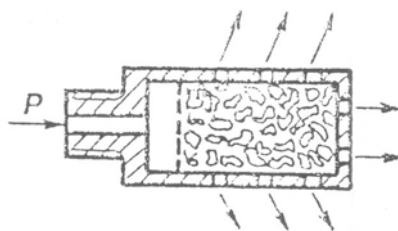
Конструкција вентила иста је као код сигурносних вентила, али је намена различита. На њима је излаз (према другим уређајима) отворен само док је притисак на улазу већи од подешене вредности (прослеђују даље повишени притисак, ако је већи од подешеног).

4.7. Пригушивачи буке

При истицању ваздуха под притиском из пнеуматских система ствара се неугодан звук, који се потпуно или делимично отклања пригушивачем звука.

У пракси се најчешће користе конструкције судова са проширењем и преградама и судови са проширењем испуњеним порозним материјалом.

На слици 4.23. шематски је приказан пригушивач звука који је испуњен порозном материјом и има веома мале отворе са свих страна. Струја ваздуха под притиском улази кроз отвор (P), губи део енергије пролазећи кроз порозну материју и излази у атмосферу кроз мале отворе на телу вентила. Ови пригушивачи се примењују у индустријској пнеуматици.



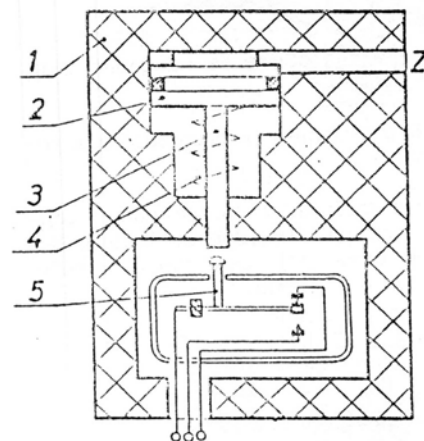
Слика 4.23. Пригушивач буке ^[2]

4.8. Притисни прекидач (пресостат)

Због аутоматизације машина и индустријских постројења често је потребна комбинација управљања пнеуматским и електричним путем.

На слици 4.24. приказан је притисни електрични прекидач - пресостат код кога напон опруге може да се подешава помоћу вијка, а тиме се подешава и притисак ваздуха који затвара струјно коло, односно укључује прекидач.

Ваздух под притиском који се доводи кроз отвор Z потискује клип (2) са клипњачом (3) наниже, при чему се сабија опруга (4). Кликњача (3) својим крајем делује на електрични прекидач (5), чиме се затвара струјно коло.



Слика 4.24. Притисни прекидач ^[2]

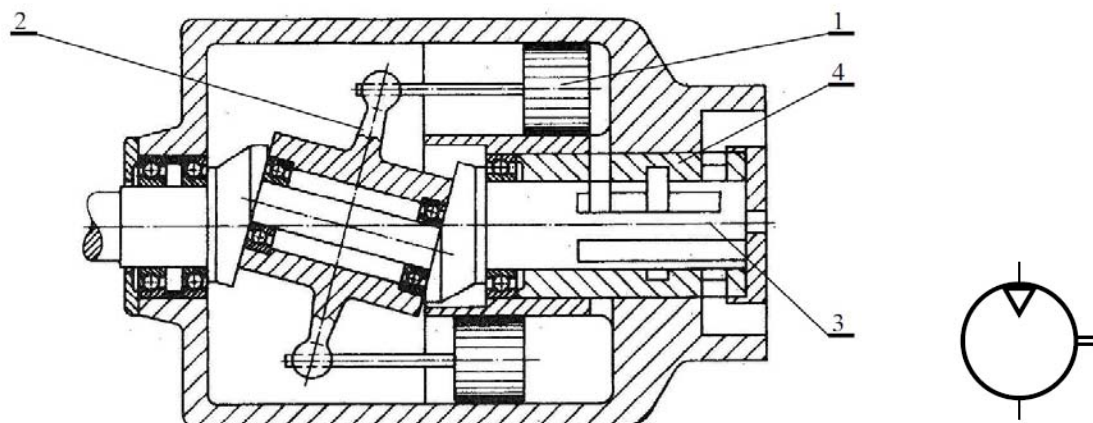
4.9. Пнеуматски мотори

Пнеуматски мотори су ротациони извршни елементи којима се остварује континуално кружно кретање вратила. У односу на компресоре у моторима се врши супротна конверзија енергије (конверзија енергије притиска ваздуха у механички рад). Конструкција мотора и компресора је слична, а понекад идентична, тада се иста машина може користити као мотор и компресор. Код неких конструкција мотора је смер обртања произвољан, а промена смера се постиже променом порта за компримовани ваздух. У пнеуматске погонске машине убрајају се:

- ❖ Клипно аксијални и радијални мотори
- ❖ Мотори са ламелама
- ❖ Зупчасти мотори
- ❖ Мембрански мотори
- ❖ Турбински мотори

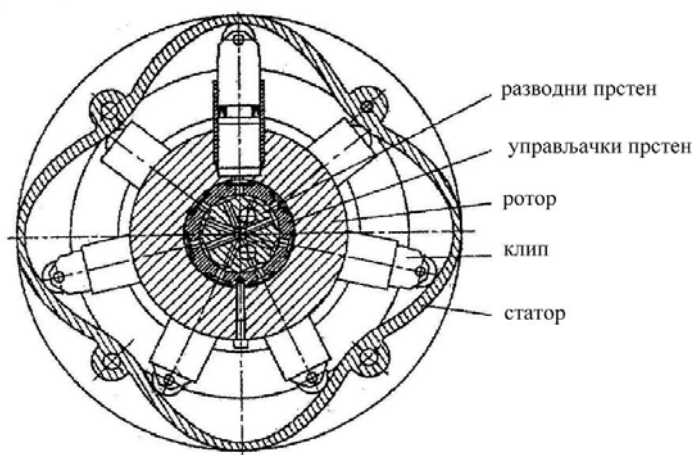
Код клипних мотора често се не користе вентили, него се расподела ваздуха остварује путем командне табле). Могуће је обртање у оба смера. Однос масе и снаге ових мотора је релативно неповољан односно мали, а запреминска губици су мали. Постижу снагу $1 \div 20 \text{ kW}$ уз брзину обртања од $500 \div 5000 \text{ O/min}$.

Аксијални клипни мотори (слика 4.25.) врше претварање праволинијског кретања клипа у кружно кретање вратила остварује се нагибном или осцилујућом плочом.



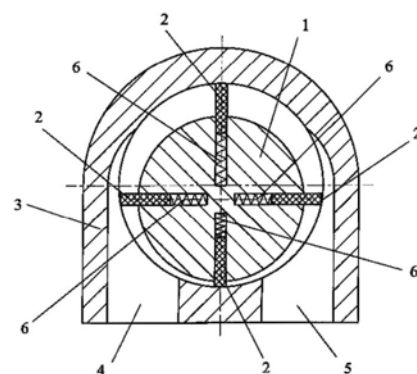
Слика. 4.25. Клипно аксијални мотор са осцилујућом плочом: 1 – клип, 2 – осцилујућа плоча, 3 – разводни прстен, 4 – управљачки прстен ^[4]

Радијални клипни мотори имају спољни мирујући ексцентар по којем се клизају клипови који ротирају заједно са блоком мотора. Слика 4.26. приказује вишестепени мотор с више ексцентара, тако да клип обавља 4 циклуса у једном окрету. Ротор се тада поставља у централни положај.

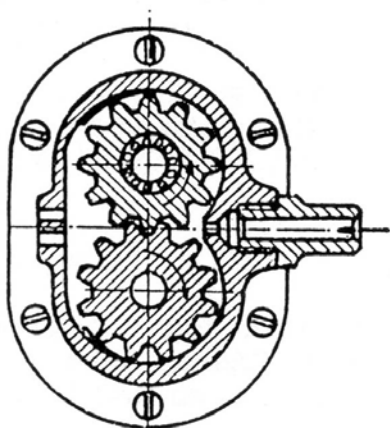


Слика 4.26. Клипно радијални мотор ^[4]

Код **ламелног мотора** ротор се поставља ексцентрично у односу на статор (слика. 4.27). Ваздух је заробљен у простору између ламела, површине ротора и површина статора (цилиндар и 2 бочне површине). Понекад се и код ламелних мотора користе две радне коморе и централни положај ротора. Нека извођења имају на средини хода додатни отвор за вентилација. Уобичајене брзине обртања су $6000 \div 30.000$ O/min. Однос снаге и масе ових мотора је релативно велик.



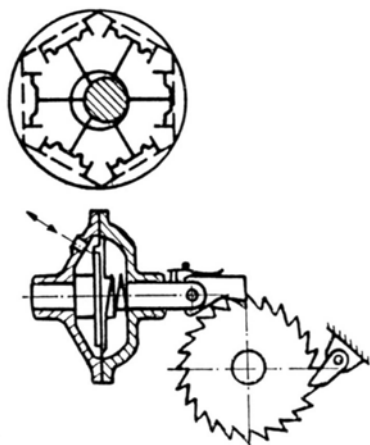
Слика 4.27. Мотор са ламелама: 1 – ротор, 2 – ламела, 3 – статор, 4-5 – прикључци, 6 – опруга ^[4]



Слика 4.28. Зупчасти мотор^[1]

Код већих снага предност се даје моторима са косим озубљењем. Потрошња се креће између 53 и 61 Nm³. Недостатак ових мотора је мало искоришћење експанзионог рада и губитак услед цурења у систему. Насупрот класичном клипном мотору - код кога су ове вредности износиле 1% и мање - код зупчастих мотора су ове вредности вишеструко веће.

Обртно кретање код ових мотора обезбеђују спрегнути зупчаници на чије бокове делује компримовани ваздух. Један зупчаник је причвршћен за погонско вратило, а други се слободно окреће. На зупчаник који се слободно окреће такође делује притисак ваздуха, па се спреглом ова два зупчаника скоро удвостручује обртни момент на излазном вратилу.



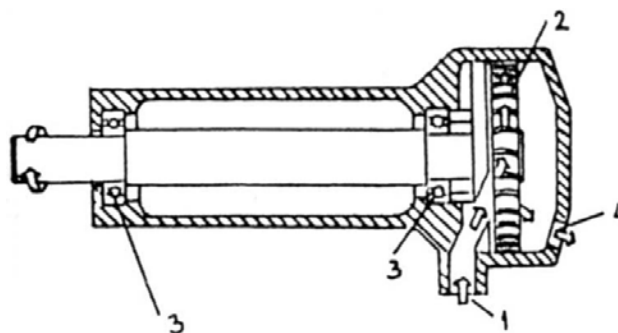
Слика 4.29. Мембрански мотор са ексцентар-вратилом и мотор са клипњачом и механизмом са скакавицом^[2]

На слици 4.28. приказан је **зупчасти мотор**. Они могу бити са правим и косим озубљењем и оба раде као машине са максималним пуњењем без коришћења експанзије. Број обртаја код ових мотора регулише се искључиво количином ваздуха. Израђују се до снаге од 59 kW, при притиску компримованог ваздуха од 6 бар и за обртне моменте до 540 Nm.

Мотори са правим озубљењем одликују се посебно малим димензијама, малом тежином и великом потрошњом ваздуха. При снази од 2 kW и 3000 O/min - потрошња ваздуха, уз радни притисак од 4 bar - прерачунато на 1 kWh износи 65 Nm³.

Корисно подручје броја обртаја **мембранског мотора** (Слика 4.29.) веома је ограничено. Максималну снагу овај мотор постиже при nižем броју обртаја. Овакве карактеристике га предупређују за примену - тамо где су неопходни велики моменти уз мали број обртаја. Он се ограничава само на подручје ниског притиска, па му је и обртни момент мали (0,64 Nm).

На слици 4.30. приказан је пример **турбинског мотора**. Овај тип мотора има још повољнију специфичну тежину него ламелни мотор, али је број обртаја ротора (до око 100.000 O/min) тако велики да га је тешко смањити до величина применљивих у пракси. Ови мотори нашли су примену код брусница са великом брзином брушења и код зубарских бушилаца.



Слика 4.30. Турбински мотор: 1- улаз ваздуха, 2- турбина, 3-куглични лежај, 4- излаз ваздуха ^[2]

4.10. Пнеуматски цилиндри

По својој конструкцији пнеуматски цилиндри могу бити тако изведени да под дејством компресованог ваздуха врше неки рад у једном или два смера. Пнеуматски цилиндар се састоји од следећих главних делова:

- ❖ тела цилиндра,
- ❖ поклопца,
- ❖ клипа,
- ❖ клипњаче,
- ❖ манжете.

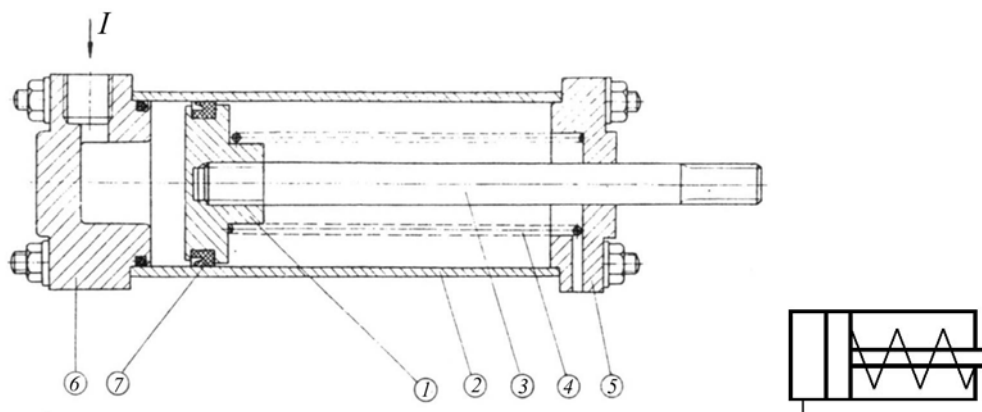
Ако се компресовани ваздух упушта у цилиндар са једне стране клипа, клип ће се кретати у страну мањег притиска. Када се упуштање ваздуха врши само са једне стране, онда се враћање клипа после престанка дејства ваздуха изводи помоћу опруге која је смештена са супротне стране клипа. Такав се цилиндар зове цилиндар једносмерног дејства. У том случају радни ход клипа односно клипњаче је онај који се остварује помоћу компримираног ваздуха. Повратни ход клипа се постиже опругом смештеном у цилиндру или споља.

