

MECHANIZÁCIA A AUTOMATIZÁCIA

**Karol Velíšek
Peter Košťál**

© Prof. Ing. Karol Velíšek, CSc., Ing. Peter Košťál, PhD.

Recenzenti: Prof. Ing. Peter Demeč, CSc.
Doc. Ing. Michal Štefánek, CSc.
Ing. Rudolf Gergely, CSc.

Schválila vedecká rada Materiálovotechnologickej fakulty STU v Bratislave dňa 22.3.2006
pre študijný program Výrobné zariadenia a systémy.

ISBN 978-80-227-2753-2

PREDHOVOR

Učebnica **MECHANIZÁCIA A AUTOMATIZÁCIA** je určená študentom Materiálovotechnologickej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave so sídlom v Trnave, najmä študentom tretieho ročníka bakalárskeho štúdia pre študijný odbor Technologické zariadenia a systémy v študijnom odbore Výrobná technika. Preložená učebnica Mechanizácia a automatizácia zahŕňa 5 základných oblastí:

- Význam mechanizácie a automatizácie,
- Princípy a prostriedky automatizácie,
- Riadiace mechanizmy v automatizácii,
- Podávacie, zdvíhacie a krokovacie mechanizmy,
- Stlačený vzduch v automatizácii.

Učebnica poskytuje študentom informácie o stavbe, štruktúre a použití jednotlivých typov automatizačných prvkov a zariadení v podmienkach strojárkej výroby.

Do mechanizácie a automatizácie patria aj iné oblasti – priemyselné roboty a manipulátory, jednoúčelové stroje a výrobné systémy (automatické výrobné linky, pružné výrobné sústavy).

Vzhľadom na to, že pre tieto oblasti už boli vydané skriptá a učebnice, v tejto učebnici nie sú uvedené. Uvedená problematika je opísaná v učebniciach **VÝROBNÉ SYSTÉMY I** [19], **MONTÁŽNE STROJE A ZARIADENIA** [20], **PRIEMYSELNÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY** [v tlači] a v skriptách **OBRÁBACIE STROJE**, časť **JEDNOÚČELOVÉ STROJE** [18].

Ďalšie informácie je možné čerpať v prameňoch uvedených v súpise literatúry.

Autori touto cestou ďakujú všetkým kolegom a recenzentom za pripomienky a návrhy, ktoré im pomohli pri tvorení štruktúry a písaní textu tejto učebnice.

Trnava, november 2006

Autori

ÚVOD

Mechanizácia a automatizácia predstavuje významný prostriedok pre zvýšenie produktivity, kvality a konkurencieschopnosti výroby.

Do pojmu mechanizácia a automatizácia je potrebné zahrnúť aj pojem regulácie, ktorej úlohou je udržanie zvolených veličín v vyžadovanom rozsahu. Táto na pohľad jednoduchá úloha však v sebe skrýva zvyčajne viac problémov ako by sa očakávalo. Na úspešné riešenie týchto úloh je potrebné poznať a pochopiť fyzikálne závislosti regulovaného procesu. Základné zákony regulačnej techniky platia pre všetky regulačné obvody nezávisle na prístrojovej technike.

Prvé zmienky o mechanizácii, automatizácii a regulácii pochádzajú už zo starého Egypta, kde za pomoci veľmi jednoduchých mechanických zariadení (tieto automatizačné zariadenia zodpovedali úrovni vtedajšieho technického rozvoja) boli vytvorené automatické systémy na mletie obilia a zavlažovanie poľí.

Ďalším antickým „zázrakom“ bolo automatické otváranie a zatváranie ťažkej bronzovej brány chrámu v Alexandrii, ktorý skonštruoval učenec Herón. Tento mechanizmus, ako aj mnohé iné opísal vo svojom diele „Pneumatika“, ktoré sa zachovalo až do dnešných čias [14]. Herón skonštruoval aj mnohé iné pozoruhodné zariadenia v ktorých využíval svoje poznatky z oblasti pneumatiky a hydrauliky.

Vývoj automatov pokračoval aj v stredoveku, keď zruční hodinári vyrábali rôzne mechanické hračky. Medzi konštruktérov automatov nepochybne patrí aj Leonardo da Vinci. Medzi jeho náčrtkami sa nachádzajú schémy rôznych mechanických zariadení [16].

Najznámejšie automaty z týchto časov sú rôzne orloje, ktoré okrem presného času ukazovali aj postavenie planét a iné zaujímavé údaje. Mnohé z nich sú až dodnes plne funkčné). Ďalšou oblasťou boli zvonkohry, v ktorých boli použité programovacie valce s kolíkmi. Poloha kolíkov určovala melódiu. Tento princíp programového riadenia je často používaný dodnes (mechanické automatické pračky, niektoré výrobné stroje s nepružnou automatizáciou pohybov atď.).

Nemenej pozoruhodným výtvorom bol aj „Automatický pisár“ z dielne švajčiarskeho hodinárskeho majstra Droza (okolo roku 1700), ktorý bol poháňaný hodinovým strojčekom a pomocou programovacieho valca sa dal zostaviť program na pohyb ruky, ktorá písala [14].

Príkladom zavádzania automatizácie do priemyslu koncom 18. storočia je vynález odstredivého regulátora otáčok parného stroja, ktorého autorom je James Watt okolo roku 1775. Rovnako

významným pokrokom v priemysle bol tkáčsky stav od Josepha Jacquarda (okolo roku 1800), ktorý ukázal obrovské možnosti programového riadenia strojov v priemysle. Tento tkáčsky stav sa programoval pomocou rozmiestnenia otvorov na kartónovom štítku. Princíp takéhoto programovania strojov pretrval až do druhej polovice 20. storočia (dierne štítky a dierne pásky na programovanie NC strojov ako aj počítačov tretej generácie).

Nasledovalo dlhé obdobie zdokonaľovania výrobných strojov, zvyšovala sa úroveň ich mechanizácie a začali sa objavovať prvky automatizácie výrobného procesu, najmä v sériovej a neskôr v hromadnej výrobe. Koncom 19. a začiatkom 20. storočia začína nastupovať nepružná automatizácia najmä pod vplyvom neustále sa zvyšujúcej výroby. Pracovný cyklus týchto strojov je riadený mechanicky [16].

V priebehu 2. svetovej vojny sa zvýšili požiadavky na zbrojársky priemysel, a tým aj na vyšší podiel automatizácie výroby. Rozhodujúcimi požiadavkami boli náhrada pracovnej sily a zvýšenie produktivity pri zachovaní vysokej kvality výroby. Výrobné stroje sa stávali stále zložitejšími a preto bolo potrebné hľadať riešenie, ktoré umožní automatizovať aj pomerne zložité riadiace funkcie. Tieto požiadavky boli kladené nielen na konštruktérov výrobných zariadení, ale aj na konštruktérov nových zbraňových systémov. Riešenie poskytlo postupné zavádzanie elektroniky do riadiacich systémov.

Boli následne vyvinuté prvé samočinné počítače (reléový MARK I – 1937 a elektrónkový ENIAC – 1946). Takéto počítače sa už dali použiť na riadenie pomerne zložitých systémov. V tomto období vznikla kybernetika ako nový vedný odbor opisujúci všeobecne platné princípy automatického riadenia (v roku 1947 bola vydaná kniha „Kybernetika“, ktorá sa dočkala všeobecného uznania).

Rozvoj pružnej automatizácie, ktorá umožní efektívnu automatizáciu aj pri malom počte vyrábaných kusov začal v 50. rokoch 20. storočia. Prvý obrábací stroj s NC riadením bol predstavený v septembri 1952 v USA. Tento stroj bol určený pre vojenský letecký priemysel. Začiatky pružnej automatizácie sú charakteristické nasadzovaním jednotlivých číslicovo riadených strojov. V 60. rokoch bol vyvinutý jazyk EXAPT na počítačovú podporu programovania týchto strojov. Nástup mikroprocesorov v 70. a 80. rokoch 20. storočia umožnil, aby množstvo zariadení využilo mikroprocesor na svoje vlastné automatické riadenie. Mikroprocesor vytvoril možnosť vzniku pružnej automatizácie, kde k zmene automatizovaných funkcií stačí len rýchla výmena riadiaceho programu v pamäti riadiaceho počítača. Tento princíp je základom súčasných programovateľných automatov, CNC riadiacich systémov pre výrobné stroje a podobne. Hromadná výroba štandardných elektronických obvodov používaných v týchto riadiacich systémoch a ich

vysoká spoľahlivosť umožnila prudký pokles cien tohto druhu automatizačnej techniky, a tým aj jej veľké rozšírenie.

Číslícové riadenie výrobných strojov má dva veľmi dôležité dôsledky:

1. vznikol univerzálny nosič informácie o výrobe, a tým sa zaručila opakovateľnosť a presnosť obrobku,
2. úloha obsluhy stroja sa zmenila na kontrolu a vykonávanie pomocných činností, lebo profesijné poznatky potrebné na výrobu boli už obsiahnuté na nosiči informácií.

Analogová automatizačná technika (založená na spracovaní spojitého signálu) je stále častejšie nahradzovaná digitálnou automatizačnou technikou. Je to dôsledok jej širokých možností, nízkej ceny a vysokej spoľahlivosti.

Súčasným trendom v oblasti automatizácie je prepájanie jednotlivých riadiacich počítačov do lokálnych počítačových sietí, kde môžu spolu komunikovať a vzájomne koordinovať svoju činnosť s cieľom zefektívniť celý výrobný proces a nie len jeho jednotlivé časti [16].

V súčasnosti sa moderné výrobné závody vyznačujú vysokou pružnosťou, vysokou výrobnosťou a malou mierou účasti človeka na bezprostrednej transformácii materiálu na výrobok. Príkladom môžu byť veľké automobilky, ktoré vyrábajú niekoľko stotisíc automobilov ročne a pritom každý vyrobený automobil môže byť v podstate unikátny.

Pri všetkých týchto zariadeniach sa dostáva do popredia otázka spoľahlivosti a schopnosti zabrániť havárii v prípade poruchy v priebehu automatickej činnosti. Z toho vyplýva požiadavka na rozvoj technickej diagnostiky [16].

1. VÝZNAM MECHANIZÁCIE A AUTOMATIZÁCIE

Cieľom mechanizácie a automatizácie je:

- zjednodušenie výroby,
- zvýšenie kvality a produktivity výroby,
- oslobodenie pracovníkov od fyzicky únavnej práce, alebo práce v škodlivom či nebezpečnom prostredí,
- úspora pracovných síl,
- zníženie nákladov na výrobu.

Efektívnosť výroby je stále viac podmienená pracou predvýrobných zložiek (konštrukcia, technológia, projektovanie).

Úlohou inžiniera je analyzovať používané a aj novo navrhnuté pracovné postupy, na nájdenie najlepšieho spôsobu na vykonanie danej práce (optimálneho pracovného postupu). Za najlepší pracovný postup sa všeobecne považuje ten, pri ktorom sú minimalizované náklady potrebné na výkon. Snahou je, aby jednotlivé pracovné úkony boli čo najkratšie a najjednoduchšie, aby sa dali ľahko naučiť a zároveň vyžadovali minimálne vynaloženie ľudskej sily.

Základné pojmy

Mechanizácia – znamená využitie rôznych technických prostriedkov na vykonanie určitej činnosti, ktorých vzájomná závislosť je zabezpečená človekom. Operácie sú vykonávané prenosom mechanickej, elektrickej, pneumatickej, alebo hydraulikkej energie. Výber operácie, riadenia, začatie a ukončenie pracovného cyklu sú zabezpečené človekom.

Príklad:

pneumatický zverák

operácie: upnúť, uvoľniť

riadenie: tlačidlá stláčané človekom

začatie a ukončenie pracovného cyklu: pomocou tlačidiel

Mechanizácia často slúži na odstránenie ťažkej a namáhavej práce človeka, prípadne práce v nebezpečnom alebo škodlivom prostredí.

Príklad:

zdvíhanie ťažkých bremien v nebezpečných prevádzkach ako sú valcovne, kováčne, zlievarne a iné.

Automat – zariadenie (v súčasnosti obvykle elektronické), ktoré dokáže samostatne vykonávať programom danú postupnosť činností a rozhodovacích procesov na základe daných, alebo získaných vonkajších údajov. Pôvodný význam slova automat je „samohyb“.

V oblasti teórie automatov je automat definovaný takto:

Automat – matematický model správania sa systému uskutočňujúceho zobrazenie informácie. Ak je táto informácia číslícová, hovoríme o číslícovom alebo diskretnom automate. Pôvodná informácia sa privádza na vstup automatu, transformovaná informácia sa objavuje na jeho výstupe.

Automatizácia – znamená využitie rôznych technických prostriedkov, pomocou ktorých samočinne prebiehajú čiastkové, alebo aj celé pracovné procesy, podľa vopred pevne stanoveného programu. Vo vyšších formách automatizovaných výrob sú výrobky automaticky kontrolované a na základe výsledkov tejto kontroly sa vykonávajú automaticky korekcie výrobného procesu – existuje spätná väzba na výrobný proces.

Komplexná automatizácia – plne mechanizovaný proces, ktorý je automaticky riadený. Funkcia človeka spočíva len v strategickom riadení a kontrole.

Automatizácia výrobných procesov – predmetom tejto automatizácie sú hlavné a obslužné procesy v rôznych druhoch výroby (hute, valcovne, rôzne druhy strojárkej, elektrotechnickej, potravinárskej, či inej výroby).

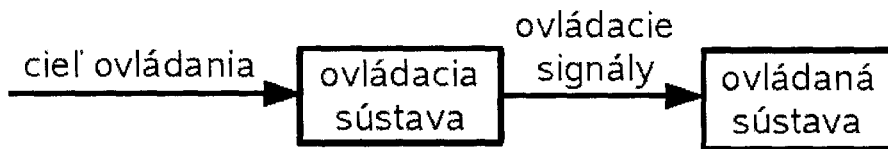
Automatizácia nevýrobných procesov – predmetom tohto druhu automatizácie sú procesy služieb, peňažných ústavov, zdravotníctva a podobne.

Stupne automatizácie:

1. automatické ovládanie,
2. automatická regulácia,
3. automatické riadenie.

Automatické ovládanie – je charakteristické priamym otvoreným reťazcom podľa Obr. 1.

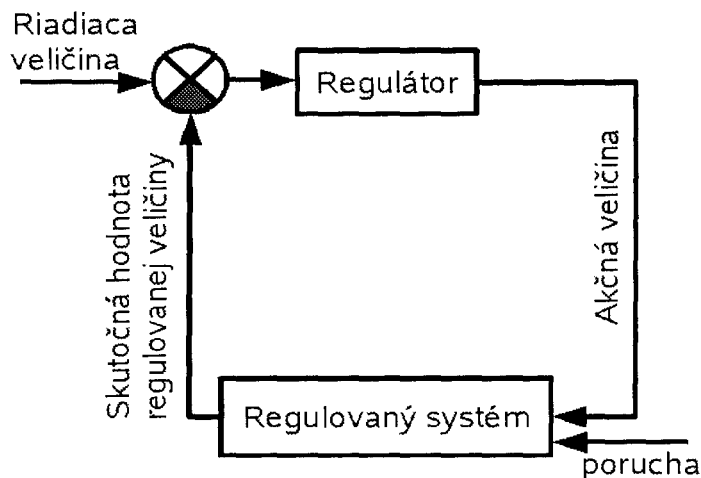
Ovládacia sústava nemá informácie o skutočných následkoch svojho pôsobenia, preto je to možné použiť len v prípadoch, keď na ovládanú sústavu nepôsobia rušivé vplyvy, ktoré by znemožnili jednoznačné pôsobenie ovládacej sústavy na ovládanú sústavu.



Obr. 1 Schéma automatického ovládania

Spätná väzba – informácie o skutočnom správaní sa regulovanej sústavy. Na základe spätnej väzby sa môže prípadná odchýlka spôsobená vonkajším vplyvom (poruchou) odstrániť. Vždy musí ísť o zápornú spätnú väzbu.

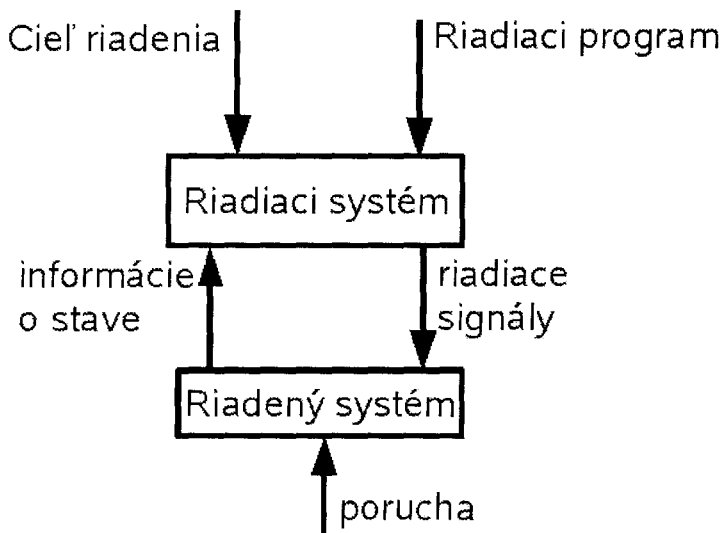
Automatická regulácia – je charakterizovaná uzavretým reťazcom so spätnou väzbu. Pod pojmom automatická regulácia rozumieme samočinné udržanie hodnoty regulovanej veličiny vo vopred stanovenom rozmedzí. V tomto prípade na regulovaný systém pôsobí vonkajší vplyv (porucha), ktorý môže ovplyvniť hodnotu sledovanej veličiny. Regulátor na základe porovnania vyžadovanej a skutočnej hodnoty regulovanej veličiny ovplyvňuje regulovaný systém pomocou hodnoty akčnej veličiny. Schéma automatickej regulácie je zobrazená na Obr. 2.



Obr. 2 Schéma automatickej regulácie

Riadenie – postupnosť vopred určených zásahov riadiaceho systému do riadeného systému na dosiahnutie vopred určeného cieľa.

Automatické riadenie – samočinné pôsobenie riadiaceho systému na riadený systém podľa vloženého programu za účelom dosiahnutia vyžadovaného cieľa. Schéma automatického riadenia je na Obr. 3



Obr. 3 Schéma automatického riadenia

Optimálne riadenie – prípad keď riadenie spĺňa požiadavky zadané sústavou hodnotiacich kritérií.

Adaptívne riadenie – schopnosť riadiaceho systému prispôbiť algoritmus riadenia zmenám v okolí, alebo aj vo vnútri riadeného systému.

Logické riadenie – podstatné informácie sú spracovávané matematickou logikou a pracuje sa len s číslicovým signálom (0, 1).

Analogové riadenie – používajú sa spojité signály v istom rozsahu,

Diskrétné riadenie – signály sú definované len v určitých časových okamžikoch, ktoré sú dané periódou vzorkovania.

Automatizácia riadenia – automatizuje sa len riadiaci proces.

Algoritmus – postup riešenia určitej skupiny úloh postupnosťou elementárnych operácií. Existencia algoritmu je nutná podmienka pre riadenie.

Algoritmus riadenia – súbor pravidiel podľa ktorých sa vykonáva riadenie.

Pružná automatizácia – program automatu sa dá ľahko a rýchlo vymeniť s malými nákladmi. Túto pružnosť získavajú systémy automatického riadenia využívaním elektronických číslicových integrovaných obvodov.

Nepružná (tvrdá) automatizácia – program vložený do automatu nie je možné vymeniť vôbec, alebo len veľmi obtiažne. Zmena programu predstavuje zásah do vnútornej štruktúry automatu (výmena vačiek a pod.).

Počítač – technické zariadenie samočinne vykonávajúce matematické a logické operácie podľa vloženého programu.

Robot – automat, alebo počítačom riadený integrovaný systém, schopný autonómnej, cieľovo orientovanej interakcie s prirodzeným prostredím, podľa inštrukcií človeka. Interakcia spočíva vo vnímaní prostredia, jeho rozpoznávaní, v manipulácii s predmetmi alebo v pohybe v prostredí.

Iná všeobecnejšia definícia robota znie:

Robot je automatické zariadenie schopné reagovať na podnety okolia a na toto okolie spätne pôsobiť.

Priemyselný robot – priemyselné roboty a manipulátory (PRaM) charakterizujeme ako elektromechanickú sústavu s vyšším stupňom integrovanej elektroniky schopnú predmety uchopovať, prenášať, obrábať prípadne montovať. Sú to univerzálne automatizované zariadenia vykonávajúce pohyby obdobné s pohybmi ľudskej paže či ruky.

Automatizačný prostriedok – technické zariadenie, ktoré je možné využiť pri automatizácii. Môžeme ich deliť podľa rôznych hľadísk. Najdôležitejšie hľadisko je podľa spracovávanej energie (elektrické, hydraulické, pneumatické) a podľa funkcie (čidlá, prevodníky, regulátory, riadiace počítače atď.).

1.1 Dôvody automatizácie

Cieľom automatizácie je úplné, alebo aspoň čiastočné vylúčenie človeka z procesov, ktoré chceme automatizovať. Dôvody vedúce k takémuto rozhodnutiu je možné rozdeliť do týchto skupín:

1. vynútená automatizácia

- a) je potrebné vyradiť človeka z procesu, lebo je ohrozený jeho život, alebo zdravie (práca s rádioaktívnym materiálom, práca v extrémnych teplotných podmienkach, práca v zdravie škodlivých a nebezpečných prostrediach),
- b) je potrebné vylúčiť človeka z procesu, lebo jeho činnosť je príčinou chýb (predstavuje veľké riziko chýb), ktorých následky vedú k veľkým stratám a ohrozia životy a zdravie veľkého počtu ľudí. Príkladom je automatická navigácia lietadiel pri pristávaní, rôzne bezpečnostné zariadenia v chemických závodoch a podobne,
- c) je potrebné vyradiť človeka z procesu lebo človek nie je schopný vykonávať potrebnú činnosť z hľadiska rýchlosti, presnosti, rozsahu, alebo iných príčin. Príkladom takýchto činností je riadenie jadrových reaktorov, chemických reaktorov, turbín a podobne,
- d) je potrebné vyradiť človeka z procesu, lebo človek nie je schopný vykonávať danú činnosť v vyžadovanej kvalite. Príkladom je striekací robot, ktorý dokáže vykonávať striekacou pištoľou zložité pohyby po priestorových dráhach rovnomernou konštantnou rýchlosťou a nanáša kvalitnú a rovnomernú vrstvu farby,
- e) nie je možná prítomnosť človeka, ktorý by mohol vyžadované činnosti vykonávať. Príkladom môžu byť vesmírne sondy, automatické bójy na mori, alebo automatické riadenie laserovej snímacej hlavy v CD prehrávači,
- f) je potrebné vyradiť z procesu človeka, lebo je fyzicky nereálne viazať vyžadované množstvo pracovnej sily. Príkladom môžu byť automatické telefónne ústredne,

2. automatizácia z ekonomických dôvodov

- a) použitie automatického riadenia zníži priame, alebo režijné náklady na výrobu v porovnaní s neautomatizovanou výrobou,
- b) použitie automatizovaného riadenia umožní podstatné zvýšenie produktivity práce a objemu výroby,
- c) použitie automatizácie umožní skrátenie priebežného času vývoja a výroby,
- d) použitie automatizácie umožní pružnú reakciu na zmeny v požiadavkách na výrobu,
- e) automatické riadenie použité vo výrobku pridáva ďalšie užitočné vlastnosti -- vytvára vyššiu konkurencieschopnosť výrobku,
- f) automatizácia umožní získať konkurenčnú výhodu oproti iným firmám,
- g) automatizácia umožní realizovať nadštandardnú kvalitu výroby,

3. iné dôvody automatizácie

- a) automatizácia použitá z prestížnych dôvodov. Firma chce dokumentovať svoje konštrukčné, technické, finančné schopnosti,
- b) automatizácia zvyšuje pohodlie človeka. Príkladom môže byť diaľkové otváranie garážovej brány, alebo diaľkové ovládanie rôznych spotrebičov,
- c) automatizácia umožní získať človeku rôzne užitočné informácie. Príklad automatická indikácia obsadenia parkovísk v meste,
- d) automatizácia chráni životné prostredie, napríklad riadenie optimálneho spaľovania v motoroch,
- e) automatizácia ako zdroj zábavy.

1.2 Prínosy mechanizácie a automatizácie

V súčasnosti je potrebné každý investičný zámer (a teda aj automatizáciu výroby) vyhodnotiť porovnaním nákladov a prínosov. Celkové náklady sú súčtom jednotlivých čiastkových nákladov, ktoré je možné rozčleniť približne takto:

- náklady na odborníkov, ktorí sa podieľajú na jednotlivých činnostiach pri spracovaní návrhu a jeho realizácie,
- náklady na nákup jednotlivých automatizačných prostriedkov,
- náklady na stavebné úpravy,
- náklady na školenie pracovníkov,
- náklady na úpravu už existujúcich výrobných procesov,
- náklady na skúšobnú prevádzku,
- prevádzkové náklady a materiál,
- poplatky za rôzne konzultácie, poradenstvo atď.,
- prípadné ďalšie náklady.

Tieto náklady sa dajú z rôznych hľadísk rozčleniť na:

- náklady jednorazové a časovo závislé – to znamená náklady, ktoré musia byť vyplatené v celkovej výške k určitému dátumu, alebo tie, ktoré sú platené pravidelne v priebehu realizácie projektu,

- jednotkové a režijné náklady – to znamená náklady, ktoré sa vzťahujú bezprostredne ku každému výrobku a také, ktoré sa takto vyčíslí nedajú,
- časovo rozlíšené podľa etáp – toto sú náklady, ktoré patria k jednotlivým etapám realizácie,
- náklady priradené k jednotlivým objektom automatizácie – náklady štruktúrované podľa príslušnosti k funkčnej časti (automatizácia konkrétneho stroja), príslušnosti k organizačnej časti (automatizácia prevádzky),
- náklady priame a nepriame – náklady, ktoré priamo súvisia s realizáciou projektu (nákup automatizačných prvkov, školenie, ...) a náklady ktoré boli vyvolané nepriamo realizáciou projektu (nábor nových pracovníkov),
- náklady mzdové, materiálové,
- iné.

Prínosy, ktoré očakávame od realizácie projektu tvoria protiváhu k nákladom na realizáciu tohto projektu.

- **Skrátenie priebežných časov a zvýšenie pružnosti výroby** – toto vychádza z trendu prevládajúceho v súčasnosti. Je potrebné rýchlo reagovať na aktuálne požiadavky zákazníkov. Výroba na sklad je nerentabilná a veľakrát aj nemožná, lebo požiadavky sa menia príliš rýchlo.
- **Zvýšenie kvality výroby** – mnohí zákazníci (najmä z ekonomicky a priemyselne vyspelých štátov) sú ochotní radšej zaplatiť vyššiu cenu za kvalitný tovar, ako nižšiu za menej kvalitný. Mnohé výrobky sú nepredajné, keď nespĺňajú normami predpísanú kvalitu. Automatizácia umožňuje zavedenie rozsiahlej kontroly kvality bez potreby významného nárastu pracovných síl v oblasti kontroly.
- **Vysoká produktivita** – ako sa skracuje životný cyklus výrobkov, je potrebné za kratší čas vyrobiť a predáť viacej výrobkov.
- **Zníženie výrobných nákladov** – výrobné náklady sa v dôsledku automatizácie môžu znížiť z niekoľkých dôvodov:
 - lepšia organizácia výrobného procesu,
 - úspora materiálu,
 - úspora skladových a výrobných plôch,
 - zvýšenie kvality výrobkov,
 - úspora energií,
 - zníženie priamych mzdových nákladov,

- vyššie využitie výrobného zariadenia.
- **Zvýšenie stability výrobného procesu** – pre dosiahnutie vysokej a rovnomernej kvality výroby, ako aj pre dodržanie termínov je potrebná vysoká stabilita výrobného procesu. V prípade automatizovanej výroby je možné vysokú stabilitu dosiahnuť monitorovaním stavu výrobného zariadenia, sledovaním trendov vo výrobe a automatickou identifikáciou výrobkov, pracovníkov a ďalších prvkov vo výrobe.
- **Optimalizácia výrobného procesu** – v dôsledku rýchleho a presného merania rôznych parametrov a vyhodnotenia zistených hodnôt je možné vykonávať priebežne optimalizáciu výroby.
- **Rýchle a aktuálne informácie o stave výrobného procesu** – s rastom zložitosti jednotlivých technológií vo výrobe rastie aj potreba ich kvalifikovaného riadenia, ktoré nie je možné bez aktuálnych informácií a potrebného informačného zabezpečenia.
- **Ďalšie prínosy** – mnohé prínosy automatizácie je veľmi ťažké vyčíslieť. Sem patria napríklad: zlepšenie komunikácie medzi jednotlivými pracovníkmi, odstránenie nepríjemného prostredia na prácu, získanie povesti modernej a progresívnej spoločnosti a podobne.

1.3 Automatizácia výrobných procesov

Vývoj moderných výrobných koncepcií zápasí s problémami, ktoré sprevádzajú kusovú a malosériovú výrobu. Sú to najmä:

- vysoké náklady na výrobu,
- dlhé vedľajšie časy,
- nízke využitie výrobného zariadenia,
- dlhé priebežné časy,
- požiadavky na vysoký počet pracovníkov,
- ťažké riadenie kvality,
- potreba rýchlejšej a častejšej inovácie.

Medzi základné ukazovatele, podľa ktorých sa môže hodnotiť výrobná koncepcia, patria najmä výrobné náklady a výrobné časy. Je známy celý rad opatrení, ktoré môžu tieto ukazovatele zlepšiť. Medzi základné opatrenia patrí mechanizácia a automatizácia. V súčasnosti sa už automatizácia presadila vo všetkých typoch výrob. V minulosti prevládala vo veľkosériovej a hromadnej výrobe (najmä nepružná), ale v dôsledku rozvoja moderných technológií s nástupom pružnej automatizácie a prudkým poklesom cien automatizačných prvkov preniká aj do malosériovej a kusovej výroby [16].

Výrobný proces je riadený podľa programu uloženého v stroji a nepotrebuje zásah človeka. V takejto výrobe má človek len kontrolnú úlohu, prípadne vykonáva niektoré pomocné operácie, ktorých automatizácia je neefektívna, alebo obtiažna. Charakteristickým príkladom takejto operácie je uchopenie voľne položenej súčiastky zložitého geometrického tvaru a jej správne vloženie do pracovného priestoru stroja.

V súčasnosti sa tento problém rieši tak, že jednotlivé súčiastky sa už správne orientované dopravujú na presne určené miesto. Takéto riešenie vyžaduje prispôsobený dopravný a manipulačný systém a vykonanie jednej dodatočnej operácie – orientácie súčiastky. Takéto riešenie je však vhodné len pri vyššej sériovosti, lebo je zvyčajne drahé. Pri malých súčiastkach sa tieto operácie vykonávajú ručne aj pri veľkej sériovosti výroby. V niektorých prípadoch v závislosti od geometrického tvaru súčiastky sa tieto môžu orientovať a podávať jednoduchým spôsobom pomocou vibračných zásobníkov a žľabov.

Automatizácia orientovania súčiastky býva často najzložitejšou úlohou pri automatizácii výrobného procesu, najmä keď ide o súčiastku zložitejšieho tvaru.

Mechanizácia a automatizácia výrobného procesu je veľmi zložitá a komplexná úloha. Pri riešení tejto úlohy je treba vychádzať z požiadaviek technologického procesu a voliť optimálne technické riešenie s ohľadom na ekonomické, ekologické a sociálne požiadavky. Pri veľkosériovej a hromadnej výrobe prichádzajú do úvahy iné riešenia ako pri kusovej a malosériovej výrobe.

V niektorých prípadoch sa môže minimalizovať čas potrebný na výkon, maximalizovať produktivita práce, alebo sa môže zvoliť iný extrém niektorého iného parametra výroby.

Takto zvolený extrém niektorého parametra sa nazýva **cieľová funkcia**. Na základe zvolenej cieľovej funkcie sa vykonáva **optimalizácia systému**, alebo jeho častí. Celý výrobný systém sa dá rozložiť na jednotlivé časti a následne sú tieto časti jednotlivo optimalizované. Voľba cieľových funkcií pre jednotlivé časti systému môže byť rôzna, ale systém ako celok sa zvyčajne optimalizuje na minimálne výrobné náklady.

Pri automatizovaných výrobných systémoch je **takt systému** určený časom najdlhšie trvajúcej operácie – **kritická operácia**. Túto operáciu zvyčajne optimalizujeme na minimálny čas trvania (maximálna výročnosť). Takýmto spôsobom skrátime takt výrobného systému, a tým zvýšime produktivitu. Ostatné operácie môžeme optimalizovať na minimálne náklady.

Takúto úlohu nie je možné zvládnuť bez cieľavedomého použitia systémového prístupu už v čase projektovania. Je treba vždy stanoviť systém, ktorý môžeme rozdeliť na jednotlivé podsystémy. Základnou charakteristikou každého systému je, že predstavuje účelovo zameraný súbor prvkov, ktoré majú zadané vzájomné interakcie a zároveň sú zadané aj interakcie systému ako celku s jeho okolím. Prvkom, ktoré zabezpečujú interakciu systému s jeho okolím, hovoríme vstupné a výstupné prvky systému.

Na Obr. 4 je znázornená bloková schéma automatizovaného výrobného systému (AVS). Tento systém sa skladá z niekoľkých podsystémov. Medzi jednotlivými podsystémami sú znázornené materiálové, informačné a energetické toky.