Када се у цилиндар наизменично упушта ваздух са обе стране клипа, кретање клипа у оба смера је принудно под дејством притиска ваздуха. Сваки од ходова клипа односно клипњаче је радни ход, зато што се са обе стране добија одређена сила на клипњачи. Цилиндар оваквог конструктивног решења јесте цилиндар двосмерног дејства.

4.10.1. 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 31. се састоји из клипа 1 који се креће кроз тело цилиндра 2 када компресовани 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 друга завртња. На страни притиска, поставља се

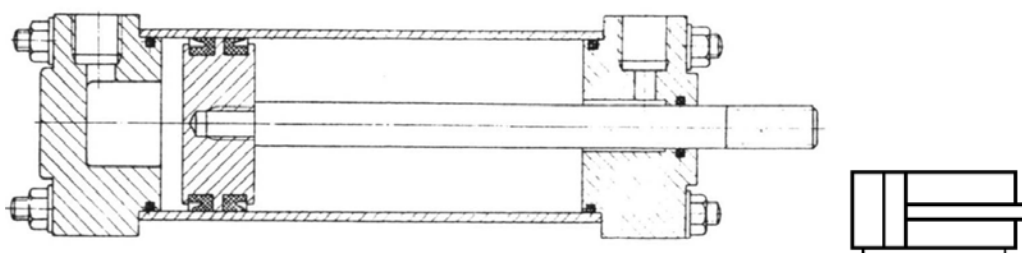
округла заптивка ради заптивања када је цилиндар испуњен компресованим ваздухом. Клип има манжетну 7 која служи за заптивање. Код цилиндра једносмерног дејства клипњача је увек увучена када у цилиндру нема притиска ваздуха.



Слика 4.31. Пнеуматски цилиндар једносмерног дејства ^[1]

4.10.2. Пнеуматски цилиндри двосмерног дејства

На слици 4.32. 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 манжетне због заптивања обе стране цилиндра. Кретање клипа од једног до другог крајњег положаја омогућено је упуштањем компресованог 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.



Слика 4.32. Пнеуматски цилиндар двосмерног дејства ^[1]

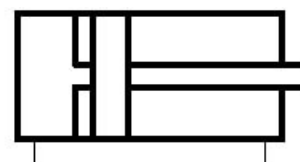
4.10.3. Специјални цилиндри

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.

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 коштања је ниска па је замена за пресу када год је могуће препоручљива. 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.

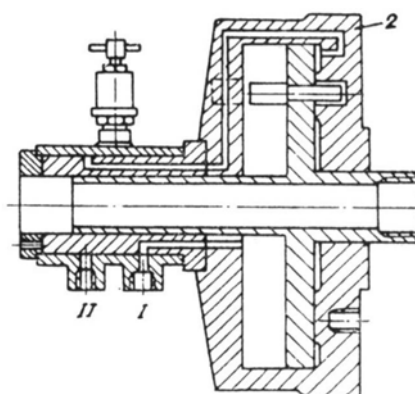


Слика 4.33 Симбол цилиндра ударног дејства

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.

Ротациони пнеуматски цилиндар

Код инсталација за пнеуматско стезање комада на стругу користи се ротациони пнеуматски цилиндар чији је шематски приказ дат на слици 4.35. 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. Ротациони цилиндар на слици је конструисан за обраду шипкастог материјала. 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. За време обраде цео цилиндар се обрће заједно са стезном главом. Прикључци за довод и одвод ваздуха су непомични.



Слика 4.35. Ротациони пнеуматски цилиндар ^[1]

4.11. Прорачун цилиндра

Сила клипа

Произведена сила клипа једног радног елемента зависи од притиска ваздуха, пречника цилиндра и отпора кретања заптивних елемената. Теоретска сила клипа рачуна се према следећој формули:

$$F_{th} = A \cdot p$$

где су:

F_{th} – теоретска сила клипа (N)

A – корисна површина клипа (cm²)

p – радни притисак (bar, 10⁵ N/m²)

За праксу је врло важна ефективна сила клипа. Код прорачуна ефективне силе треба узети у обзир и отпор трења при кретању клипа. При нормалним условима рада (област притиска између 5 и 6 bar) може се узети да је сила трења 3-20% прорачунате теоретске силе клипа.

Цилиндар једностраног дејства:

$$F_n = A \cdot p - (F_R + F_F)$$

Цилиндар двостраног дејства (кретање напред):

$$F_n = A \cdot p - F_R$$

Цилиндар двостраног дејства (кретање назад):

$$F_n = A' \cdot p - F_R$$

$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4}; \quad A' = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4}$$

где је:

F_n – ефективна сила клипа (N)

A – корисна површина клипа (cm²)

p – радни притисак (bar, 10⁵ N/m²)

F_R – сила трења (3-20%) (N)

F_F – сила опруге код цилиндра једностраног дејства (N)

D – пречник цилиндра

d – пречник клипњаче

Дужина хода клипа

Дужина хода код пнеуматских цилиндара не би требала да прелази 2000 mm. Код већих пречника клипа и дужих ходова потрошња ваздуха је превисока те је примена пнеуматике неекономична. Код врликих ходова јавља се велико оптерећење клипњаче и лежаја за вођење клипњаче. да би се избегла опасност савијања, требало би код већих дужина хода пречник клипњача да буде такође нешто већи. Даље, при повећању хода повећава се одстојања улежиштења, те је тиме постигнуто и боље вођење клипњаче.

Брзине клипа

Брзина клипа пнеуматских цилиндара зависи од оптерећења клипа, притиска ваздуха, дужине цревних водова, односа попречних пресека између разводника и цилиндра, као и количине протока ваздуха кроз разводник. Сем тога, на брзину клипа утиче и пригушење хода клипа у крајњим положајима.

Када клип крене из свог крајњег положаја, у коме је претходно био пригушен ход, врши се издување преко неповратно пригушног вентила, што такоде успорава брзину клипа.

Средња брзина кретања клипа код стандардних радних пнеуматских цилиндара креће се између 0,1 и 1,5 m/s. Код специјалних цилиндара (ударни цилиндар) постижу се брзине од 10 m/s.

Брзина клипа може са подешавати и посебном врстом вентила. Пригушни вентили, пригушно неповратни вентили и брзоиспусни вентили повећавају или смањују брзине клипа.

Потрошња ваздуха

За обезбеђење довољне количине ваздуха за један погон, односно да би се добила представа о цени енергији, потребно је претходно знати тачну потрошњу ваздуха.

Прорачун потрошње ваздуха, при одређеном притиску, пречнику клипа цилиндра и дефинисаној дужини хода клипа, врши се на следећи начин:

Степен компресије $\times$ површина клипа $\times$ ход

Степен компресије $p_1 : p_2$ прорачунава се из односа:

$$\frac{1,013 + \text{радни притисак (bar)}}{1,013}$$

(посматрано у односу на површину мора).

Једначине за прорачун потрошње ваздуха

Цилиндар једностраног дејства:

$$Q = s \cdot n \cdot \frac{d^2}{4} \cdot \text{степен компресије (l/min)}$$

Цилиндар двостраног дејства:

$$Q = \left(s \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} + s \cdot \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4} \right) \cdot n \cdot \text{степен компресије (l/min)}$$

где је:

Q –количина ваздуха (l/min)

s – дужина клипа (cm)

n – број ходова у минути

5. ПНЕУМАТСКЕ РАДНЕ ЈЕДИНИЦЕ КОД АЛАТНИХ МАШИНА

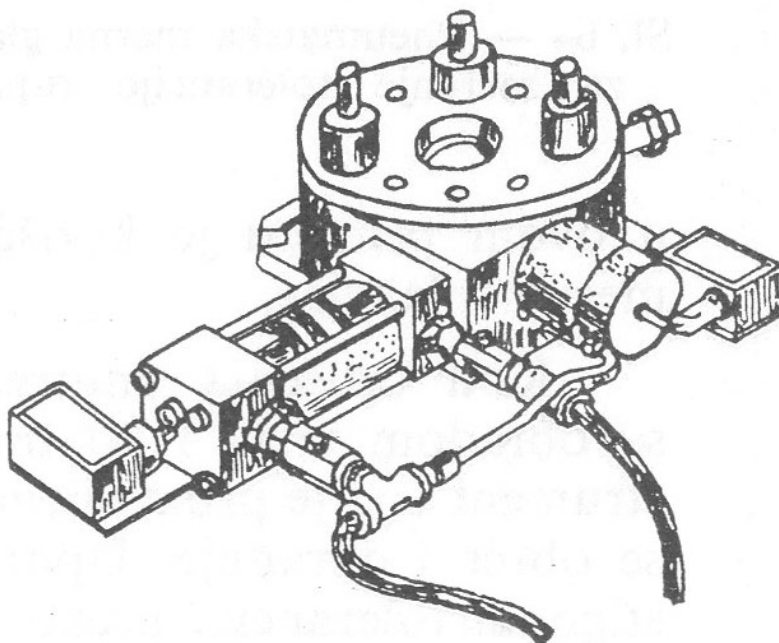
Радне јединице су због својих техничких карактеристика и рентабилности у раду нашли широку примену на радним машинама. Оне су тако конструисане да свака за себе представља посебну целину и може се у кратком временском року поставити на машину где треба аутоматизовати радне и помоћне операције. Уградњом радне јединице мењају се карактеристике целе машине. Зависно од тога шта је потребно извршити, одабере се и одговарајућа радна јединица. Могућност адаптације, односно побољшања производних могућности машине опремљене радним јединицама, представља важну одлику радних јединица.

Због свега тога, а посебно због радних карактеристика, радне јединице су нашле врло широку примену скоро код свих алатних машина. За сада су највише примењене следеће радне јединице:

- ❖ обртни радни сто,
- ❖ јединица за дотур материјала,
- ❖ радна јединица за бушење,
- ❖ аутоматски пнеуматски цилиндар.

5.1. Обртни радни сто

Обртни радни сто у зависности од произвођача (Bellows, Hispano, Festo Pneumatik) може имати различито конструктивно решење, али начин деловања свуда остаје исти. На слици 5.1. приказана је скица једног ортног радног стола.

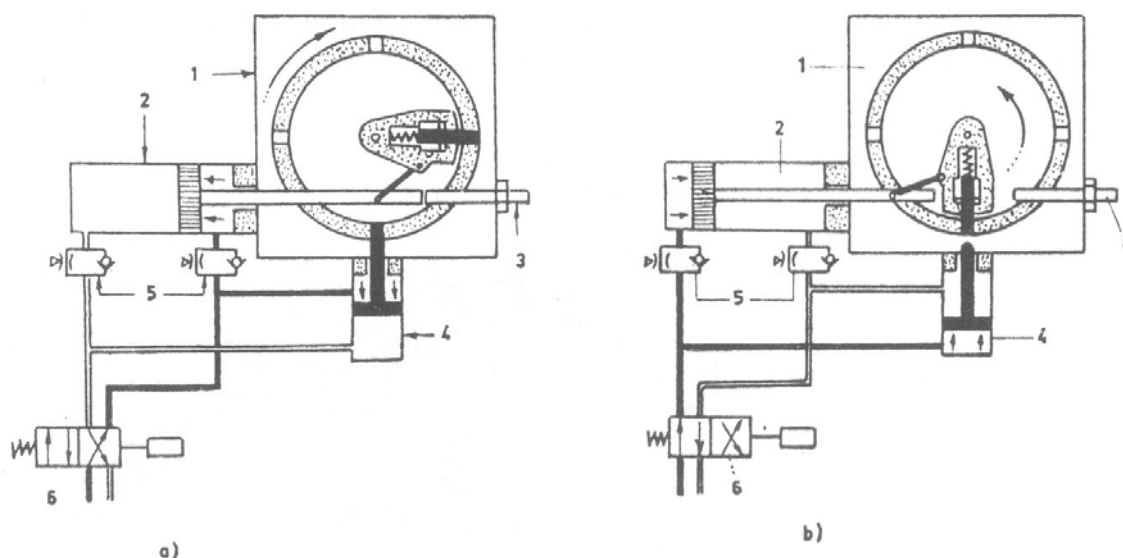


Слика 5.1. Обртни радни сто ^[1]

Обртна кружна плоча окреће се око своје осе увек у истом смеру и за одређену вредност. Угао заокретања може бити 10° , 15° , 20° , 30° , 45° , 60° , 90° и 120° , односно цео круг се може поделити на 3, 4, 6, 7, 12, 18, 24 и 36 тактова у зависности од намене обртног радног стола. Обртни столови се раде у два-три типа од којих сваки има 3-4 могућности (такта). Обртна плоча лежи хоризонтално на чијој се горњој површини могу причврстити радни предмети. Величина обртног стола се мери обично према пречнику обртне плоче и према способности ношења оптерећења. Између обртне плоче и плоче за причвршћење радног стола за сто машине, налази се простор у коме се смешта механизам за обртање.

Упуштањем ваздуха под притиском у уређај, обезбеђује се рад појединих органа и рад јединица у целини. На шеми (слика 5.2) приказан је рад уређаја.

На слици су дата два случаја: а) моменат обртања плоче и б) повратан ход. За време док покретни део машине на коме је алат за вршење радне операције, врши повратни ход, обртна плоча стола се креће за одређен угао. Кад наступи радни ход алата, плоча са следећим радним предметом је већ испод алата у стању мировања. Док плоча мирује, цилиндар за обртање плоче врши повратни ход.



Слика 5.2. Шема функционисања обртног радног стола^[1]

У неоптерећеном стању електромагнета, разводник обезбеђује, преко цилиндра, обртање плоче радног стола. То је моменат када је алат на машини у горњем положају. Ово је важно због тога да би се за случај прекида струје алат удаљио од предмета рада, како не би могло доћи до евентуалне озледе лица која раде на машини.

Пре почетка обртања плоче, клип цилиндра за обртање се налази у извученом положају, а клип цилиндра за забрављивање такође у извученом положају забрављујући обртни сто. Зуб механизма за обртање се налази у једном од прореза на обртном столу. Упуштање ваздуха иде водом (на слици под а обојено црно) у оба цилиндра. Пошто је цилиндар за забрављивање мањи по запремини и нема пригушивача, прво се увлачи клип цилиндра за забрављивање па онда наступи кретање

клипа у цилиндру за обртање стола. Тако се врши одбрављивање, а затим са малим временским закашњењем и обртање плоче стола. Када плоча заузме нови положај, преко електричног прекидача на почетку радног хода, активира се електромагнет разводника да би се обезбедила друга веза ваздушних водова.

На шеми под б дат је почетак забрављивања и покретања механизма за обртање плоче. За време овога такта, алат на машини врши радни ход. Код промене положаја клипа у разводнику, клипови оба цилиндра мењају смер кретања тј. излазе под дејством ваздуха. Са супротне стране клипова ваздух излази у атмосферу. Док клип цилиндра за обртање стола због пригушивања излазног ваздуха временски заостаје, дотле је клип цилиндра за забрављивање истиснуо зуб механизма за обртање из лежишта и на тај је начин извршено забрављивање обртне плоче стола. Излаз клипа за обртање стола је ограничен завртњем за подешавање (3). Кад клип заузме тај положај, механизам са зубом долази до следећег отвора на обртном столу. Под дејством опруге зуб улази у отвор на зиду обртне плоче спреман да обрне плочу стола када клип промени своје кретање. Како се на шеми види, пре улаза ваздуха у цилиндар за обртање стола налази се на сваком крају по један неповратни вентил и подешавајући пригушивач. Ваздух улази у цилиндар преко неповратног а излази преко пригушног вентила. Испред електромагнетског разводника поставља се група: пречистач ваздуха, регулатор притиска и зауљивач. Ради пуштања у рад и заустављања радне јединице поставља се пре улаза ваздуха у разводник славина за ваздух.

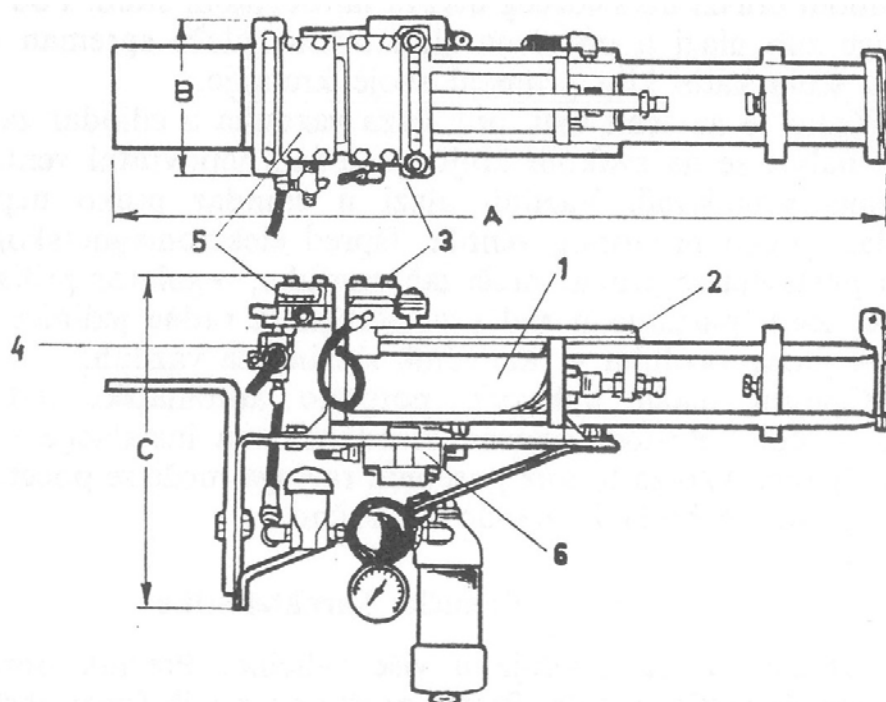
Описани начин показује потпуно аутоматски рад обртног радног стола. Постоји могућност адаптирања инсталације и за ручно управљање. Ако за то има посебних разлога може се почетак сваког новог радног хода командовати ручно.

Обртни радни сто може бити примењен као самостална радна јединица или у комбинацији са јединицом за посмак, аутоматским пнеуматским цилиндром односно неком другом јединицом или уређајем. Места примене су врло различита. Користи се код бушења рупа (на прирубницама), резање навоја у рупама, израде жљебова, за брушење делова итд. Нарочито тамо где рупе треба да су на тачном растојању једна од друге, примена обртног стола је најпогоднија.

5.2. Јединица за дотур материјала

Када је потребно померити предмет рада праволинијски увек у једну страну и у одређеним тактовима, примењује се јединица за дотур материјала. Дужина посмака се регулише према потреби, а број посмака у јединици времена се одређује према капацитету машине на којој је јединица постављена. Посебни органи за синхронизацију рада пресе и јединице за дотур материјала обезбеђују функционалну повезаност пресе и радне јединице.

Јединица за дотур материјала се састоји из следећих главних делова (слика 5.3.).

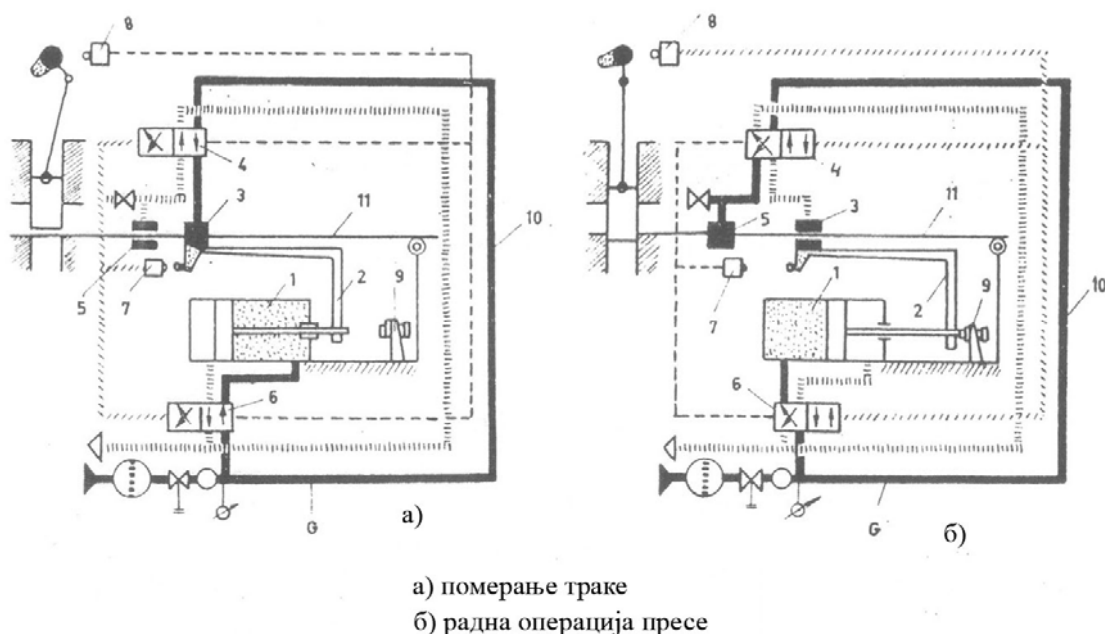
Слика 5.3. Јединица за дотур материјала ^[1]

Пнеуматски цилиндар за посмак (1) је цилиндар двосмерног дејства. Осцилаторно кретање клипа у цилиндру се користи за кретање пнеуматске стеге (3). Полуга (2) је везана једним крајем за клипњачу цилиндра, док на другом крају носи стегу (3). Отварање и затварање стеге врши разводник (4). Да би радни предмет (нпр. лимена трака) чврсто стајао за време док алат на машини врши радну операцију (просецање или одсецање), постоји још једна стегу (5) везана за исти разводник (4). Исти такав разводник (6) управља радом пнеуматског цилиндра (1). Управљање разводницима може бити пнеуматско односно електрично ако су уграђени електропнеуматски разводници. Пре улаза у инсталацију поставља се група: пречистач, регулатор и заљивач.

Сви елементи јединице за дотур материјала се налазе на носачу који се са завртњима причвршћује за сто машине.

Због тога је монтажа односно демонтажа јединице веома лака и траје кратко време. Да би јединица могла да ради у такту са машином на којој је постављена, примењује се уређај за синхронизацију рада који се поставља на покретни део машине. При избору места мора се водити рачуна да је покретни део машине карактеристичан за рад дела машине на коме се налази алат.

На слици 5.4. је приказан начин деловања јединице за дотур материјала на ексцентар преси. Упуштање ваздуха у двосмерни цилиндар (1) иде преко разводника (6). Полуга (2) носи стегу (3) која је командована разводником (4). Друга стегу (5) је непомицна а управља се такође разводником (4). Активирањем крајњег прекидача (8) клип цилиндра (1) се креће у лево, стегу (3) је чврсто ухватила траку (11) и носи је са собом, док је стегу (5) слободна. Кад ступи у дејство крајњи прекидач (7), клип цилиндра се креће у десно, стегу (3) је сада отворена, док стегу (5) чврсто држи



Слика 5.4. Шема функционисања јединице за дотур материјала ^[1]

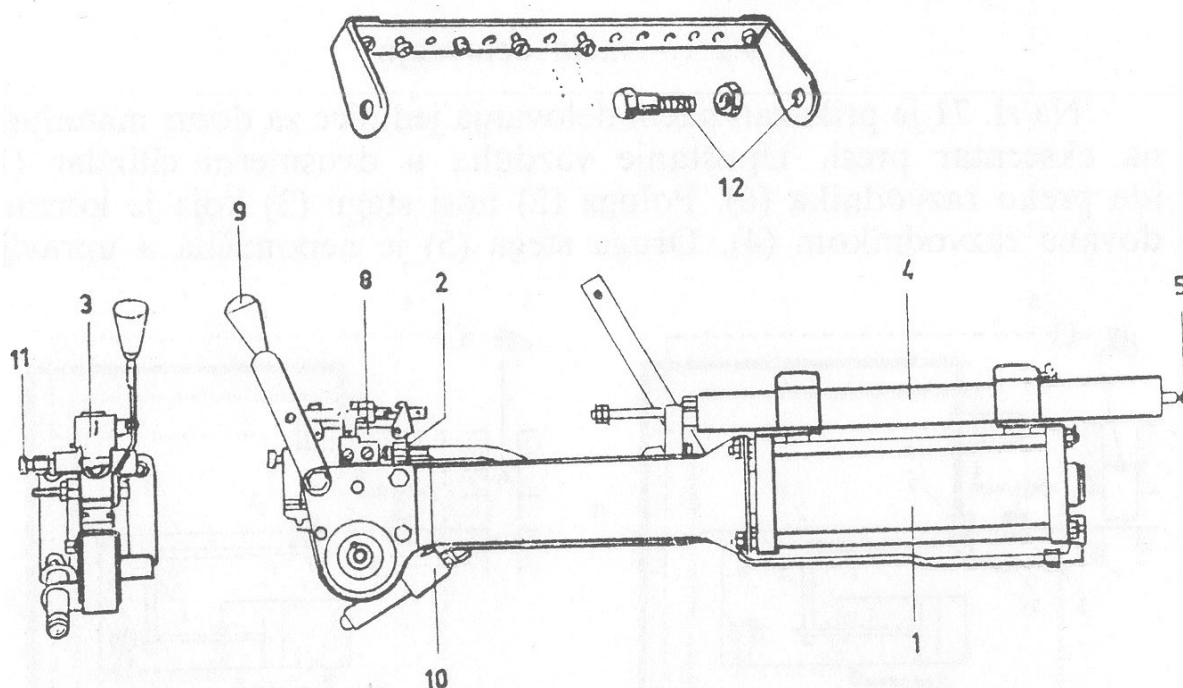
траку. За то време се врши радна операција пробијање. Дужина хода клипа у цилиндру па и померање траке, регулише се граничним прекидачем (7) и устављачем (9). На слици се виде два хода. Под а је приказано примицање траке, а под б радна операција, док клип у цилиндру врши повратни ход. Црном бојом су обележени водови под притиском. Из главног вода (G) преко разводника (6) ваздух улази у цилиндар (1) и стегу (3) преко разводника (4). Клип у цилиндру и стега се крећу све док се не активира гранични прекидач (7). Тога момента се мења смер кретања клипа у цилиндру (1). Ваздух за командовање преко граничног прекидача (7) помера клип у разводнику (4 и 6) у други крајњи положај услед чега ваздух из главног вода улази у другу страну цилиндра односно у стегу (5). Ова ситуација је приказана на си. 71б. Кретањем клипа у десно, помера се стега (3) за дужину хода који је регулисан устављачем (9). За то време стега (5) чврсто држи лимену траку. На слици се види и веза јединица за дотур материјала са ексцентар осовином односно алатом за пробијање. Док клип у цилиндру врши повратни ход, алат врши пробијање. Када је извршена операција пробијања и алат пролази назад, брег на ексцентар осовини активира гранични прекидач (8) који мења положај клипова у разводнику чиме се мења ток струјања ваздуха из главног вода.

Све док алат на машини врши осцилаторно кретање и инсталација радне јединице је везана за главни вод, обавља се аутоматски рад. Да би се искључио рад јединице иако ради машина, довољно је прекинути довод ваздуха из главног вода у инсталацију.

Јединица за дотур материјала има примену свуда тамо где је потребно извршавати исте операције на једном предмету и на одређеним растојањима. Због тога се примењује код пробијања отвора на тракама или вађење одређеног облика из траке, затим бушење рупа на цевима и др.

5.3. Радна јединица за бушење

Ова радна јединица налази најширу примену код бушилица ради извршења аутоматског радног и повратног хода бургије. Помоћу органа за управљање, обезбеђује се аутоматско понављање радних покрета. Јединица је конструктивно тако изведена да је могуће изводити и појединачно циклусе. Сем тога додавањем посебног цилиндра постоји могућност извођења радног хода са две или више брзина (брзина примицања и брзина продирања бургије у материјал).



Слика 5.5. Радна јединица за бушење ^[1]

Радна јединица за посмак код бушења састоји се од пнеуматског двосмерног цилиндра (1) који на клипњачи (на делу ван цилиндра) има зупчасту летву. На зупчастој летви су причвршћена два устављача који имају задатак да активирају граничне прекидаче (2 и 3), односно да створе везу пнеуматског цилиндра са клипњачом цилиндра за пригушивање (4). Интензитет пригушивања се регулише преко пригушног вентила (5). Успорени део хода настаје када ступи у дејство цилиндар за пригушивање. Транслаторно кретање клипа у цилиндру претвара се преко зупчаника (6 и 7) у вертикално осцилаторно кретање бургије. Величина дизања и спуштања бургије регулише се дужином хода клипа у цилиндру при истом односу зупчаника.