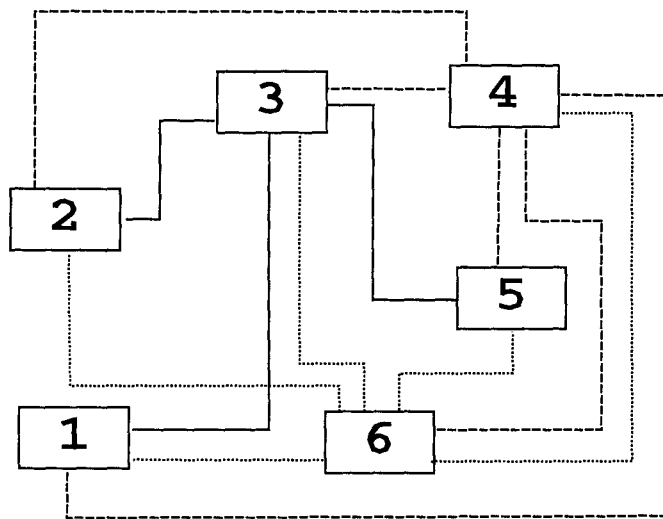
Materiálový tok

Zo skladového podsystému (2) sa pomocou dopravného podsystému (3) dopraví polovýrobok, nástroje a prípravky do technologického podsystému (1). Odtiaľ po vykonaní predpísaných technologických operácií sa výrobok za pomoci dopravného podsystému dopraví do meracieho a kontrolného podsystému (5), kde sa vykonáva kontrola. Z meracieho a kontrolného podsystému sa súčiastka dopraví do skladového podsystému.

Informačný tok

Riadiaci podsystém (4) riadi všetky ostatné podsystémy a z nich získava informácie o ich stave a činnosti.

Skladový podsystém posiela informácie o množstve jednotlivých polovýrobkov ako aj jednotlivých hotových výrobkov, o disponibilných nástrojoch a prípravkoch.



Obr. 4 Bloková schéma AVS

1 – technologický subsystém, 2 – skladový subsystém, 3 – dopravný subsystém, 4 – riadiaci subsystém, 5 – merací a kontrolný subsystém, 6 – energetický subsystém

plná čiara – materiálový tok, čiarkovaná čiara – informačný tok, bodkovaná čiara – energetický tok

Riadiaci subsystém posielajú do skladového subsystému požiadavky na polovýrobok, nástroje a prípravky, ktoré preberá od technologického subsystému.

Riadiaci subsystém odovzdáva požiadavky na dopravu dopravnému subsystému na základe požiadaviek vyzbieraných z ostatných subsystémov.

Energetické toky

Energetický subsystém zabezpečuje potrebnú energiu (elektrická, hydraulická, pneumatická) pre činnosť všetkých ostatných subsystémov.

Všetky subsystémy zároveň posielajú správy o svojom stave a činnosti riadiacemu subsystému, ktorý na základe vyhodnotenia týchto správ môže rozhodnúť o ďalšej činnosti systému, alebo v prípade havárie niektorého zo subsystémov o odstavení celého AVS a upozornení obslužného personálu na chybu v systéme.

Splnenie úlohy automatizovať výrobný systém je viazané na vyriešenie čiastkových automatizačných úloh pri rešpektovaní vzájomných väzieb. Pri riešení úloh komplexnej automatizácie je treba zhodnotiť spôsobilosť práce známych zariadení a výrobkov k známym zariadeniam v automatickom režime ako v jednotlivých subsystémoch, tak, aj v celom výrobnom

systéme. V niektorých prípadoch je potrebné vykonať inováciu zariadenia, alebo navrhnúť iné vhodnejšie zariadenie.

Príklad:

Upínacie zariadenie, ktoré sa musí obsluhovať ručne, je nevhodné na stroji, ktorý má byť zaradený do AVS. Prítomnosť ľudskej obsluhy je v automatizovanom pracovnom cykle neprijateľná.

Stroj, ktorý nemá automatizované otváranie krytov pri nakladaní a vykladaní obrobku do a z pracovného priestoru je v AVS nepoužiteľný.

Obrobky, ktoré vyžadujú zložité operácie orientovania a ustavovania sú pre výrobu v AVS nevhodné. Takéto obrobky je treba upraviť pokiaľ je to možné. Tieto úpravy sa dajú bez väčších dodatočných nákladov zrealizovať len v predvýrobnej etape.

Realizácia automatizačných úloh sa dotýka všetkej priemyselnej, ale aj nepriemyselnej činnosti.

Môžu sa automatizovať napríklad jednotlivé výrobné stroje z hľadiska:

- pracovný cyklus stroja,
- upínania obrobku,
- podávania polovýrobku,
- aktívnej kontroly obrobku, nástroja, ako aj celého stroja.

Výrobné stroje, ktoré sú vybavené číslicovým riadením umožňujú veľmi rýchlo a jednoducho meniť sortiment výroby. Obzvlášť rozvoj v tejto oblasti veľmi rozšíril možnosti automatizácie v kusovej a malosériovej výrobe. Hovoríme o takzvanej **pružnej automatizácii**. Tiež sa ďalej rozvíjajú už známe a používané metódy automatizácie vo veľkosériovej a hromadnej výrobe. Ide o riadenie pomocou vačiek, dorazov a narážkových systémov. Hovoríme o **nepružnej automatizácii**.

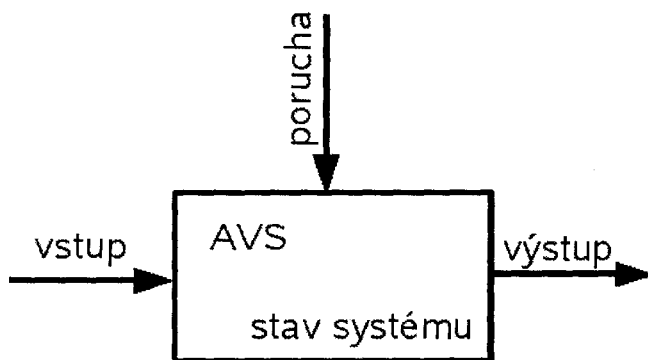
Okrem riadiacich systémov majú v mechanizácii a automatizácii veľkú úlohu aj rôzne prídavné zariadenia, ktoré umožňujú zvýšiť produktivitu práce stroja. Sú to hlavne rôzne druhy podávačov materiálu, zariadenia na otáčanie a premiestňovanie materiálu, kontrola výrobku, kontrola stroja a ďalšie operácie.

Plná automatizácia je možná len vtedy, keď sú k dispozícii aj meracie zariadenia schopné výrobok priebežne kontrolovať. Táto požiadavka je veľmi dôležitá najmä pri obrábacích výrobných systémoch.

Výrobný stroj pracujúci v automatickom pracovnom cykle môže pracovať s:

- otvoreným riadiacim systémom – proces prebieha podľa programu a predpokladá sa, že vonkajšie podmienky a vnútorný stav systému sú konštantné. To znamená, že systém

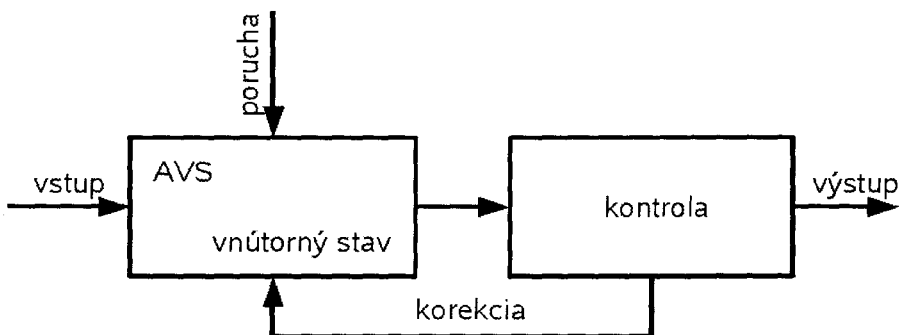
produkuje výrobky vo vyžadovanej kvalite tak, dlho, pokiaľ sa tieto podmienky nezmenia, potom už vyrába nepodarky. Blokovaná schéma takéhoto systému je na Obr. 5.



Obr. 5 Otvorený riadiaci systém

- uzavretým riadiacim systémom (regulačný systém) – nepredpokladajú sa konštantné vonkajšie podmienky ani vnútorný stav systému. Technologický proces sa sleduje (aspoň v niektorých význačných bodoch), namerané hodnoty sa porovnávajú s vyžadovanými hodnotami a na základe tohoto porovnania sa vykonávajú korekcie vo výrobnom procese. Systém má spätnú väzbu. Blokovaná schéma takéhoto systému je na Obr. 6.

Uzavretý spôsob riadenia AVS poskytuje podstatne vyššiu kvalitu činnosti celého systému ako otvorený spôsob riadenia. Takémuto riadiacemu systému sa zvykne hovoriť aj regulačný systém.



Obr. 6 Uzavretý riadiaci systém

Významnú úlohu pri automatizácii zohráva operačná manipulácia s materiálom. Pracovný predmet je treba vo výrobe zvyčajne umiestniť na určité miesto v určitom čase a s určitou orientáciou. Vo väčšine prípadov je treba predmet ešte upnúť a po skončení operácie odobrať.

Účinky automatizovanej manipulácie je možné zhrnúť do týchto bodov:

- skrátenie vedľajších časov,
- zvýšenie bezpečnosti práce,
- možnosť prechodu od jednotlivcej výroby k linkovej výrobe vzájomným spojením jednotlivých operačných pracovísk,
- zníženie výrobných nákladov,
- úspora pracovnej sily,
- lepšie využitie stroja,
- odstránenie ťažkej, monotónnej a taktovanej práce,
- odstránenie práce v škodlivom prostredí.

Jednotlivé úlohy automatizácie operačnej manipulácie je možné riešiť špeciálnymi jednúčelovými podávacími mechanizmami, alebo použitím špeciálnych či univerzálnych manipulátorov či priemyselných robotov.

Pri riešení všetkých uvedených úloh ale nesmieme zabúdať zohľadniť efektívnosť navrhovanej automatizácie. Efektívnosť automatizácie je mnohostranný problém. Nespočíva len v úspore pracovnej sily. V mnohých prípadoch je dôležitým prínosom vyššia produktivita, zníženie nepodarkovosti výroby, celkové výrobné náklady, alebo úspora materiálu a energie.

1.4 Systémový prístup k mechanizácii a automatizácii

Za systémový prístup považujeme spôsob myslenia, alebo spôsob riešenia úloh, pri ktorom sú javy chápané komplexne vo svojich vnútorných aj vonkajších súvislostiach. Tento prístup sa uplatňuje najmä pri riešení zložitých úloh, ktoré zasahujú do niekoľkých rôznych odborov (interdisciplinárne úlohy). Návrh a realizácia automatizácie je práve takáto úloha, pri ktorej je potrebné riešiť súčasne niekoľko rôznych prelínajúcich sa úloh:

- znalosti potrieb trhu,

- technické problémy technologického procesu, ktorý sa automatizuje,
- technické problémy návrhu automatizačných prostriedkov,
- problémy softvérového a hardvérového vybavenia použitých počítačov,
- sociálne a psychologické problémy automatizácie,
- ekonomické aspekty automatizácie,
- organizačné problémy pri zavádzaní a využívaní automatizácie,
- personálne problémy spojené so zaškolením obsluhy,
- stavebné úpravy,
- a ešte mnohé iné.

[14]

1.4.1 Princípy a metódy systémového prístupu

Pri použití systémového prístupu k riešeniu úlohy je potrebné v prvom rade definovať skúmaný systém.

Systém je cieľovo definovaná množina prvkov a väzieb medzi nimi, ktoré spoločne určujú vlastnosti celku. Každý systém môže byť podsystemom, alebo prvkom väčšieho systému.

Štruktúru systému môžeme skúmať na rôznej rozlišovacej úrovni. Zvyčajne neskúmame izolované systémy, ale relatívne uzavreté. To znamená, že daný systém má presne definované spojenie so svojim okolím. Na systém sa nepozerať staticky (len z pohľadu na jeho štruktúru), ale zaujíma nás najmä správanie sa systému (zmena stavu systému na základe podnetov z okolia a jeho pôsobenie na okolie).

Pri systémovom prístupe k riešeniu úlohy sa uplatňujú najmä tieto princípy:

- **princíp abstrakcie** – pozornosť je zameraná najmä na podstatné javy a vlastnosti systému,
- **princíp postupu od jednoduchého k zložitejšiemu** – systém sa skúma od jeho jednoduchých vlastností a postupne sa prehľbuje jeho štruktúra a skúmajú sa jeho zložitejšie vlastnosti,
- **princíp systematického skúmania** – metódy skúmania systému sa opierajú o teoretické znalosti o systémoch všeobecne ako aj o znalosti o skúmanom systéme,
- **princíp tímovej práce** – systém je skúmaný tímom špecialistov z rôznych odborov,
- **princíp skúmania zhora dolu** – pri skúmaní systému sa postupuje od najvyššej rozlišovacej úrovne štruktúry a správanie sa systému k nižším úrovniam,

- **princíp rozdelenia systému na podsystémy** – veľký a zložitý systém sa rozdelí na menšie a jednoduchšie podsystémy, ktoré sa môžu skúmať jednotlivo.

Systémový prístup má dve typické metódy použitia:

- **Analýza** – je to rozbor úlohy s cieľom dokonale spoznať skúmaný predmet a porozumieť princípu jeho správania,
- **Syntéza** – na základe analýzy je možné začať s návrhom nového systému s vyžadovanými vlastnosťami.

Metódy systémovej analýzy a syntézy sú rôzne prispôbené systémom, ktoré je potrebné analyzovať a navrhovať. Mnohé tieto metódy sú certifikované na použitie pri návrhu daných systémov. Príkladom takýchto certifikovaných metód analýzy a syntézy systémov sú: SSADM, EUROMETHOD, WARD-MELLOR a iné [16], [1].

Tieto metódy sú tu spomenuté preto, aby bola zrejmá celosvetová snaha nahradiť individuálny, náhodný postup analýzy a syntézy systematicky prepracovanými, overenými a názornými postupmi a technikami.

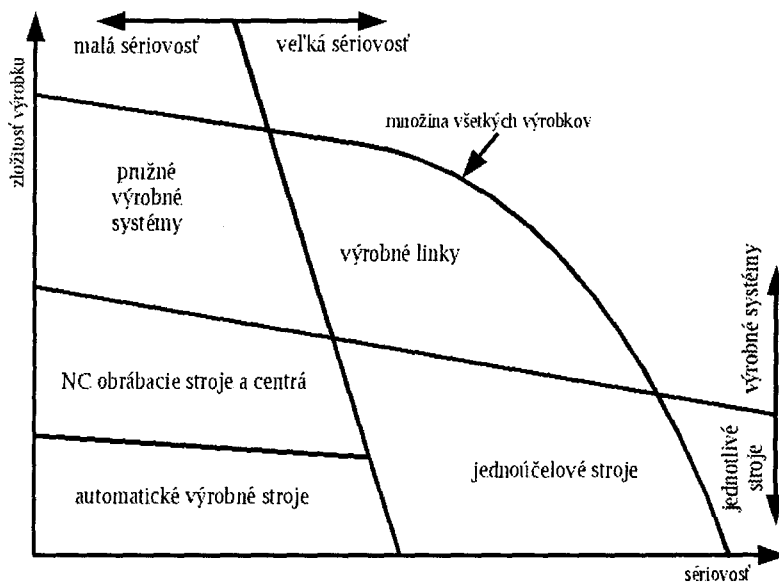
Na zaistenie výroby akéhokoľvek výrobku nestačí zabezpečiť len samotný technologický proces. Opakovaná trvalá výroba vyžaduje zaistenie zásobovania materiálom, skladovanie hotových výrobkov, expedíciu, obchodnú činnosť, financovanie, údržbu a množstvo ďalších činností. Všetky tieto činnosti nevyhnutné na zabezpečenie výroby daného výrobku nazývame výrobný proces [14].

2. AUTOMATIZÁCIA, JEJ PRINCÍPY A PROSTRIEDKY

Riešenie automatizačných úloh bude veľmi ovplyvnené typom výroby. Technické prostriedky použité pre automatizáciu kusovej, malosériovej, veľkosériovej či hromadnej výroby musia vychádzať z optimálnosti riešenia po technologickej, technickej aj ekonomickej stránke.

V kusovej a malosériovej výrobe bude prevládať nasadenie pružných (ľahko prestaviteľných) automatizačných prvkov. Pri veľkosériovej a hromadnej výrobe bude ťažisko použitých automatizačných prvkov naopak práve v oblasti nepružnej automatizácie.

Bolo vyvinuté veľké množstvo rôznych výrobných strojov s rôznym stupňom automatizácie a mechanizácie. Voľba konkrétneho stroja je vždy závislá od množstva vyrábaných kusov (sériovosti) a od zložitosti výrobku. Táto závislosť je zobrazená na Obr. 7.



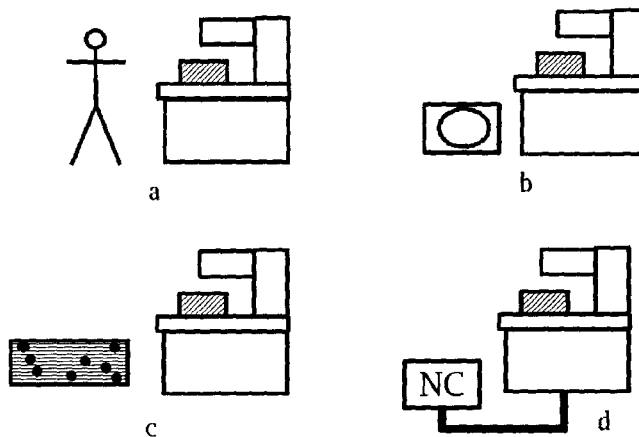
Obr. 7 Graf závislosti použitých výrobných strojov od sériovosti a zložitosti výrobku

Ako súhrnný výrobný systém na zhotovenie výrobku je uvažovaná množina vzťahov a činností od technologickej prípravy výroby cez samotnú výrobu až po vyskladnenie, v niektorých prípadoch až po odovzdanie zákazníkovi, zaškolenie personálu a prípadnú likvidáciu na konci životného cyklu

výrobku. Základom je však vždy samotný výrobný proces, čiže zhotovenie výrobku na výrobnom zariadení podľa informácií zo systému prípravy výroby a organizácie výroby.

Môžu sa stanoviť dve základné kritériá na určenie stupňa automatizácie výrobných zariadení:

- miera odstránenia človeka z výrobného procesu a prenesenia riadiacich a regulačných činností na samotné zariadenie,
- spôsob spracovania informácií – toto kritérium sa môže ďalej deliť podľa použitého nosiča informácií:
 - ▶ uchovanie informácií v ľudskej pamäti,
 - ▶ uchovanie informácie technickými prostriedkami:
 - v nepružnej pamäti (vačka),
 - v pružnej pamäti (prestavitel'né narážky, dierne pásy, magnetický záznam)



Obr. 8 Spôsoby spracovania informácie na výrobnom zariadení

a – človek, b – nepružné zariadenie (vačka), c – pružné zariadenie (prestavitel'né dorazy), d – pružné zariadenie (NC)

Technologický proces musí zabezpečiť dodržanie technických požiadaviek kladených na výrobok. Tieto vyplývajú z jeho funkčného určenia a zaznačujú sa hlavne na konštrukčnom výkrese výrobku. Zároveň musí byť zhotovenie výrobku čo najmenej pracné a musí sa zohľadniť aj minimálna nákladovosť výroby. Tieto požiadavky sa samozrejme vzájomne ovplyvňujú.

Pre úspešnú realizáciu automatického riadenia je potrebné poznať:

- čo budeme riadiť – model riadeného systému (model fyzikálnej podstaty, identifikačný model, matematický model),

- ako budeme riadiť – určiť štruktúru a parametre riadiaceho (regulačného) systému,
- čím budeme riadiť – zvoliť zodpovedajúce prostriedky.

Optimalizácia automatizovaného výrobného procesu má sama o sebe rozhodujúci význam pre hospodárnosť a produktivitu celej výroby. Hlavné oblasti optimalizácie sú:

- **spôsob výroby** (obrábanie, odlievanie ...) – je závislý najmä od počtu vyrábaných kusov, veľkosti dávok jedného typu výrobku ako aj od zložitosti výrobku. Od toho závisí aj voľba ustavujúcich plôch, možnosti upínania, dosiahnuteľná presnosť výroby a iné.
- **voľba výrobného postupu** – optimálny výrobný postup je treba voliť s ohľadom na počet vyrábaných kusov. Obzvlášť opatrne treba postupovať pri hromadnej a veľkosériovej výrobe.
- **výber výrobných prostriedkov** (stroje, nástroje, prípravky atď.) – výrobné prostriedky sa určujú na základe technologického postupu, rozmerov výrobku a jeho zložitosti. Veľký vplyv má opäť sériovosť výroby pozri Obr. 7.
- **spôsob automatizácie toku materiálu** (dopravník, indukčný vozík atď.) – voľba je závislá od veľkosti a hmotnosti prepravovaných výrobkov, ako aj od vzdialeností na ktoré je treba výrobky prepravovať. Sem treba zaradiť aj tok prípravkov a nástrojov.
- **spôsob riadenia výrobného procesu** – je to zvyčajne integrujúci člen automatizácie výrobného procesu. Pod pojmom riadenie sa rozumejú technické postupy, pri ktorých stroje, prístroje a zariadenia v ohraničenom systéme sú ovplyvňované vo svojich fyzikálnych a technických hodnotách žiadaným spôsobom v rámci platných zákonitostí.

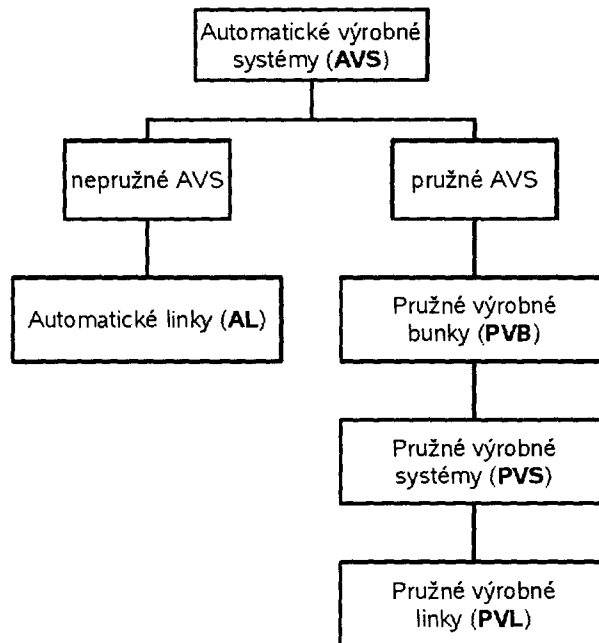
Voľba riadiaceho systému a použitých technických prostriedkov je úzko spätá s typom výroby, s požiadavkou univerzálnosti systému a technickými a ekonomickými možnosťami. Veľký význam má spoľahlivosť riadiaceho systému.

2.1 Automatické výrobné zariadenia

Automatické výrobné zariadenia môžeme podľa typu automatizácie rozdeliť do dvoch hlavných skupín:

- automatizované výrobné systémy **nepružné** (AVSN)- budované ako automatické (resp. transférové) výrobné linky (AVL),
- automatizované výrobné systémy **pružné** (AVSP).

Automatické výrobné systémy pružné ďalej rozdeľujeme na pružné výrobné bunky (PVB), pružné výrobné systémy (PVS) a pružné výrobné linky (PVL). Pružné výrobné systémy môžeme ďalej deliť podľa použitého druhu dopravy obrobkov (regál s regálovým zakladačom, dopravníky, indukčné vozíky, priemyselné roboty). Rozdelenie automatických výrobných systémov je uvedené na Obr. 9. ([19])



Obr. 9 Rozdelenie automatických výrobných systémov

2.1.1 Jednoučelové stroje

Jednoučelové stroje sa od strojov univerzálnych odlišujú najmä tým, že majú väčšinou niekoľko pracovných vretien a niekoľko pracovných miest. Majú osobitné miesto na vkladanie a vyberanie

obrobkov. Pre upínanie obrobkov sú vybavené špeciálnym upínacím zariadením. Činnosť a funkcia strojov je automatická. Stroje sú vybavené špeciálnymi zariadeniami a meradlami na zoraďovanie nástrojov.

Staršie koncepcie jednoúčelových strojov bývali riešené špeciálne na konkrétnu technologickú úlohu, na jeden konkrétny obrobok a boli vyrobené ako kusový výrobok. Dôsledkom toho boli vysoké náklady a stroje boli rentabilné len v hromadnej výrobe

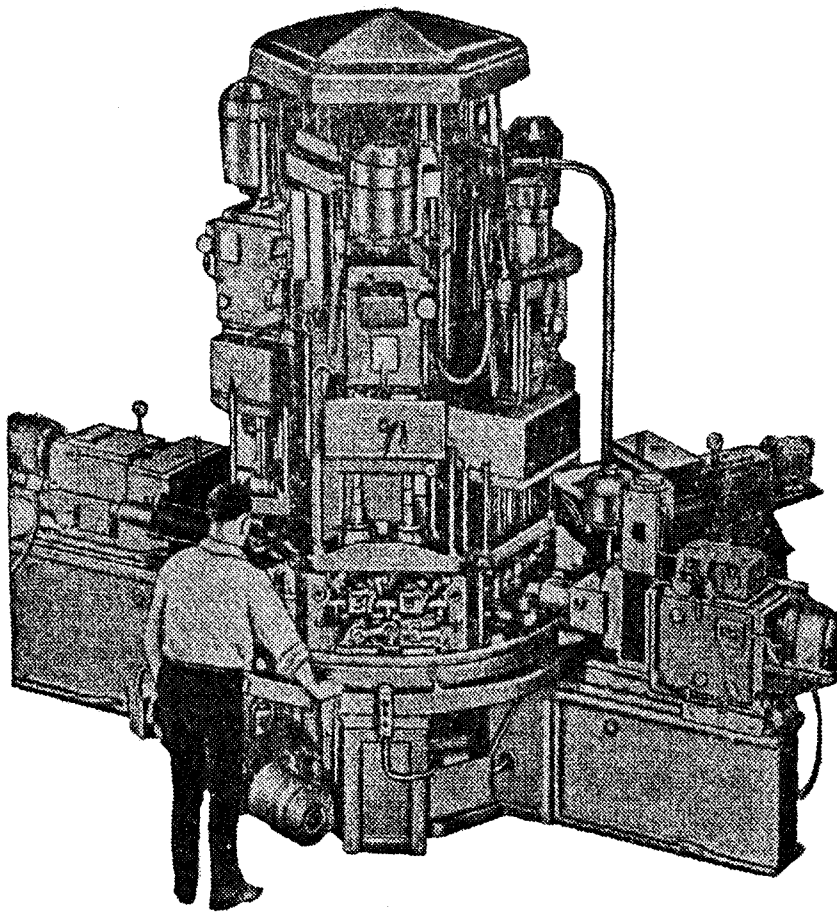
V stavbe jednoúčelových strojov sa už niekoľko desaťročí v značnej miere používajú stavebnice jednoúčelových obrábacích strojov. Stavebnicová, resp. modulárna koncepcia strojov sa javí ako vysoko efektívny a moderný spôsob znižovania nákladov a zvýšenia možnosti dodávať stroje, ktoré maximálne vyhovujú požiadavkám zákazníka.

Veľkou prednosťou stavby strojov zo stavebnice je, že väčšina uzlov sa vyrába vo väčších sériách, teda lacnejšie a kvalitnejšie. Veľmi dôležité je najmä značné skrátenie času stavby strojov, ale tiež nižšia cena strojov, vysoká spoľahlivosť jednotlivých uzlov stavebnice, jednoduchá obsluha a údržba. Pomocou takejto techniky sa vyrábajú súčiastky zložitých tvarov v hromadnej a veľkosériovej výrobe.

Charakteristickým znakom jednoúčelových strojov je široký rozsah typovej štruktúry a rôznych stavebných foriem. Pre danú technologickú úlohu je možné navrhnuť viacero variantov riešenia. Po analýze vlastností navrhnutých variantov je potrebné vybrať pre dané podmienky optimálny variant, ktorý už nevychádza z intuície konštruktéra, ale je výsledkom systematického postupu riešenia danej úlohy. Pri vyberaní optimálneho variantu riešenia rozhodujú nielen technické, ale aj ekonomické hľadiská. [19]

Základné princípy stavby jednoúčelových strojov spočívajú v týchto koncepcionálnych zásadách:

- stavba jednoúčelových strojov na viacvretenové obrábanie – používajú sa viacvretenové hlavy, ktorých vretená obrábajú súčiastku viacerými nástrojmi súčasne na viacerých miestach,
- stavba jednoúčelových strojov na viacstranové obrábanie – súčasné pôsobenie pracovných vretien alebo viacvretenových hláv na viacerých stranách obrobku pri jednom upnutí,
- stavba jednoúčelových strojov na viacpolohové obrábanie – vyžaduje sa polohovacie zariadenie na dopravu obrobkov (napr. otočný stôl). Rôzne operácie sa vykonávajú súčasne na viacerých obrobkoch a výmena obrobkov za polovýrobky sa uskutočňuje v jednej polohe polohovacieho zariadenia počas práce nástrojov v ostatných polohách.



Obr. 10 Jednúčelový stroj so stredovým stojanom [21]

Na Obr. 10 je zobrazený jednúčelový stroj so stredovým stojanom.

2.1.2 Automatické linky

Automatickými linkami nazývame také usporiadanie automatických strojov, ktoré je prepojené jedným spoločným dopravným zariadením, slúžiacim na dopravu obrobkov a je riadené

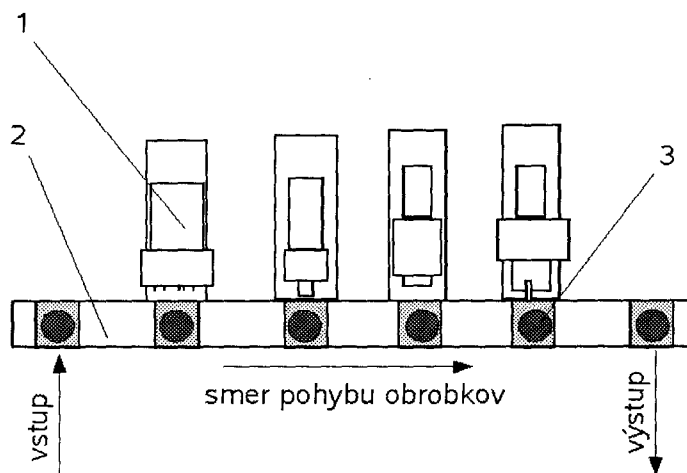
automatickým riadiacim systémom, ktorý zabezpečí spoluprácu medzi jednotlivými zariadeniami. Takéto linky sa dajú zostaviť z jednéhoúčelových, špeciálnych aj univerzálnych strojov. [3]

Definície automatických liniek od iných autorov sú podobné:

Automatická linka je zariadenie, v ktorom sa jednotlivé operácie technologického postupu na obrábanej súčiastke robia v pracovných staniciach, ktoré sú umiestnené za sebou pozdĺž vhodného presúvacieho mechanizmu alebo dopravníka. Celé toto zariadenie tvorí jednotný konštrukčný celok. Jednotlivé pracovné stanice sú zoradené za sebou do úsekov tak, že obrobok je opracovaný buď celkom, alebo je na ňom vykonaná technologicky súvislá časť operácií. [13]

Automatická linka je sústava automatických strojov spojených dopravným zariadením, v ktorej sa vychodzí materiál (polovýrobok) premieňa na nový produkt (výrobok) pri postupnom prechádzaní všetkými pásmami sústavy bez zásahu človeka.[17]

Na Obr. 11 je znázornená schéma automatickej výrobnéj linky.



Obr. 11 Schéma automatickej výrobnéj linky

1 – pracovné stanice, 2 – dopravník, 3 – obrobky

Už v 30. rokoch 20. storočia vznikla požiadavka na možnosť rýchleho prestavania takejto linky na výrobu iného výrobku. Túto požiadavku sa podarilo splniť vyvinutím takzvaných stavebnicových obrábacích strojov. Na riadenie sa využívali možnosti súdobej automatizácie.

Už v 50. rokoch sa ukázalo, že najväčší potenciál strojárskkej výroby je v možnosti rýchlej reakcie na požiadavky trhu. V súčasnosti objem veľkosériovej a hromadnej výroby v strojárstve dosahuje len okolo 20 % z celkovej výroby.

Ďalší rozvoj strojárskkej výroby bol motivovaný hlavne týmito činiteľmi:

- v hromadnej výrobe – rýchlejšia návratnosť zložitých systémov využívajúcich nepružnú automatizáciu.
- v malo a stredne sériovej výrobe – nízka produktivita napriek rozvoju technológie výroby.

Postupom času sa menili aj požiadavky trhu. Tieto sa stále viac diferencovali. Skrátil sa cyklus obmeny výrobkov. Možnosti prvých pružných riadiacich systémov založených na prestaviteľných narážkach sa vyčerpali.

Zvrat v tejto situácii nastal až s príchodom NC techniky. V tomto období sa začal aj prudký rozvoj počítačovej techniky, ktorý prispel veľkou mierou aj k rozvoju strojárskkej výroby. Použitím tejto novej techniky sa stali výrobné stroje podstatne pružnejšie a lacnejšie. Pružná automatizácia poskytuje aj v kusovej výrobe mnohé z tých výhod, ktoré poskytuje nepružná automatizácia len v hromadnej a veľkosériovej výrobe. [19]

2.1.3 Pružné automatizované výrobné systémy

Do kategórie pružných automatizovaných výrobných systémov zahrňujeme jedno, alebo viac technologických pracovísk u ktorých sú všetky hmotné a nehmotné (informačné) vstupy a výstupy automatizované; tvoria jeden ucelený systém s centrálnym riadením. Základné rozdelenie automatizovaných výrobných systémov zohľadňuje počet strojov v systéme a pružnosť výroby (rýchlosť prispôsobenia sa požiadavkám trhu). Podľa tejto klasifikácie rozoznávame tri základné typy pružných automatizovaných výrobných systémov:

- **pružné výrobné bunky** s jedným až tromi výrobnými strojmi – sú charakterizované najvyšším stupňom pružnosti, t. j. široký sortiment vyrábaných súčiastok v malých dávkach (kusová a malosériová výroba),
- **pružné výrobné systémy** pozostávajúce z troch a viac strojov (10, 15 až 20, výnimočne aj viac strojov) – charakterizované nižším stupňom pružnosti, t. j. užší sortiment súčiastok vyrábaných vo väčších dávkach (malosériová a sériová výroba),

- **pružné výrobné linky** – charakterizované najnižším stupňom pružnosti, t. j. úzky sortiment súčiastok vyrábaných vo veľkých dávkach (výroba vo väčších sériách).

Pružné výrobné systémy (PVS), pružné výrobné bunky (PVB), resp. pružné výrobné linky (PVL) sa v súčasnosti budujú najmä pre oblasť kusovej, malosériovej, resp. sériovej výroby. Slovo „pružný“ v pružných automatizovaných výrobách môže byť interpretované ako „ľahko“ a „rýchlo“ sa prispôsobujúci alebo „zmeny schopný“, teda systém je schopný vyrábať odlišné súčiastky bez časového sklzu pri častej zmene výrobného programu.

Podľa literatúry [19] je definícia pružnej výrobnej bunky takáto:

Pružná výrobná bunka je číslicovo riadený stroj (obrábacie centrum), ktorý po vybavení zodpovedajúcimi prídavnými zariadeniami je schopný pracovať v ohraničenom čase bez obsluhy.

Menované prídavné zariadenia slúžia najmä na manipuláciu s obrobkami a nástrojmi a na ich kontrolu:

- zásobník obrobkov a zariadenie na výmenu obrobkov
 - ▶ dostatočne veľký zásobník obrobkov, v ktorom sú pripravené obrobky alebo súčiastky na paletách,
 - ▶ automatická výmena obrobkov,
- zásobník na uloženie hotových opracovaných častí,
- kontrola nástrojov ,
 - ▶ kontrola nasadených nástrojov na zlomenie a opotrebenie,
 - ▶ výmena za podobný nástroj pri prekročení hranice opotrebenia,
- kontrola obrábania / kontrola kvality,
 - ▶ preskúšanie dodržania vybraných rozmerov vyrábaných obrobkov,
 - ▶ vloženie vhodných snímačov priamo na stroj, alebo kontrola mimo stroja na meracom zariadení. Priame ovplyvnenie korekcií nástroja podľa výsledkov merania.

Podľa rovnakého zdroja je definícia pružného výrobného systému takáto:

Pružný výrobný systém integruje niekoľko výrobných zariadení, ktoré sú spojené do jedného funkčného celku cez spoločný riadiaci a dopravný systém tak, aby mohli na jednej strane automaticky vyrábať, na druhej strane vykonávať rozdielne technologické operácie v danom rozsahu.

Základné znaky pružného výrobného systému sú:

- integrovanie niekoľkých od seba nezávislých NC, resp. CNC – strojov na obrábanie daného spektra obrobkov,
- komplexné obrábanie,
- automatická doprava obrobkov do pracovného priestoru obrábacieho stroja. Doprava je ovládaná individuálne, nie v takte.

Dopravné a polohovacie zariadenia v pružnom výrobnom systéme sú závislé predovšetkým od tvaru a veľkosti obrobkov. Nerotačné obrobky sú upnuté na paletách, obrobky rotačne symetrické sa tiež paletujú, ale manipuluje sa s nimi napr., pomocou portálového manipulačného zariadenia s chápadlom. Takéto dopravné zariadenie sa dá použiť aj na dopravu nástrojov.

Projekt dopravného systému musí obsahovať aj polohovacie zariadenia.

Ďalšími komponentami pružných výrobných systémov môžu byť: sklad polovýrobných, sklad upínačov, pracovisko na nakladanie polovýrobných na palety, polohovanie polovýrobných, dopravný systém obrobkov, NC a CNC – obrábacie stroje, obrábacie centrá, zásobníky nástrojov, nastavovanie nástrojov, riadenie strojov, dopravný systém nástrojov a pod.

V literatúre [19] je pružná výrobná linka definovaná takto:

Pružná výrobná linka (PVL) je automatizovaná výrobná sústava, ktorej najčastejšie nasadenie je v oblasti strednesériovej výroby s opakovane zadávanými súčiastkami menšieho sortimentu. Vo výrobných linkách sa obvykle obrába jeden typ súčiastok v 3 až 10 modifikovaných vyhotoveniach. Hmotný tok v PVL je presne definovaný a menia sa len časti doplnkových operácií, ktoré podľa potreby sú zaraďované alebo vypúšťané. Linky sú tvorené špecializovanými technologickými pracoviskami, ktoré sú v menšom rozsahu doplnované štandardnými NC strojmi. Všetky pracoviská sú prepojené dopravným zariadením, ktoré umožňuje presun obrobkov medzi technologickými pracoviskami. Ako dopravné zariadenia sa v rozhodujúcej miere používajú valčekové, kladkové, reťazové alebo pásové trate, prípadne podvesné dopravníky, ktoré majú súčasne akumuláciu schopnosť, a tým vyrovnávajú rozdielny rytmus obrábania na jednotlivých technologických pracoviskách. Vo výrobných linkách sa vo veľkom rozsahu používajú špeciálne sady upínacích prípravkov, viacvretenové hlavy a špeciálne rezné nástroje. Tieto výrobné pomôcky sú pre daný výrobný program k dispozícii vo výrobnej linke a k ich výmene dochádza iba pri otupení alebo poškodení. Pri obrábaní súčiastok po výrobných dávkach sa vo výrobnej linke používajú výrobné pomôcky len na obrábaný druh súčiastok a pri prechode na nový druh je zavedená nová sada výrobných pomôcok.

2.2 Princípy riadenia pohybu automatických výrobných zariadení

Automatické obrábacie stroje sú také výrobné zariadenia, ktoré vykonávajú pracovné postupy podľa vopred pevne stanoveného programu. Tento program obsahuje:

- operácie potrebné na výrobu,
- technologické parametre jednotlivých operácií,
- časovú postupnosť vykonávania jednotlivých technologických operácií.

Informácie o jednotlivých operáciách obsahujú:

- geometrické údaje – tieto údaje určujú geometrický tvar výrobku,
- technologické údaje – tieto údaje určujú technologické parametre danej operácie (rezná rýchlosť, posuv ...),

Informácie potrebné na obrábanie v rámci jednej operácie sú:

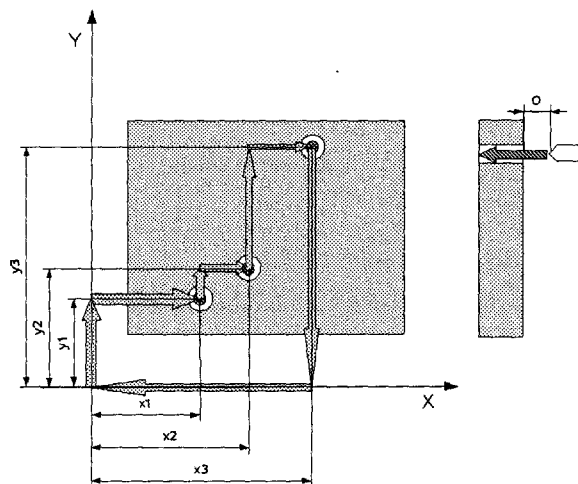
- informácie o dráhe – určujú zmenu polohy pohyblivých častí stroja (stôl, suport ...)
- informácie ohľadne zapnutia – tieto informácie riadia procesy zapnutia a vypnutia funkcií stroja (prívod chladiacej kvapaliny ...)

Výrobný stroj môže mať tieto druhy riadenia:

- **analogové riadenie** – informácie o dráhe sú uložené v analogovej forme (spojité), toto je prípad vačky a narážkovej lišty),
- **digitálne riadenie** – informácie sú uložené v číslicovej forme (nespojité), toto je prípad číslicového riadenia, diernej pásky atď.

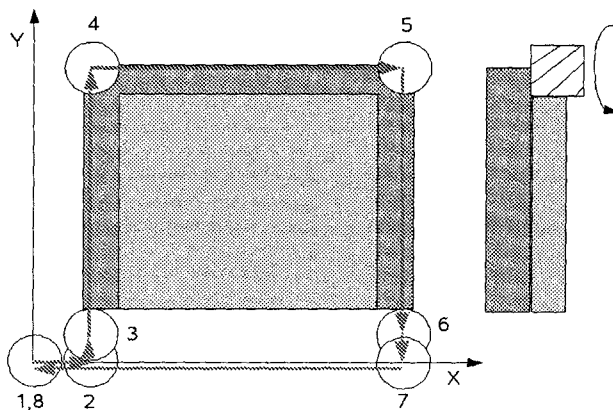
Poznáme tri základné druhy riadenia pohybov obrábacích strojov:

- **bodové riadenie pohybov** – umožňuje presné nastavenie do vyžadovaných bodov. Počas nastavovania sa do bodu nástroj nie je v kontakte s obrobkom. Poradie pohybov na nastavenie sa do bodov nemá vplyv na výsledok operácie. Tento spôsob riadenia sa zvyčajne používa pri vŕtačkách. Nastavenie sa realizuje pozdĺž dvoch osí (X, Y) v pravouhlých súradniciach. Pohyb pozdĺž tretej osi (Z) je pracovný pohyb [6].



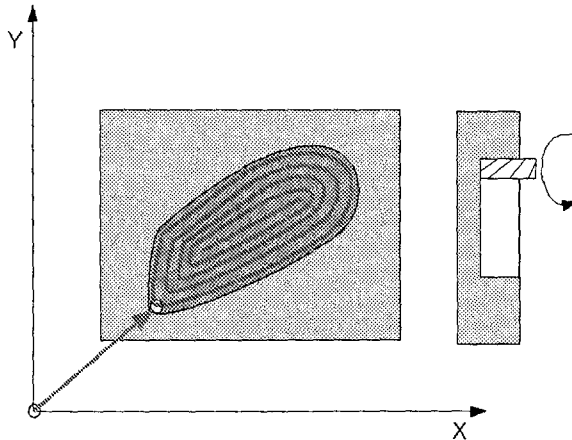
Obr. 12 Princíp bodového riadenia pohybov výrobného stroja

- pravouhlé riadenie pohybov** – nazýva sa tiež **úsekové riadenie**. Umožňuje obrábanie v smeroch rovnobežných so súradnicovými osami. Na rozdiel od bodového riadenia je nástroj počas týchto pohybov v kontakte s obrobkom – sú to pracovné pohyby a vytvárajú obrobenú plochu. Pohyb je umožnený vždy iba pozdĺž jednej osi súradnicového systému. Tento spôsob riadenia sa môže využívať na sústruhoch pri sústružení stupňovitých hriadeľov, alebo pri frézovaní rovinných plôch, ktoré vzájomne zvierajú pravý uhol. Pri určovaní dráh nástroja je treba uvažovať aj s priemerom nástroja.



Obr. 13 Princíp pravouhlého riadenia pohybov výrobného stroja

- **súvislé riadenie pohybov** – nazýva sa tiež **dráhové riadenie** a umožňuje výrobu ľubovoľnej plošnej, alebo priestorovej krivky na obrobku. V tomto prípade je neustály vzťah medzi posuvom a dvoma, tromi alebo aj viacerými súradnicovými osami. Najčastejšie sa používa pri kopírovacích strojoch a pri číslicovo riadených strojoch.



Obr. 14 Princíp súvislého riadenia pohybov výrobného stroja

2.3 Kopírovacie riadenie

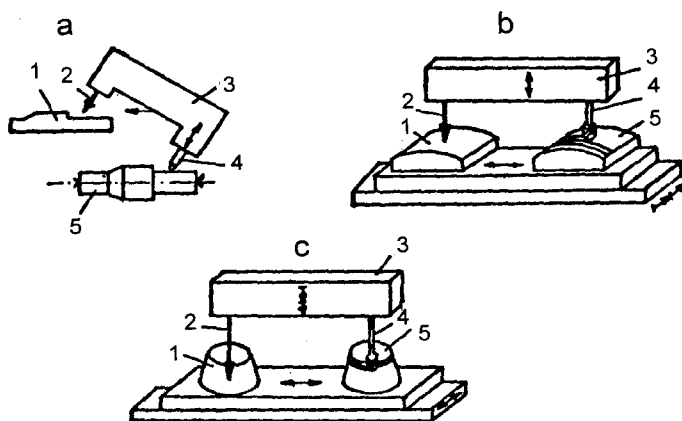
Kopírovacie systémy riadenia umožňujú zhotovenie tvarovo zložitých obrobkov, ktorých tvar a rozmer sa čo najpresnejšie snímajú z modelu (šablóny). Transformácia týchto informácií sa uskutočňuje dotykom najčastejšie na elektrické alebo hydraulické signály, ktoré potom cez polohové servomechanizmy ovládajú posuv v jednotlivých smeroch.

Kopírovacie riadenie môže ovládať obrábací stroj pozdĺž:

- jednej osi – v tomto prípade dotyk dáva signály len na pohyb nástroja pozdĺž jednej osi, pozdĺž ostatných osí sa nástroj pohybuje len na základe narážok. Tento druh je najčastejšie používaný, lebo jeho stavba je veľmi jednoduchá a má vysokú spoľahlivosť. Používa sa

zvyčajne pri kopírovaní sústružení, kde sa ovláda prísuv noža. Jeho obmedzenie spočíva v tom, že nie je možné vytvoriť ľubovoľnú dráhu nástroja, tento prípad je na Obr. 15a.

- dvoch osí – v tomto prípade kopírovacie riadenie ovláda pohyb nástroja v dvoch navzájom kolmých smeroch, tento prípad je na Obr. 15b, c
- troch osí – v tomto prípade kopírovacie zariadenie ovláda pohyb nástroja po všetkých troch osiach. Tento druh kopírovacieho riadenia je málo používaný, lebo obrok, ktorého rozmery sa menia v troch osiach je možné obrobiť aj kopírovaním po jednotlivých riadkoch.



Obr. 15: Kopírovacie riadenie pozdĺž jednej a dvoch osí

a – kopírovanie pozdĺž jednej osi, b, c – kopírovanie pozdĺž dvoch osí

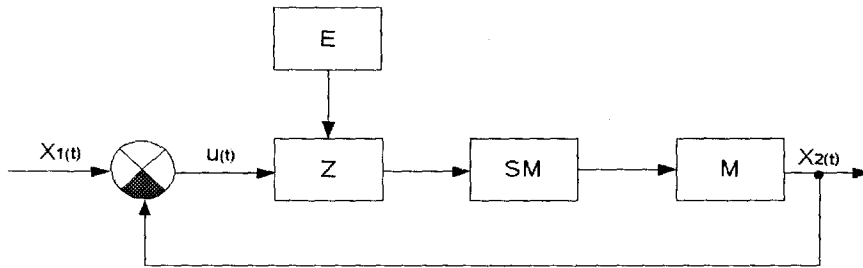
1 – šablóna, 2 – kopírovací dotyk, 3 – kopírovacie zariadenie, 4 – nástroj, 5 – obrobok

Pri kopírovacích systémoch je možné využiť princíp súvislého riadenia v určitom rozsahu tvaru dráhy nástroja. Informácie o dráhe nástroja sú uložené v analógovej forme v rozmeroch a tvare šablóny. Na Obr. 16 je zobrazená bloková schéma polohového servomechanizmu na princípe ktorého sú založené všetky kopírovacie systémy. Na vstupe a výstupe polohového servomechanizmu sú časovo premenné veličiny $X_{1(t)}$ a $X_{2(t)}$, ktoré zodpovedajú polohe jednotlivých mechanických častí. V obvodoch polohového servomechanizmu sa vytvára rozdiel medzi vstupnou a výstupnou súradnicou. Tento rozdiel zodpovedá polohovej odchýlke.

$$u_{(t)} = X_{1(t)} - X_{2(t)}$$

Polohová odchýlka $u_{(t)}$ sa v zosilňovači **Z** zosilní a takto môže ovládať servomotor **SM**. Do zosilňovača sa ešte privádza energia z externého zdroja **E**.

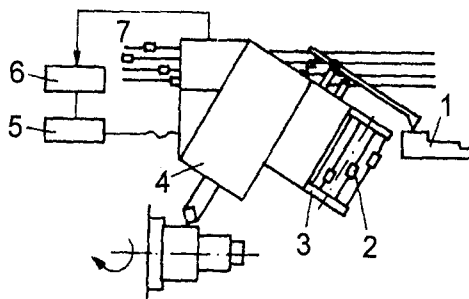
Na ovládanie servomotora je dôležitý smer odchýlky (kladný, záporný) $u(t)$, a aj veľkosť odchýlky. Servomotor poháňa ovládanú časť stroja, ktorá má výstupnú súradnicu $X_{2(t)}$, toto pôsobenie však nie je jednostranné, pretože hmota M , ktorá je spojená cez prevody so servomotorom má na jeho chod spätne vplyv. Výstupná súradnica $X_{2(t)}$ je vedená späť do porovnávacieho člena, kde pôsobí na veľkosť polohovej odchýlky $u(t)$. Hovoríme, že systém má polohovú spätnú väzbu.



Obr. 16 Bloková schéma polohového servomechanizmu

$X_{1(t)}$ – vstupná súradnica, $X_{2(t)}$ – výstupná súradnica, $u(t)$ – polohová odchýlka, Z – zosilňovač, SM – servomotor, M – ovládaná hmota, E – zdroj vonkajšej energie

Informácie o zopnutí jednotlivých pohonov či prídavných zariadení sú uložené na narážkovej lište. Princíp kopírovacieho riadenia v prípade sústruženia je na Obr. 17.



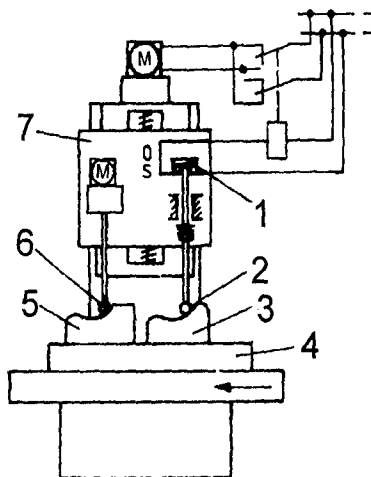
Obr. 17 Princíp kopírovacieho sústruženia [6]

1 – šablóna, 2 – náradžky, 3 – náradžkový valec, 4 – kopírovacia hlava, 5 – akčná jednotka, 6 – vonkajšia pamäť spínacích informácií, 7 – náradžky na narážkovej lište

Na kopírovacom sústruhu je tvar šablóny I snímaný počas automatického pracovného cyklu pomocou hydraulického dotyku, ktorý tento tvar mení na príslušný pohyb nástroja. Otáčky vretena,

smery a rýchlosti jednotlivých posuvov, sú dané umiestnením narážok v narážkovej lište 7. Tieto narážky spínajú vtedy, keď sa kopírovacia hlava 4 dostala do vyžadovanej polohy. Spínajú spínače umiestnené vo vonkajšej pamäti spínacích informácií 6. Hĺbka záberu nástroja je nastavená pomocou narážok 2 na narážkovom valci 3.

Kopírovacie frézovačky sa používajú najmä na výrobu dutín nástrojov, rôznych zahĺbení, vačiek a podobných súčiastok. Schéma kopírovacej frézovačky je na Obr. 18.



Obr. 18: Schéma kopírovacieho frézovania [6]

1 – prepínač, 2 – snímací dotyk, 3- šablóna, 4 – krížový stôl, 5 – obrobok, 6 – nástroj, 7 – zvislý suport

Prenos pohybu snímacieho dotyku na pohyb nástroja môže byť:

- elektrický,
- hydraulický,
- mechanický,
- kombinovaný.

Najvýhodnejší je elektrický a elektro–hydraulický prenos, lebo v týchto prípadoch sa vznikajúce rezné sily neprenášajú späť na dotyk. Kopírovacie riadenie je výhodné používať najmä pri veľkých obrobkoch, lebo pomerná nepresnosť je v takomto prípade menšia.

Statické vlastnosti jednoosých kopírovacích systémov sú dané ich statickými charakteristikami. Ustálený stav vznikne vtedy, keď sa systém po odznení prechodových dejov pohybuje rovnomernou

(alebo nulovou) rýchlosťou pri pôsobení konštantných (alebo nulových) síl. Presnosť systému v ustálenom stave môžeme určiť tromi základnými veličinami:

Statická necitlivosť – predstavuje hodnotu zmeny polohovej odchýlky pri zmene zmyslu pohybu (zmeny zmyslu trecích síl).

Statická tuhosť – je daná pomerom zmeny vonkajšej sily (jej zložky v smere kopírovacieho pohybu) a odchýlky spôsobenej touto silou.

Statické zosilnenie systému – je pomer zmeny rýchlosti v ustálenom stave k zmene polohovej odchýlky, ktorou bola vyvolaná. Chyby kopírovacích systémov v ustálenom stave sú približne priamoúmerné týmto rýchlostiam.

Z dynamického hľadiska ide pri kopírovacích systémoch predovšetkým o zasprávanie dynamickej stability systému počas všetkých prevádzkových podmienok. Dôležitá je rýchla reakcia systému v prechodových dejoch a dobrý útlm týchto dejov. Požiadavka vysokého zosilnenia, aby odchýlky boli čo najmenšie zvyšuje riziko nestability.

Podľa použitých polohových servomechanizmov môžeme kopírovacie systémy rozdeliť na:

- nespojité,
- spojité.

2.3.1 Nespojité kopírovacie systémy

Tieto systémy rozlišujú len niektoré diskrétny stavy (vpred, stoj, vzad). Použitím kontaktných spínačov a elektromagnetických spojok sa vytvorili servopohony pre kopírovacie stroje s krátkymi reakčnými časmi.

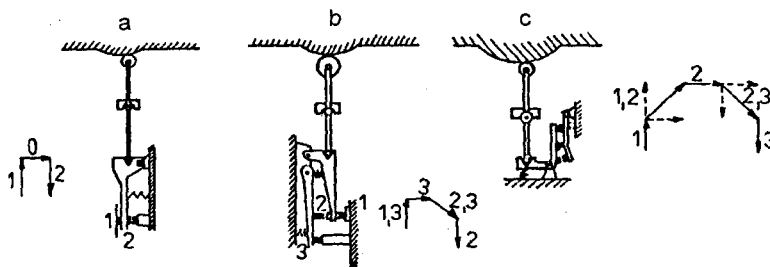
Na Obr. 19 sú znázornené príklady troj, štvor a päťpolohových kopírovacích dotykov.

Trojpolohový dotyk pracuje s dvomi kontaktmi tak, že pokiaľ je palec dotyku v nulovej polohe, je kontakt 1 uzavretý. Po nabehnutí na šablónu sa dotyk odkloní a kontakt 1 sa rozopne. Ďalší pohyb dotyku na šablóne sa zastaví a súčasne sa zapne kopírovací posuv. Pri ďalšom vychýlení sa zapojí kontakt 2, ktorý zastaví kopírovací posuv a zapne prísuv k šablóne. Takýto dotyk je na Obr. 19a.

Štvorpolohový dotyk má tri kontakty. V nulovej polohe je prísuv dotyku k šablóne zapojený cez kontakty 1 a 3. Pri malom axiálnom, alebo radiálnom vychýlení dotyku sa odpojí kontakt 1 a zapojí sa kopírovací posuv. Pri väčšom vychýlení palca dotyku sa uzavrie kontakt 2, a tým sa prepne ďalší pohyb dotyku na kopírovací posuv. Dotyk a nástroj sa v tomto prípade pohybujú pod rovnakým

uhlom. Pri ešte väčšom vychýlení palca dotyku (osadenie, veľký sklon obrysu súčiastky) sa rozpojí kontakt 3, a tým sa kopírovací posuv zastaví. Takýto dotyk je na Obr. 19b.

Pri päťpolohovom dotyku sa používajú tri kontakty, ktoré zapínajú prísuv dotyku, kopírovací posuv a odsun dotyku. Súčasným spínaním susedných kontaktov (1+2, 2+3) sa dosahujú výsledné pohyby zložené z pohybov dotyku vpred a kopírovacieho posuvu, alebo z pohybu dotyku vzad a kopírovacieho posuvu. Takýto dotyk je na Obr. 19c.



Obr. 19 Elektromechanické kopírovacie dotyky

a – trojpolohový dotyk, b – štvorpolohový dotyk, c – päťpolohový dotyk

1, 2, 3, - jednotlivé kontakty

Pre tieto systémy je charakteristická stupňovitá štruktúra povrchu, ktorá je závislá od rýchlosti kopírovacieho posuvu, uhla sklonu kopírovaného tvaru, okamžitej polohy suportu a časových konštánt systému. To znamená, že povrch šablóny sa pomocou takéhoto systému nedá bezchybne kopírovať.

Pri obrábacích strojoch s veľkými pohybujúcimi sa hmotami pri vyšších rýchlostiach kopírovacieho posuvu nastane prebehnutie polohy v dôsledku zotrvačnosti.

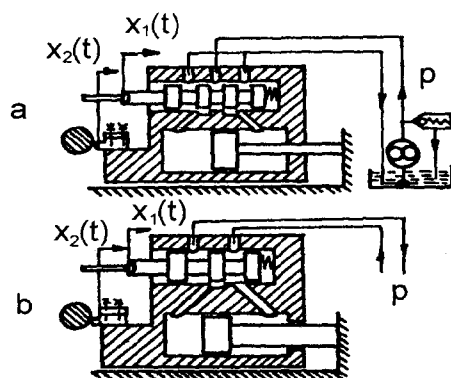
Tieto systémy sa používajú len pri veľkých obrábacích strojoch, lebo majú tieto výhody:

- je vhodný na preklopenie veľkých (dlhých) pohybov,
- rezné sily nemajú vplyv na kopírovacie zariadenie,
- relatívna veľkosť nepresnosti je pri veľkých súčiastkach menšia.

2.3.2 Spojité kopírovacie systémy

Spojité kopírovacie systémy sa používajú pri kopírovaní zložitých tvarov na stredne veľkých a menších obrábacích strojoch. V týchto systémoch býva prenos signálu najčastejšie hydraulický, alebo elektro-hydraulický.

Dotyk býva vyhotovený ako jedno, dvoj, troj alebo štvorhranový systém založený na riadiacom posúvači, ktorý škrtí prívod hydraulickéj kvapaliny. Schéma spojitého hydraulického kopírovacieho systému je na Obr. 20.



Obr. 20 Schéma hydraulického kopírovacieho zariadenia

a – štvorhranový symetrický systém, b – dvojhranový nesymetrický systém

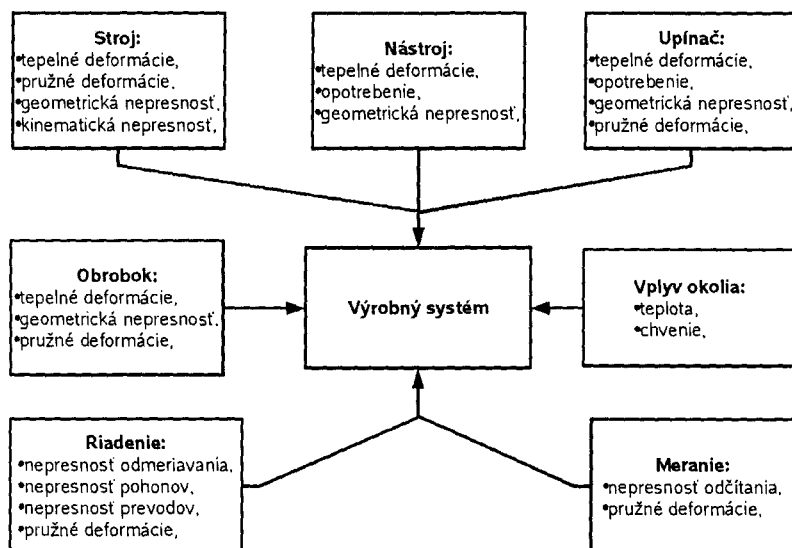
Polohová odchýlka je pri správnej funkcii systému zanedbateľná (stotiny mm), ale pomocou škrtiacich hrán hydraulického posúvača sa vytvárajú veľké zmeny tlaku v prevodových rúrach hydraulického motora, čím sa prejavuje funkcia zosilňovača.

2.3.3 Nastavovanie kopírovacích strojov

Najprv je treba umiestniť šablónu na upínaciu časť stroja. Šablóna sa zvyčajne vyrobí rozmerovo zhodná s vyžadovaným výrobkom. Môže to byť napríklad prvý vyrobený kus, alebo prototyp. Veľmi často je šablóna vyrobená z plechu a má tvar obrysu obrobku. Pri elektromechanickom kopírovaní na šablónu pôsobia len malé sily a preto môže byť vyrobená z dreva, alebo plastu (toto sa často vyskytuje pri kopírovaní dutín). Na narážkovej lište sa nastavujú narážky, ktoré budú spínať ostatné funkcie stroja. Potom nasleduje spustenie celého automatického cyklu prvýkrát ešte bez obrobku. Keď sa vykoná bezchybne, môže sa upnúť obrobok a začať výroba.

2.4 Geometrické riadenie

Na pracovnú presnosť obrábacích strojov pôsobí veľa rušivých vplyvov, ktoré sú schematicky znázornené na Obr. 21. Tieto vplyvy spôsobujú rôzne systematické a náhodné odchýlky presnosti.



Obr. 21 Vplyvy pôsobiace na presnosť výroby

Systematické odchýlky sú spôsobené predvídateľnými vplyvmi, ako je napríklad otupenie nástroja. Tieto odchýlky sa vyznačujú za rovnakých podmienok rovnakou veľkosťou a rovnakým zmyslom. Keďže sú to predvídateľné odchýlky, tak, je možné uvažovať s nimi už pri návrhu výrobného procesu a je možné prijať opatrenia na ich elimináciu.

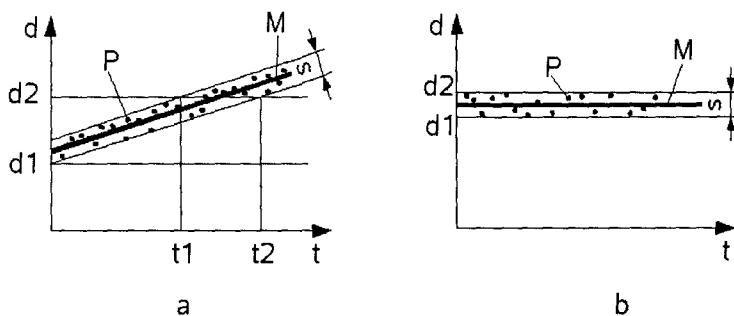
Náhodné odchýlky sa vyznačujú náhodným charakterom veľkosti aj zmyslu, je veľmi ťažké ich predvídať a preto je nemožné prijať opatrenia na ich elimináciu ešte pred ich výskytom. Tieto odchýlky spôsobujú, že výsledný rozmer obrábania nadobúda neistú hodnotu (hodnota v určitom intervale).

Úlohou geometrického riadenia je merať rozmery obrobkov a na základe nameraných hodnôt vykonávať zásahy do riadenia technologického procesu tak, aby výsledné hodnoty boli v rozsahu dovolenej tolerancie.

Na Obr. 22a je znázornený priebeh nameraných hodnôt bez použitia geometrického riadenia. Jednotlivé namerané hodnoty sa nachádzajú s istým rozptylom S okolo strednej hodnoty M . Po

určítom čase $t1$ sa v dôsledku vonkajších vplyvov (napr. opotrebenia nástroja) dostávajú namerané hodnoty nad úroveň maximálnej prípustnej hodnoty $d2$ – začnú sa vyrábať nepodarky, po istom čase $t2$ budú všetky vyrobené výrobky nepodarky.

Na Obr. 22b je znázornený priebeh nameraných hodnôt pri použití geometrického riadenia. V dôsledku stálych úprav v riadiacom programe je priamka znázorňujúca strednú hodnotu meranej veličiny M vodorovná. Tolerancia vyžadovaných hodnôt $d2 - d1$ môže byť podstatne užšia (v tomto prípade je totožná s náhodným rozptylom meraných hodnôt S).



Obr. 22 Nepresnosti pri výrobe

a – bez využitia geometrického riadenia, b – s geometrickým riadením

P – merané rozmery, M – stredná hodnota rozmeru, S – rozptyl nameraných hodnôt, $d1$ – spodná hranica prípustných hodnôt, $d2$ – horná hranica prípustných hodnôt, $t1$ – začiatok výskytu nepodarkov, $t2$ – všetky výrobky sú nepodarky

Poznáme tri základné druhy geometrického riadenia:

1. meranie hodnôt pred technologickým procesom – meranie obrobkov pred obrábaním,
2. meranie hodnôt počas technologického procesu – meranie obrobkov počas obrábania,
3. meranie hodnôt po technologickom procese – meranie obrobkov po obrábaní.

2.4.1 Riadenie s meraním hodnôt pred technologickým procesom

Meranie hodnôt pred technologickým procesom má význam v prípade, keď požiadavky na technologický proces značne kolíšu a výsledky merania sa dajú použiť na presné stanovenie parametrov pre nadchádzajúci technologický proces (napr zmena počtu záberov pri obrábaní). Často sa používa pri pružných výrobných systémoch, kde výsledky merania spracuje riadiaci počítač a na základe týchto údajov aktualizuje riadiaci program stroja.

2.4.2 Riadenie s meraním hodnôt počas technologického procesu

V priebehu technologického procesu sa snímajú hodnoty vyžadovanej veličiny. Tento druh riadenia predstavuje uzavretý regulačný obvod. Meracie zariadenie sníma hodnotu priamo počas technologickej operácie a po dosiahnutí nastavenej vstupnej hodnoty posiela signál z porovnávacieho obvodu do riadiaceho obvodu a ten posiela príslušný signál na akčný člen.

Výsledkom je praktické vylúčenie vzniku nepodarkov ako je to zobrazené na Obr. 22b.