Из главног вода ваздух под притиском улази у једну или другу страну цилиндра преко разводника (8). Разводник (8) је пнеуматски командован, а има могућности и ручног подешавања (9). На излазним водовима из разводника налази се по један пригушни вентил (10, 11). Пригушни вентил (11) се може подесити ручно, док се интензитет пригушивања код вентила (10) мења додиром зубаца (12) везаних на покретном вретену бушилице. Од почетка радног хода пнеуматског цилиндра (дужина А), клип се креће убрзано да би после спрезања са пригушним

цилиндром (дужина Б) имао успорену брзину која је равна брзини резања, односно брзини продирања бургије у материјал. На крају бушења, а пре изласка бургије из материјала, врши се пригушивање излазног ваздуха чиме се смањује брзина изласка бургије. Ово накнадно успорење се појављује на дужини с. Пре уласка ваздуха у инсталацију, поставља се група: пречистач, регулатор, зауљивач.

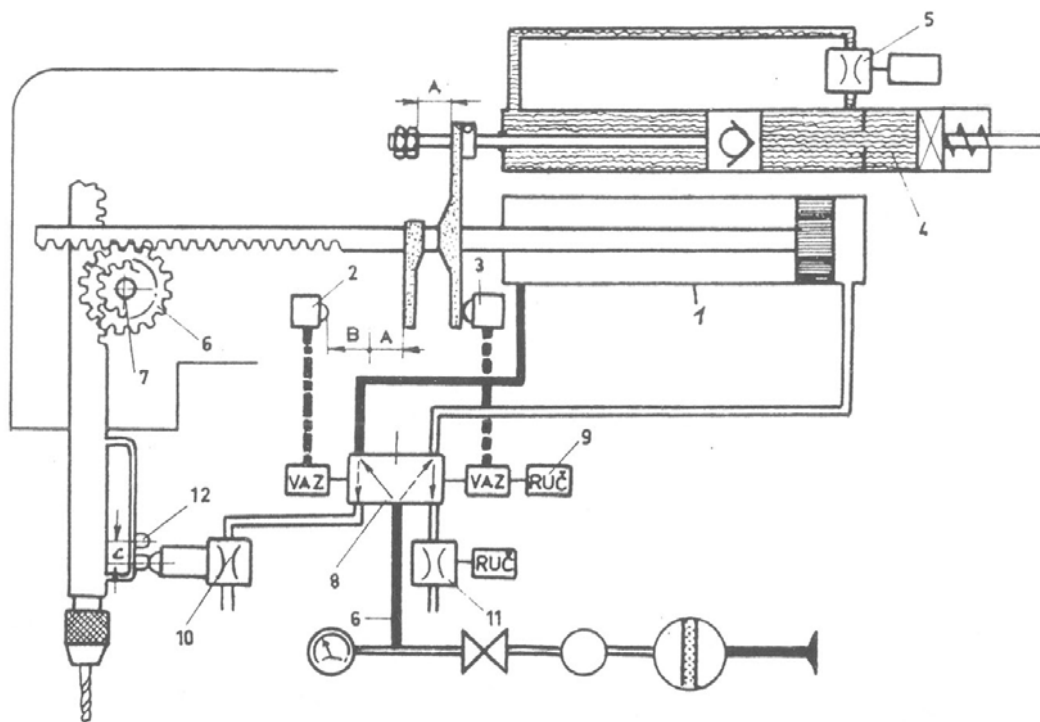
Радна јединица за посмак код бушења ради најчешће у заједници са неком другом јединицом. Радни и повратни ход пнеуматског цилиндра функционално је повезан са радом јединице која врши неку другу операцију.

На слици 5.6. шематски је приказана јединица за посмак на бушилици. Ради објашњења начина рада, деловање јединице делимо у две фазе:

- ❖ фаза радног хода
- ❖ фаза повратног хода.

Кретањем клипа пнеуматског цилиндра према страни клипњаче извршава се радни ход, док се у супротном смеру обавља повратни ход. Дужина радног хода одређује се према димензијама радног предмета.

Пошто се утврди дужина хода, причвршћују се граничници за зупчасту летву клипњаче. Брзина радног и повратног хода се одређује према врсти материјала, а регулише се помоћу пригушивача (5, 10 и 11). Јединицом за посмак уз помоћ цилиндра за пригушивање обезбеђује се брзо примицање бургије и успорено вршење радне операције као и брзи повратни ход.



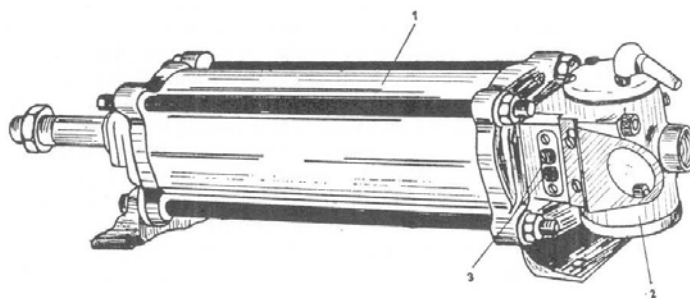
Слика 5.6. Шема функционисања радне јединице за бушење ^[1]

За извршење радног хода, разводник (8) пропушта ваздух у задњу страну цилиндра (1) и клип почиње да се креће у лево. Ваздух испред клипа излази у атмосферу преко разводника (8) и пригушивача (10). На ходу дужине А клип има убрзано кретање. Остали део хода се обавља у заједници са пригушним цилиндром (4). Брзина кретања на дужини Б регулише се помоћу пригушивача (5). Додиром граничног прекидача (2) клип у разводнику (8) мења положај и због тога настаје промена кретања клипа у пнеуматском цилиндру, значи почиње повратни ход. Како се из слике види, цилиндар за пригушивање нема утицаја на брзину повратног хода. Брзина повратног хода се регулише преко пригушног вентила (11). Клип пнеуматског цилиндра врши повратни ход све док се не додирне дугме граничног прекидача (3), после чега настаје промена смера кретања. Од тога момента наступа поново радни ход како је раније описано. Због тога што је и разводник командован пнеуматски, из главног ваздушног вода се упушта ваздух у инсталацију преко славине за ваздух. Докле год се ваздух под притиском налази у инсталацији, јединица врши аутоматски радне покрете. Ако јединица за посмак код бушења ради са неким другим уређајем или радном јединицом, потребно је остварити синхронизацију рада једног и другог уређаја. Решење синхронизације зависиће од радних јединица које треба заједно да раде.

Ова се јединица најчешће примењује на бушилицама за бушење рупа, резање навоја и др. Уређај може да ради аутоматски или полуаутоматски.

5.4. Аутоматски пнеуматски цилиндар

Ако је потребно изводити исте покрете у једнаким временским размацама успешно се примењује аутоматски пнеуматски цилиндар. На слици 5.7. приказан је цилиндар фирме Bellows. Често пнеуматски цилиндар ради у заједници са неком другом радном јединицом.



Слика 5.7. Аутоматски пнеуматски цилиндар ^[1]

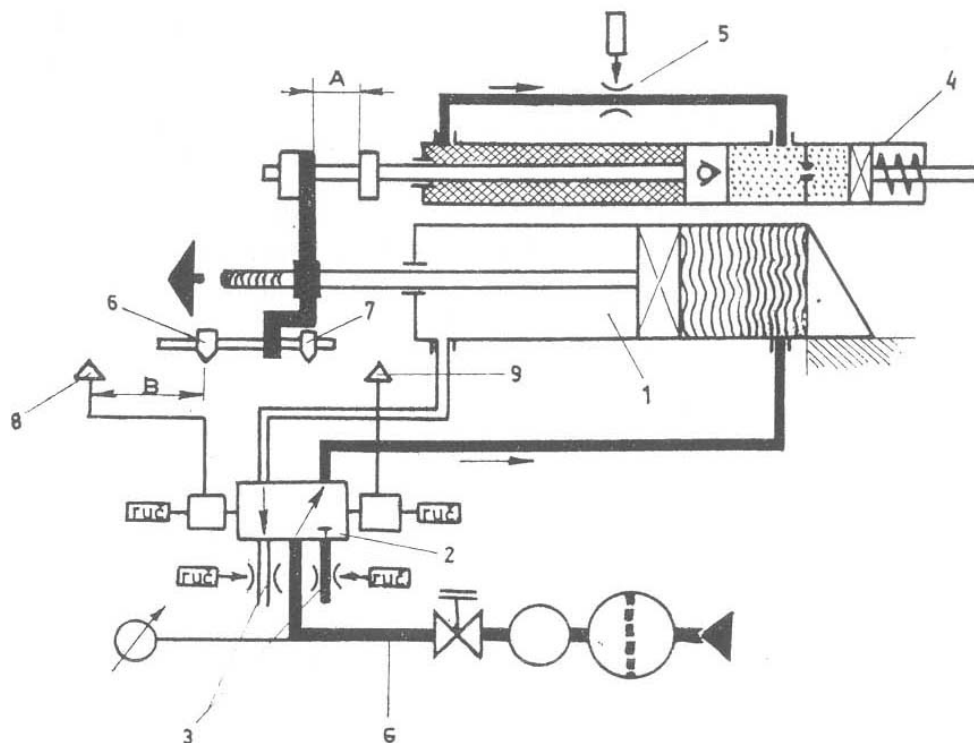
Аутоматски пнеуматски цилиндар се састоји од:

- ❖ радног цилиндра (1) двосмерног дејства,
- ❖ пнеуматског разводника (2) који је причвршћен на једној страни цилиндра и чини са њиме једну целину.. Помоћу разводника се наизменично упушта ваздух у једну или другу страну цилиндра.
- ❖ пригушних вентила (3) који су уграђени у разводнику и налазе се у каналу за једну или другу страну цилиндра. Помоћу њих се може регулисати брзина радног и повратног хода.

Ако радни ход треба да има убрзани и успорени део, пнеуматски цилиндар се спреже са једним пригушним цилиндром. Оба цилиндра се тако конструктивно повежу да представљају једну компактну целину. Ради обезбеђења аутоматског и осцилаторног кретања клипа у цилиндру постављају се електрични контакти на радном делу машине или уређаја са којима ради аутоматски пнеуматски цилиндар.

На шеми (слика 5.8.) приказан је аутоматски пнеуматски цилиндар са уграђеним цилиндром за пригушивање и импулсним вентилима за самостални осцилаторни рад. Дужина хода клипа се одређује примицањем и одмицањем граничног прекидача. На шеми је приказан радни ход у моменту када се завршава убрзани део хода (дужина А) и почетак успореног хода (дужина Б). Повратни ход има сталну брзину. Брзина убрзаног дела радног хода и брзина повратног хода се регулише пригушивачима (3).

Ваздух под притиском из главног вода (G) улази у разводник (2), одакле за дати положај клипа у разводнику ваздух одлази у десну или леву страну цилиндра. Са супротне стране клипа ваздух излази у атмосферу преко разводника (2) и пригушних вентила (3). Радни ход се завршава додиром граничника (6) са граничним прекидачем (8) а повратни ход додиром граничника (7) са граничним прекидачем (9). Поред аутоматског рада, кретање пнеуматског цилиндра се може и ручно управљати. Ако аутоматски пнеуматски цилиндар није спрегнут са цилиндром за пригушивање (4), брзина радног и повратног хода се може подешавати ручно преко пригушних вентила (3) на излазној страни.



Слика 5.8. Шема функционисања аутоматског пнеуматског вентила ^[1]

Пнеуматски се цилиндар може применити самостално или спрегнут са пригушним цилиндром: код бушења рупа, примицања и одмицања кружне тестере,

код транспортовања радних предмета и др. који опслужује машину. Примена ових радних јединица (самостално или у комбинацији са другим) има позитивног одраза на продуктивност у великосеријској па и у малосеријској производњи.

6. ПНЕУМАТСКИ УПРАВЉАЧКИ СИСТЕМИ

Основни појмови и називи у управљачкој техници дефинисани су важећим стандардима JUS.H.AO.351 (“Аутоматско управљање-термини и дефиниције”) са применом од априла 1983. године.

Поред дефиниција управљања датих напред поменути стандардима, често се у литератури за појам управљања користе различита објашњења. Ове нестандартне дефиниције углавном се могу свести на шест најчешће коришћених, и то:

- ❖ управљање је поступак за утицање на велике енергије помоћу мањих,
- ❖ управљање је скуп органа помоћу којих се, најчешће аутоматски, мења снага одређене машине или начин функционисања одређене апаратуре,
- ❖ управљање су елементи и апарати који врше преношење сила и кретања на друге уређаје - да би код њих изазвали одређене погонске функције, да би нешто регистровали али да би активирали неки други орган,
- ❖ управљање је утицање на токове материјала и енергије у некој машини које се не изводи директно мануелно,
- ❖ управљање је утицај на процесе који се не могу извести директно од стране човека,
- ❖ под управљањем се подразумева превођење неког процеса у жељено стање, не узимајући у обзир тренутно постојеће стање процеса.

Свака техника управљања се одликује одређеним специфичностима и посебним особинама елемената. Познавање карактеристика елемената неопходно је за успешно формирање управљачких система. У пнеуматици је неопходно водити рачуна о различитом понашању елемената у зависности од конструкционог извођења (реаговање са задршком или тренутно реаговање), као и о разлици у потребној сили за активирање, различитом начину пропуштања радног флуида код вентила (у једном или у оба смера) и слично.

За формирања сложенијих пнеуматских управљања постоји више метода пројектовања, које се у већини случајева свode на састављање одређених основних управљања у једну већу целину. То значи да је за успешно пројектовање неопходно имати на располагању, односно познавати велики број шема основних пнеуматских управљања.

Даље у раду су приказани примери управљања једним радним цилиндром без подешавања параметара.