2.4.3 Riadenie s meraním hodnôt po technologickom procese

Riadenie s meraním hodnôt po technologickom procese je možné realizovať použitím dvoch metód:

1. **Geometrické riadenie s meraním po technologickom procese s regulačným obvodom** – meranie sa vykoná v istých časových intervaloch a po každom meraní sa vykoná korekcia riadiaceho programu.
2. **Geometrické riadenie s meraním hodnôt po technologickom procese so štatistickým spracovaním informácií** – štatistické charakteristiky presnosti technologického procesu sa vypočítajú na základe empirických vzťahov stanovených z vybraných meraní a určí sa zodpovedajúca korekcia.

2.5 Adaptívne riadenie

Na zvýšenie presnosti technologického procesu sa začali používať systémy s automatickými regulátormi, ktoré udržiavajú vyžadované hodnoty parametrov v danom rozsahu bez podstatného zvýšenia zložitosti výrobných strojov. Napríklad sa používajú regulátory na udržanie konštantnej reznej sily, a tým sa zmenšujú nepresnosti spôsobené pružnými deformáciami v systéme SNOP.

Takéto riadenie sa nazýva riadenie podľa výstupného parametra – **adaptívne riadenie**.

Adaptívny systém prispôsobuje svoje vlastnosti meniacim sa podmienkam tak, aby svoje vlastnosti udržoval, alebo zlepšoval. Takýto systém musí vykonávať dve funkcie:

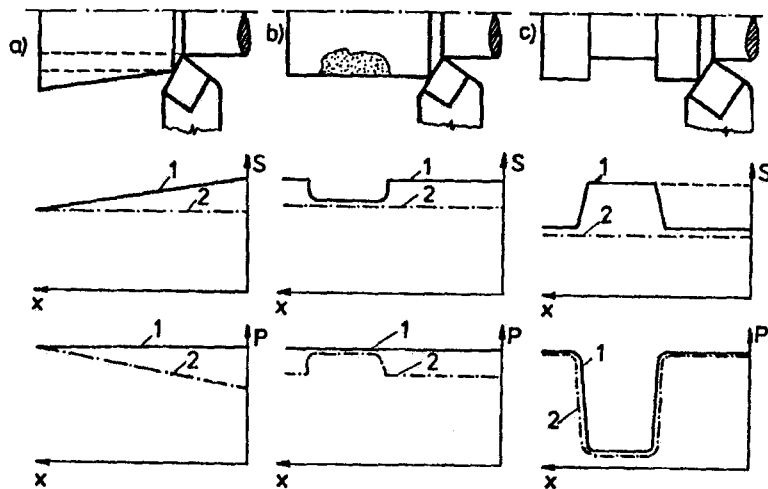
- identifikáciu,
- riadenie.

Základné úlohy adaptívneho riadenia spočívajú v:

- určení najefektívnejšieho riadenia,
- určení optimalizačného kritéria,
- návrhu regulačnej schémy,
- určení metód merania.

Adaptívne riadenie je možné rozdeliť takto:

- **Medzné adaptívne riadenie** – určené na udržanie hraničných hodnôt nastaveného parametra (maximálne rezné sily, maximálny krútiaci moment atď.). Princíp je zobrazený na Obr. 23, kde je vidieť priebeh posuvu S a výkonu P v závislosti od aktuálnych vlastností obrobku v troch prípadoch.



Obr. 23 Princíp medzného adaptívneho riadenia [5]

a - zmena prierezu odrezávanej vrstvy, b - zmena obrobiteľnosti materiálu, c - zmena geometrického tvaru

1 - s adaptívnym riadením, 2 - bez adaptívneho riadenia, S - posuv, P - výkon, x - dráha nástroja

Optimalizačné adaptívne riadenie – reguluje vstupné parametre tak, aby bola dosiahnutá optimálna úroveň efektívnosti (minimálne náklady na výrobu v závislosti od rezných podmienok, minimálny čas výroby, minimálne náklady pri konštantnej tolerancii výroby atď.). Optimalizácia vyžaduje matematickú formuláciu cieľovej funkcie a jej vyžadovaného extrému. V priebehu

technologickej operácie sa získavajú údaje meraním a aj výpočtom. Takéto riadenie pozostáva z dvoch hlavných modulov:

- *kalkulačný modul* – na základe nameraných hodnôt vypočítava okamžité hodnoty vyžadovaných parametrov,
- *optimalizačný modul* – riadi vstupné parametre na základe informácií z kalkulačného modulu, tak, aby sledované parametre dosahovali optimálne hodnoty.
- **Geometrické adaptívne riadenie** – umožňuje odstrániť tie vonkajšie vplyvy, ktoré nemôžeme vopred dostatočne presne predvídať (mechanické a tepelné deformácie v SNOP, vôľa v ložiskách a pod.). Používa sa napríklad natáčanie brúsiaceho vretenníka tak, aby os brúsiaceho kotúča bola rovnobežná s osou obrobku aj po pružnej deformácii vretena vplyvom rezných síl.

2.6 Číslicové riadenie

Pri tomto druhu riadenia sú všetky informácie potrebné na výrobu uložené v digitálnej forme v riadiacom programe. Vlastný program je ohraničená postupnosť oddelených skupín znakov, ktoré sa nazývajú **bloky** alebo **vety**. Každá veta obsahuje dva druhy informácií:

- **geometrické informácie** – výsledkom ich spracovania sú dráhy nosičov nástrojov,
- **technologické informácie** – na ich základe sú spínané ovládacie funkcie jednotlivých častí stroja (otáčky vretena, prívod chladiacej kvapaliny atď.)

Program je zaznamenaný na vhodné médium z ktorého je možné jeho ľahké opätovné načítanie. Pamäťové médiá môžu byť veľmi rôznorodé podľa súdobých technických možností (dierna páska, magnetické médium – disketa, disková pamäť PC).

Riadenie, ktoré je schopné prečítať všetky potrebné údaje vo forme alfanumerických znakov a na stroji ich realizovať bez potreby akéhokoľvek dodatočného nastavovania (nastavovanie dorazov, vačiek atď.) je obrovský krok smerom k realizácii pružných výrobných systémov. Použitie takýchto riadiacich systémov má niekoľko vážnych dôsledkov:

- Zaniká potreba orýsovávania, odpadá používanie mnohých prípravkov, modelov, šablón ako aj ich návrh, výroba a skladovanie.

- Číslíkový program sa dá veľmi jednoducho meniť, skrátiť sa nastavovacie časy. Toto je základ pre automatizáciu malosériovej a kusovej výroby.
- Podstatné zjednodušenie agendy, stačí archivovať program na vhodnom médiu.
- Zvýšenie kvality výroby odstránením chýb, ktoré do výroby vnášala obsluha.
- Je možné vyrábať aj veľmi zložité tvarové povrchy (lopatky turbín), ktoré sa dajú matematicky opísať.
- Možnosť komunikácie s PC je základom pre možnosť vzniku počítačom integrovanej výroby CIM.

Riadiace programy sú vytvárané zvyčajne mimo stroja a preto ich vytváranie neobmedzuje výrobu na danom stroji. Riadiace programy pre NC riadiace systémy je možné vytvárať ručne zápisom jednotlivých príkazov na pamäťové médium v správnom poradí, alebo pomocou špeciálneho programového vybavenia (v súčasnosti sa používa prakticky výhradne len druhý spôsob). Výmena takto vytvoreného programu je veľmi rýchla a preto je stroja z dôvodu zmeny programu sú zanedbateľné. Tento druh riadenia výrobných strojov je vhodný najmä pre malosériovú a kusovú výrobu veľmi rozdielnych súčiastok.

Číslíkové riadenie (NC) využíva všetky tri druhy riadenia pohybov výrobných strojov (bodové, pravouhlé, súvislé).

Číslíkové riadenie môžeme rozdeliť podľa použitia spätnej väzby na:

- **systémy bez spätnej väzby** – riadiaci systém vytvára podľa vstupných informácií dráhové prírastky pre každú súradnicu zvlášť. Dráhové impulzy sa spracovávajú na prírastky polohy pomocou krokového motora cez skrutku a maticu (pri každom impulze sa motor pootočí, cez prevodovku sa potočí aj pohybová skrutka a matica na nej sa posunie o dráhový prírastok). Dĺžka dráhy je závislá od počtu impulzov na motore a rýchlosť pohybu je závislá od frekvencie impulzov na motore. Presnosť je určená presnosťou kinematického reťazca. V prípade, že motor z nejakej príčiny nesleduje počet impulzov, môžu sa niektoré impulzy stratiť, a tým sú spôsobené rozmerové nepresnosti. Tieto systémy sa používajú so všetkými tromi druhmi riadenia pohybov, ale len pre menšie stroje.
- **systémy s pretržitou polohovou spätnou väzbou** – regulačný obvod je postavený z porovnávacieho člena, ktorý porovnáva zadané a odmerané hodnoty, zosilňovača, ktorý zosilňuje riadiace signály, akčného člena (pohon posuvu) a odmeriavacieho zariadenia, ktoré odmeriava aktuálnu polohu. Porovnávacie zariadenie porovnáva aktuálnu hodnotu, ktorú

získa z odmeriavacieho zariadenia s nastavenou hodnotou. V prípade rozdielu medzi nimi posiela signál na akčný člen, ktorý upraví hodnotu. Smer úpravy je závislý od znamienka z porovnania. V prípade zhody v porovnaní sa akčný člen zastaví. Tieto systémy nie sú vhodné na použitie so súvislým riadením pohybov.

- **systémy s nepretržitou spätnou väzbou** – v tomto prípade porovnávací člen vysiela signál na akčný člen tak, dlho, pokiaľ nie je dosiahnutá zhoda vstupu a výstupu. Tento diferenčný signál je nepretržite vedený na spojito regulovaný pohon. Tieto systémy môžu byť použité so všetkými tromi druhmi riadenia pohybov.

Prvá generácia NC riadiacich systémov bola založená na elektrónkach a na relé. Nevýhody elektrónok boli odstránené prechodom na polovodičové súčiastky, ale na spínanie sa naďalej používali elektromechanické relé, ktoré umožňujú vytvárať dostatočne rýchle a spoľahlivé kombinačné a sekvenčné obvody. Ich výhodou je aj galvanické oddelenie vstupu a výstupu, ich jednoduchosť a tiež ľahká vymeniteľnosť.

Druhá generácia NC riadiacich systémov vznikla prechodom na diskkrétne polovodičové súčiastky, použitím plošných spojov. Výroba druhej generácie NC riadiacich systémov skončila v 70. rokoch 20. storočia.

Tretia generácia NC riadiacich systémov sa vyznačuje použitím integrovaných obvodov, ktoré umožňujú minimalizovať počet prvkov.

Štvrtá generácia NC riadiacich systémov sa vyznačuje použitím vnútornej pamäte a mikroprocesorov. Táto generácia sa už vo veľkej miere prekrýva s CNC riadiacimi systémami.

V súčasnosti je možné číslicové riadenie rozdeliť do troch základných skupín:

- **Konvenčné riadiace systémy (NC)** – informácie môžu byť zadané ručne z panelu, alebo načítané z vhodného média. Informácie sú dekodované a rozdelené do dvoch skupín pamäťových registrov – registre na geometrické informácie a registre na technologické informácie. Sú vytvorené zvyčajne ako jednoúčelové riadiace systémy.

Geometrické informácie sú spracované všeobecne bez ohľadu na rozmery nástrojov. Skutočná dráha nástroja je potom daná superpozíciou teoretickej dráhy nástroja a korekcie dráhy nástroja podľa jeho skutočného rozmeru. Takto korigované informácie o dráhe nástroja sú potom spracovávané interpolátorom, ktorý vypočítava elementy dráhy v jednotlivých osiach, tak, aby bol pohyb medzi dvoma bodmi priamkový – **lineárny**

interpolátor, alebo časť kruhového oblúka – **kruhový interpolátor**. Výstupy z interpolátora sú riadiacimi veličinami na polohové servozariadenia.

Technologické informácie riadiaci systém prakticky nespracováva. Z pamäte ovládacích funkcií idú tieto informácie ako riadiace signály priamo na zariadenie, ktoré sa volá **prispôsobovacia logika**. Toto zariadenie je vlastne rozhraním medzi univerzálnym riadiacim systémom a konkrétnym strojom. Výstupné signály z tohto zariadenia po zosilnení idú na jednotlivé mechanizmy stroja.

- **Počítačové riadiace systémy (CNC)** – koncepcia tohto riešenia spočíva v tom, že jednoduchý a spoľahlivý počítač je vybavený špeciálnymi systémovými programami, ktoré sú určené na riadenie rôznych druhov obrábacích strojov. Je to obdoba operačného systému a preto je možné meniť vlastnosti riadiaceho systému bez zásahu do hardvérového vybavenia. Pri týchto systémoch je možné využiť na generovanie dráh nástrojov priamo matematický opis danej krivky a preto je možné viesť nástroj aj po inej dráhe ako je priamka, alebo kruhový oblúk (napr. parabola, hyperbola, spline atď.). Väčšinou sa však používa len kruhová a lineárna interpolácia, ale s tým rozdielom, že v tomto prípade je to výlučne softvérová záležitosť, zatiaľ čo pri NC riadení je to čiste hardvérová záležitosť. Spracovanie technologických informácií na CNC strojoch je riešené zvyčajne pomocou PLC.
- **Riadenie pomocou nadradeného počítača DNC** – nadradený počítač je prepojený s CNC (alebo len NC) riadiacimi systémami jednotlivých strojov. Nadradený počítač obhospodaruje jednotlivé riadiace programy strojov s ktorými je prepojený, zbiera informácie z týchto strojov a vyhodnocuje ich.

2.7 Prostriedky automatického riadenia

Technické prostriedky automatického riadenia môžeme rozdeliť do niekoľkých skupín podľa rôznych hľadísk. Niektoré prostriedky môžu byť zaradené aj v rôznych skupinách podľa toho ktoré hľadisko je dominantné. Hľadiská podľa ktorých rozdeľujeme tieto prostriedky sú tieto: [1]

1. podľa vzťahu k informáciám

- a) *prostriedky na získavanie informácií* – sú to rôzne čidlá a senzory. Ich význam spočíva v tom, že transformujú určitý fyzikálny, alebo chemický stav na veličinu, ktorú je možné pozorovať, kvantifikovať, prípadne je ľahko prenositeľná a spracovateľná. Často sa do tejto kategórie zahŕňajú aj prostriedky na transformáciu informácií.
 - b) *prostriedky na prenos informácie* – súvisia s druhom energie, ktorá je využívaná na prenos informácie. Druh použitej energie ovplyvňuje rýchlosť šírenia informácie, prenositeľný výkon, dosah signálu a podobne.
 - c) *prostriedky na spracovanie informácie* – sú veľmi rozmanité a slúžia na transformáciu vstupnej informácie na výstupnú informáciu, prípadne vytvárajú novú informáciu.
 - d) *prostriedky na uchovanie informácie* – sú to rôzne druhy pamätí. Pamäťové prvky umožňujú realizáciu sekvenčnej logiky a programovateľných zariadení.
 - e) *prostriedky na využitie informácie* – sú to zariadenia, ktoré transformujú vstupnú informáciu na zásah do riadeného procesu. Hovorí sa im aj **akčné prvky**.
2. podľa druhu signálu – prostriedky musia vedieť použiť signál spracovať. Signály môžu byť:
- a) *analógové (spojité)*,
 - b) *diskrétné (nespojité)*.
3. podľa energetického nosiča signálu – najčastejšie sa používajú tieto energetické nosiče signálu:
- a) *elektrická energia*,
 - b) *mechanická energia*,
 - c) *hydraulická energia*,
 - d) *pneumatická energia*.
4. podľa konštrukcie
- a) *jednouúčelové* – nie je možné ich použitie na iné ako dopredu úzko vymedzené úlohy. Ich konštrukcia je optimalizovaná na danú úlohu. Vyrábajú sa vo veľkých sériách, keď sa jednouúčelová konštrukcia oplatí. (Např. regulátor hladiny vody v splachovači, regulátor teploty vody v chladiči automobilu atď.)
 - b) *stavebnicové* – používajú sa v prípade keď narastá rôznorodosť použitia, ale klesá ich početnosť. Umožňujú pomocou niekoľkých základných stavebných jednotiek a ich kombinácií dosiahnuť veľký počet rôznych aplikácií.
 - c) *kompaktné* – je to plne vybavené riešenie, keď niektoré funkcie z hľadiska vyžadovanej úlohy ostávajú nevyužitú, ale v inej úlohe môžu byť využívané.

5. podľa interakcie s okolím

- a) *ochrana proti nebezpečnému dotyku* – dôležité najmä pri elektrických zariadeniach, ale aj pri horúcich či iným spôsobom nebezpečných zariadeniach,
- b) *ochrana proti klimatickým vplyvom* – vychádza z faktu, že klimatické podmienky môžu negatívne ovplyvňovať funkciu daného zariadenia.
- c) *ochrana proti nebezpečiu výbuchu* – v rôznych prevádzkach existuje nebezpečenstvo výbuchu a požiaru a zariadenia, ktoré sú tam používané nesmú byť iniciátormi týchto udalostí. Každé zariadenie pracujúce v takomto prostredí musí mať príslušný stupeň ochrany.

6. podľa funkcie

- a) *prostriedky na ovládanie,*
- b) *prostriedky na reguláciu,*
- c) *prostriedky na signalizáciu,*
- d) *prostriedky na zabezpečenie,*
- e) *prostriedky vyššieho stupňa riadenia,*
- f) *prostriedky na pomocné riadenie.*

2.7.1 Prostriedky na získanie informácií

Základné prvky informujúce o stave a činnosti technického zariadenia sú snímače (senzory). Tieto snímače transformujú zvolenú veličinu na vstupe na takzvanú mieronosnú veličinu na svojom výstupe. Veličina na vstupe môže byť meraná dvoma spôsobmi:

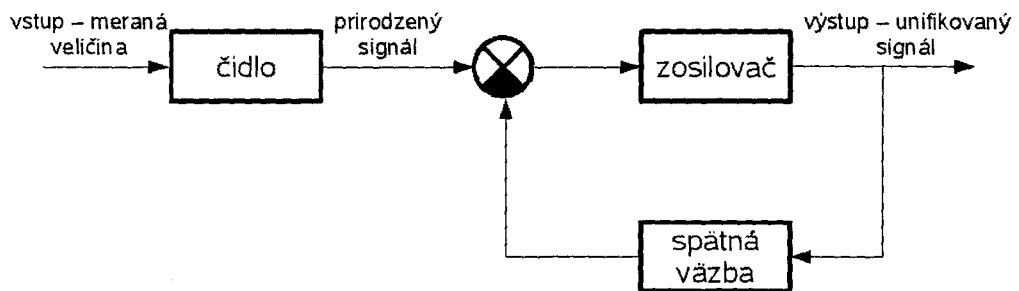
- priamo na základe jej definície (napr. objem),
- nepriamo.

Nepriame metódy vychádzajú zo známej a jednoznačnej funkčnej závislosti jednej meranej veličiny na inej meranej veličine (napr. elektrický odpor na teplote). Dôvodom tejto transformácie je jednoduchšie spracovanie transformovanej veličiny ako tej pôvodnej. Najčastejšie sa na spracovanie signálov používajú elektrické veličiny (napätie, prúd, odpor, kapacita, indukčnosť). V niektorých prípadoch sa používajú aj mechanické veličiny (pohyb, tlak tekutiny ...).

Dôvody pre použitie elektrických veličín sú tieto:

- možnosť diaľkového prenosu dát,
- jednoduché vykonávanie operácií s elektrickým signálom v analógovej aj v digitálnej forme,
- jednoduchý prevod analógového signálu na digitálny a naopak,
- možnosť použiť unifikovaný regulačný obvod pri riadení ľubovoľnej technickej veličiny,
- vysoká citlivosť a krátke reakčné časy.

Bloková schéma snímača je uvedená na Obr. 24.



Obr. 24 Bloková schéma snímača

Základným prvkom snímača je čidlo, ktoré transformuje meranú veličinu na veličinu ďalej spracovateľnú v zosilňovači.

Zapojením zosilňovača so zápornou spätnou väzbou, pri jeho dostatočne veľkom zosilnení sa dosiahne to, že celkový prenos obvodu je daný len vlastnosťami spätnoväzobného člena, takže všetky vplyvy, ktoré sú spôsobené negatívnymi vlastnosťami zosilňovača (nelinearita, šum ...) sú odstránené.

Presnosť meracieho reťazca je ovplyvnená aj tým, že na jednotlivé členy pôsobia poruchové veličiny, ktoré sa môžu rozdeliť na vnútorné a vonkajšie. Medzi vonkajšie poruchové veličiny patria najmä tlak, teplota, elektromagnetické pole a podobne. Vnútorne rušenie v elektrických systémoch spôsobujú najmä teplota a rôzne elektromagnetické polia vznikajúce v dôsledku činnosti daného systému.

Pre minimalizáciu vplyvov poruchových veličín sa používajú rôzne konštrukčné riešenia v závislosti od konkrétneho prípadu. Medzi konštrukčné riešenia patria napríklad:

- **kompensačný snímač** – používa sa vtedy, keď je možné realizovať snímač transformujúci rušivú veličinu na mieronosnú veličinu samostatne. Výstupné signály sa potom odčítajú.

- **diferenčný snímač** - používa dva meracie elementy, ktorých výsledné znamienka sú opačné, ale znamienka poruchovej veličiny sú totožné.
- **spätňoväzobný prevodník** – kompenzuje priamo meranú neelektrickú veličinu. Používa sa pri transformácii vstupného fyzikálneho signálu na jednotný signál čiže na prevod na iný druh energie výstupného signálu.
- **filtrácia poruchového signálu** – používa sa vtedy keď sa spektrá meraného a rušivého signálu neprekrývajú.
- **amplitúdová modulácia** – používa sa vtedy keď sa spektrá meraného a rušivého signálu prekrývajú.

Na snímače sú kladené rôzne požiadavky, ktoré je možné zhrnúť do týchto bodov:

- jednoznačná a definovaná závislosť medzi vstupnými a výstupnými veličinami,
- presnosť a reprodukovateľnosť výsledkov meraní, časová nezávislosť parametrov snímača,
- vhodný tvar statickej charakteristiky snímača, najlepšie lineárny s veľkou strmou a minimálnym prahom citlivosti,
- vhodné dynamické parametre (časová konštanta, frekvenčná charakteristika, šírka prenosového frekvenčného pásma ...),
- minimálna závislosť od vonkajších vplyvov,
- minimálne signálne zaťažovanie meraného objektu,
- jednoduchá konštrukcia a údržba, nízka cena,

Podľa vstupných neelektrických veličín je možné snímače rozdeliť do týchto skupín:

- snímače kinematických veličín (poloha, uhol, rýchlosť, zrýchlenie),
- snímače sily, krútiaceho momentu, tlaku,
- snímače prietoku tekutín,
- snímače hladiny,
- snímače tepelných veličín (teplota, teplo),
- snímače fyzikálnych a chemických vlastností tekutín,
- snímače optických veličín,
- snímače magnetických veličín.

2.7.2 Prostriedky na prenos informácií

Zdroje informácie technických systémov sú vytvárané vo veľkej miere výstupnými signálmi snímačov a často majú analógový charakter. Tento signál je potrebné transformovať na unifikovaný (jednotný) signál, nutný na vzájomné prepojenie prvkov riadiacich systémov rôznych výrobcov a výkonovo upraviť na prenos na väčšie vzdialenosti.

Pretože je riadiaca a meracia technika často zameraná na číslicové spracovanie dát, je potrebné vykonať prevod analógového signálu na digitálny pomocou analógovo–digitálneho prevodníka. Po digitálnom spracovaní je potrebné signál často transformovať na analógový, čo sa realizuje pomocou digitálne–analógového prevodníka. Na všetky uvedené funkcie je potrebné mať prostriedky, ktoré je možné rozčleniť do týchto skupín:

- prostriedky pre prenos informácie,
- signálové a medzisystémové prevodníky,
- analógovo–digitálne a digitálne–analógové prevodníky,
- prenos dát a siete.

Nie každý signál je možné spracovať priamo na mieste jeho vzniku a preto vznikla požiadavka na prenos signálu z miesta vzniku na miesto jeho spracovania, uloženia či využitia. Použitej energii signálu potom budú zodpovedať aj technické prostriedky použité na prenos (elektrická energia – vodiče, stlačený vzduch – hadičky).

Mechanický signál

Mechanické signály sú prenášané pomocou tiahel, bovdenov, ozubených či trecích prevodov a podobne. Niektoré z týchto prvkov môžu pôsobiť aj ako transformátory signálu. Dosah mechanického signálu býva zvyčajne krátky. Rýchlosť šírenia signálu je dostatočná, ale možné zotrvačné sily a trenie vyžadujú veľké sily na prestavenie.

Pneumatický a hydraulický signál

Tieto druhy signálov sa prenášajú rôznymi druhmi potrubí a môžu prenášať popri informácii aj výkon. Prenos výkonu sa pri elektrických signáloch neodporúča, pri optických sa nedá uskutočniť.

Pri prenose pneumatického signálu potrubím vzniká veľké oneskorenie, ktoré môže byť mnohonásobne väčšie ako je oneskorenie samotného prístroja. Používa sa iba tam, kde riadený prístroj má veľké časové konštanty.

Hydraulické systémy používajú na prenos signálu kvapalinu, ale pri podstatne vyššom tlaku (až desiatky MPa). V tomto prípade spôsobujú problémy zotrvačné sily prúdiacej kvapaliny. Pri náhlom zastavení prietoku v potrubí nastane tlakový náraz, ktorý môže poškodiť potrubie, alebo pripojený prístroj. Hydraulické potrubie sa volí čo najkratšie a nie je možné vytvorenie rozsiahlejšieho riadiaceho systému na báze hydrauliky. Rýchlosť šírenia informácie (tlakovej vlny) je podstatne vyššia ako v pneumatických systémoch a preto oneskorenie signálu je nepodstatné.

Elektrický signál

Na prenos elektrického signálu na pomerne krátke vzdialenosti (rádovo niekoľko kilometrov) môžeme vedenie považovať za obvod s takzvanými sústredenými parametrami a je možné aplikovať Kirchoffove zákony bez toho, aby nastali veľké odchýlky od skutočnosti vplyvom konečnej rýchlosti šírenia sa signálu. Pri prenose na veľké vzdialenosti sa však už začnú prejavovať odchýlky v dôsledku toho, že odpor, kapacita, indukčnosť sú rozdelené po celej dĺžke vedenia, ako aj to, že rýchlosť šírenia signálu je konečná. Prvýkrát sa toto prejavilo po položení telegrafného kábla cez Atlantický oceán. Správanie sa takéhoto vedenia je opísané dvoma diferenciálnymi rovnicami, ktorým sa hovorí telegrafické, alebo aj Thompsonove rovnice. Na základe týchto rovníc je možné určiť napätie a prúd v ľubovoľnom mieste vedenia a tiež sa dajú vypočítať optimálne podmienky na pripojenie dvoch rôznych vedení. Optimálne pripojenie dvoch rôznych vedení (prístrojov, obvodov) nastane vtedy, keď sa výstupná impedancia jedného rovná vstupnej impedancii druhého vedenia.

Elektrické signálne vodiče sú náchylné na rušenie elektromagnetickým poľom z vonkajšieho prostredia (indukuje sa v nich rušivý elektrický signál). Na zníženie takéhoto typu rušenia sa používajú rôzne metódy. Najčastejšie používané metódy sú:

- **tienenie** – elektrický vodič je vedený v kovovej rúrke, ktorá je uzemnená,
- **skrútenie (twist)** – elektrický vodič je v páre s uzemneným vodičom a sú skrútené, toto je účinnejší spôsob ako tienenie,
- kombinácia tienenia a skrútenia – najúčinnnejší spôsob ochrany pred rušením.

Optický signál

Prenos optického signálu je možný atmosférou, vákuom alebo pomocou rôznych svetlovodov. Pri tomto prenose sú nositeľom signálu elektricky neutrálne fotóny. Signál je možné prenášať v analógovej aj v digitálnej forme (digitálna forma je výhodnejšia) a svetelný lúč je možné modulovať prakticky všetkými známymi spôsobmi (amplitúdovo, frekvenčne, fázovo ...). Ako zdroj svetla sa v súčasnosti najčastejšie používajú rôzne druhy laserov, ktorých veľkou výhodou je, že dávajú koherentné a monochromatické svetlo.

Ako svetlovody sa využívajú rôzne druhy plastových, alebo sklenených vlákien. Pri svetlovodoch sa využíva princíp úplného odrazu svetla na rozhraní skla a okolia, alebo princíp postupného lomu svetla k osi vlákna.

Prednosti optických vlákien z hľadiska prenosu informácií sa môžu zhrnúť do týchto bodov:

- veľká šírka prenosového pásma,
- malý útlm signálu,
- odolné voči elektromagnetickému rušeniu,
- odolné voči interferenčnému rušeniu,
- odolné voči nepriaznivým podmienkam okolia (teplota, tlak, chemicky agresívne prostredie),
- prenos len malého množstva energie,
- nemôže spôsobiť výbuch, alebo požiar ani v prípade poškodenia,
- jednoduchá a lacná inštalácia,
- malé rozmery a hmotnosti,
- vysoká kvalita prenosu.

Optické vlákna majú aj svoje nevýhody:

- nie sú odolné voči radiácii – sklo tmavne,
- nemôžu prenášať napájajúcu energiu – sú nevodivé,
- nemôžu sa ohýbať do malého polomeru – potrebné dávať pozor najmä pri koncovkách.

2.7.3 Prostriedky na spracovanie informácií

Spôsob spracovania signálu závisí od druhu signálu a druhu energie, ktorá signál prenáša. Na spracovanie signálu je potrebné s daným signálom vykonať rôzne matematické a logické operácie. Logické operácie je možné vykonávať len na nespojitých (číslícových, digitálnych) signáloch, zatiaľ

čo matematické operácie (sčítanie, delenie, integrácia, derivácia ...) je možné vykonávať na spojitých (analogových) aj nespojitých signáloch.

Medzi základné operácie na spracovanie signálu patria:

- **zosilnenie** – zosilňovače majú za úlohu slabý signál zosilniť. V princípe ide o to, že slabým vstupným signálom ovládame väčší tok energie. Zosilňovače majú vždy napájanie,
- **logické operácie** – tieto operácie sú vykonávané len s diskretnými signálmi (logickými a aj s číslicovými). Číslicové signály sa spracovávajú aritmeticky, tieto operácie sú postavené na jednoduchých logických operáciách. Logické obvody môžu byť kombinačné, alebo sekvenčné a oba druhy využívajú Boolovu algebru. Výstupy kombinačných obvodov sú závislé len od kombinácie vstupov. Výstupy sekvenčných obvodov sú závislé od kombinácie vstupov aj od ich časového poradia.
- **matematické operácie** – zvyčajne sa vykonávajú na spojitých signáloch. Zmyslom týchto operácií je znížiť počet prenášaných signálov. Napríklad môžu vykonávať výpočet prietoku plynu na základe informácií o aktuálnom tlaku, teplote, rýchlosti prúdenia a prenáša sa len výsledná hodnota.
- **regulácia** – regulátor sa skladá zo snímača, regulačného člena a z pohonu. Základnou úlohou regulátora je vytvorenie regulačnej odchýlky (rozdiel medzi vyžadovanou a skutočnou veličinou), ktorú potom spracovávajú. Funkcie spracovania môžu byť nespojité („áno“ – „nie“, „viac“ – „0“ – „menej“), alebo spojité funkcie (násobenie konštantou – proporcionalita „P“, integrácia „I“ a derivácia „D“. Zložka „D“ je vždy spolu aj so zložkou „P“, alebo „I“. Najčastejšie sú používané „PI“, „PD“ a „PID“ regulátory, samostatne „P“ a „I“ regulátory sú používané len výnimočne.

2.7.4 Akčné prvky

K akčným prvkom radíme všetky prvky, ktoré sú určené na využitie spracovanej informácie. Sú to prvky, ktoré nastavujú akčné veličiny, čiže realizujú vstup do regulovaného systému. Zvyčajne sú to pohony a na ne nadväzujúce regulačné orgány (klapka, posúvač ...).

Pohony sú zariadenia, ktoré transformujú signál z regulačného orgánu (z prvku na spracovanie informácie) na výchylku konajúcu vyžadovanú prácu s vyžadovaným výkonom.

Regulačné orgány sú zariadenia na ovládanie toku hmoty, alebo energie v systéme.

V prípade ovládania toku niektorých energií sa používajú regulačné orgány, ktoré nie sú ovládané pohybom a preto nie je potrebný pohon.

Pri niektorých regulátoroch je ťažké rozlíšiť jednotlivé funkcie, ktoré často splývajú. Príkladom je bimetalický regulátor teploty v ktorom bimetal plní funkciu snímača, regulátora, pohonu aj akčného člena.

Pohony

Pohony je možné rozdeliť na pohony určené na ovládanie regulačných orgánov a na pohony špeciálne, ktoré sú riešené individuálne s ohľadom na vyžadovanú aplikáciu. Podľa energie sú pohony rozlišované na pohony elektrické, pneumatické a hydraulické.

Podľa výstupného signálu je možné pohony rozdeľovať na spojité (proporcionálne) a nespojité (dvojpolohové). Podľa dráhy je možné pohony rozdeliť na posuvné, kyvné a rotačné.

Pri jednotlivých pohonoch sa môžu použiť tieto prídavné zariadenia:

- zariadenie na definovanie správania sa pohonu v prípade výpadku napájania,
- zariadenie na ručné ovládanie regulačného orgánu,
- vysielateľ skutočnej polohy regulačného orgánu,
- koncové spínače.

Regulačné orgány

Regulačné orgány je možné rozdeliť na:

- **špeciálne regulačné orgány** – sú integrované priamo do zariadenia a sú určené výhradne na tento jeden účel (rozdávacie koleso vodnej turbíny),
- **regulačné orgány na všeobecné použitie** – sú určené najmä na ovládanie prietoku kvapalín, plynov a pár. Podľa konštrukcie ich je možné rozdeliť na:
 - ▶ **ventily** – sú tvorené telesom, sedlom, kužeľom, driekom a tesnením. Výrazným znakom ventilov je, že prúd pretekajúcej tekutiny vo ventile výrazne mení svoj smer,
 - ▶ **kohúty** – podľa tvaru rozlišujeme kohúty kužeľové, valcové a guľové. Uzatvárajú sa pootočením o 90°. Patria medzi uzatváracie armatúry, čiže sú tesné,
 - ▶ **posúvače** – uzatváracím orgánom je klinová doska vedená kolmo na os potrubia. Pri dosadení kov na kov musia byť dosadacie plochy presne brúsené, inak býva doska pogumovaná,

- ▶ **klapky** – sú otočné dosky umiestnené v priereze potrubia, svojim otáčaním menia prietokový prierez potrubia. Výhoda klapiiek je v ich jednoduchosti, nie je však možná presná regulácia a nie sú tesné,
- ▶ **žalúzie** – sú to klapky s viacerými listami, používajú sa pre veľké prierezy, ktoré môžu mať aj nekruhový tvar.

3. RIADIACE MECHANIZMY AUTOMATIZAČNÝCH SYSTÉMOV

Mechanizácia a automatizácia výrobných strojov je umožnená rôznymi typmi mechanizmov. Na vyvedenie pohybov v automatickom pracovnom cykle sa používajú mechanizmy s rôznymi typmi použitej energie:

- Mechanizmy tuhé – mechanické
 - ▶ vačkové,
 - ▶ narážkové,
 - ▶ koncové dorazy.
- Mechanizmy tekutinové
 - ▶ hydraulické,
 - ▶ pneumatické,
 - ▶ kombinované.
- Mechanizmy elektrické
- Mechanizmy kombinované
 - ▶ elektromechanické,
 - ▶ elektrohydraulické,
 - ▶ elektropneumatické.

3.1 Tuhé mechanizmy

Tuhé mechanizmy sa vyznačujú mechanickým prenosom energie. Tuhé mechanizmy používané v mechanizácii a automatizácii na riadenie pohybov výrobných strojov môžeme rozdeliť takto:

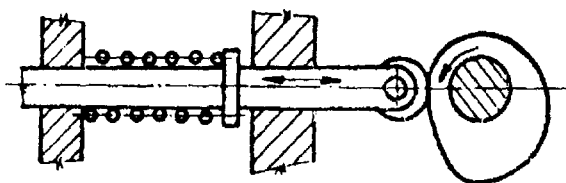
- vačkové mechanizmy,
- mechanizmy s narážkami,
- mechanizmy s dorazmi a koncovými spínačmi.

Všetky tieto mechanizmy sú nosičmi analógových informácií, ktoré sú uložené v mechanickej pamäti stroja. Informácie sú uložené vo forme analógovej veličiny (dĺžka, posunutie atď.). Prenos informácie z pamäte na akčný člen môže byť mechanický (vačky) alebo kombinovaný (narážky).

3.1.1 Vačkové mechanizmy

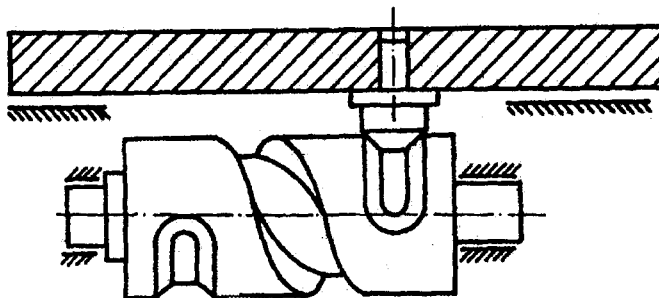
Najrozšírenejším tuhým mechanizmom používaným v automatizácii a mechanizácii pracovných cyklov je vačkový mechanizmus. Rozhodujúci prvok je vačka, s ktorou zaberá palec alebo kladka upevnená na zdvihátku. Otáčaním sa vačky je jej rotačný pohyb transformovaný na priamočiary pohyb zdvihátka.

Pri vačkových mechanizmoch nie je možné oddeliť ovládacie, riadiace a výkonné ústrojenstvo, lebo vačkový mechanizmus tvorí súčasne všetky tieto ústrojenstvá. [12]



Obr. 25 Vačkový mechanizmus s kotúčovou vačkou [3]

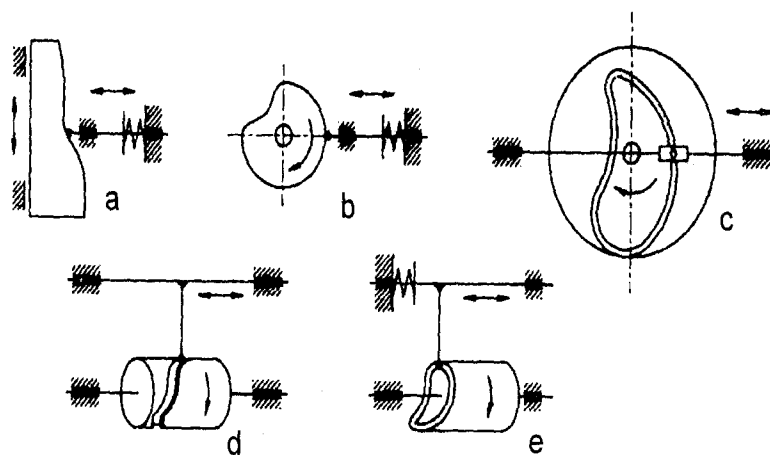
Na Obr. 25 je zobrazená kotúčová vačka. Tento druh vačky sa používa na zdvihy do 200 mm. Na väčšie zdvihy (až do 600 mm) sa používajú vačky bubnové. Bubnová vačka a príklad jej použitia je na Obr. 26.



Obr. 26 Mechanizmus s bubnovou vačkou [12]

Neustály styk palca alebo kladky s vačkou môžeme zabezpečiť núteným spôsobom (je pevne spojený s vačkou) toto je prípad bubnovej vačky na Obr. 26, alebo je pritlačovaný pružinou, toto je prípad kotúčovej vačky Obr. 25.

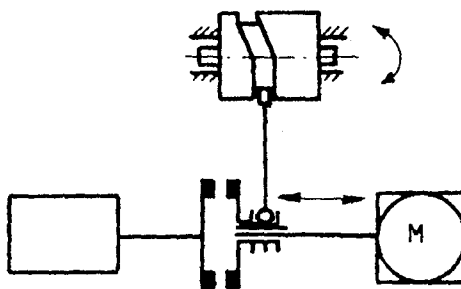
Na Obr. 27 vidíme rôzne druhy vačkových mechanizmov.



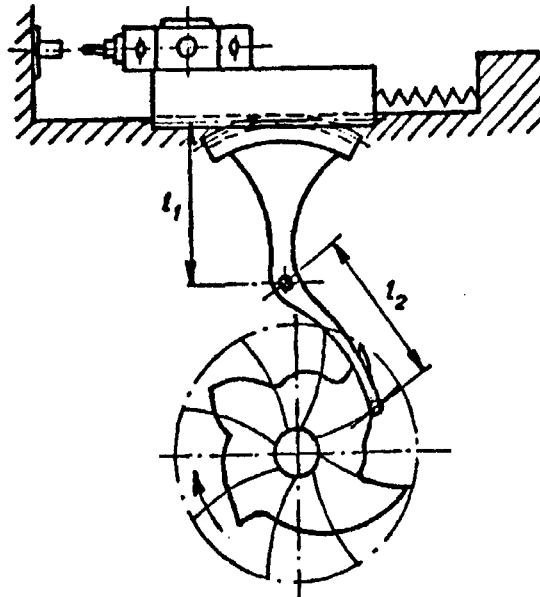
Obr. 27 Rôzne druhy vačkových mechanizmov [6]

a – lineárna vačka, b – kotúčová vačka, c – plochá vačka, d – bubnová vačka, e – čelná vačka

Na Obr. 28 je zobrazený ďalší príklad použitia bubnovej vačky. V tomto prípade sa bubnová vačka používa na zapínanie a vypínanie spojky pohonu zariadenia.



Obr. 28 Použitie bubnovej vačky na zapínanie a vypínanie spojky pohonu [6]



Obr. 29 Použitie vačky na riadenie polohy a rýchlosti [5]

Na Obr. 29 je zobrazené použitie vačkového mechanizmu na riadenie rýchlosti pohybu a polohy revolverovej hlavy.

Sily vo vačkovom mechanizme

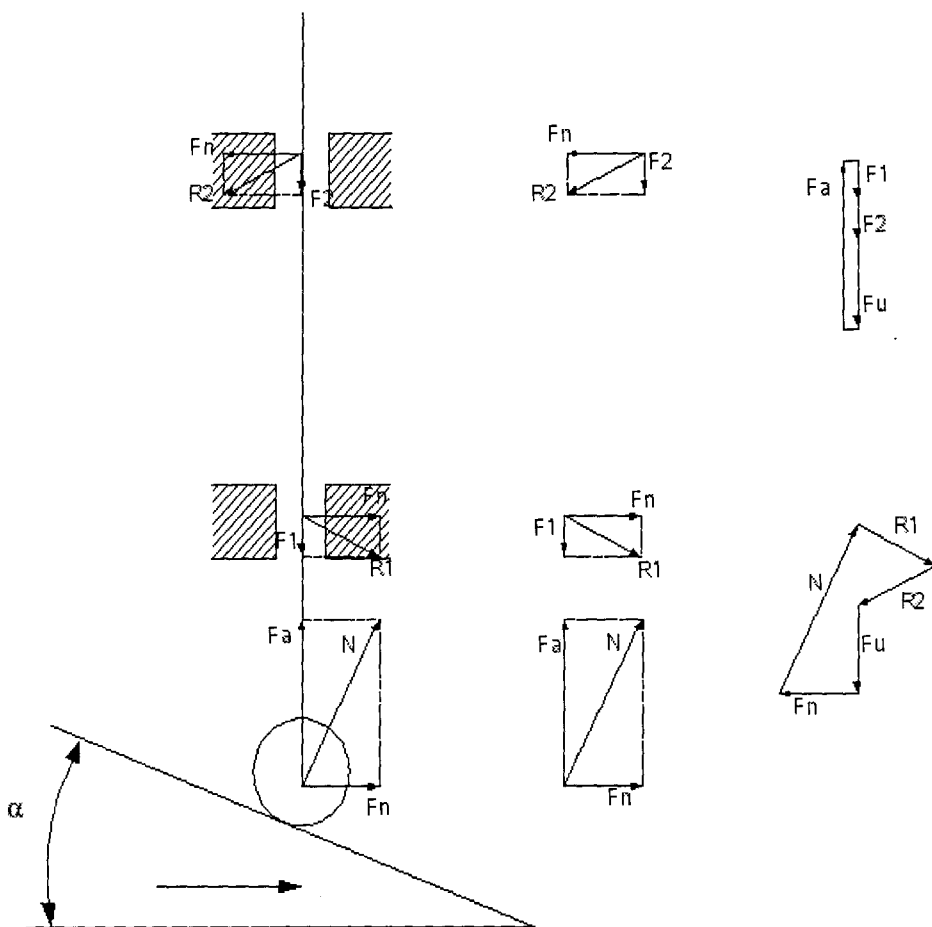
Na Obr. 30 sú znázornené silové pomery vo vačkovom mechanizme. Pre dané užitočné zaťaženie F_u sú graficky vyriešené reakcie pôsobiace na kladku a vedenie. Účinnosť je daná pomerom medzi užitočnou silou a hnacou silou F_a :

$$\eta = \frac{F_u}{F_a}$$

Veľkosť hnacej sily je daná vzťahom:

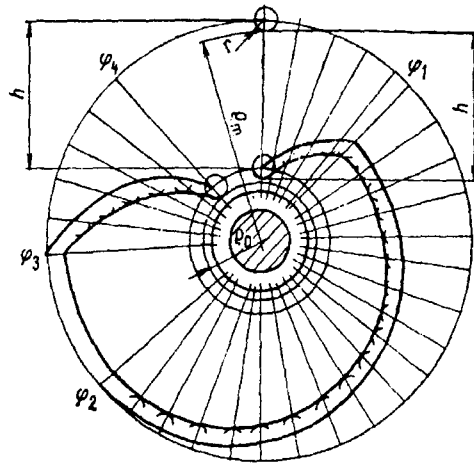
$$F_a = F_u + F_1 + F_2$$

Kde F_1 a F_2 sú trecie sily vo vedení. Ich veľkosť sa určí na základe normálovej sily, ktorá pôsobí vo vedení F_n a súčiniteľa trenia f .



Obr. 30 Silové pomery vo vačkovom mechanizme

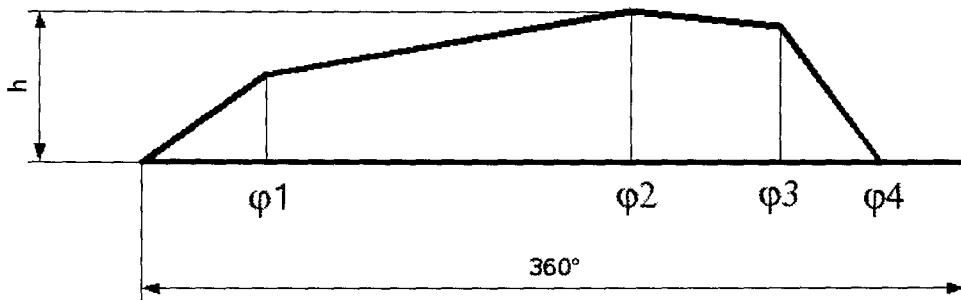
So zväčšovaním uhla stúpania α sa zhoršuje účinnosť mechanizmu. Pri prekročení medznej hodnoty uhla stúpania nastane vzpriechenie mechanizmu. Vzpriechenie nastane aj keď sa bude zväčšovať dĺžka vyloženia, alebo skracovať dĺžka vedenia. V praxi sa volí uhol stúpania maximálne 40° až 50° . Pri riešení tvaru vačky sa vychádza z rozvinutého tvaru, na ktorom sa vytvorí dráha osi kladky alebo zaťaženia kontaktného bodu dotyku činnou krivkou Obr. 31.



Obr. 31 Rozvinutý tvar vačky [3]

Činná krivka má všeobecnú rovnicu:

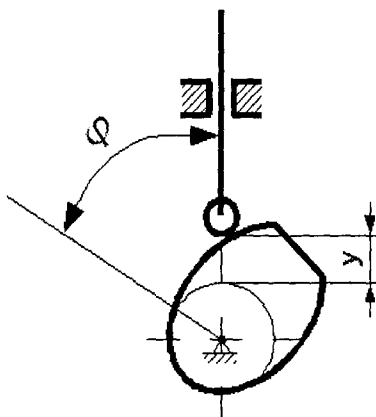
$$y = f(x)$$



Obr. 32 Priebeh polohy zdvihátka

Vzhľadom na správnu funkciu vačkového mechanizmu je treba zhodnotiť význam rázu v tomto mechanizme, ktorý vzniká náhlou zmenou rýchlosti. Pre nekonečne veľkú tuhosť mechanizmu a pre pohyb bez trecích strát by bolo zrýchlenie nekonečné.

Náhla zmena rýchlosti je daná tvarom tvoriacej krivky (krivka má zlom). Príklad takejto vačky je aj na Obr. 33.



Obr. 33 Vačka, ktorá má na obvode zlom

Náhla zmena rýchlosti môže byť spôsobená aj vôľou medzi činnými plochami vačky a palcom pri obojstranných (plochých) vačkách.

Hlavnou úlohou pri návrhu vačkových mechanizmov je stanovenie zákona priebehu pohybu hnaného člena (palec, zdvihátko) podľa funkcie, ktorú má mechanizmus vykonávať. Zákon pohybu sa často volí pre niektoré fázy, pre ostatné môže byť ľubovoľný. Ak je daná začiatočná a konečná fáza pohybu, čiže je určený zdvih, treba voliť zákon pohybu vzhľadom na dynamické účinky, a tým aj životnosť celého mechanizmu.

V praxi sa používajú tieto zákony pohybu:

- Kosínusový zákon priebehu zrýchlení – vyznačuje sa rázovými účinkami na začiatku aj na konci pohybu
- Parabolický zákon pohybu, pri ktorom sa hnaný člen pohybuje na jednotlivých úsekoch s konštantnou hodnotou zrýchlenia – vyznačuje sa rázmi nielen na začiatku a konci pracovného zdvihu ale aj pri zmene zrýchlenia z kladnej hodnoty na zápornú. Priebeh je horší ako pri kosínusovom zákone
- Sínusový zákon priebehu zrýchlení – najpoužívanejší zákon pohybu hnaného člena. Pri použití tohoto zákona pohybu nevznikajú rázy. Maximálne zrýchlenie je však 1,57-krát väčšie ako pri parabolickom zákone pri rovnakom zdvihu.
- Lineárny zákon pohybu hnaného člena – používa sa keď je potrebné, aby sa hnaný člen pohyboval rovnomerne. Pri nábehu a dobehu vznikajú rázy, zrýchlenie v týchto bodoch dosahuje teoreticky nekonečné hodnoty. Prakticky v dôsledku deformácií, zotrvačných a

trecích síl sú tieto hodnoty konečné. Mechanizmus sa rozkmitáva, toto kmitanie je tlmené. Pri návrhu treba uvažovať s plynulými prechodovými krivkami. Ako prechodové krivky sa používajú kosínusoida, kružnica, parabola, alebo naklonená sínusoida.

Krivky zákona pohybu sa zvyčajne zostrojujú graficky [8]. Podrobné riešenie kinematických a dynamických účinkov vo vačkových mechanizmoch je opísané v mechanike. Na podrobnejší postup návrhu vačkových mechanizmov je vhodné preštudovať napríklad literatúru [12].

3.1.2 Mechanizmy ovládané pomocou nárážok, dorazov a koncových spínačov

Riadenie pomocou dorazov a nárážok môžeme zaradiť ako riadenie kombinovaným mechanizmom (elektro-mechanické, mechanicko-hydraulické, mechanicko-elektro-hydraulické). Z hľadiska pružnosti riadenia sa zaraďuje medzi nepružné riadenie napriek tomu, že umožňuje zmenu riadiaceho programu v istom rozsahu. Riadiace informácie programu sú uložené v analógovej forme - vzdialenosť medzi dvoma nárážkami alebo dorazmi. Nárážky slúžia ako riadiace prvky, pričom akčné prvky sú zvyčajne hydraulické, pneumatické alebo elektrické. Prenos signálnej informácie môže byť elektrický, pneumatický, hydraulický alebo mechanický.

Riadenie pomocou nárážok

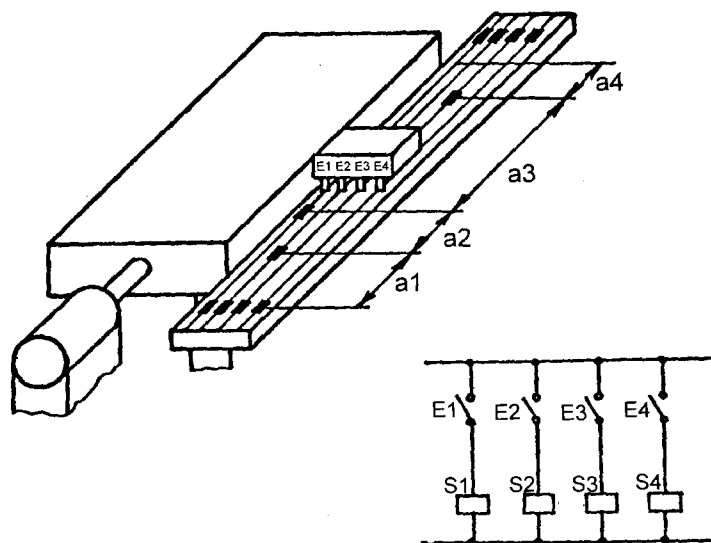
Na výrobnom zariadení s takýmto druhom riadenia sú všetky riadené pohyby spúšťané pomocou nárážok. Informácie o dráhe sú uložené vo forme vzdialenosti medzi dvoma nárážkami. Preto musia byť pozdĺž všetkých riadených osí umiestnené nárážkové dráhy. Na týchto dráhach sú umiestnené nárážky. Snímače (najčastejšie sú to mikrosplínače) sú umiestnené na pohyblivej časti stroja.

Narážky sú konštruované tak, že po nabehnutí zdvihátka na ich funkčný tvar vznikne riadiaci impulz. Realizácia týchto impulzov môže byť mechanická, elektrická, hydraulická, alebo pneumatická. Veľmi často sa používajú elektrické mikrosplínače. Nárážky riadia dĺžky jednotlivých pohybov a od nich závislé funkcie (rýchlosť posuvu, otáčky, pomocné funkcie). Upevňujú sa do nárážkových dráh na nárážkové lišty, ktoré sú vlastne mechanickou pamäťou stroja [5].

Programovanie týchto strojov prebieha tak, že sa namontuje nárážka na každé také miesto na nárážkovej dráhe, ktoré zodpovedá zmene nastavenia stroja. Po naprogramovaní je na nárážkových dráhach toľko nárážok, koľko je potrebných pracovných operácií na obrobenie obrobku.

Ako riadené (výkonné) prvky sa zvyčajne používajú elektrické, hydraulické alebo pneumatické motory, ale môžu sa použiť aj rôzne druhy spojok a bŕzd.

Na narážkovej lište je vždy toľko narážkových dráh, koľko je treba na vykonanie všetkých automatických úkonov (napr. na Obr. 34 sú 4 dráhy). Každá dráha spína vždy ten istý úkon.

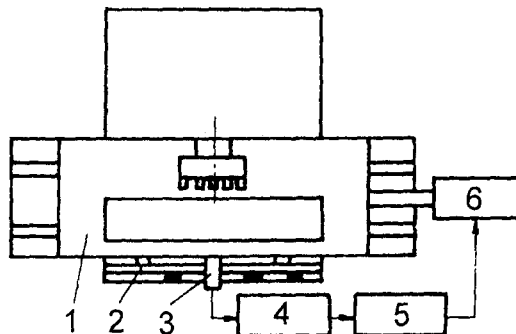


Obr. 34 Schéma narážkového riadenia a bloková schéma elektrického zapojenia [5]

Nevýhoda narážkového systému je v tom, že na každý úkon je potrebná zvláštna narážková dráha na narážkovej lište a šírka lišty je obmedzená, čiže môže sa stať, že niektoré úkony sa nedajú spínať. Takýto spôsob riadenia sa zvyčajne využíva len na riadenie pohybov v dvoch osiach (v rovine).

Pri takzvanom **rozšírenom** riadení pomocou narážok sa k narážkovej lište pripája vonkajšia pamäť, ktorá slúži na uloženie informácií ohľadne spínania. Tento spôsob riadenia je zobrazený na Obr. 35. Na narážkovej lište je takýmto spôsobom teoreticky len jedna drážka, z ktorej dostávame signály v tej polohe stola, kde je treba načítať nové spínacie údaje. Tieto signály sú snímané krokovacím mechanizmom inej vonkajšej pamäte, ktorá je naprogramovaná na spínanie jednotlivých pracovných úkonov stroja.

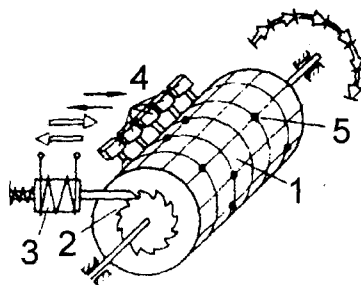
V takomto prípade sa ako vonkajšia pamäť na ukladanie spínacích informácií veľmi často používa gulôčkový bubon. Tento spôsob riadenia je zobrazený na Obr. 36.



Obr. 35 Rozšírené narážkové riadenie – bloková schéma [6]

1 – stôl stroja, 2 – narážková lišta, 3 – snímač narážok, 4 – vonkajšia pamäť, 5 – riadiaca jednotka, 6 – riadený člen (napr. posuv stola)

Tento guľôčkový bubon je vlastne valcové teleso na ktorom sú vytvorené pravidelné pozdĺžne a priečne drážky. Podľa veľkosti bubna môže byť počet pozdĺžnych drážok 40,63,80 alebo 100 a počet priečných drážok môže byť 26, 32 alebo 40.



Obr. 36 Gulôčkový bubon [6]

1 – bubon, 2 – západka, 3 – elektromagnet, 4 – mikrospínače, 5 – guľôčky

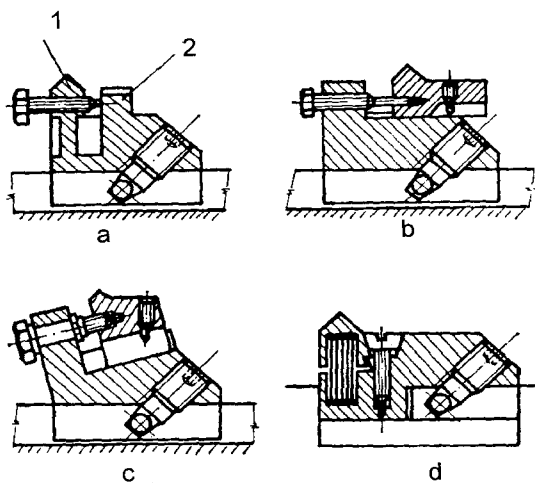
V miestach, kde sa drážky križujú sa môžu umiestniť guľôčky 5, ktoré budú spínať mikrospínače 4. Keď príde vstupný impulz zo spínača narážok na elektromagnet 3, vysunie sa zdvihátko a pomocou západky 2 sa celý bubon 1 pootočí o jeden krok. Vtedy guľôčky vytvoria novú kombináciu zopnutia jednotlivých úkonov pomocou mikrospínačov (napr. rýchloposuv v smere -X, zapnúť prívod

chladiacej kvapaliny atď). Signály z mikrospínačov sú pomocou riadiacej jednotky prevedené na jednotlivé riadené členy stroja.

Na presné nastavenie narážok (bodov zmeny v nastavení stroja) sa používa jeden už vyhotovený výrobok. Toto nastavenie sa vykonáva vždy pri posuvoch aké budú použité počas obrábania, pretože presnosť okamžiku spínania je veľmi závislá od aktuálnej rýchlosti posuvu.

Oneskorenie zopnutia pri elektromagnetických spojkách a kinetické energie pohybujúcich sa častí stroja spôsobia rozptyl spínacích bodov. Tento nepriaznivý vplyv sa môže pri niektorých strojoch znížiť použitím takzvaného predspínania, pri ktorom sa v predstihu pred dosiahnutím vyžadovaného spínacieho bodu začne znižovať posuvovú rýchlosť. Iným spôsobom je zopnutie brzdového systému. Presné nastavenie spínacieho bodu sa dá nastaviť pomocou nastavovacej skrutky na narážke. Niekoľko možných spôsobov presného nastavenia polohy narážky je na Obr. 37.

Aby sa znížili prestoje stroja pri preprogramovaní, je na niektorých strojoch celá narážková lišta vymeniteľná a môže sa nastavovať mimo stroja. Nato je však potrebné zvláštne nastavovacie zariadenie.



Obr. 37 Rôzne spôsoby presného nastavenia polohy narážky

a – pružnosť telesa, b – nastavovacia skrutka, c – klin a nastavovacia skrutka, d – kužeľ

1 – tuhá časť telesa, 2 – pružná časť telesa

Riadený člen sa musí zastaviť s určitou presnosťou. Táto presnosť je závislá od:

- presnosti umiestnenia narážok,
- presnosti funkcie ovládacieho ústrojenstva,
- času prenosu signálu z ovládacieho do riadiaceho ústrojenstva,
- dynamických vlastností celého systému,
- času potrebnom na spracovanie signálu v riadiacom ústrojenstve.

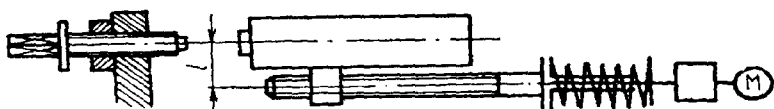
Narážkové riadenie sa často používa pri pravouhlom riadení. Je relatívne lacné a jednoduché a vyznačuje sa vysokou spoľahlivosťou. Jeho ďalšou výhodou je, že program, ktorý je v tomto riadení uložený, sa dá meniť. Použitie narážkového riadenia sa opláca už pri stredne sériovej výrobe. Presnosť týchto strojov je daná presnosťou nastavenia narážok, ako aj zotrvačnými silami pôsobiacimi v procese obrábania. Z hľadiska efektivity týchto strojov však nie je vhodné mať vysoké požiadavky na presnosť.

Charakteristika narážkového riadenia určuje aj jeho použitie. Používa sa hlavne na sústruhoch a frézovačkách. Takéto riadenie má veľmi široké uplatnenie pri sústružníckych automatoch ako aj pri jednoúčelových strojoch a výrobných strojoch zaraďovaných do výrobných liniek. Často sa však používa aj ako bezpečnostný prvok, ktorý obmedzuje rozsah pohybu jednotlivých pohyblivých častí aj pri iných typoch strojov.

Riadenie pomocou dorazov

Dorazy sa môžu v spojení s vhodným vypínacím zariadením používať na zastavenie alebo vypínanie posuvov. Na Obr. 38 je zobrazený doraz, ktorý rozpína treciu spojku. Aby sa zvýšila presnosť dosiahnutej polohy, eliminácia rázov a odpruženie po nabehtutí na doraz, používajú sa zariadenia, ktoré znižujú sily na doraze a pritláčajú narážku na doraz i po dosiahnutí programovanej polohy.

Dorazy v každom prípade ukončia nimi riadený pohyb stroja. Nastaviteľné dorazy slúžia na obmedzenie pohybu suportu, alebo stola stroja (napríklad, aby sústružnícky nôž neosústružil aj skľučovadlo, alebo jeho časť). Dorazy môžu sprostredkovať aj spínacie informácie (napr. Posuv – STOP).



Obr. 38 Pevný doraz

Ako nosič informácií sa môže použiť priamková, alebo kruhová drážka, kotúč, alebo bubon. Ako snímače sú použité dotykové prvky (napr. koncové spínače). Ako riadené (výkonné) prvky sú zvyčajne použité spojky, alebo motory.

Keď stôl stroja, alebo suport dosiahne predpísanú polohu – narazí na pevný doraz, zastaví sa, zároveň vzrastie sila v jeho posuvovom mechanizme a rozopne sa poistná spojka. Tiež sa môže použiť koncový spínač, ktorý vypne pohon elektromotora posuvovej jednotky.

Tento spôsob riadenia je síce dostatočne presný pri dostatočnej tuhosti jeho konštrukčných dielov (približne 0,01mm). Z princípu jeho činnosti však vyplýva, že nie je vhodný na ovládanie takých pracovných cyklov, pri ktorých je treba spúšťať jednotlivé úkony v medzi-polohách. Z tohoto dôvodu sa používa len na vypínanie v koncových polohách pohybov.

Hlavné oblasti použitia dorazov sú:

- vymedzenie krajnej polohy posuvu,
- vymedzenie posuvu revolverovej hlavy,
- nastavenie hĺbky rezu pri kopírovacom sústružení.

Výhodou pevných dorazov je ich jednoduchosť a spoľahlivosť. V prípade použitia riadenia založeného len na pevných dorazoch je však treba počítať s nižšou presnosťou napríklad vplyvom odpruženia. Táto nevýhoda sa dá čiastočne odstrániť použitím vysoko tuhých dorazov. Podstatné zvýšenie presnosti sa dá dosiahnuť, keď sa suport mechanicky zablokuje pri narazení na doraz. Takéto zariadenie je však drahé. Iný spôsob zníženia vplyvu odpruženia je použitie pohonov, ktoré pritláčajú suport na pevný doraz plnou alebo redukovanou silou aj v koncovej polohe. Ďalšou nevýhodou pevných dorazov je ich časovo náročné nastavovanie.

Samostatne sa pevné dorazy využívajú len veľmi málo, najčastejšie sú kombinované s inými spôsobmi riadenia.

3.2 Tekutinové mechanizmy

V tekutinových mechanizmoch slúži na prenos energie tekuté médium. Medzi tekutinové mechanizmy sa radia:

- hydraulické mechanizmy,
- pneumatické mechanizmy,
- ich kombinácie.

Pri prenose energie pomocou tekutinových mechanizmov je potrebné vykonávať rôzne operácie, pomocou ktorých dosiahneme vyžadovaný účinok mechanizmu. K základným operáciám patrí:

1. prestup energie medzi dvoma rôznymi nositeľmi energie – tekutinové mechanizmy pracujú s priamym prestupom energie a preto majú priaznivé rozmery hnacích a hnaných členov,
2. prevod parametrov mechanizmu – ide o zmenu hodnoty niektorého parametru vstupného člena po jeho prenose na výstupnom člene (zdvih valca, priemer piesta – sila ktorou pôsobíme na vstupný člen a sila ktorou môže pôsobiť výstupný člen),
3. obmedzenie prúdu nositeľa energie – ide o úplné alebo čiastočné obmedzenie prúdu,
4. vetvenie prúdu nositeľa energie – rozdelenie nositeľa energie do niekoľkých vetiev,
5. transformácia pohybu, alebo parametrov nositeľa energie.

Prostriedky, ktorými je týchto päť základných operácií vykonávaných nazývame operátory. S použitím týchto základných operátorov je možné zostaviť ľubovoľný tekutinový mechanizmus.

Jednotlivé operátory tekutinových mechanizmov sú prakticky totožné pre hydraulické aj pneumatické mechanizmy, rozdiel je len v ich konštrukčnom vyhotovení, ale funkčne sú totožné.

Je potrebné uvedomiť si, že tekutinové mechanizmy vždy pracujú v súčinnosti s tuhými mechanizmami.

3.2.1 Hydraulické mechanizmy

Na prenos energie medzi hnaným a hnacím členom sa používa kvapalina. Kvapalina je nestlačiteľná v rozmedzí tlakov, ktoré sú používané v hydraulických mechanizmoch.