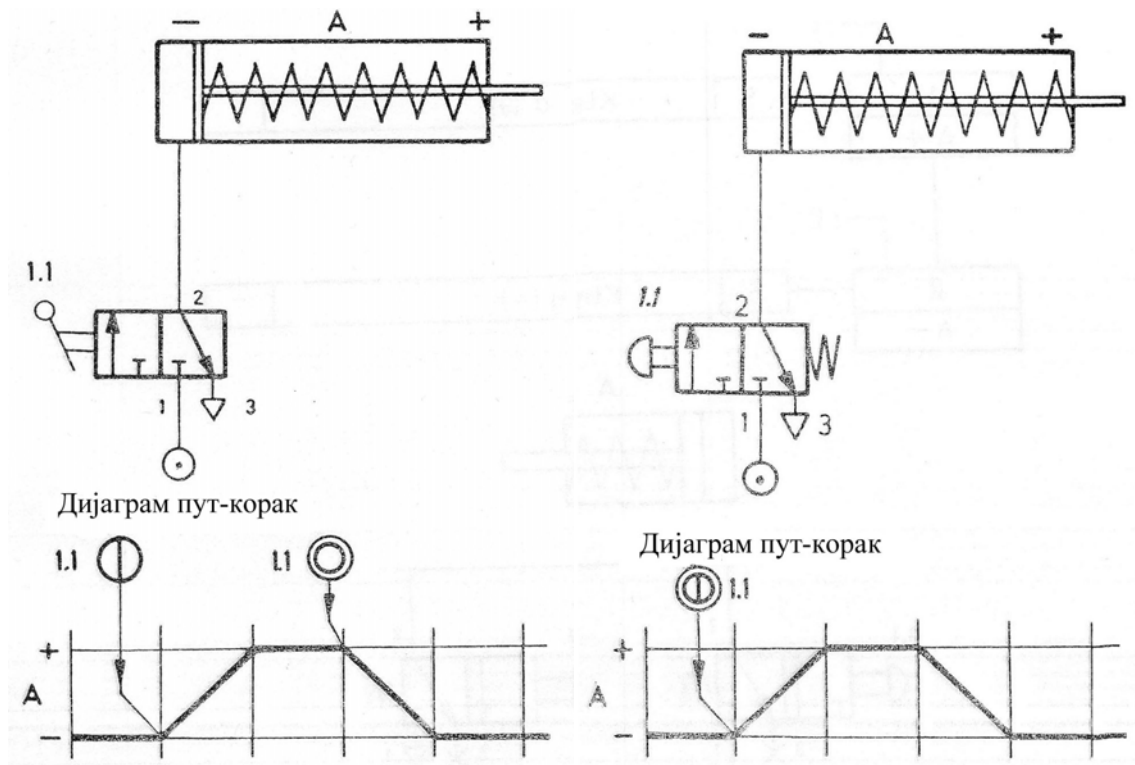
6.1. Директно управљање цилиндром једноструког дејства

За управљање на слици 6.1. користи се разводник 3/2 који се активира ручицом.

Активирањем разводника 3/2, ваздух под притиском, преко прикључака 1 и 2, пуни цилиндар А па се клип креће од "-" ка "+" положају. Поновним деловањем на

ручицу разводник се враћа у нулти положај, простор испред клипа се одзрачи преко прикључка 3 а клип се под дејством опруге враћа у положај "-".

На слици 6.2. приказано је управљање цилиндром једноструког дејства разводником 3/2 који се активира помоћу тастера. Клип се креће од према "+" само док је тастер активиран. У почетном положају разводника (положај као на слици) цилиндар је одзрачен преко прикључака 2 и 3 па клип заузима положај под дејством опруге.



Слика 6.1. Управљање цилиндром једноструког дејства разводником 3/2 који се активира ручицом ^[3]

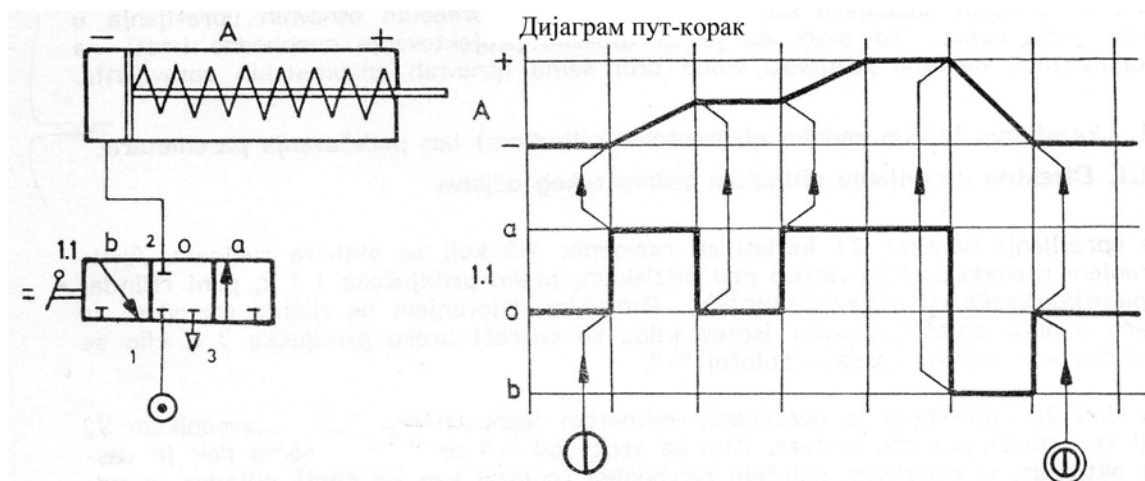
Слика 6.2 Управљање цилиндром једноструког дејства разводником 3/2 који се активира помоћу тастера. ^[3]

Уколико треба мењати или зауставити кретање клипњаче у самом подручју хода, онда се довод ваздуха до цилиндра мора управљати помоћу разводника 4/3, активираниог ручицом (слика 6.3.).

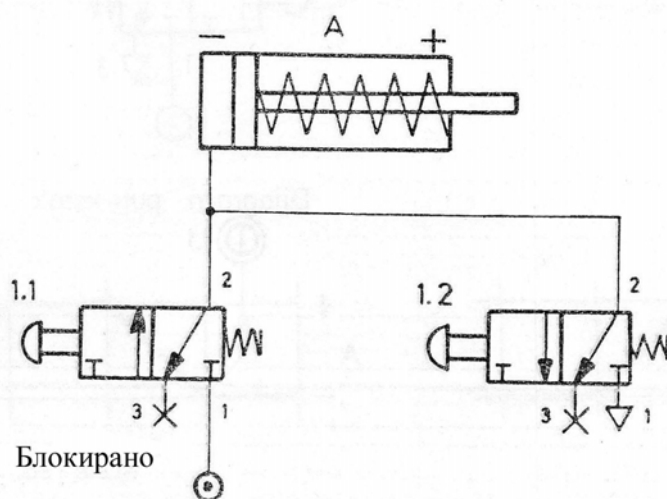
Исти ефект може се постићи управљањем цилиндром помоћу два разводника 3/2, код којих су прикључци 3 блокирани према шеми на слици 6.4.

Док траје активирање разводника 1.1 клип цилиндра се креће ка положају "+".

Враћање клипа у положај "-" обезбеђује се активирањем разводника 1.2. Позиција клипа у цилиндру зависи од трајања активирања разводника 1.1, односно 1.2.



Слика 6.3. Управљање цилиндром једноструког дејства разводником 4/3 који се активира ручицом ^[3]



Слика 6.4. Управљање цилиндром помоћу два разводника 3/2 ^[3]

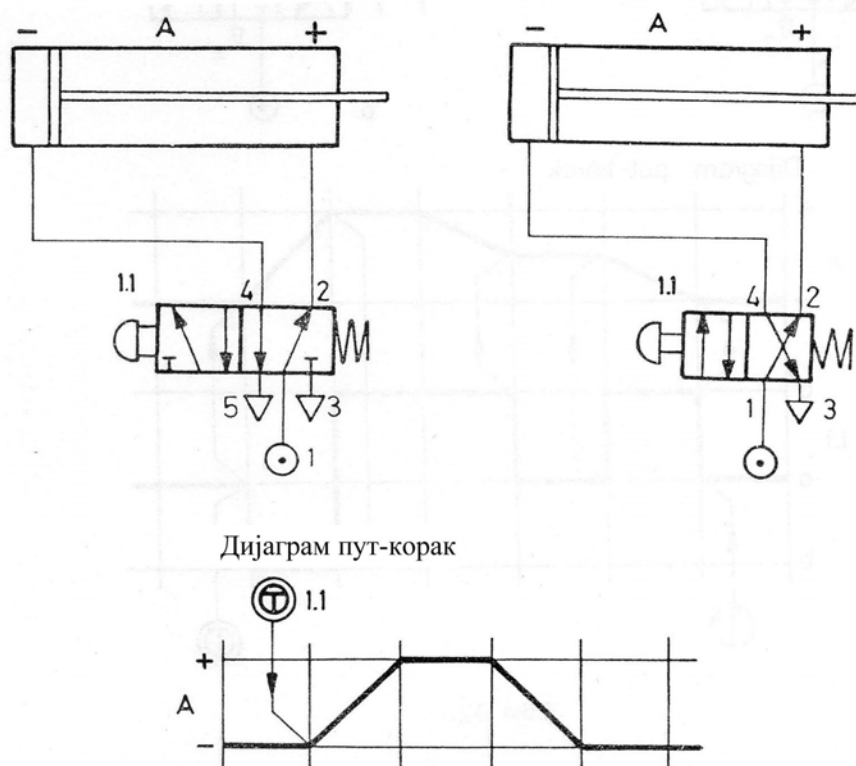
6.2. Директно управљање цилиндром двоструког дејства

На слици 6.5. приказано је управљање помоћу разводника 4/2 и 5/2.

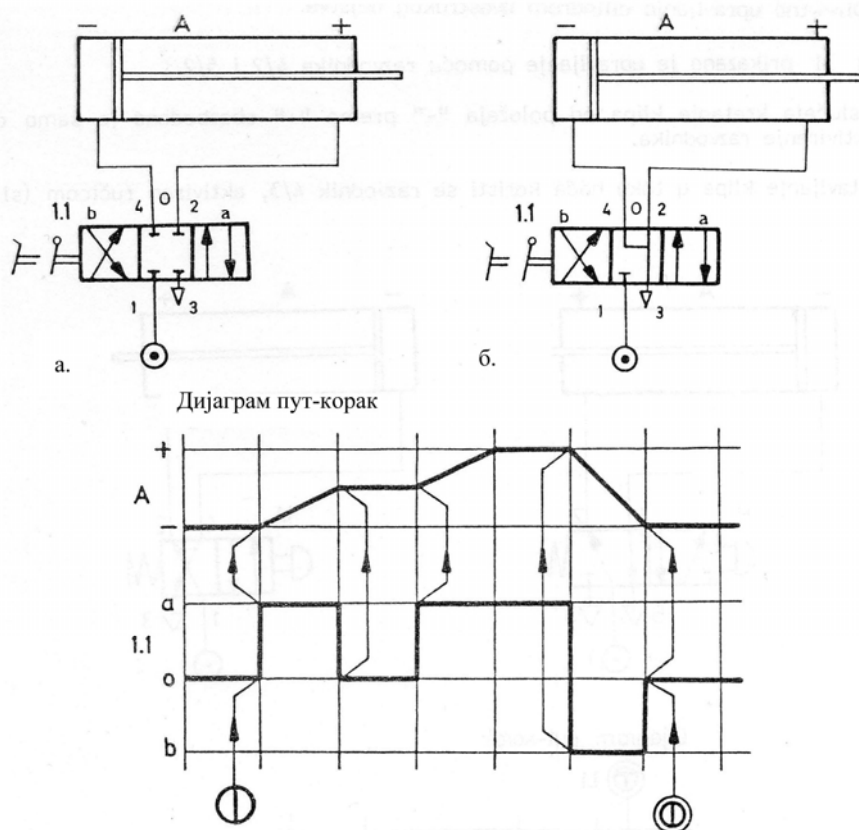
У оба случаја кретање клипа од положаја "-" према "+" обезбеђено је само док траје активирање разводника.

За заустављање клипа у току хода користи се разводник 4/3, активиран ручицом (слика 6.6.а).

Ако је клип потребно зауставити у једном од крајњих положаја, или између њих, а да у положају мировања у цилиндру нема притиска, онда се употребљавају такви разводници код којих су у средњем разводном положају сви водови одзрачени, слика 6.6.б.



Слика 6.5. Управљање цилиндром двоструког десјтва помоћу разводника 4/2 и 5/2 ^[3]

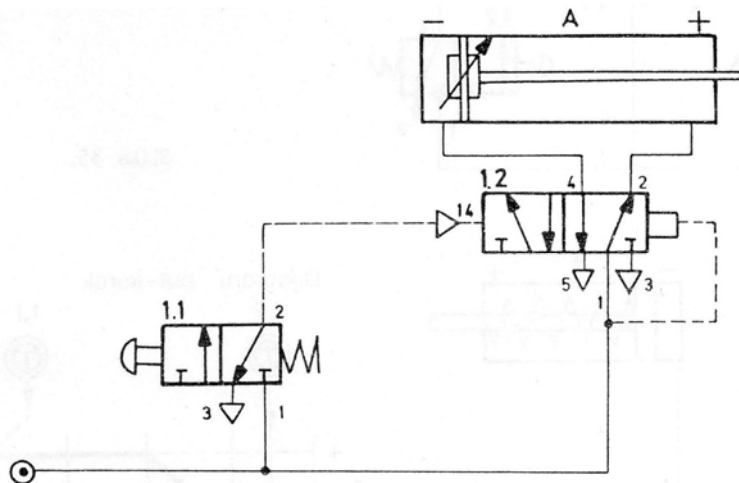


Слика 6.6. Управљање цилиндром двоструког десјтва помоћу разводника 4/3 активаног ручицом ^[3]

6.3. Индиректно управљање цилиндром

Приликом управљања већим цилиндрима, који троше веће количине ваздуха, препоручује се индиректно управљање.

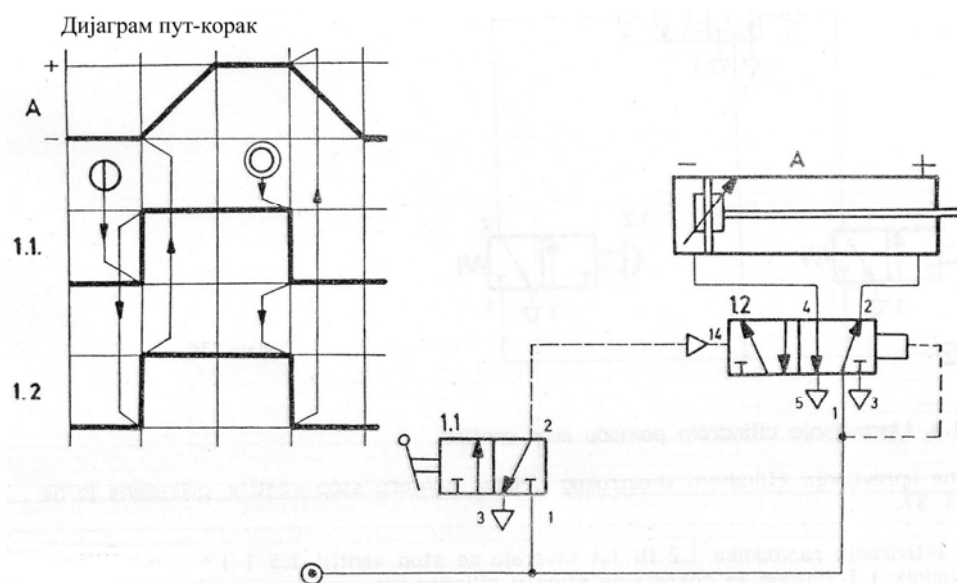
Пример овог управљања дат је на слици 6.7. Разводник 1.2 служи за директно управљање цилиндром и његова величина зависи од запремине цилиндра, док разводник 1.1 служи за активирање разводника 1.2 и може бити мањих габарита.



Слика 6.7. Индиректно управљање цилиндром ^[3]

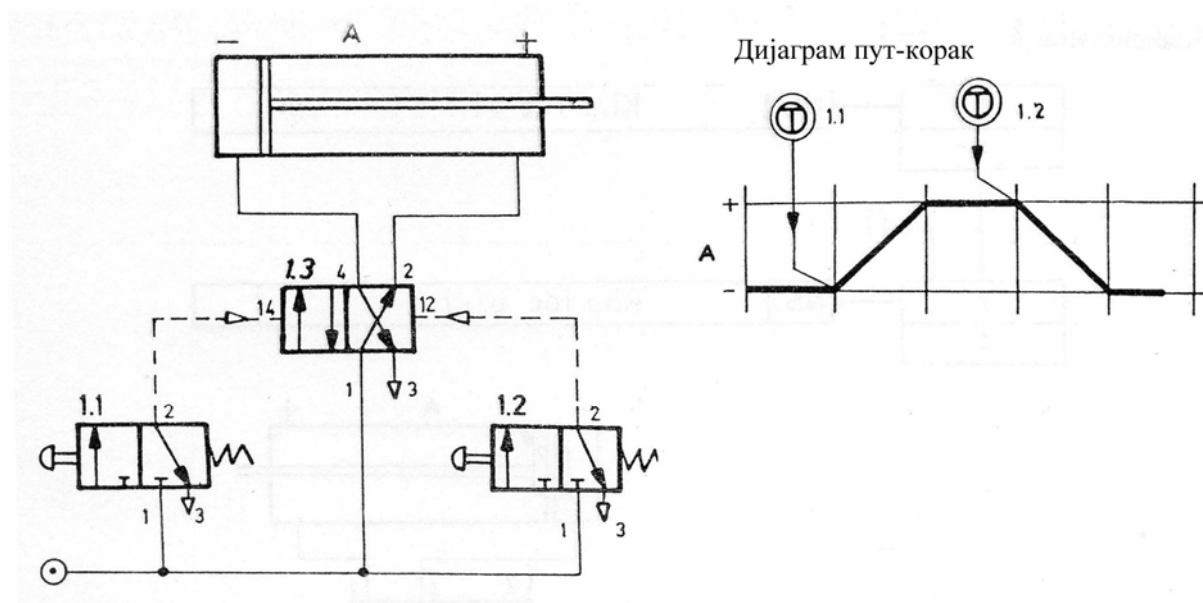
Активирањем разводника 1.1 преусмерава се разводник 1.2 и клип цилиндра иде из положаја "-" ка "+". Ослобађењем тастера на разводнику 1.1 у било ком тренутку кретања клипа - разводник 1.2 се врћа у почетни положај, а самим тим се и клип цилиндра враћа у положај "-".

За разлику од претходног примера, на слици 6.8. дата је шема управљања - где се разводник 1.1, уместо тастером, активира ручицом.



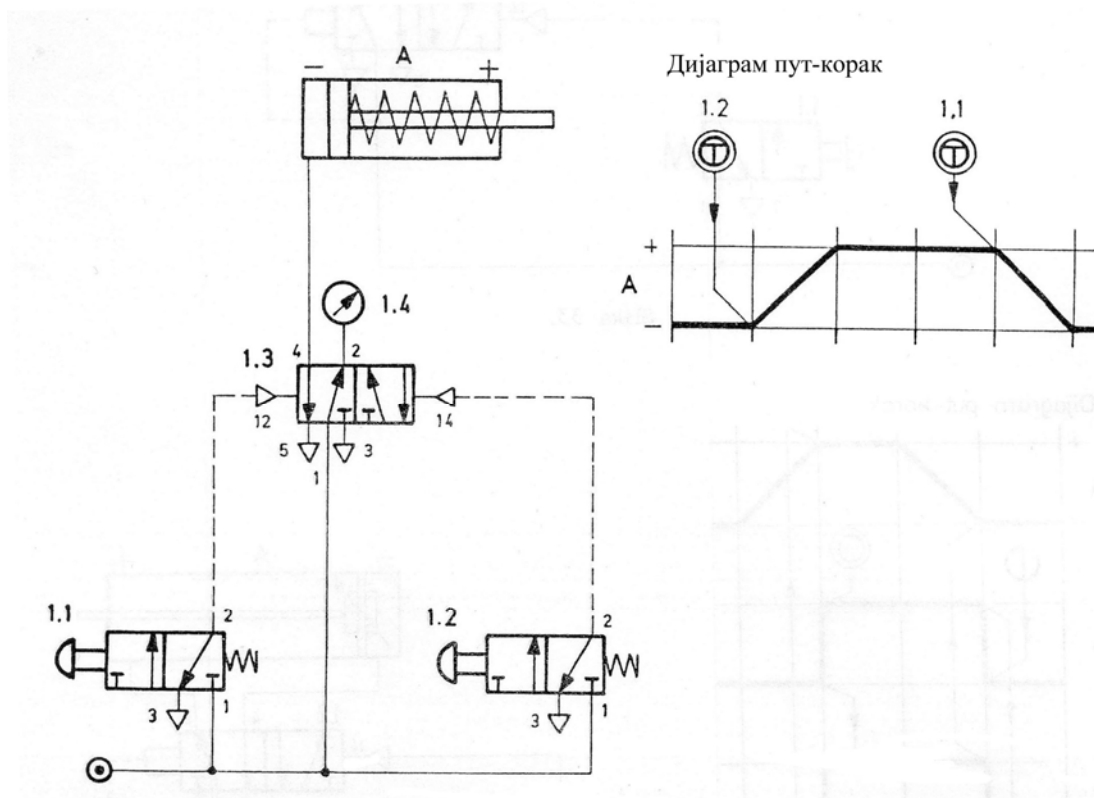
Слика 6.8. Шема индиректног управљања активираниог ручицом ^[3]

Цилиндром се може индиректно управљати и са два међусобно удаљена места помоћу два 3/2 разводника који се активирају тастером и једним разводником 4/2 који се активира пнеуматски, слика 6.9.



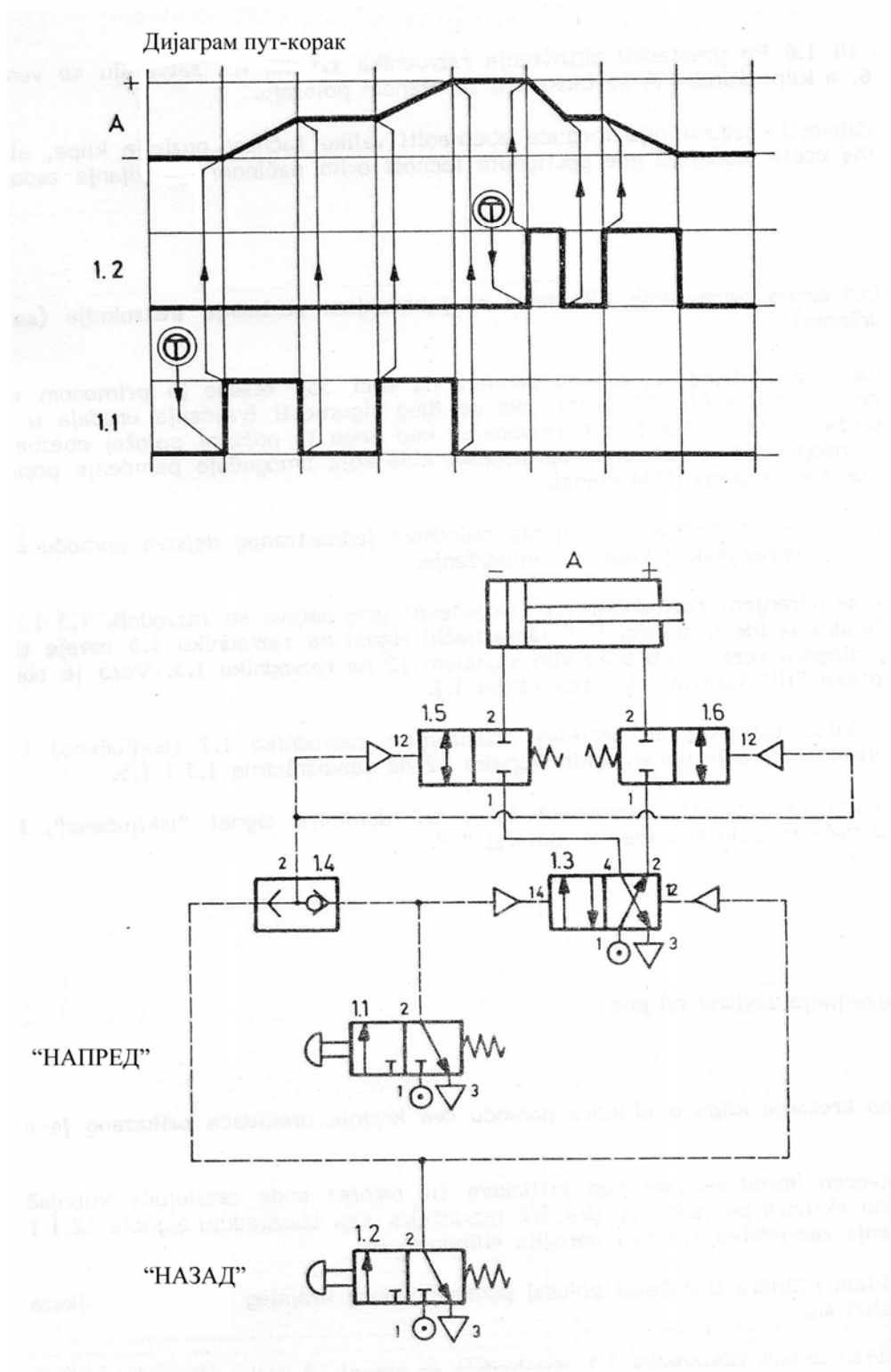
Слика 6.9. Шема индиректног управљања помоћу два 3/2 и једног 4/2 разводника ^[3]

На слици 6.10. приказана је шема индиректног управљања цилиндром једностраног дејства помоћу два разводника 3/2 и једним разводником 5/2.



Слика 6.10. Шема индиректног управљања помоћу два 3/2 и једног 5/2 разводника ^[3]

6.4. Управљање цилиндром помоћу стоп вентила



Слика 6.11 Шема управљања цилиндром двоструког дејства помоћу стоп вентил^[3]

При активирању разводника 1.2 или 1.1 отварају се стоп вентили 1.5 и 1.6 и преусмерава разводник 1.3. Ваздух за покретање клипа у цилиндру иде преко разводника 1.3 и вентила 1.5 или 1.6. По престанку активирања разводника 1.1 или

1.2 затварају се вентили 1.5 и 1.6, а клип цилиндра А се блокира у затеченом положају.

Због стишљивости ваздуха није могуће обезбедити велику тачност позиције клипа, али у пракси има доста случајева где постигнута тачност овим начином управљања задовољава.