Podľa základnej formy energie využitej v mechanizme na prevod energie môžeme hydraulické mechanizmy rozdeliť na:

- hydrostatické mechanizmy (využíva sa tlaková energia),
- hydrodynamické mechanizmy (využíva sa kinetická energia),
- hydrotermické mechanizmy (využíva sa tepelná energia),
- hydrodeformačné mechanizmy (využíva sa deformácia).

Rozhodujúci význam majú len prvé dva druhy mechanizmov. V oblasti automatizácie a mechanizácie sú v súčasnosti používané hlavne hydrostatické mechanizmy. Dôvody používania týchto mechanizmov sú tieto:

- prenos výkonu s lepšími dynamickými vlastnosťami ako pri použití hydrodynamických mechanizmov (menšie rýchlosti),
- riadenie parametrov tlakovej energie je jednoduchšie ako riadenie parametrov pohybovej energie,
- pripojenie na riadiaci systém sa dá realizovať jednoduchými prostriedkami,
- zmena parametrov vplyvom zaťaženia je podstatne menšia ako pri hydrodynamickom systéme.

V porovnaní s tuhými a elektrickými mechanizmami majú hydrostatické mechanizmy tieto výhody:

- možnosť prenosu energie aj na vzdialenejšie a ťažko prístupné miesta,
- malé rozmery výkonných členov (motorov) pri vysokých využiteľných silách,
- jednoduché plynulé riadenie parametrov vo veľkom rozsahu,
- možnosť obmedzenia parametrov jednoduchými prostriedkami,
- možnosť zmeny smeru pohybu za chodu v ľubovoľnom mieste dráhy
- možnosť typizácie a normalizácie pre široký rozsah parametrov s malým počtom prvkov,
- vysoká životnosť a nízke náklady na údržbu.

Medzi nevýhody hydrostatických mechanizmov patrí:

- technologická náročnosť – pri ich výrobe je treba dodržať úzku rozmerovú a tvarovú toleranciu,
- citlivosť na nečistoty – nečistoty môžu poškodiť pracovné a tesniace plochy,
- citlivosť na zmenu teploty a na obsah plynu v kvapaline – pri nízkej teplote môže hydraulický olej stuhnúť, ak sa v kvapaline nachádza plyn môže nastať porucha v činnosti

zariadenia. Plyn je na rozdiel od kvapaliny stlačiteľný (napr. potreba výmeny brzdovej kvapaliny v brzdovom systéme automobilu).

V hydraulických mechanizmoch dochádza k priamemu prešupu energie v hnacom aj v hnanom člene. Tieto členy sa líšia v tom, že v hnacom člene energia preštuje z tuhého nositeľa do kvapaliny a v hnanom člene naopak, preštuje energia z kvapaliny na tuhý nositeľ. Hnacím členom v hydraulickom obvode je hydrogenerátor a hnaný člen je hydromotor.

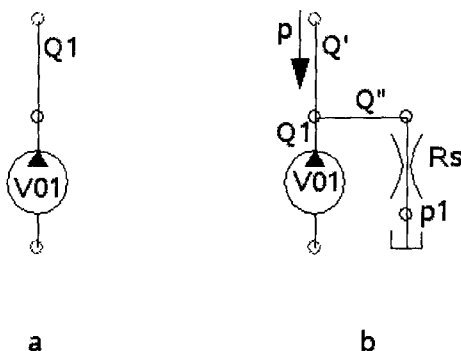
Charakteristickým znakom hydrogenerátora je prúd nositeľa energie, čiže objem kvapaliny za časovú jednotku. Pre ideálny dokonale tesný nezatažený generátor (Obr. 39a) platí rovnica:

$$Q_t = V_{01} \cdot f$$

kde:

V_{01} – geometrický objem generátora

f – vstupná pohybová frekvencia



Obr. 39 Hydrogenerátor

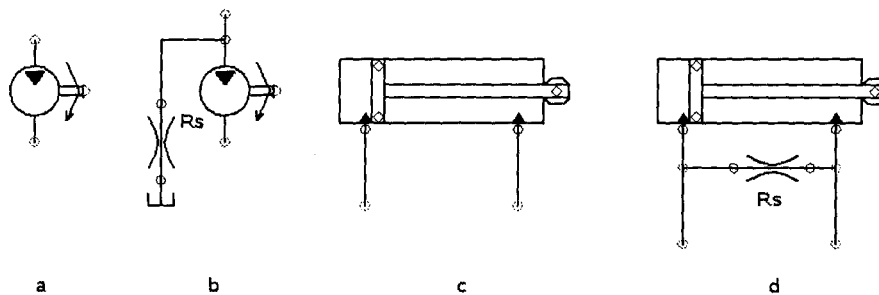
a – ideálny, *b* – reálny

V_{01} – objem hydrogenerátora, Q_1 – teoreticky dodávané množstvo, Q' – reálne dodávané množstvo, Q'' – prepad média späť do nádrže, R_s – zvodový odpor, p – tlak média v systéme, p_1 – tlak média v nádrži

Hydrogenerátor je generátor prúdu. V skutočnosti generátory nie sú dokonale tesné. Netesnosťami medzi pohyblivými časťami uniká istá časť prúdu Q'' . Takýto generátor je naznačený na Obr. 39b.

Tento únik sa môže vyjadriť ako zvodový odpor proti pohybu nositeľa energie R_s . Zvodovým odporom vždy uniká časť prúdu z mechanizmu späť do nádrže. Výstupný tlak je závislý od výstupného odporu.

Motor uskutočňuje inverzný prestup energie v porovnaní s generátorom. Jeho charakteristickým parametrom je znova jeho geometrický objem V_{02} , krútiaci moment (ak je to rotačný motor), alebo jeho sila (ak je to priamočiary motor).



Obr. 40 Rôzne druhy hydromotorov

a – ideálny rotačný hydromotor, b – reálny rotačný hydromotor, c – ideálny lineárny hydromotor d – reálny lineárny hydromotor

R_s – zvodový odpor

Schéma ideálneho hydromotora s rotačným pohybom je na Obr. 40a . Pohybová frekvencia takéhoto motora sa určí takto:

$$f = \frac{Q}{V_{02}}$$

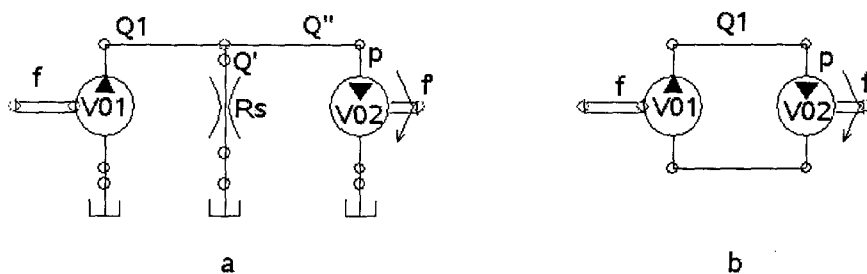
Na Obr. 40b je schéma reálneho hydromotora s rotačným pohybom. Na Obr. 40c je znázornený ideálny hydromotor s priamočiarym pohybom a na Obr. 40d je reálny hydromotor s priamočiarym pohybom.

Operátor prevodu

Medzi vstupom a výstupom mechanizmu je potrebné zabezpečiť prenos energie. Najdôležitejším parametrom, ktorý v mechanizme meníme je pohybová frekvencia a operátor, ktorý umožňuje túto zmenu je **operátor prevodu**.

Mechanizmus sa skladá z hnaného a hnacieho člena. V hydraulických mechanizmoch je hnací člen hydrogenerátor a hnaný člen je hydromotor. Operátor prevodu je teda daný dvoma vzájomne prepojenými operátormi prestupu energie. V prípade otvoreného obvodu (takého ako je zobrazený na Obr. 41a) sa kvapalina po odovzdaní energie v motore vráti späť do nádrže. Takéto riešenie má nasledujúce výhody:

- čistenie kvapaliny,
- chladenie a ukľudnenie kvapaliny,
- zníženie počtu pracovných cyklov kvapaliny.



Obr. 41 Operátor prevodu

a – otvorený obvod, b – uzavretý obvod

f – frekvencia pohybu hydrogenerátora, f' – frekvencia pohybu hydromotora, $Q1$ – prúd na výstupe z hydromotora, Q' – prúd pretekajúci zdovovým odporom, Q'' – prúd tečúci do hydromotora, p – tlak, R_s – zdovový odpor, $V01$ – objem hydrogenerátora, $V02$ – objem hydromotora

V prípade zobrazenom na Obr. 41b, prúdi isté množstvo kvapaliny medzi generátorom a motorom, bez toho aby odtiekala do nádrže. V tomto prípade sú následky takéto:

- zvýšené mechanické a tepelné namáhanie kvapaliny,
- horšie možnosti odstraňovania nečistôt,
- minimálny styk kvapaliny so vzduchom.

Podľa prenosu pohybovej frekvencie môžeme rozlišovať:

- konštantný operátor prevodu,
- riadený operátor prevodu.

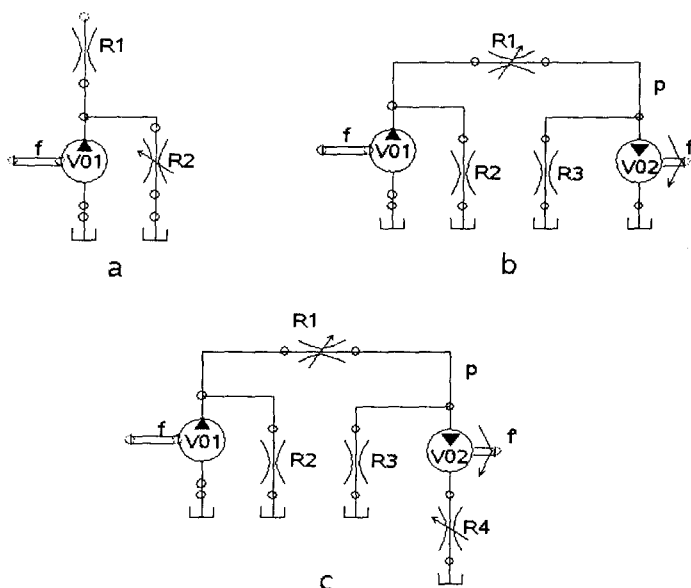
Z technického hľadiska je podstatne zaujímavejší druhý prípad. Riadený operátor prevodu je charakteristický možnosťou zmeny pohybovej frekvencie na výstupe. Táto zmena sa dá dosiahnuť:

- zmenou prúdu vstupujúceho do motora,
- vetvením medzi viacej odporov,
- zmenou geometrického objemu generátora,
- zmenou vstupnej pohybovej frekvencie generátora,
- zmenou geometrického objemu motora.

Riadenie vetvením prúdu

Princíp riadenia pohybovej frekvencie vetvením prúdu spočíva v tom, že prúd z generátora sa vetví medzi dva sérioparalelne zapojené odpory, ako je to zobrazené na Obr. 42a. Len jeden z týchto prúdov vedie k motoru. Keď sa mení pomer jednotlivých odporov (R_1 , R_2) mení sa aj pomer jednotlivých prúdov, a tým dochádza k zmene pohybovej frekvencie motora.

Hydraulický mechanizmus s riadením pohybovej frekvencie vetvením prúdu v základnom vyhotovení je zobrazený na Obr. 42b.



Obr. 42: Riadenie vetvením prúdu

a – princíp, b – základné vyhotovenie, c – s prepúšťacím ventilom

f – frekvencia pohybu hydrogenerátora, f' – frekvencia pohybu hydromotora, Q_1 – prúd na výstupe z hydromotora, Q' – prúd pretekajúci zvodovým odporom, Q'' – prúd tečúci do hydromotora, p – tlak, R_1, R_2, R_3, R_4 – odpory v systéme, V_01 – objem hydrogenerátora, V_02 – objem hydromotora

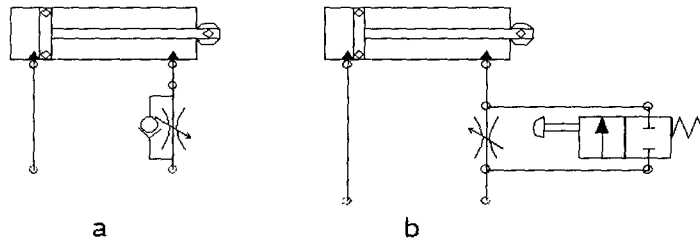
Odpor R_1 je meniteľný vonkajším zásahom a určuje pomer vetvenia prúdov. Prúd cez odpor je závislý od tlakového spádu, mení sa hodnota prúdu v závislosti od zaťaženia mechanizmu. Ovládateľnosť mechanizmu je tým lepšia, čím viac parametrov je nezávislých od zaťaženia mechanizmu. Z tohoto dôvodu sa vylučuje možnosť ľubovolnej zmeny tlaku p medzi generátorom a odpormi R_1 a R_2 . Táto požiadavka sa dá zaistiť tak, že sa zabezpečí samočinná zmena odporu R_2 podľa okamžitých pomerov v mechanizme tak, aby tlak p bol vždy približne konštantný. Prvok ktorým sa to dá zabezpečiť je prepúšťací ventil. Umiestnenie prepúšťacieho ventilu je zrejmé z Obr. 42c.

Riadenie pohybovej frekvencie vetvením prúdu sa zvyčajne vykonáva iba pri otvorených obvodoch, aby sa namáhaná kvapalina mohla chladiť.

V hydraulických obvodoch s riadením pohybovej frekvencie vetvením prúdu je možné dosiahnuť aj stupňovitú zmenu paralelným zapojením škrtiaceho a obtokového ventilu (ako je zobrazený na Obr.

43b), alebo spätného ventilu (ako je zobrazený na Obr. 43a). Na schéme Obr. 43b je znázornené zníženie odporu mechanizmu pomocou obtokového ventilu, ktorý preklenie škrtiaci ventil.

Škrtiaci ventil môže byť vyradený z činnosti aj pomocou spätného ventilu tak, ako je to znázornené na Obr. 43a, ale len pre jeden smer pohybu.

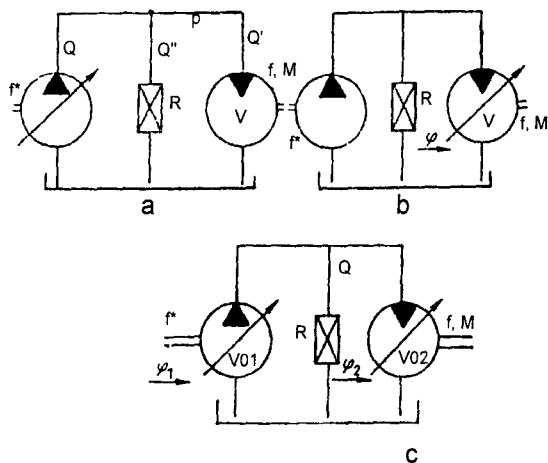


Obr. 43 Stupňovité riadenie vetvením prúdu

a – pomocou spätného ventilu, b – pomocou obtokového ventilu

Riadenie zmenou geometrického objemu

Riadiť pohybovú frekvenciu zmenou geometrického objemu je možné v otvorenom aj uzavretom obvode. Geometrický objem je možné meniť na generátore aj na motore, prípadne na oboch členoch. Všetky tieto možnosti sú uvedené na Obr. 44. Riadenie pohybovej frekvencie zmenou geometrického objemu je možné aj pri priamočiarych motoroch. Zmena geometrického objemu sa dosiahne zmenou zdvihu piesta. Stredná rýchlosť pohybu piesta ostáva rovnaká.



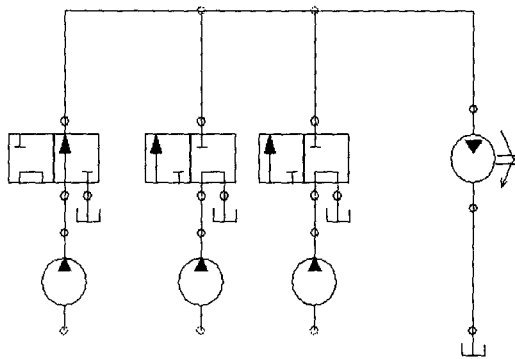
Obr. 44 Riadenie pohybovej frekvencie zmenou geometrického objemu

a – zmena geometrického objemu generátora, b – zmena geometrického objemu motora, c – zmena geometrického objemu oboch členov

Riadenie s paralelne radenými generátormi a motormi

V mechanizmoch nie je vždy nutné plynulé riadenie pohybovej frekvencie motora, ale často vystačíme so stupňovitým riadením. Tieto stupne ale môžu ležať aj vo veľmi veľkom rozsahu. Základné spôsoby stupňovitého riadenia pohybovej frekvencie motora sú:

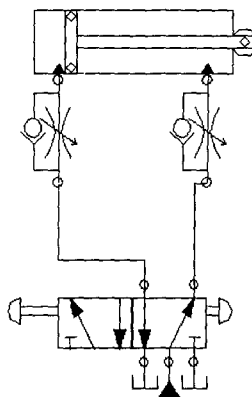
- paralelne radené generátory – sú do obvodu zapojené cez vypínacie ventily, ktoré môžu byť tvorené napríklad posúvačom s dvoma nastaviteľnými stavmi. V jednom stave je generátor pripojený k vetve vedúcej do motora a v druhom stave je spojený s nádržou. Ventily umožňujú pripojenie ľubovoľnej kombinácie generátorov k motoru čím sa dosiahnu rôzne veľké prúdy. (Obr. 45)
- paralelne radené motory – spojenie motorov s generátorom je zase realizované cez vypínacie ventily. Rôznou kombináciou zapojenia motorov sa dajú získať rôzne pohybové frekvencie za predpokladu, že výstupy motorov sú medzi sebou mechanicky viazané.



Obr. 45 Paralelne radené generátory

Nastavenie rôznych rýchlostí pri rôznom smere pohybu

V hydraulických mechanizmoch výrobných strojov je často kladená požiadavka na nastavenie rôznych rýchlostí pohybu v rôznych smeroch pohybu motora. Ide hlavne o rôzne posuvové mechanizmy. V takomto prípade sa vyžaduje rýchly pohyb motora naprázdno a pracovný pohyb s plynule nastaviteľnou rýchlosťou. Schéma takéhoto mechanizmu je na Obr. 46.



Obr. 46 Schéma plynule nastaviteľnej rýchlosti pracovného a spätného pohybu

Operátory hradenia prietoku

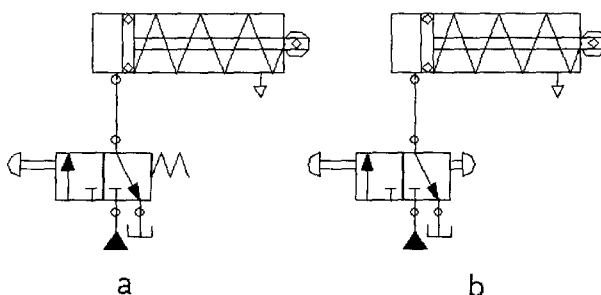
Tieto operátory sa používajú pri:

- riadení smeru pohybu motora,
- blokovaní pohybu motora.

Riadenie smeru pohybu vo vlastnej štruktúre mechanizmu sa vykonáva dvoma spôsobmi:

- odpory riadia prúd k obojm polpriestorom motora,
- odpory riadia prúd len k jednému polpriestoru motora.

Na Obr. 47 sú znázornené dve možné schémy nesymetrického riadenia smeru pohybu motora. Prúd je riadený iba k jednému z polpriestorov motora a odtiaľ pochádza názov. Nesymetrické riadenie sa používa zvyčajne pri jednočinných motoroch.



Obr. 47 Nesymetrické riadenie pohybu jednočinného lineárneho hydromotora

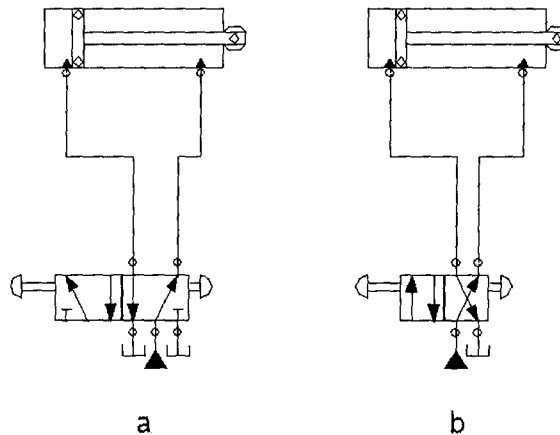
a – po pustení tlačidla sa hydromotor vráti do pôvodnej polohy, b – na návrat hydromotora do pôvodnej polohy je treba prepnúť prepínač

Na Obr. 48 je znázornený symetrický spôsob riadenia smeru pohybu motora s dvoma rôznymi druhmi viaccestných ventilov. V tomto prípade je riadený prúd do oboch polpriestorov motora.

Podľa usporiadania operátora hradenia sa rozlišuje:

1. viaccestným ventilom,
2. systém klapka tryska,
3. výkyvná tryska,
4. generátor s premenlivým geometrickým objemom.

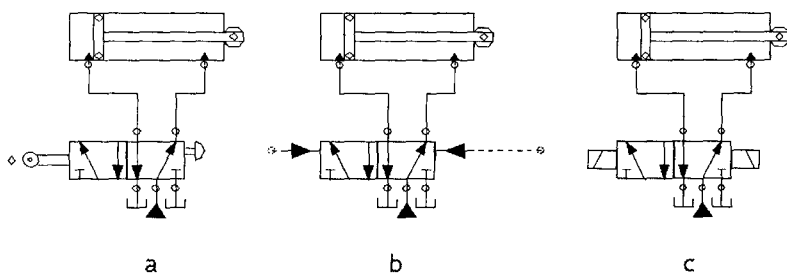
Rozvádzačom môže byť akýkoľvek prvok, ktorý umožní zmenu odporov podľa už opísaných zásad. Pod pojmom ventil sa rozumie prvok, pri ktorom sa mení jeho odpor približovaním sa dvoch plôch a pri ich dosadnutí je hodnota odporu nekonečná. Pri posúvači sa mení odpor približovaním sa dvoch hrán a dosahuje nekonečnú veľkosť pri ich prekrytí. V súčasnosti sa používajú hlavne viaccestné ventily. Tieto majú výhodu v jednoduchšej konštrukcii.



Obr. 48 Symetrické riadenie smeru pohybov motora s rozvádzačom
a – viaccestný ventil 5/2, *b* – viaccestný ventil 4/2

Ovládanie viaccestných ventilov je realizované prestavením ich posúvača do niektorej stabilnej polohy. Popri ručnom ovládaní je možné použiť aj ľubovoľný iný spôsob ovládania. V súčasnosti sa najviac používajú tieto druhy ovládania:

- mechanický,
- elektrický,
- hydraulický, pneumatický,
- kombinovaný.



Obr. 49 Rôzne spôsoby ovládania viaccestných ventilov
a – mechanické, b – hydraulické, c – elektromagnetom

Príklad s mechanicky ovládaným rozvádzačom je na Obr. 49a. Posúvač rozvádzača je pripojený na kladku, ktorá prijíma signál od narážkovej lišty. Spätný chod je ovládaný ručne tlačidlom.

Ak je treba signál prenášať na väčšie vzdialenosti, alebo ak je systém napojený na elektrický riadiaci systém, je výhodné použiť na riadenie posúvača elektromagnet ako je to zobrazené na Obr. 49c. Signály sú spínané mikrosplínačmi pomocou narážkovej lišty.

Ovládanie rozvádzača prúdom tekutiny má oproti predchádzajúcim spôsobom ovládania isté výhody, ktoré umožňujú dosiahnutie vhodnejších vlastností hydraulického mechanizmu. Na Obr. 49b je zobrazený hydraulický mechanizmus s rozvádzačom ovládaným hydraulicky.

Pretože ovládanie pomocou elektromagnetov aj hydraulické (pneumatické) ovládanie majú svoje výhody, často sa používajú ich kombinácie. Tieto kombinované spôsoby majú tieto výhody:

- prenos signálov aj na veľké vzdialenosti,
- hydraulický systém sa dá ľahko napojiť na elektrický riadiaci systém,
- rozvádzačom sa dá riadiť smer pohybu pri všetkých využívaných hodnotách prúdov,
- môžeme riadiť rýchlosť pohybu posúvača v rozvádzači, a tým ovplyvniť tlakové špičky v mechanizme,
- elektromagnety sú malé a majú malé záberové prúdy.

V automatizácii majú veľký význam blokovacie mechanizmy. Blokovanie pohybu motora, alebo iného člena mechanizmu je umožnené hradením prúdu. Používajú sa na to najčastejšie viaccestné ventily a spätné ventily. Blokovanie pohybu môže nastať:

- v závislosti od polohy niektorého člena mechanizmu,
- v závislosti od dosiahnutia istej hodnoty prúdu, alebo tlaku v určenom mieste mechanizmu,

- v závislosti od smeru prúdu.

Blokovanie pohybu v závislosti od polohy niektorého člena mechanizmu sa dá využiť v jednoduchých systémoch, kde má byť zaistená následnosť pohybov. V iných prípadoch následnosť pohybov zabezpečuje riadiaci systém.

Často sa využíva blokovanie pohybu v závislosti od dosiahnutého tlaku.

Operátory vetvenia prúdu

Vetvenie prúdu patrí medzi najčastejšie operácie v hydraulických mechanizmoch. Vetvenie prúdu v konštantnom pomere, alebo v meniteľnom pomere je možné len vtedy, ak uzol vetvenia zafažujú všetky odpory konštantným tlakom. V opačnom prípade nie je vetvenie ovládateľné a prúd preteká prevažne najmenším odporom.

Pre operátor vetvenia platia dva základné zákony:

1. Súčet prúdov v uzle sa rovná nule. Prúdy do uzla vstupujúce označujeme kladným znamienkom a vystupujúce záporným znamienkom (Kirchoffov zákon).
2. Algebraický súčet tlakových spádov sa rovná rozdielu medzi vstupným a výstupným tlakom.

Keď sa má zaistiť kontrolované vetvenie prúdu aj v systéme, v ktorom vyvolávajú rôzne odpory rôzny tlak, musí byť mechanizmus doplnený zariadením, ktoré tieto tlaky vyrovnáva.

1. zaradením tak, veľkého odporu medzi vetvy, aby sa na ňom zmeny poprípade rozdiely záťaže prejavovali minimálnym prúdom,
2. zaradením odporu, ktorý sa automaticky mení podľa zmien záťaže tak, aby tlak v jednotlivých vetvách ostával približne rovnaký.

3.2.2 Pneumatické mechanizmy

Pneumatické mechanizmy môžeme definovať ako mechanizmy na prenos energie a transformáciu vstupných funkcií na výstupné, pričom nositeľom energie je stlačený plyn (zvyčajne vzduch).

Plyn je nositeľom troch hlavných druhov energie:

- potenciálnej,
- deformačnej,
- kinetickej.

Podľa využívanej energie môžeme pneumatické mechanizmy rozdeliť na:

- Pneumaticko – statické mechanizmy:
 - ▶ pracovný priestor motora sa naplňa plynom s konštantným tlakom. Deformačná a kinetická energia sa nevyužívajú,
 - ▶ pracovný priestor motora je naplnený v začiatočnom stave takým objemom plynu, aby jeho deformáciou došlo k vyvodeniu vyžadovanej činnosti. Využíva sa deformačná energia.
- Pneumaticko-dynamické využívajú na vykonanie príslušného úkonu kinetickú energiu plynu. Použitie týchto mechanizmov je obmedzené malou hmotnosťou plynu.

Podľa požiadaviek na funkciu, ktorú plní mechanizmus, sa delia pneumatické mechanizmy do dvoch skupín:

- na prenos energie:
 - ▶ posuvové mechanizmy – zabezpečujú relatívny pohyb medzi dvoma celkami,
 - ▶ servomechanizmy – slúžia na prenos energie aj na prenos informácií,
 - ▶ prevodové mechanizmy – prenášajú výkon na výstupný člen,
- na prenos informácií.

Výhody pneumatických mechanizmov:

- možnosť použiť centrálnu výrobu tlakového vzduchu,
- jeden vodič, nie je potrebný vratný vodič – odpad sa vypúšťa do vzduchu,
- čistota prevádzky,
- zanedbateľný vplyv na okolie,
- možnosť preťaženia – tieto mechanizmy sa môžu preťažiť až do zastavenia,
- odolnosť voči prašnosti,
- bezpečnosť prevádzky,
- jednoduchá regulácia,
- nízke náklady.

Nevýhody pneumatických mechanizmov:

- malá tuhosť systému spôsobená stlačiteľnosťou plynu,
- objemové straty,

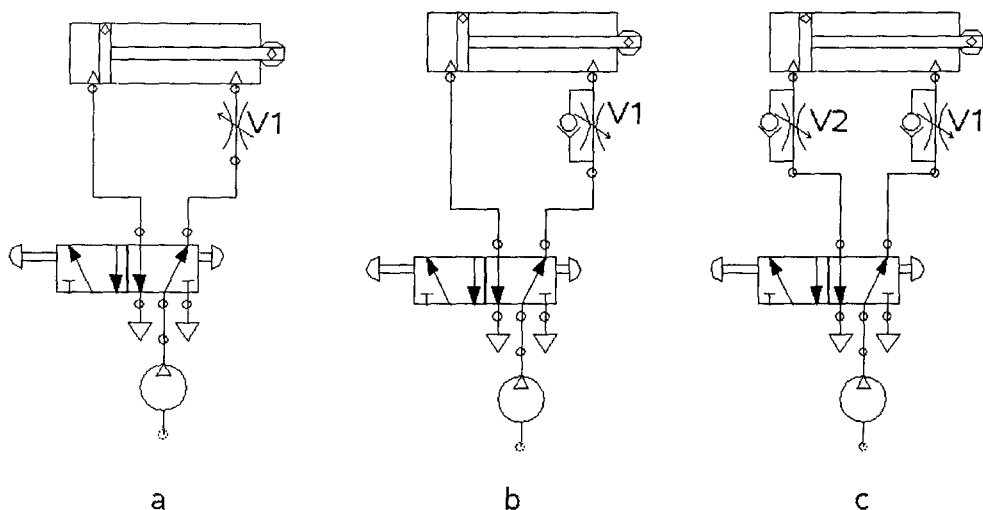
- potreba mazania vzduchu (používa sa mazanie olejovou hmlou),
- korózia spôsobená vylučovaním vody v systéme,
- hlučnosť systému,
- nízke pracovné tlaky.

V pneumatických systémoch sa používajú charakteristické zapojenia zodpovedajúce jednotlivým funkciám podobne ako pri hydraulických systémoch.

Na úspešné používanie pneumatických mechanizmov je nevyhnutná správna príprava tlakového vzduchu.

Plynulá regulácia rýchlosti

Používa sa riadenie škrtiacim ventilom na výstupe. Na Obr. 50a je škrtiaci ventil zaradený na výstupe z pneumatického valca. Toto zapojenie je veľmi jednoduché. Zmena rýchlosti pohybu sa realizuje nastavením škrtiaceho ventilu *VI*. V tomto prípade je rýchlosť pohybu v oboch smeroch rovnaká, ale celková tuhosť systému je rôzna. V prípade vysúvania sa piestnice je výstup škrtенý, čiže v pravom polpriestore valca je vysoký tlak a preto je tuhosť v tomto prípade vysoká. Pri zasúvaní piestnice je však škrtенý vstup, zatiaľ čo na výstupe (ľavá strana motora) môže vzduch voľne prúdiť a preto je celková tuhosť veľmi malá. Keď je vyžadovaná vysoká tuhosť systému pri pohybe na obe strany (pri rovnakej aj pri rôznej rýchlosti pohybov) musíme použiť zapojenie podľa schémy Obr. 50c.



Obr. 50 Spôsoby zmeny rýchlosti pohybu lineárneho pneumatického motora

a – pomocou škrtiaceho ventilu na výstupe, b – pomocou škrtiaceho ventilu so spätným ventilom v jednej vetve, c – pomocou dvoch škrtiacich ventilov so spätnými ventilmi v oboch vetvách

V1, V2 – škrtiace ventily so spätným ventilom

Zapojenie so spätným ventilom

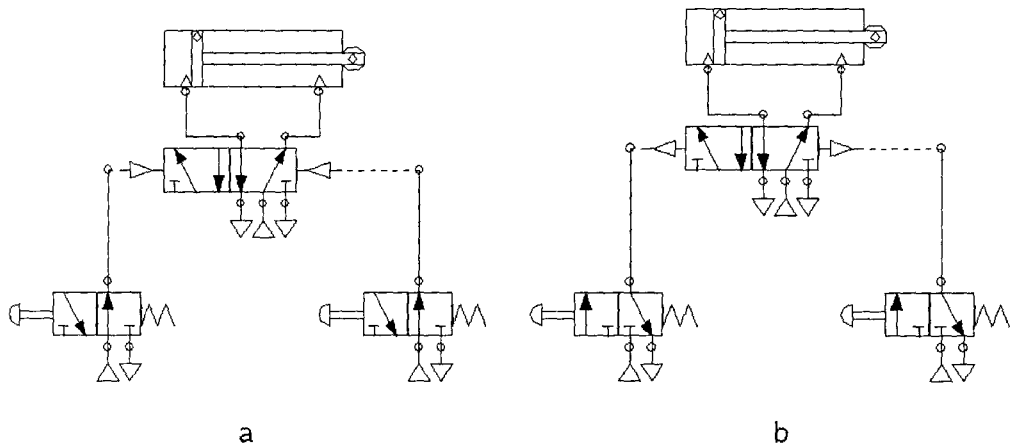
Stupňovitá regulácia sa robí pomocou škrtiaceho ventilu s obtokovým ventilom, tak, ako je to znázornené na Obr. 50b. Je potrebné dbať na to aby bol škrtенý vždy výstup vzduchu z motora. Keď sa piestnica motora vysúva, v ľavej vetve sa uzavrie spätný ventil a všetok vzduch je vytlačán cez škrtiaci ventil. Nastavením škrtiaceho ventilu regulujeme rýchlosť v tomto smere.