6.5. Индиректно управљање цилиндром са памћењем последње инструкције (самодржање)

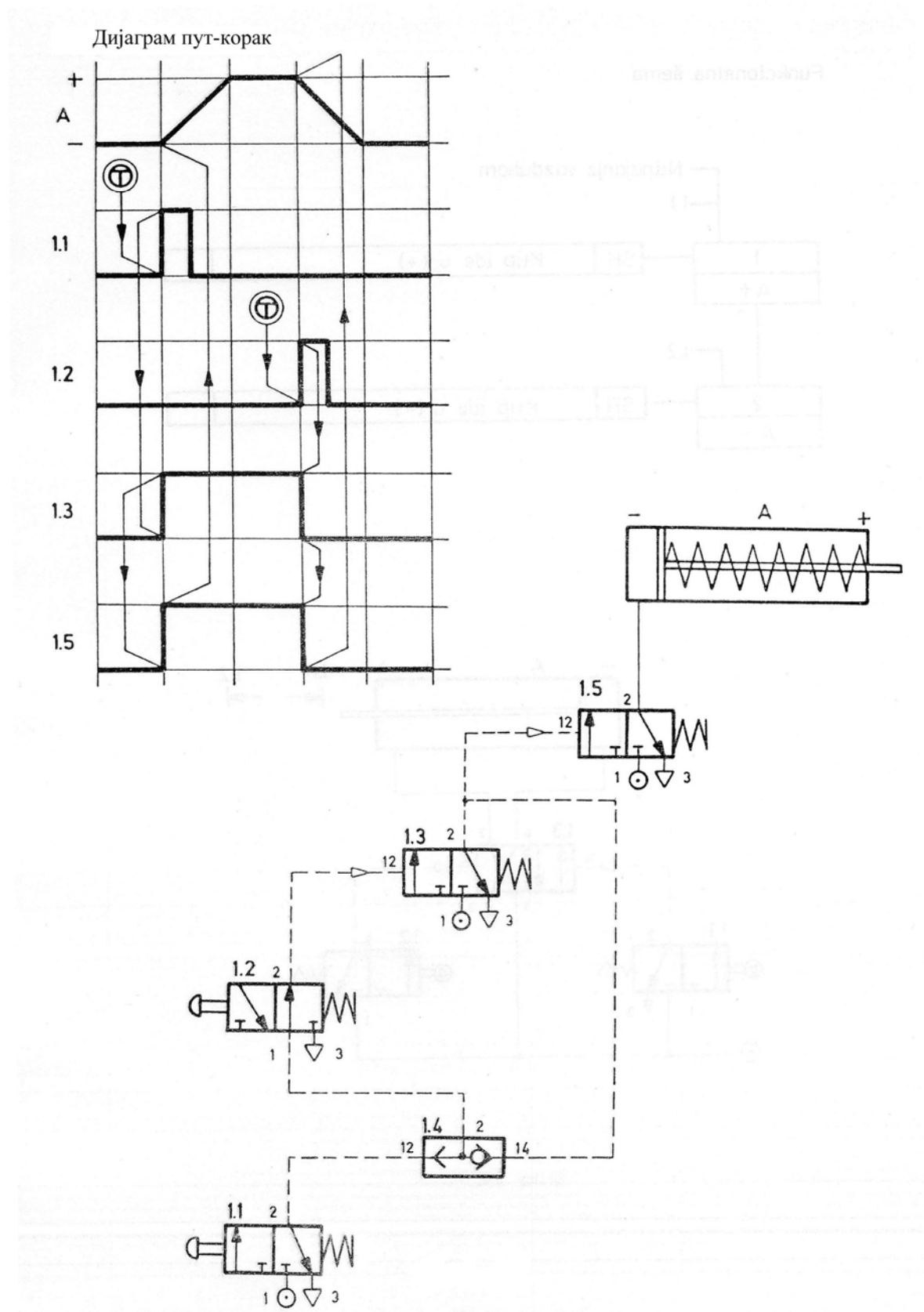
Меморисање последњег сигнала на примеру на слици 6.9., решено је применом меморијског разводника 4/2. Међутим, ако се због сигурности (враћања уређаја у почетни положај) захтева коришћење разводника код кога је почетни положај обезбеђен опругом, неопходно је применити управљачко коло које омогућује памћење последње инструкције за управљачки сигнал.

На слици 6.12. дат је пример управљања цилиндром једностраног дејства помоћу разводника 3/2 и управљачког кола за самодржање.

Кратким активирањем разводника 1.1 (укључено) преусмерава се разводник 1.3 и 1.5 и клип цилиндра А иде у положај "+". Управљачки сигнал на разводнику 1.5 остаје трајан због његове везе са управљачким сигналом 12 на разводнику 1.3. Веза је обезбедена преко "или" вентила 1.4 и разводника 1.2.

Враћање клипа остварује се кратким активирањем разводника 1.2 (искључено) који обезбедује одзрачивање управљачких импулса 12 на разводницима 1.3 и 1.5.

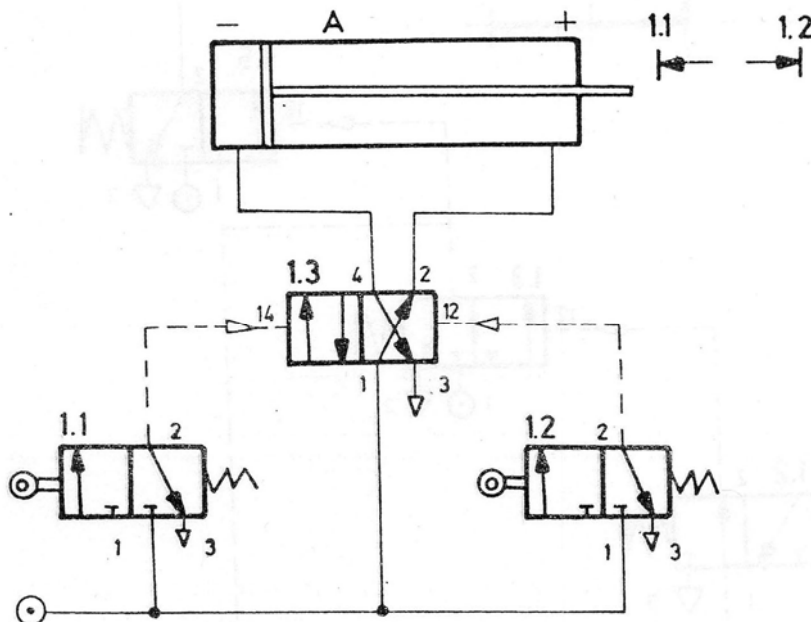
Истовременим активирањем разводника 1.1 и 1.2 доминира сигнал "искључено", што гарантује почетни положај клипа, тј. положај "-".



Слика 6.12. Управљање цилиндром једностраног дејства помоћу разводника 3/2 и управљачког кола за самодржање ^[3]

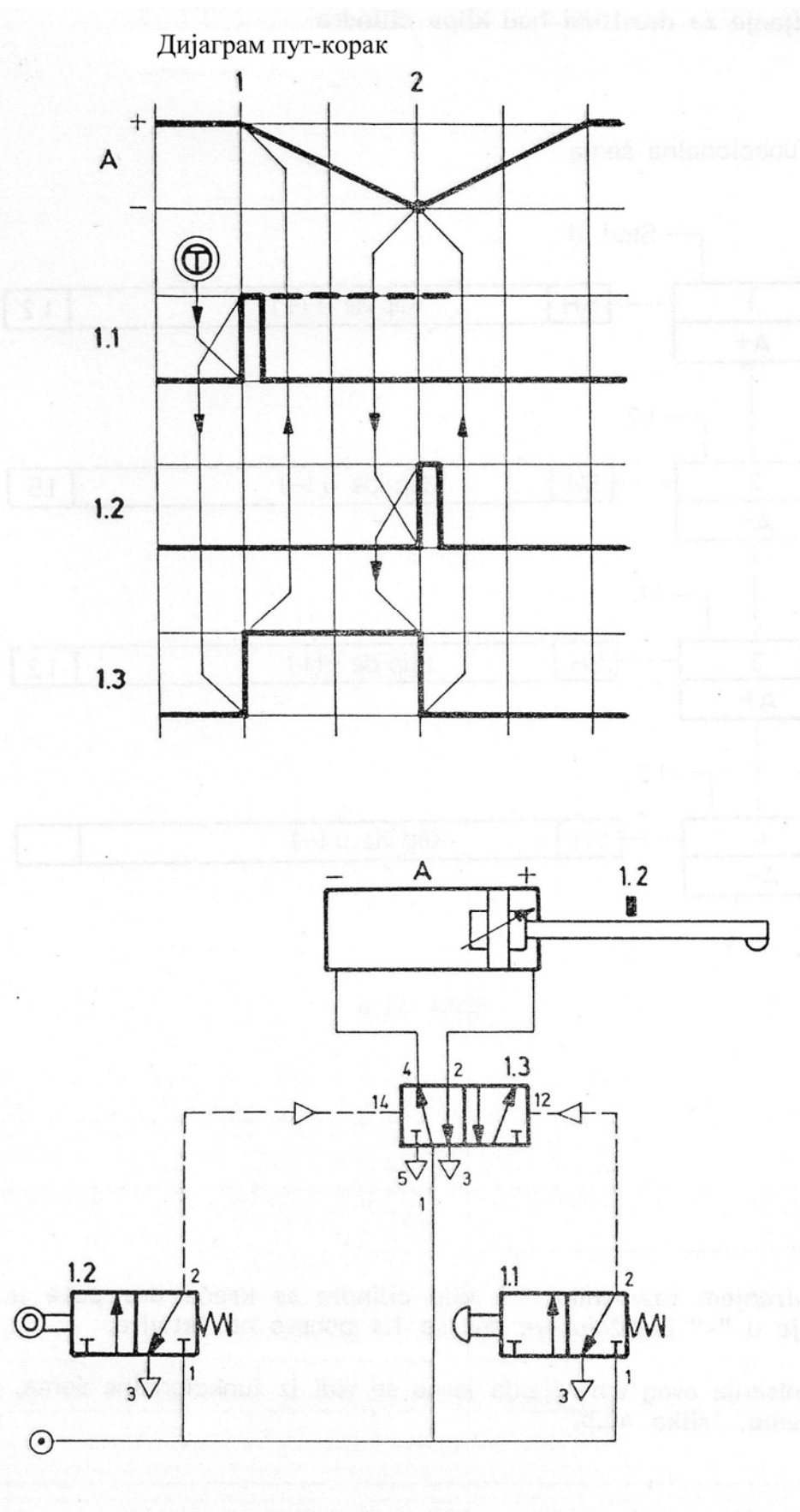
6.6. Управљање зависно од пута

Непрекидно кретање клипа у цилиндру помоћу два крајња прекидача приказано је на слици 6.13. Ако је отворен довод ваздуха под притиском (из мреже) онда осцилујућа клипњача наизменично активира по један од два 3/2 разводника. Они обезбеђују сигнале 12 и 14 за активирање разводника 1.3 који управља цилиндром А.



Слика 6.13. Шема управљања зависно од пута помоћу два крајња прекидача ^[3]

Враћање клипа цилиндра у почетни положај помоћу једног крајњег прекидача приказано је на слици 6.14. Кратким активирањем разводника 1.1 обезбеђује се сигнал 12 који преусмери разводник 1.3 и клип се креће у положај Када клип дође у положај "-" активира разводник са ролницом (1.2) због чега се преусмери разводник 1.3 и клип се враћа у положај "+". Недостатак ове шеме је могућност блокирања управљања због евентуално задржаног активирања разводника 1.1 по доласку клипа у положај "-".



Слика 6.14. Шема управљања зависно од пута помоћу једног крајњег прекидача ^[3]

7. ПРИМЕР ПНЕУМАТСКОГ СИСТЕМА ЛИНИЈЕ СЕБОПАК 1000 ТТП

За пример пнеуматског система приказаћемо линију за паковање СЕБОПАК 1000 ТТП предузећа “Рак промет” из Крагујевца.

Линија СЕБОПАК 1000 ТТП је намењена за паковање двобојних кремova различитог вискозитета у тегле и кантице запремине од 0,2 до 1 литар. Основна верзија линије СЕБОПАК 1000 ТТП намењена је за пуњење мазивог крема РЕТ тегле са навојним затварачем и кантице са ускочним поклопцем запремине 0,2 и 1 литра. Линија СЕБОПАК 1000 ТТП је потпуно аутоматска, а улога послужеоца се своди на улагање празне амбалаже на почетни део транспортера и преузимање са њега напуњене и затворене посуде. Наравно, уколико то купац захтева, машина се може испоручити са додатним сетом наведених прихватних елемената за више облика, димензија и запремина.

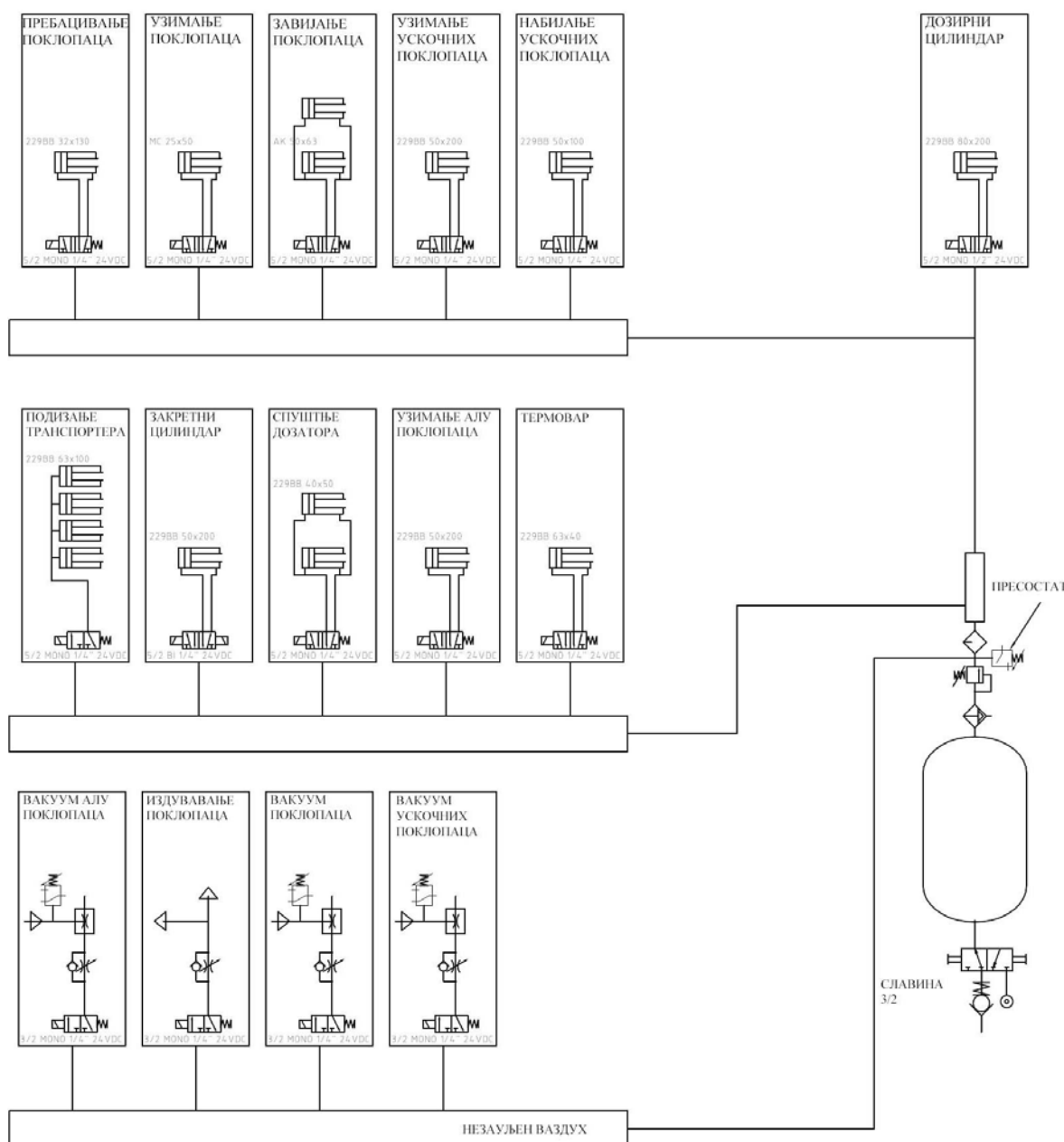
СЕБОПАК 1000 ТТП чине:

1. Линијски транспортер,
2. Механизам за подизање транспортера,
3. Прихватни судови са мешачима,
4. Клипна пуница,
5. Механизам за спречавање окапавања,
6. Механизам узимања алу поклопаца са приваривањем,
7. Механизам за заваривање алу поклопаца,
8. Селектор навојних затварача,
9. Механизам за набацивање навојних затварача,
10. Механизам за завијање поклопаца,
11. Механизмама за узимање ускочних поклопца и
12. Механизам за набијање ускочних поклопца.