Keď sa zmení smer prúdenia vzduchu (piestnica sa zasúva), tak sa spätný ventil otvorí a vzduch na vstupe bude prúdiť prevažne cez tento otvorený spätný ventil a nebude škrtенý. Rýchlosť spätného pohybu bude podstatne vyššia. Týmto spôsobom je možné zabezpečiť regulovanú rýchlosť pohybu v jednom smere (vysúvanie piestnice) a neregulovanú rýchlosť pohybu v druhom smere (zasúvanie piestnice) pri zachovaní vysokej tuhosti systému.

Keď je potrebná regulácia rýchlosti pohybu v oboch smeroch, tak sa používa zapojenie podľa schémy na Obr. 50c.

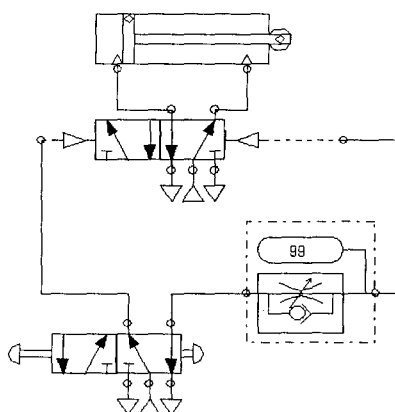
Rozdiel v rozvádzačoch je len pri pneumatickom ovládaní, ktoré môže byť:

- **Negatívne** – obe strany rozvádzača sú trvalo napojené na zdroj tlakového vzduchu a sú od hlavnej tlakovej vetvy oddelené odporom, prestavenie nastane keď sa niektorá strana odvzdušní – spojí sa s okolím ako je to zobrazené na Obr. 51a.
- **Pozitívne** – každá strana môže byť napojená na tlakovú vetvu, alebo na okolie ako je to zobrazené na Obr. 51b. Tento prípad ovládania je častejší.



Obr. 51 Schéma zapojenia negatívneho a pozitívneho pneumatického ovládania viaccestného ventilu
 a – negatívne ovládanie, b – pozitívne ovládanie

Pri požiadavke na reverzáciu pohybu motora sa niekedy vyžaduje časové oneskorenie na prestavenie polohy rozvádzača. Nato sa používa časový spínač. Tento spínač môže byť aj pneumatický tak, ako je to uvedené na Obr. 52.



Obr. 52 Pneumatický časový spínač

Po ručnom prestavení viaccestného ventilu sa cez škrtiaci ventil začne plniť nádoba v časovom ventilu. Rýchlosť plnenia, a teda aj čas oneskorenia je možné nastaviť práve pomocou škrtiaceho ventilu. Keď sa nádobka naplní a stúpane tlak na hodnotu postačujúcu na prestavenie posúvača pneumaticky ovládaného viaccestného ventilu nastane zasunutie piestnice.

3.2.3 Pneumaticko–hydraulické mechanizmy

Pri týchto mechanizmoch sa využívajú prednosti pneumatických aj hydraulických mechanizmov. Tieto kombinované mechanizmy sa delia na:

- multiplikátory tlaku,
- pneumaticko–hydraulické pohony.

Multiplikátor vznikne spojením dvoch piestov rozdielneho priemeru. Na väčší piest pôsobí tlakový vzduch, malý piest pôsobí na kvapalinu. Tlak v hydraulickom obvode je daný vzťahom:

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot D_1^2}{D_2^2}$$

kde:

p_1 – tlak v pneumatickom obvode,

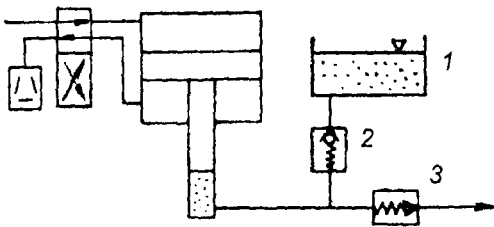
p_2 – tlak v hydraulickom obvode,

D_1 – priemer pneumatickeho piesta,

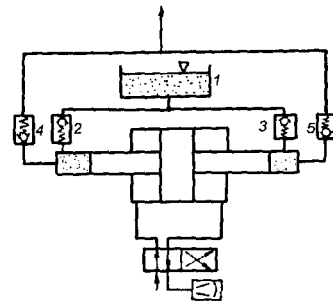
D_2 – priemer hydraulického piesta.

Multiplikátory sú vlastne piestové hydrogenerátory s pneumatickým pohonom. Môžu byť jednočinné Obr. 53, alebo dvojčinné Obr. 54. Najčastejšie sa používajú v upínacích zariadeniach, vyznačujú sa veľkou silou pri malom zdvihu.

Na tomto princípe pracujú napríklad vysokotlakové čerpadlá používané pri obrábaní vodným lúčom.



Obr. 53 Jednočinný multiplikátor



Obr. 54 Dvojčinný multiplikátor

3.3 Elektrické mechanizmy

Elektrické mechanizmy sa používajú veľmi často v automatizácii. Často sú pomocou takýchto mechanizmov realizované všetky časti automatizovaného systému (ovládacie, riadiace aj akčné členy). Veľké rozšírenie dosiahli aj kombinované elektrohydraulické a elektropneumatické automatizované systémy. V týchto systémoch sú zvyčajne akčné členy hydraulické, alebo pneumatické. Riadiace prvky sú zvyčajne elektrické. Výhodou elektrického riadenia je vysoká rýchlosť a jednoduchosť spracovania signálu, vysoká rýchlosť šírenia sa signálu a vysoká spoľahlivosť a jednoduchosť systému. Elektrické mechanizmy vždy pracujú v súčinnosti s tuhými mechanizmami.

Ako akčné členy pri elektrických mechanizmoch je možné uviesť:

- **elektromagnety** – priamočiarly pohyb s malým zdvihom, zvyčajne ovládajú pneumatické a hydraulické ventily,

- **krokové motory** – prerušovaný rotačný pohyb s počítaním krokov, otáčky sa regulujú frekvenciou krokových impulzov,
- **servomotory** – neprerušovaný rotačný pohyb s nejakým druhom odmeriavania, otáčky sa môžu meniť frekvenčným meničom, alebo v prípade jednosmerných servomotorov zmenou napätia,
- **rôzne jednosmerné striedavé elektromotory** – neprerušovaný rotačný pohyb, niekedy s reguláciou otáčok,

Základné vlastnosti elektrického motora sú určené jeho charakteristikou (závislosť medzi otáčkami v ustálenom stave a zaťažovacím momentom). Podľa priebehu krivky charakteristiky rozlišujeme:

- motory s absolútne tvrdou charakteristikou – synchronne motory,
- motory s tvrdou charakteristikou – motory indukčné, jednosmerné derivačné motory a motory s cudzím budením,
- motory s mäkkou charakteristikou – komutátorové motory, jednosmerné sériové motory.

Ďalšou základnou veličinou elektrických motorov je menovitý výkon s ktorým úzko súvisí veľkosť a druh napätia a prúdu v motore. Spoločne so spôsobom zaťažovania motora určujú teplotu motora, pri ktorej nastane porušenie izolácie vinutia a poškodenie samotného motora. Rozlišujeme tri druhy zaťažovania:

- trvalé zaťaženie – motor pracuje trvalo bez zastavenie a dosiahne ustálenú teplotu,
- krátkodobé zaťaženie a krátkodobý chod – čas zaťaženia motora je kratší ako čas potrebný na dosiahnutie ustálenej teploty a čas chodu naprázdno je dostatočne dlhý na to aby sa teplota motora priblížila teplote okolia,
- prerušované zaťaženie a prerušovaný chod – dosiahne sa viacmenej ustálená teplota, ktorá je však nižšia ako pri trvalom chode.

Aby bol motor pri krátkodobom a prerušovanom zaťažení efektívne využitý navrhuje sa s menším výkonom ako by zodpovedal trvalému zaťaženiu, lebo sa krátkodobo môže preťažiť bez nebezpečenstva poškodenia. Takýto motor nie je možné potom v danom zariadení použiť na trvalý chod. Príkladom sú elektrické štartéry v automobiloch.

K ďalším parametrom patria ešte momentová zaťažiteľnosť, záberový moment a stupeň krytia.

Z hľadiska magnetických polí a síl, ktorými tieto polia pôsobia na vodiče rozdeľujeme elektrické motory do štyroch základných skupín:

- jednosmerné elektrické motory
 - ▶ jednosmerný motor s cudzím buđením,
 - ▶ paralelne buđený (derivačný) jednosmerný elektromotor,
 - ▶ sériovo buđený jednosmerný elektrický motor,
 - ▶ jednosmerný motor so sériovo-paralelným buđením (kompandný)
- indukčné elektrické motory
- komutátorové elektrické motory
- synchronne elektrické motory
 - ▶ jednofázové synchronne elektromotory,
 - ▶ viac fázové synchronne elektromotory,
 - ▶ krokové motory.

3.4 Elektropneumatické a elektrohydraulické mechanizmy

Elektropneumatické a elektrohydraulické systémy sú konštruované tak, aby ponúkali výhody elektrických aj hydraulických, alebo pneumatických systémov. V prípade takýchto kombinovaných systémov sú zvyčajne akčné členy hydraulické, alebo pneumatické, riadenie je elektrické a ako ovládacie členy sa využívajú elektromagneticky ovládané viaccestné ventily.

4. PODÁVACIE, ZDVÍHACIE A KROKOVACIE MECHANIZMY

Dôležitou oblasťou automatizácie a mechanizácie technologických procesov je automatizácia a mechanizácia podávania polovýrobov (prípadne súčiastok) do pracovného priestoru stroja. Výhody automatizácie podávania je možné zhrnúť do týchto bodov:

- umožňuje zmeniť stroje na automaty,
- zvyšuje sa produktivita práce,
- zvyšuje sa využitie stroja.

Podľa stupňa automatizácie môžeme podávacie zariadenia rozdeliť na štyri skupiny:

1. jednoduché podávacie zariadenia – používajú sa tam, kde sa spracováva materiál vo forme tyčí, rúrok pásov, alebo zvitkov. Odrezanie potrebného kusu materiálu je jednou z pracovných operácií na stroji. Tento spôsob sa používa napríklad na sústružníckych automatoch a poloautomatoch, na lisovacích automatoch a podobne.
2. zdvíhacie a podávacie zariadenia – slúžia len na zdvihnutie, prípadne na zasunutie súčiastky do pracovného priestoru stroja. Používajú sa pre ťažké obrobky zložitých tvarov, pri ktorých je výrobný čas mnohonásobne dlhší, ako čas potrebný na podávanie. Nastavenie potrebnej polohy obrobku voči nástroju sa vykonáva zvyčajne ručne.
3. podávacie zariadenia so zásobníkom – predstavuje prechod k čiastočnej automatizácii podávania obrobkov. Obrobky sú v zásobníku uložené v takej polohe akú majú mať vzhľadom na nástroj – sú **orientované**. Podávanie sa uskutočňuje automaticky v súlade pracovným cyklom stroja. Tento spôsob sa využíva tam, kde je dosiahnutie smerovej orientácie obrobku pomocou mechanických zariadení zložitá. Sú to obrobky zložitých tvarov zvyčajne bez roviny, alebo osi symetrie.
4. podávacie zariadenia s násypkou – je to plne automatizovaný systém podávania obrobku. Obrobky sa nachádzajú v neusporiadanom stave v násypke. Z násypky sú odoberané a smerovo orientované jednotlivé obrobky, ktoré idú do zásobníka, odkiaľ sa podávajú do pracovného priestoru stroja. Tieto systémy sú vhodné pre tvarovo jednoduché a rozmerovo menšie obrobky.

Funkcie, ktoré musí spĺňať zariadenie pre automatizované podávanie obrobku sú tieto:

- zachytenie obrobku v násypke a jeho smerová orientácia,
- odovzdanie priestorovo správne orientovaného obrobku do zásobníka,
- vytvorenie dostatočnej zásoby obrobkov v zásobníku na plynulý chod stroja,
- podávanie a odmeriavanie jednotlivých obrobkov zo zásobníka,
- kontrola správnosti orientácie obrobku,
- doprava obrobku do pracovného priestoru stroja.

Pre voľbu typu a usporiadania zariadenia automatického podávania je rozhodujúcim prvkom podávaná súčiastka, jej tvar, veľkosť, hmotnosť. Na tvare závisí možnosť manipulácie s predmetom a jeho smerovej orientácie. Manipulované predmety sa môžu rozdeliť z rôznych hľadísk.

Rotačné obrobky môžeme rozdeliť podľa ich geometrického tvaru do troch hlavných skupín:

- predmety s dvoma alebo viacerými osami súmernosti (nevyžadujú smerovú orientáciu),
- predmety s jednou osou a s jednou rovinou súmernosti (vyžadujú orientáciu podľa osi otáčania),
- predmety s jednou osou súmernosti, ktorá je totožná s osou rotácie (vyžadujú orientáciu podľa osi otáčania a podľa roviny kolmej na os otáčania),

Nerotačné – ploché predmety môžeme rozdeliť do nasledujúcich troch základných skupín:

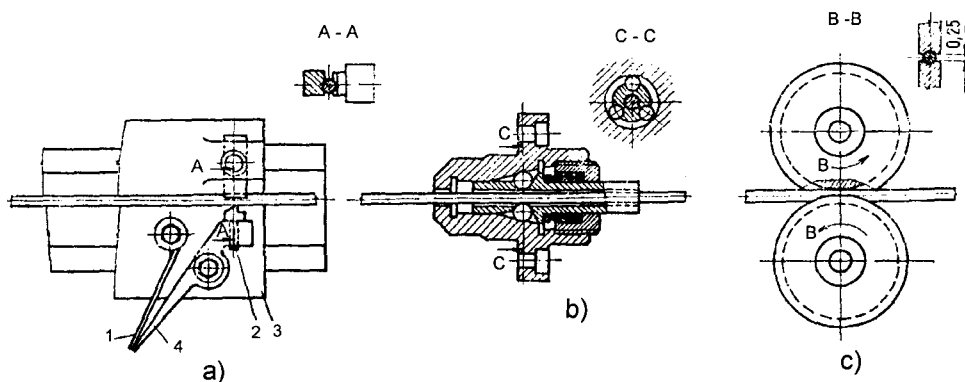
- predmety s tromi rovinami súmernosti (vyžadujú orientáciu len podľa dĺžky predmetu)
- predmety s dvoma rovinami symetrie – (vyžadujú orientáciu podľa dĺžky a podľa roviny v ktorej je predmet nesymetrický)
- predmety s jednou rovinou symetrie (vyžadujú tri orientácie podľa dĺžky a podľa dvoch rovín v ktorých je predmet nesymetrický).

Čím je daný predmet vo vyššej skupine, tým je ťažšia jeho orientácia. Ďalej môžeme predmety zatriediť podľa pomeru dĺžka / priemer, prípadne dĺžka / šírka. Tieto hodnoty charakterizujú stabilitu polohy predmetu v násypke. Táto stabilita ovplyvňuje usporiadanie záchytných a orientačných prvkov mechanizmu.

4.1 Podávacie zariadenia

Podávacie zariadenia môžeme rozdeliť podľa toho aký druh polovýrobku podávajú:

- mechanizmy podávajúce zo zvitkov – materiál je vo forme drôtu alebo pásu a je stočený do zvitku,
- mechanizmy podávajúce tyčový materiál – materiál je vo forme tyčí rôzneho profilu,
- mechanizmy podávajúce kusový polovýrobok – materiál sú jednotlivé kusy polovýrobku vhodného tvaru a rozmerov. Tieto mechanizmy často bývajú súčasťou rôznych násypiek a zásobníkov.



Obr. 55 Mechanizmy na podávanie drôtu [3]

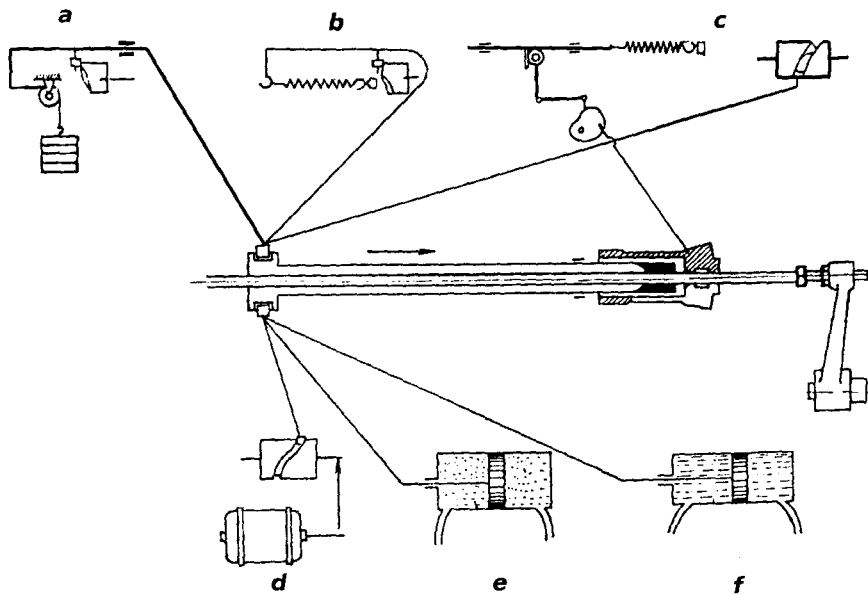
a – pákový mechanizmus, b – klieštinový mechanizmus, c – valčekový mechanizmus

1 – pružina, 2 – záchytka, 3 – sane, 4 - páka

Na Obr. 55 sú znázornené tri možné varianty zariadenia podávajúceho zo zvitkov (drôt). Pri všetkých týchto variantoch podávacieho mechanizmu je treba zabezpečiť narovnávanie drôtu.

Pákový mechanizmus pracuje takto: pri pohybe saní 3 v pravo sa páka 4 opiera pôsobením pružiny 1 cez záchytku 2 o drôt a posúva ho so saniami. Nedostatkom je ostrá hrana na záchytke, ktorá môže poškodiť povrch drôtu. Použitím klieštinového mechanizmu sa poškodenie povrchu drôtu znižuje.

V tomto prípade je drôt uchytý troma guľôčkami, ktoré sa pri pohybe saní zaklinia medzi drôt a kužeľovú dutinu klieštiny. V prípade použitia valčekového kladkového podávacieho mechanizmu je styčná plocha medzi drôtom a kladkou veľká a nepoškodzuje sa povrch drôtu takmer vôbec. Takýto mechanizmus slúži aj na vyrovnávanie drôtu.



Obr. 56 Mechanizmy na podávanie tyčového polovýrobku [3]

a – podávanie pomocou závažia, b – podávanie pomocou pružiny, c – podávanie pomocou vačkového mechanizmu a pružiny, d – podávanie pomocou vačkového mechanizmu a elektromotora, e – podávanie pomocou pneumatického motora, f – podávanie pomocou hydraulického motora

Pri podávaní tyčových polovýrobkov je možné použiť rôzne mechanizmy, tak, ako je to znázornené na Obr. 56. Tieto zariadenia zvyčajne používajú na uchopenie podávaného materiálu klieštinový mechanizmus.

4.2 Zdvíhacie a podávacie zariadenia

Zdvíhacie a podávacie zariadenia je možné rozdeliť na dve hlavné skupiny:

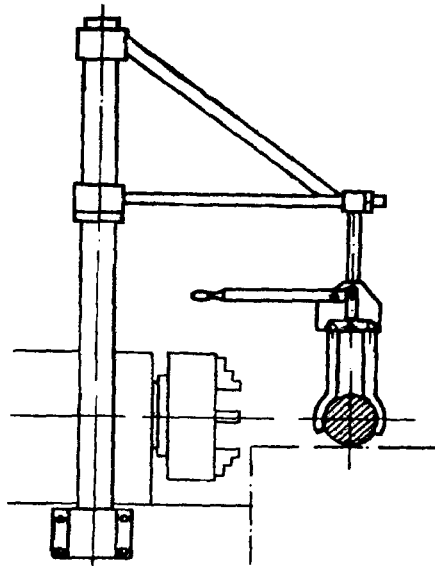
- zdvíhacie a podávacie zariadenia slúžiace viacerým strojom,
- zdvíhacie a podávacie zariadenia pre jednotlivé stroje.

Do prvej skupiny patria rôzne žeriavy, tejto skupine sa ďalej nebudeme venovať, budeme sa venovať len zdvíhacím a podávacími zariadeniam pre jednotlivé stroje.

Konštrukčné vyhotovenie týchto zariadení závisí najmä od konštrukcie stroja, na ktorom bude použité, od veľkosti zdvíhaného predmetu a od vzdialenosti, na ktorú bude podávaný. Podľa spôsobu vyvedenia zdvíhacej sily môžu byť tieto mechanizmy rozdelené na:

- mechanické,
- pneumatické,
- hydraulické,
- elektromagnetické.

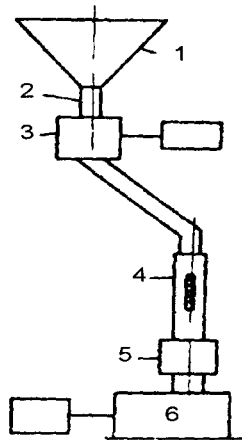
Usporiadanie záchytného mechanizmu na takomto zariadení závisí od tvaru zdvíhaného predmetu. Zvyčajne je záchytný mechanizmus výmenný, aby bola dosiahnutá istá univerzálnosť celého zariadenia. Na Obr. 57 je zobrazené mechanické zdvíhacie a podávacie zariadenie na sústruhu.



Obr. 57 Mechanické zdvíhacie a podávacie zariadenie

4.3 Podávacie zariadenia so zásobníkom a s násypkou

V podávacích zariadeniach s násypkou a zásobníkom sú v násypke voľne uložené (bez orientácie) jednotlivé súčiastky, ktoré sú potom zachytávané, orientované a ukladané do zásobníka pomocou vhodných mechanizmov. Zo zásobníka sú už orientované súčiastky podávané do pracovného priestoru stroja. Podávacie zariadenie s násypkou a zásobníkom je na Obr. 58.



Obr. 58 Podávacie zariadenie s násypkou a zásobníkom

1 – násypka, 2 – mechanizmus na zachytenie (nabratie) predmetu z násypky, 3 – mechanizmus na orientáciu predmetu, 4 – zásobník, 5 – odmeriavací mechanizmus, 6 – kontrolné zariadenie a podávací mechanizmus

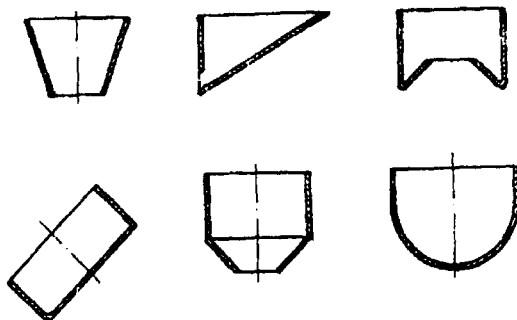
4.3.1 Násypky

Násypky sa môžu rozdeliť do troch skupín podľa toho, aké predmety sú v nich nasýpané:

- násypky na predmety nevyžadujúce smerovú orientáciu iba ich zachytenie,
- násypky na predmety vyžadujúce jednu smerovú orientáciu a ich zachytenie,
- násypky na predmety vyžadujúce dve smerové orientácie a ich zachytenie.

Zachytenie predmetu a jeho smerová orientácia môžu byť vykonané jedným mechanizmom, alebo môžu byť funkčne rozdelené medzi dva mechanizmy. Násypka je tvarovo usporiadaná tak, aby

uľahčovala pohyb predmetov smerom k zachytávaciemu mechanizmu. Zvyčajne má jednoduchý tvar so šikmými stenami a bývajú vyrobené z plechu, alebo výnimočne ako odliatky. Na Obr. 59 sú zobrazené niektoré bežné tvary násypiek.



Obr. 59 Rôzne tvary násypiek

4.3.2 Mechanizmy na zachytenie a orientáciu

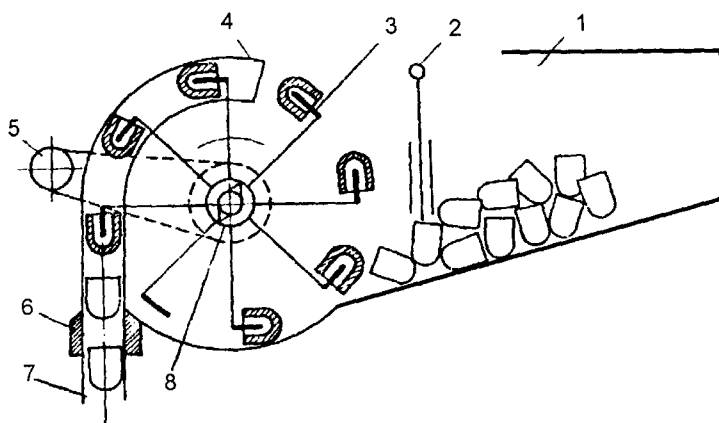
Do tejto kategórie zariadení patria tie, ktoré zachytávajú jednotlivé predmety v násypke, orientujú ich do vyžadovanej polohy a potom zavedú do zásobníka. Podľa spôsobu zachytávania je možné ich rozdeliť do týchto skupín:

- mechanizmy na zachytávanie za vnútorný povrch,
- mechanizmy na zachytávanie za vonkajší povrch,
- mechanizmy na zachytávanie do výrezov podľa tvaru predmetu.

Ďalej je možné tieto mechanizmy rozdeliť podľa pohybu zachytávacieho člena:

- zachytávací člen vykonáva priamočiary vratný pohyb,
- zachytávací člen vykonáva kývavý vratný pohyb,
- zachytávací člen vykonáva plynulý rotačný pohyb.

Na Obr. 60 je zobrazený zachytávací mechanizmus, ktorý zachytáva na háčiky 3 predmety za vnútornú plochu, ktoré sú voľne nasypané do násypky 1. Na vedenie predmetov do zásobníka 7 je použité vodidlo 4.

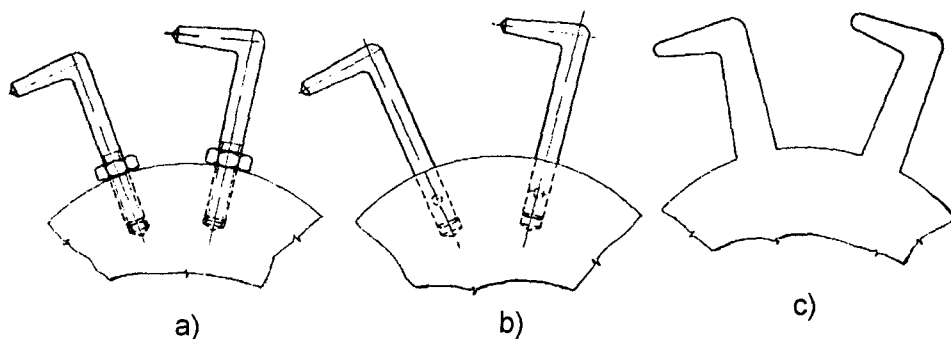


Obr. 60 Zachytávací mechanizmus za vnútorný povrch s rotačným pohybom. [3]

1 – násypka, 2 – narážka, 3 – háčik, 4 – vodidlo, 5 – pohon, 6 – teleso, 7 – zásobník, 8 – náboj

Zachytenie predmetu závisí od konštrukcie dna násypky. Dno je na bokoch sklonené a v mieste, kde prechádza háčik je vytvorený žliabok. Predmety, ktoré prídu do tohoto žliabku, sú na zachytenie orientované správne – sú zachytené, alebo sú orientované nesprávne – vtedy sú zo žliabku vytlačené von.

Dôležité je aj správne vypadnutie orientovaného predmetu z háčika do zásobníka. Je potrebné určiť trajektóriu pohybu predmetu a tvar vstupnej časti zásobníka. Predmet sa istý čas pohybuje spolu s háčikom a potom sa z neho začne zosúvať. Na správnu funkciu je potrebné zabezpečiť, aby čas potrebný na pootočenie háčika bol dlhší ako čas potrebný na úplné zosunutie predmetu z neho.

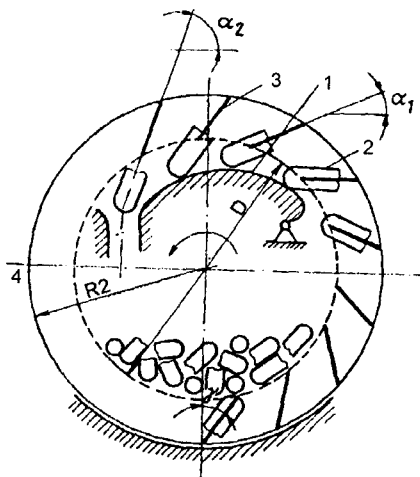


Obr. 61 Rôzne možnosti vyhotovenia háčikov a ich spojenia s kolesom. [3]

a – zaskrutkovaný, b – prikolíkováný, c – z jedného kusa s kolesom

Na Obr. 61 sú zobrazené rôzne možnosti konštrukčnej realizácie háčikov a ich spojenia s kolesom. Priemer háčika býva v rozsahu 0,45 až 0,6 násobku vnútorného priemeru predmetu. Koniec háčikov je kužeľovitý s uhlom 6 až 10°. Dĺžka zahnutej časti háčika je v rozmedzí 1,2 až 1,3 násobok dĺžky predmetu a sklon tejto časti býva 80 až 85°.

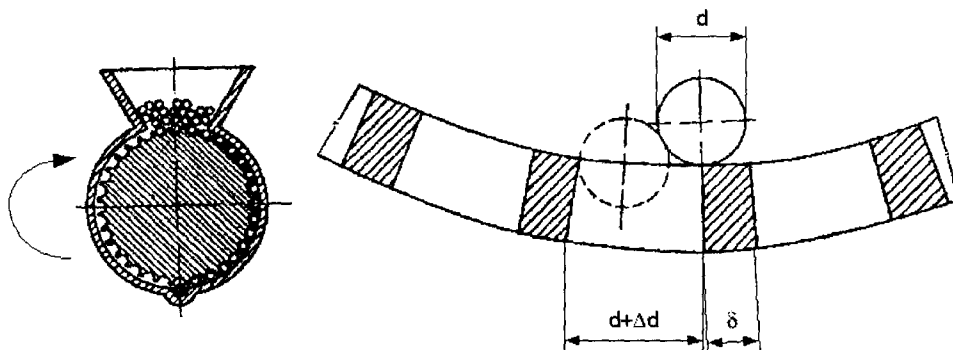
Ďalším spôsobom zachytávania predmetov za vnútorný povrch je zachytávanie pomocou čapov, tak, ako to je zobrazené na Obr. 62.



Obr. 62 Zachytávanie za vnútorný povrch pomocou čapov. [3]

1 – vytvarované teleso so vstupom do zásobníka, 2 – zachytávaný predmet, 3 – šikmo umiestnený čap na kolese, 4 – koleso

Na Obr. 63 je zobrazený mechanizmus, ktorý zachytáva predmety za ich vonkajší povrch a zachytávací člen koná nepretržitý rotačný pohyb. Na dne násypky sa otáča bubon, ktorý má po obvode zárezy do ktorých zapadajú jednotlivé predmety (valčeky, guľôčky). Bubon unáša zachytené predmety v smere šípky a v spodnej časti zo zárezov bubna vypadávajú orientované predmety do zásobníka.



Obr. 63 Mechanizmus na zachytenie predmetu za vonkajší povrch s rotačným pohybom zachytávacieho člena

Rozostup záchytných členov sa určí takto:

$$m = d + \Delta d + \delta$$

kde:

d – priemer zachytávaného predmetu,

Δd – vôľa medzi zachytávaným predmetom a výrezom,

δ – hrúbka steny (zvyčajne 8 až 12 mm)

Spoľahlivé zachytenie predmetu je možné len vtedy, keď obvodová rýchlosť zachytávacieho bubna neprekročí určitú rýchlosť. Obvodová rýchlosť zachytávacieho bubna sa dá určiť takto:

$$v < \left(\frac{1}{2} + \frac{\Delta d}{d} \right) \cdot \sqrt{g \cdot d}$$

kde:

v – obvodová rýchlosť zachytávacieho bubna,

d – priemer zachytávaného predmetu,

Δd – vôľa medzi zachytávaným predmetom a výrezom,

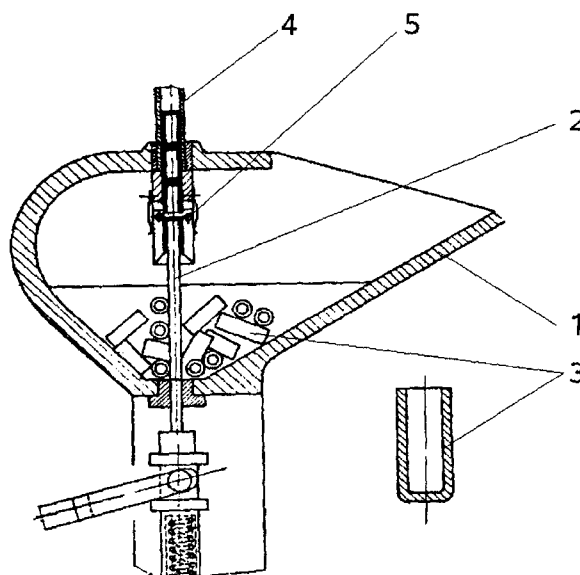
g – gravitačné zrýchlenie

Počet zárezov po obvode zachytávacieho bubna a priemer bubna v závislosti od priemeru zachytávaného predmetu určuje Tabuľka 1.