Слика 7.1. СЕБОПАК 1000 ТТП

Машина СЕБОПАК 1000 ТТП је хоризонталног типа, линијска и аутоматизована, са ручним улагањем тегли и посуда са ускочним PVC поклопцем на транспортер. Према врсти погонских елемената ово је пнеуматско механичка машина, коришћена је пнеуматика произвођача FESTO. Комплетна машина је израђена од нерђајућег челика типа SI 316. Процес рада је електронски управљан PLC контролером, комплетна електроника је из OMRON програма.



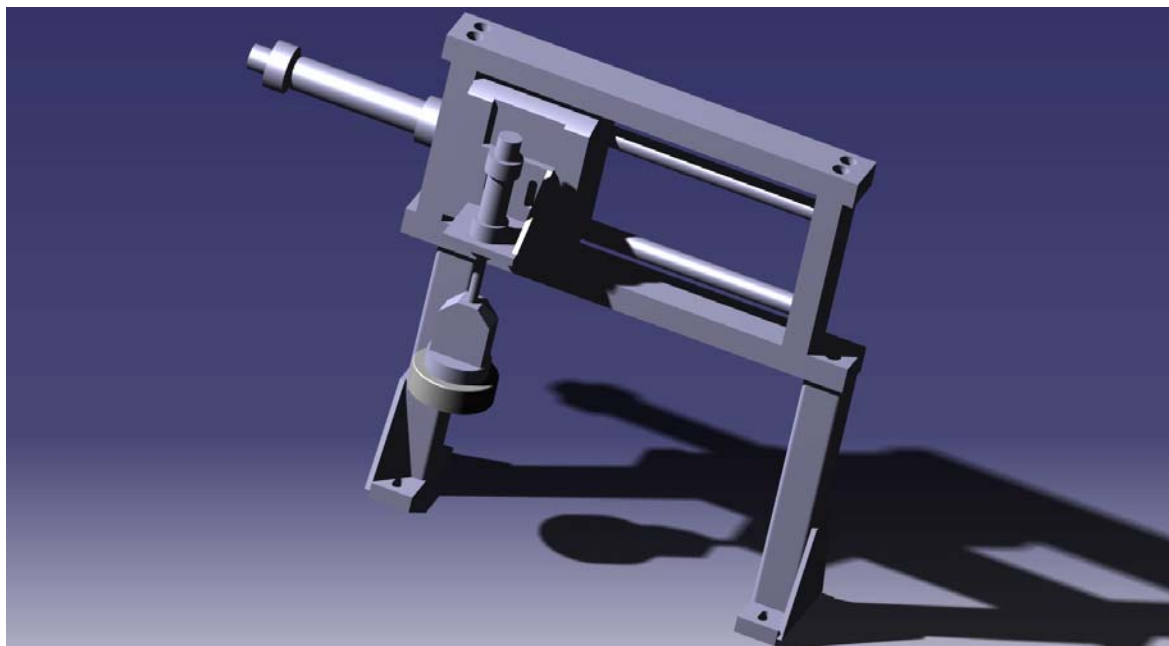
Слика 7.2. Пнеуматска шема линије СЕБОПАК 1000 ТТП

На слици 7.2. приказана је пнеуматска шема линије СЕБОПАК 1000 ТТП. Са шеме видимо да се напајање целог система врши преко неповратног вентила и славине 3/2 до резервоара инсталираног у саму пнеуматску инсталацију линије. Како

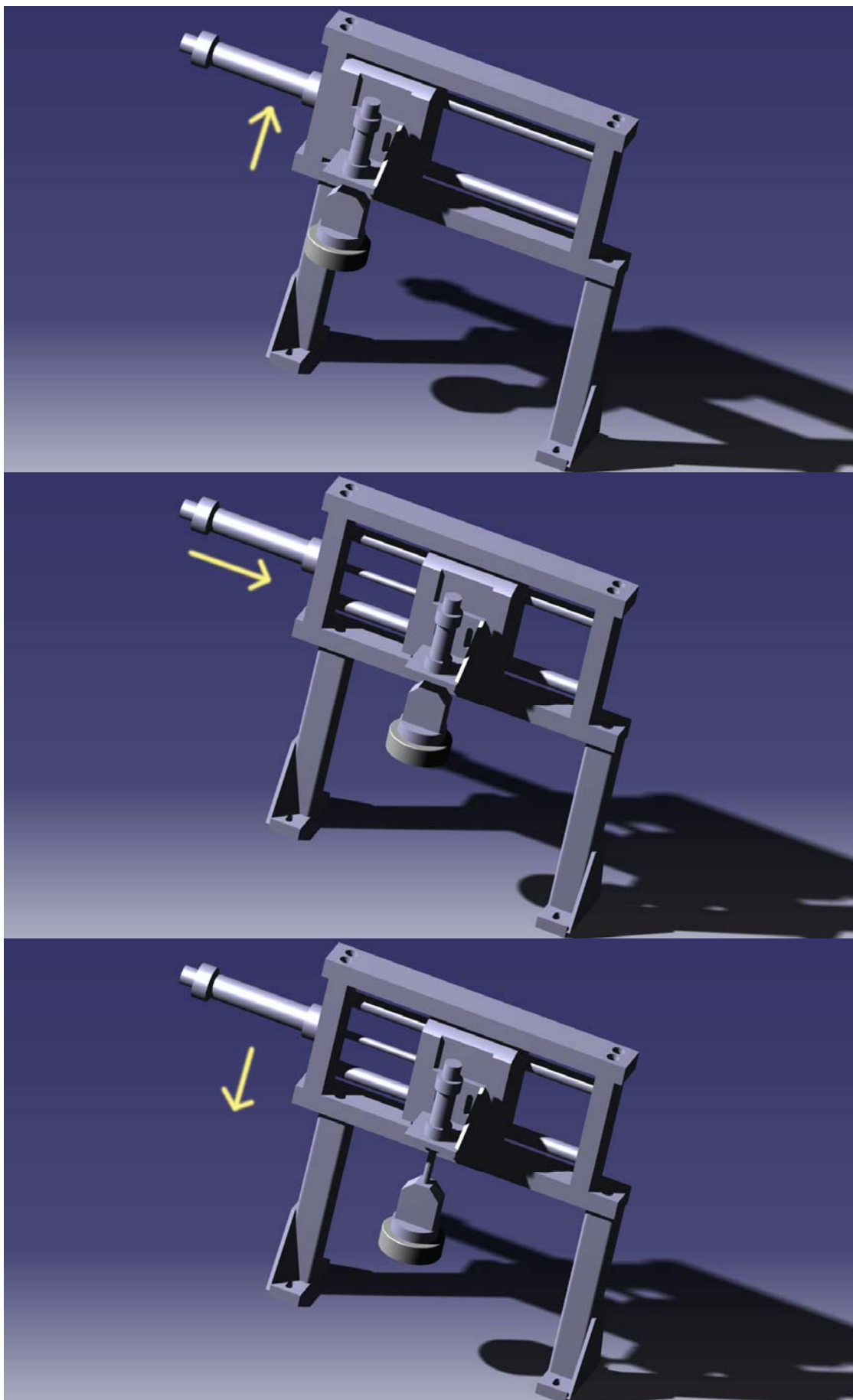
је сама линија велики потрошач компресованог ваздуха (2000 NI / min, $p=6$ bar), а и доста удаљена од самог компресора, резервоар је неопходан да би се обезбедио стабилан притисак у систему. На изласку из резервоара постављен је аутоматски одвајач кондензата. Један део незауљеног ваздуха се одваја и напајају се системи у којима се користи вакуум за пребацивање поклопаца, такође и за издување поклопаца на селектору навојних затварача. Остатак система се напаја зауљеним ваздухом како би се вршило подмазивање радних делова цилиндара.

Комплетно управљање електромагнетним вентилима је контролисано преко PLC контролера. Промена начина рада се врши преко екрана осетљивог на додир, где се поред промене начина рада записаних у програму PLC-а могу и читавати сви параметри система и евентуалне грешке.

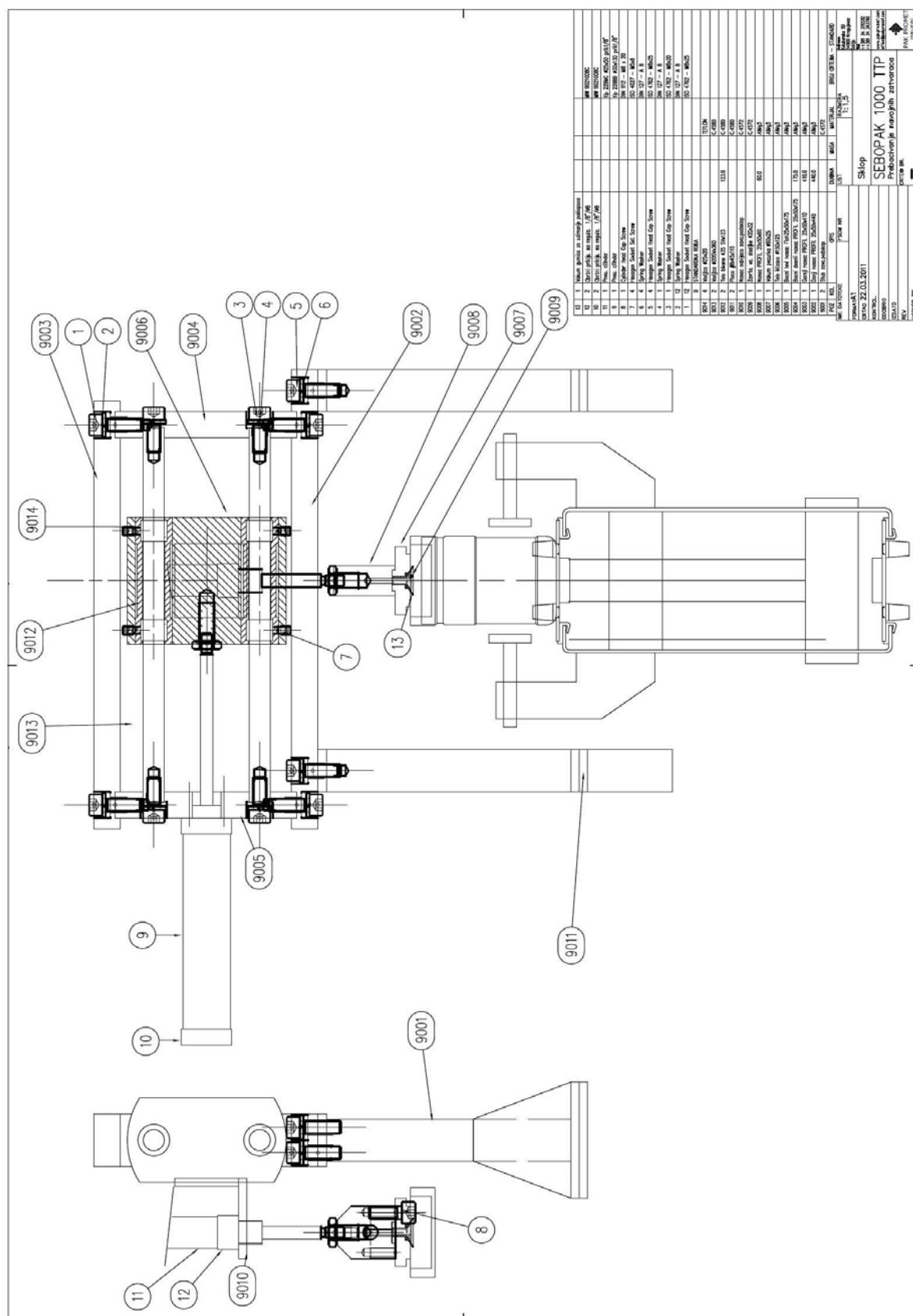
Механизам за набацивање навојних затварача помоћу вакуума подиже и пребацује затварача на позицију и у такту машине, спушта затварача на грло тегле. Подизање и пребацивање затварача се остварује пнеуматским цилиндрима. Приликом пребацивања се контролише вакуум што за последицу има сигнализацију да ли је затварач узет или не. У случају да затварач није узет (није у позицији или је погрешно оријентисан) машина стаје и сигнализира грешку



Слика 7.3. Модел механизма за набацивање затварача приказан у почетном положају



Слика 7.4. Модел механизма приказан у преостала три крајња положаја



Слика 7.5. Склопни цртеж механизма за набављање навојних затварача

8. ЗАКЉУЧАК

Развој пнеуматике је ишао паралелно са развојем технике и проширивањем могућности примене у машиноградњи, прехранбеној индустрији, хемијској индустрију, рударству, здравству и другим областима. Поред примене у постројењима за производњу и прераду, пнеуматика даје изванредне могућности за аутоматизацију процеса манипулације, транспорта, монтаже, контроле и паковања. Значајну улогу у развоју пнеуматике и пнеуматских система имају и карактеристике компресованог ваздуха, које му дају предност над осталим видовима енергије. Модернизација процеса управљања уређајима и постројењима је поред електронике дала велики подстицај развоју пнеуматике.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Владимир Зрнић, дипл. Инж., ПНЕУМАТИКА, Техничка књига БЕОГРАД 1980.
- [2] Зоран М. Ррадојевић, ОСНОВИ ПНЕУМАТИКЕ, ЗЦЗ КРАГУЈВАЦ 1988
- [3] Зоран М. Ррадојевић, ПНЕУМАТСКИ УПРАВЉАЧКИ СИСТЕМИ, ЗЦЗ КРАГУЈЕВАЦ 1990
- [4] Радослав Корбар, ПНЕУМАТИКА И ХИДРАУЛИКА, Велеучилиште у Карловцу КАРЛОВАЦ 2007