Tabuľka 1 Určenie počtu zárezov a priemeru zachytávacieho bubna v závislosti od priemeru zachytávaného predmetu

Priemer predmetu [mm]	10 až 15	15 až 25	25 až 40
Počet zárezov v bubne	35 až 40	22 až 35	20 až 25
Priemer bubna [mm]	250 až 300	300 až 400	350 až 450

Na Obr. 64 je príklad násypky s mechanizmom na zachytenie predmetov za vnútorný povrch a s priamočiarym pohybom zachytávajúceho člena.

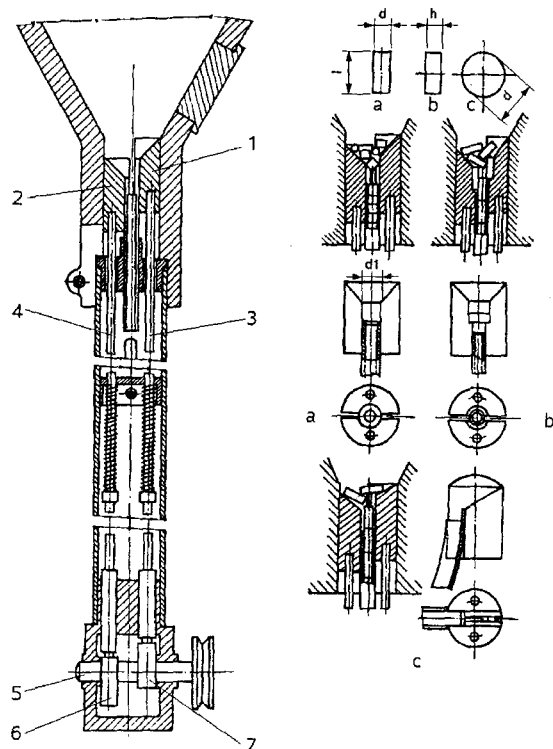


Obr. 64 Násypka so zachytávajúcim členom vykonávajúcom priamočiary pohyb

1 – násypka, 2 – tyčka (zachytávajúcí element), 3 – predmet, 4 – rúrka (zásobník), 5 – zádržka

Do násypky **1** sú voľne nasypané predmety **3**. Tyč **2** koná priamočiary vratný pohyb, ktorý môže byť vyvolaný napríklad vačkovým mechanizmom. Počas pohybu tyčky smerom hore sa na ňu zachytí predmet, ktorý je potom dopravený do rúrky **4** (*zásobník*). V rúrke je umiestnená zarážka **5**, ktorá umožní voľný vstup predmetu do rúrky, pri spätnom pohybe tyčky je však predmet zadržaný. V prípade, že rúrka je už naplnená, zarážka už predmet na rúrke nezadrží a ten ostáva na tyčke až pokiaľ sa rúrka znova neuvoľní.

Na Obr. 65 je ďalší príklad mechanizmu na zachytenie a orientáciu predmetov. Takýto mechanizmus sa často používa na malé predmety ako valčeky, kotúče, podložky a podobne. Mechanizmus sa skladá z dvoch šmýkadiel **1** a **2**, ktoré sú pohybované pomocou tiahel **3** a **4**. Pohyb tiahel je odvodený od vačiek **6** a **7** na hriadeli **5**. Predmety sú z násypky naberané šmýkadlami a dopravované do prijímacej časti, odkiaľ vlastnou hmotnosťou padajú do zásobníka. Pri zmene podávaných predmetov stačí vymeniť šmýkadlá a prijímaciu časť.



Obr. 65 Zariadenie na zachytávanie a orientáciu malých predmetov [3]

1, 2 – šmýkadlá, 3,4 – tiahla, 5 – hriadeľ, 6,7 – vačky

a – zachytávané predmety sú krátke valčeky, b – zachytávané predmety sú dlhé valčeky, c – zachytávané predmety sú kotúče alebo podložky

Zmenou tvaru šmýkadiel podľa Obr. 65a je možné tento mechanizmus použiť na krátke valčeky. Pre dlhé valčeky sa použije vyhotovenie šmýkadiel podľa Obr. 65b a na predmety kotúčového tvaru sa použije vyhotovenie podľa Obr. 65c.

Pri návrhu tohto mechanizmu je potrebné dodržať isté pravidlá. Tvar šmýkadiel závisí od tvaru podávaných predmetov. Vnútorňý priemer šmýkadla d_1 je závislý od pomeru l/d predmetu.

$$l/d \geq 1,7 \rightarrow d_1 = 3d + 0,2$$

$$l/d \leq 1,7 \rightarrow d_1 = d + 2b + 0,1$$

kde:

l – dĺžka zachytávaného predmetu,

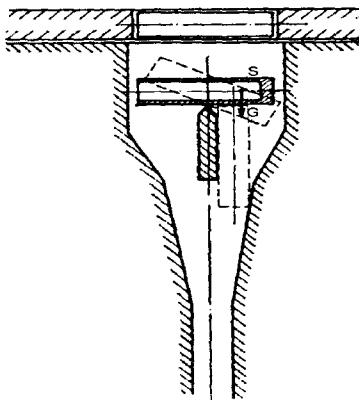
d – priemer zachytávaného predmetu,

b – hrúbka steny zachytávaného predmetu.

Zdvih šmýkadiel sa určí takto:

$$H = (0,5 \text{ až } 0,9) l$$

V niektorých prípadoch sa používajú oddelené mechanizmy na zachytenie a orientáciu predmetov. Zvyčajne sa orientácia vykonáva na vstupe do zásobníka. Tento princíp je schematicky znázornený na Obr. 66.



Obr. 66 Orientácia predmetov pri vstupe do zásobníka pomocou zarážky. [3]

4.3.3 Zásobníky

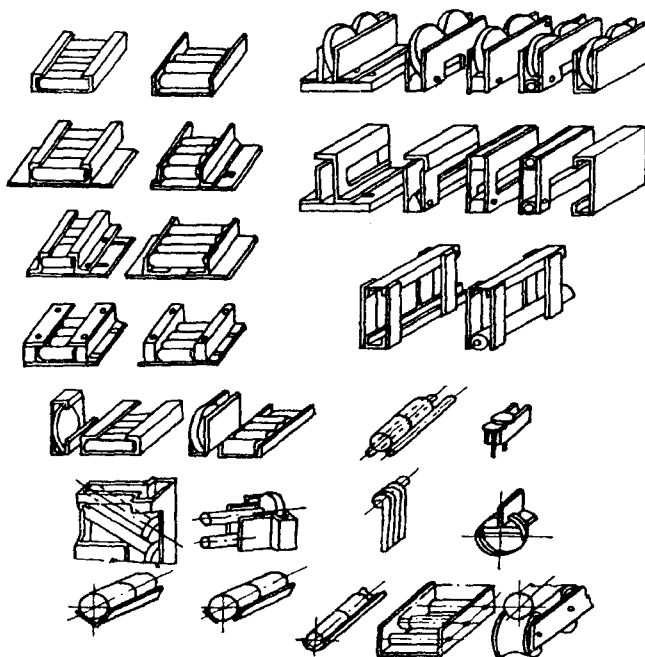
Zásobníky sa od násypiek líšia najmä tým, že predmety sú v zásobníku už orientované. Zásobníky sa delia na dve hlavné skupiny:

- zásobníky v ktorých sa predmety pohybujú pôsobením gravitačnej sily,
- zásobníky s núteným pohybom predmetov.

Dodávka predmetov z násypky do zásobníka je pri rovnomernom pohybe záchytného mechanizmu nerovnomerná. Keby podávacie zariadenie pracovalo bez zásobníka, znamenalo by to, že stroj bude nepravidelne zásobovaný. Keď má byť táto nepravidelnosť odstránená, musí podávací mechanizmus pracovať so zásobníkom. Veľkosť zásobníka závisí od nerovnomernosti dodávky z násypky. Veľmi často sa používajú rôzne druhy žliabkových zásobníkov.

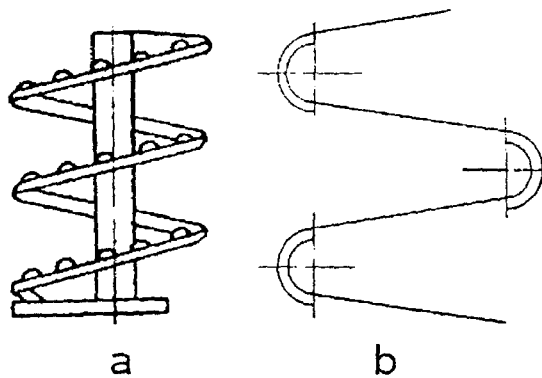
Žliabkové zásobníky

Žliabkové zásobníky môžu byť horizontálne, naklonené, kombinované. Sú vhodné na predmety rotačných tvarov (valce, kužele ...). Väčšinou sa predmety v týchto zásobníkoch pohybujú vlastnou hmotnosťou, preto je treba dbať na opotrebovanie vodiacich plôch.



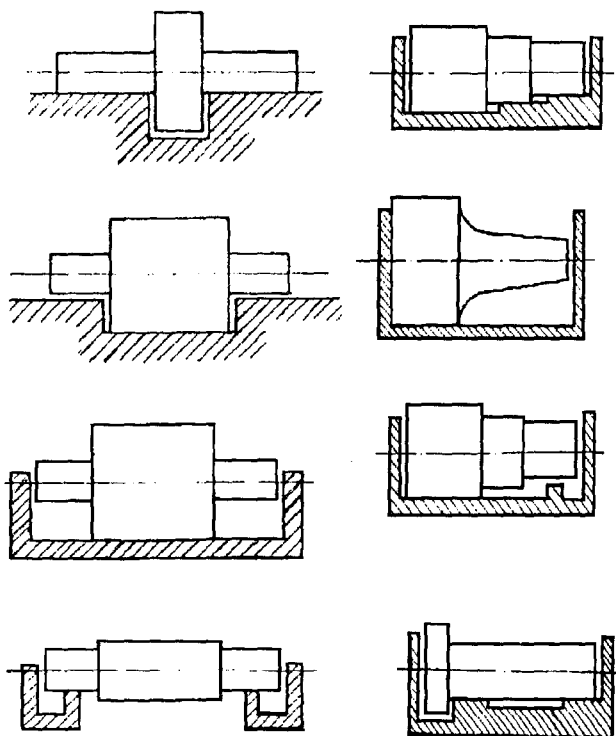
Obr. 67 Rôzne druhy žliabkových zásobníkov [3]

Na Obr. 67 sú zobrazené rôzne druhy žliabkových zásobníkov. Tieto zásobníky môžu byť valivé aj klzné. Aby bola dosiahnutá väčšia kapacita zásobníka je možné vytvoriť ho v tvare skrutkovice, alebo viackrát zalomený.



*Obr. 68 Skrutkovicový a lomený zásobník
a – skrutkovicový zásobník, b – viackrát lomený zásobník*

V prípade žliabkových zásobníkov je veľmi dôležité určiť priedehodnosť predmetu zásobníkom a správne určenie bočnej vôle medzi predmetom a stenami zásobníka tak, aby nenastalo vzpriečenie predmetu, alebo jeho pootočenie (strata orientácie). Na tieto vlastnosti má veľký vplyv aj tvar žliabku zásobníka. Vyhotovenia rôznych tvarov žliabkov zásobníka na rôzne tvarované rotačné predmety sú na Obr. 69.



Obr. 69 Rôzne tvary žlabov. [3]

Pri riešení žlabov na predmety s čapmi, ako sú zobrazené na pravej strane Obr. 69, je potrebné zistiť najprv určujúci priemer D_1 podľa nasledovného vzorca

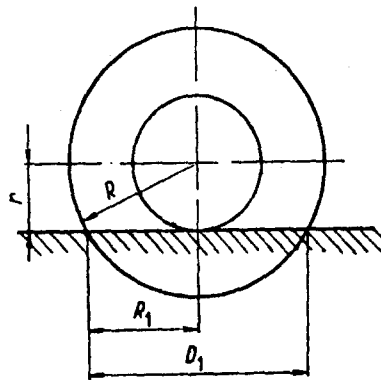
$$D_1 = 2 \cdot \sqrt{R^2 - r^2}$$

kde:

R – polomer strednej časti,

r – polomer čapu.

Tento prípad je zobrazený aj na Obr. 70



Obr. 70 Stanovenie určujúceho priemeru D_1 [3]

Ak bude platiť že

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{D_1}{L} > f$$

kde:

L – dĺžka strednej časti,

f – súčiniteľ trenia

môže sa predmet dopravovať na čapoch, alebo na strednej časti a bude sa orientovať podľa strednej časti.

Ak bude platiť že

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{D_1}{L} < f$$

alebo platiť že

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{d}{L_1} < f$$

kde:

L – dĺžka strednej časti,

f – súčiniteľ trenia

d – priemer čapu,

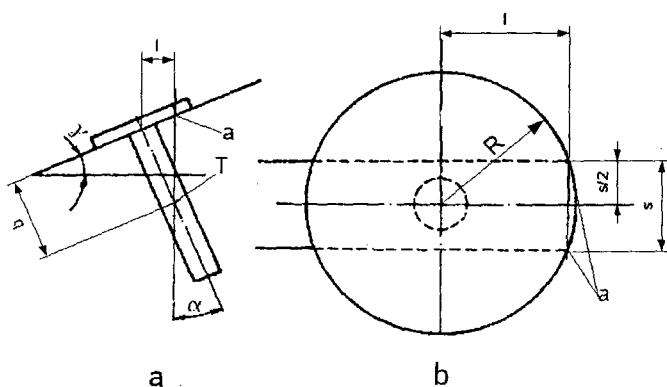
L_1 – celá dĺžka vrátane čapov

môže sa predmet dopravovať na čapoch, alebo na strednej časti a bude sa orientovať na celej dĺžke čapov.

V prípade, že predmety sú nesymetrické, alebo stupňovité, je potrebné aby mali ťažisko v časti s najväčším priemerom. Keby ťažisko ležalo na hrane susedného menšieho priemeru, alebo by ležalo v menšom priemere, nastalo by preklápanie predmetu. Na pravej strane Obr. 69 sú zobrazené rôzne spôsoby úpravy dna žliabku na stupňovité predmety.

V prípade predmetov, ktoré majú nákrúžok, alebo prírubu je možné použiť aj klzné žľaby, v ktorých bude predmet zavesený za nákrúžok.

Na Obr. 71 je príklad takéhoto predmetu, ktorý je v naklonenom žliabku zavesený za nákrúžok.



Obr. 71 Príklad predmetu zaveseného za nákrúžok v klznom žľabe

Dotyk nákrúžku so žľabom je v bodoch *a*. Driek predmetu je vzhľadom na vertikálnu os sklonený o uhol α . Tento uhol závisí od vzdialenosti *b* ťažiska predmetu *T* od spodnej plochy nákrúžku. Ďalej závisí aj od vzdialenosti *l* bodov dotyku k osi predmetu. Vzdialenosť *b* je daná priamo rozmermi a tvarom predmetu.

Vzdialenosť *l* je možné vypočítať takto:

$$l = \sqrt{R^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2}$$

kde:

R – polomer nákrúžku,

s – vzdialenosti medzi bodmi *a*

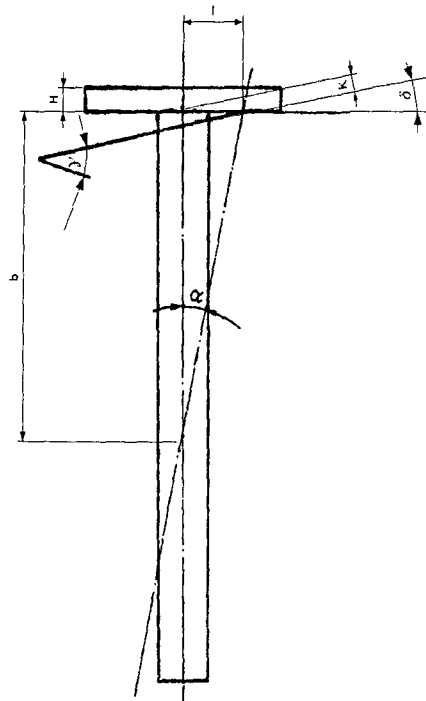
Uhol α môžeme vypočítať takto:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{R^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2}}{b}$$

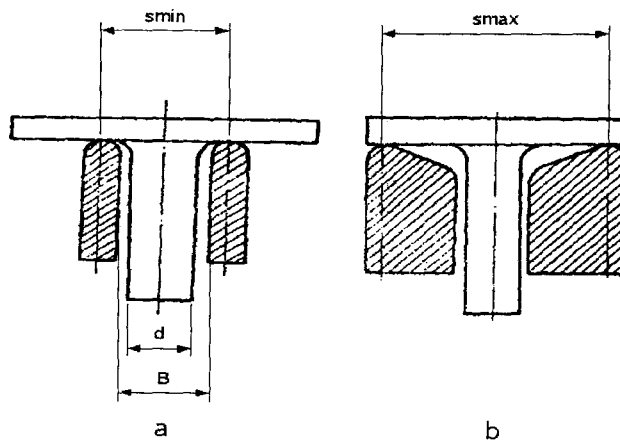
Uhol α musí byť taký veľký, aby nákrúžok bol sklonený k žliabku pod uhlom δ , ako je to vidieť na Obr. 72. Minimálna veľkosť uhla δ je daná vzdialenosťou K , ktorá nesmie byť menšia ako hrúbka nákrúžku H . V opačnom prípade budú nákrúžky predmetov na seba tlačiť a budú vznikáť ďalšie trecie odpory.

Dĺžka l je závislá od rozstupu s . Čím je väčší rozstup s , tým je dĺžka l kratšia. Na Obr. 73 sú znázornené prípady minimálneho rozstupu a maximálneho rozstupu. Šírka B sa zvyčajne volí ako 1,1 násobok priemeru drieku d .

Výška žlabu by nemala byť menšia ako polovica dĺžky drieku predmetu, aby bolo zabezpečené stabilné vedenie.

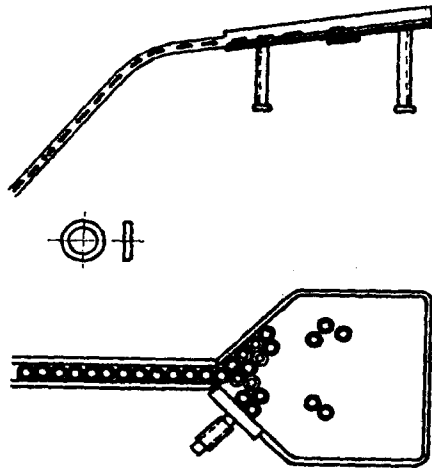


Obr. 72 Pomery na klznom žľabe



Obr. 73 Šírka klzného žľabu na predmety s nákrúžkom

Zvláštnym zariadením, ktoré slúži na podávanie predmetov a prípadne aj ich orientáciu sú vibračné násypky a žľaby. Schéma je na Obr. 74.



Obr. 74 Schéma vibračného zásobníka. [3]

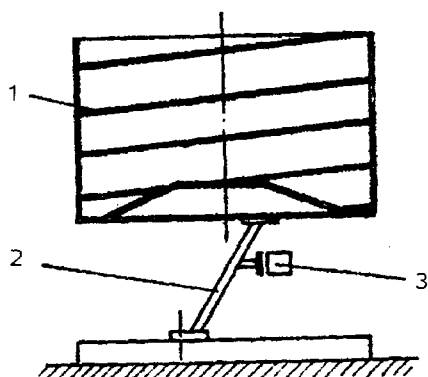
Násypka je spojená s vibračným zariadením, ktoré jej udeľuje vibračný pohyb v horizontálnej rovine. Dno násypky je sklonené a predmety sa striasajú do žliabkového zásobníka. Tento typ mechanizmu je vhodný na malé kotúčové súčiastky (matice, podložky ...). Na jednu násypku môže byť napojených aj niekoľko žlabov, ktoré vydávajú predmety v niekoľkých prúdoch.

Často sa používa vibračná násypka so skrutkovicovým žlabom. Schéma takejto násypky je na Obr. 75. Dno násypky má tvar kužela. Po dne sa kľžu predmety smerom k stenám, kde sú naberané do žliabkov **1** tvaru skrutkovice na stenách násypky. Násypka je upevnená na pružinách **2** a je rozkmitávaná pomocou elektromagnetu **3**.

Spôsoby pohybu predmetu v žliabku sú tieto:

1. preklzom,
2. voľnými mikroskokmi,
3. kombinácia predchádzajúcich spôsobov.

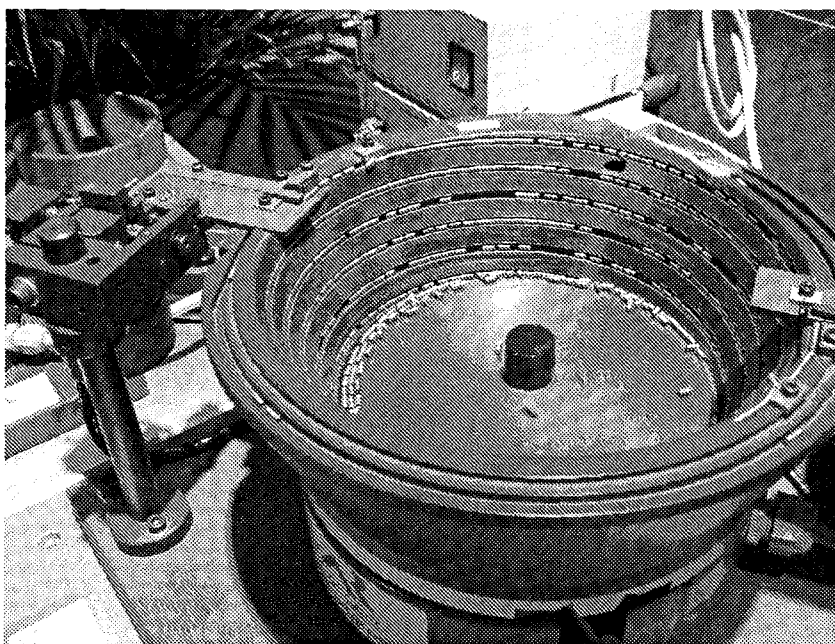
Najčastejší spôsob pohybu predmetov v žliabku je pohyb voľnými mikroskokmi.



Obr. 75 Schéma vibračnej násypky so skrutkovicovým žľabom [3]

1 – žliabok na stene násypky v tvare skrutkovice, 2 – pružiny, 3 – vibračný mechanizmus

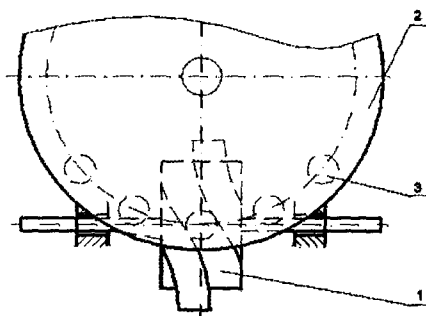
Na Obr. 76 je zobrazená fotografia vibračnej násypky so skrutkovicovým žľabom



Obr. 76 Vibračná násypka

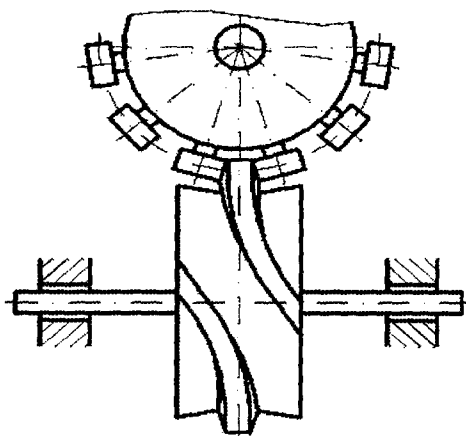
4.4 Krokovacie mechanizmy

V mechanizácii a automatizácii sa často používajú aj rôzne krokovacie mechanizmy, ktoré transformujú plynulý vstupný pohyb na prerušovaný výstupný pohyb. Zvyčajne sa nato používajú rôzne vačkové mechanizmy ako sú uvedené na Obr. 77 a Obr. 78. V týchto mechanizmoch vačka vykonáva plynulý rotačný pohyb, ktorý je transformovaný na prerušovaný rotačný pohyb kotúča.



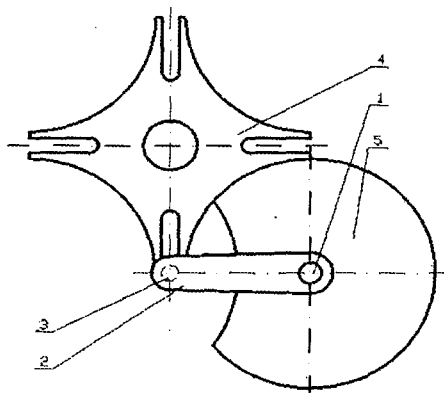
Obr. 77 Krokovací mechanizmus s valcovou vačkou [20]

1 – valcová vačka, 2 – kotúč, 3 – kladka



Obr. 78 Krokovací mechanizmus s globoidnou vačkou [20]

Ďalším možným krokovacím mechanizmom je maltézsky kríž (tento mechanizmus dostal meno podľa výrazného tvaru jedného z členov kinematického reťazca). Tento mechanizmus je schematicky znázornený na Obr. 79.



Obr. 79 Krokovací mechanizmus s maltézskym krížom

1 – hnací hriadeľ, 2 – rameno, 3 – čap, 4 – maltézsky kríž, 5 – blokovací kotúč

5. STLAČENÝ VZDUCH V MECHANIZÁCIÍ A AUTOMATIZÁCIÍ

5.1 Výroba, úprava a rozvod tlakového vzduchu

Výrobu stlačeného vzduchu vykonávajú kompresory. Tieto nasávajú zo svojho okolia vzduch pod atmosférickým tlakom a za pomoci energie získanej z elektromotora, alebo spaľovacieho motora tento vzduch stáčajú na vyšší tlak.

V priemyselnom použití sa využívajú centrálné kompresorovne, ktoré okrem výroby stlačeného vzduchu vykonávajú jeho úpravu podľa požiadavok (sušenie, mastenie) a skladovanie vo veľko objemových tlakových nádobách. Len zriedkavo a v dobre odôvodnených prípadoch sa používa decentralizovaná (lokálna) príprava tlakového vzduchu.

Zmena stavových veličín vzduchu počas jeho kompresie prebieha medzi dvoma extrémami. Pri izotermickej zmene prebieha zmena tlaku pri konštantnej teplote. V prípade takejto zmeny je potrebné všetku tepelnú energiu, ktorá počas zmeny objemu vzniká odviešť zo systému chladením. Druhý extrém je adiabatická zmena, ktorá prebieha v dokonale tepelne odizolovanej sústave (zo systému sa neodvádza žiadne teplo). Reálne systémy pracujú s polytropickou zmenou, ktorá sa blíži adiabetickej, lebo počas kompresie sa zo systému pomocou jeho chladenia odvedie iba malá časť vznikajúceho tepla.

Prácu potrebnú na izotermické stlačenie vzduchu môžeme vyjadriť:

$$A_{iz} = \int V \cdot dp = p_0 \cdot V_0 \cdot \ln \left(\frac{p_1}{p_0} \right)$$

Prácu potrebnú na adiabatické stlačenie vzduchu môžeme vyjadriť:

$$A_{ad} = \int V \cdot dp = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot p_0 \cdot V_0 \cdot \left[\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} - 1 \right]$$

Prácu potrebnú na polytropické stlačenie vzduchu môžeme vyjadriť:

$$A_{ad} = \int V \cdot dp = \frac{n}{n-1} \cdot p_0 \cdot V_0 \cdot \left[\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{n}{n-1}} - 1 \right]$$

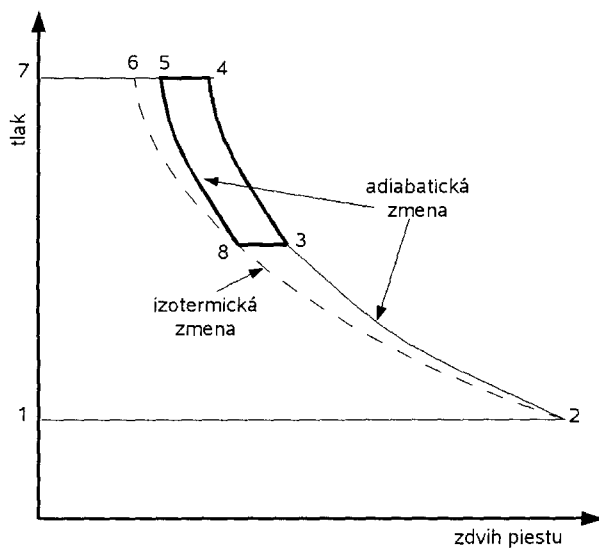
kde $1 < n < \kappa$

κ – adiabatický exponent

V – objem,

p – tlak,

Na základe predchádzajúcich vzťahov vidíme, že najmenšiu prácu na stlačenie vzduchu je potrebné vynaložiť pri izotermickej kompresii. V technickej praxi sa k tomuto stavu snažíme priblížiť viacstupňovou kompresiou, kde medzi jednotlivými stupňami kompresie vzduch ochladíme.



Obr. 80 Priebeh dvojstupňovej kompresie s medzichladením

V prvom stupni prebehne kompresia podľa adiabaty 2 – 3. Nasleduje ochladenie na pôvodnú teplotu 3 – 8, potom nasleduje druhý stupeň kompresie 8 – 5. Je vidieť, že plocha uzavretá krivkou 1 – 2 – 3 – 8 – 5 – 7 je menšia ako plocha uzavretá krivkou 1 – 2 – 4 – 7.

Viacstupňová kompresia má aj ďalšiu výhodu a to je nižšia teplota stlačeného vzduchu. Pri kompresoroch s olejovým mazaním je z bezpečnostných dôvodov najvyššia dovolená teplota tlakového vzduchu okolo 200 °C pri jednostupňových a okolo 160 °C pri viacstupňových.

Pri výstupných tlakoch nad 0,4 MPa je ekonomicky výhodnejšie používať dvojstupňové kompresory. Pri výstupných tlakoch nad 1,5 MPa sa používajú troj a viacstupňové kompresory.

Na kompresiu je potrebný najmenší príkon kompresora v prípade izotermickej kompresie. Skutočný potrebný príkon je však väčší. Je to v dôsledku rôznych strát v kompresore, ako aj v procese kompresie. Tieto straty sú zapríčinené:

- polytropickou kompresiou,
- nedokonalým ochladením stlačeného vzduchu,
- rôznymi tepelnými stratami,
- rôznymi odpormi voči prúdeniu vzduchu (odporové straty v potrubiach, vo ventiloch a pod.)

Výkon použitého motora musí všetky tieto straty kryť s istou rezervou. Výkon poháňacieho motora sa určí takto:

$$P_{mot} = (1,1 \div 1,2) \cdot \frac{P_i}{\eta}$$

P_i – indikovaný výkon

η - účinnosť systému

Kompresor má dve dôležité charakteristiky:

- množstvo vzduchu dodaného za časovú jednotku – udáva sa zvyčajne v $\text{m}^3\text{hod}^{-1}$ alebo litroch min^{-1}
- tlak dodávaného vzduchu – zvyčajne sa tento tlak nepoužíva vyšší ako 0,8 až 1,1 MPa, lebo so vzrastajúcim pracovným tlakom sa účinnosť kompresora veľmi rýchlo zhoršuje.

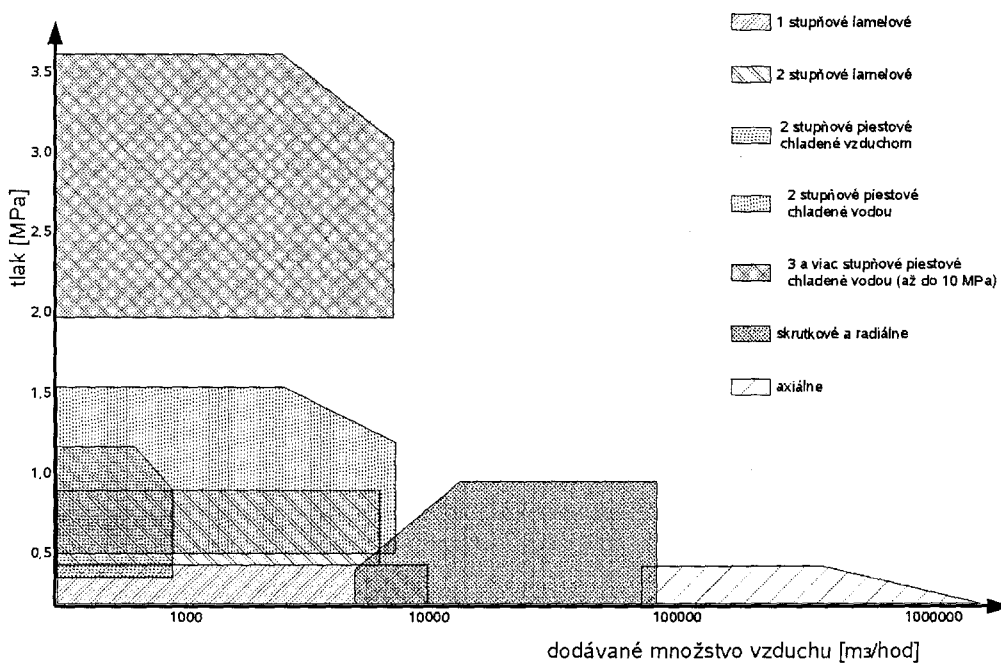
Pri voľbe vhodného druhu kompresora okrem množstva dodávaného vzduchu a pracovného tlaku treba prihliadať aj na ďalšie parametre:

- princíp práce kompresora,
- vyžadované otáčky,

- chladiaci systém,
- počet stupňov kompresie,
- druh pohonu,
- možnosti osadenia,
- hlučnosť.

5.2 Kompresory

Na praktické použitie je dôležité určiť správny druh kompresora z hľadiska vyžadovaného množstva dodávaného vzduchu a jeho tlaku. Nato účel nám môže poslúžiť diagram na Obr. 81.



Obr. 81 Diagram na určenie typu kompresora v závislosti od vyžadovaného tlaku a množstva dodávaného vzduchu

Kompresory môžeme rozdeliť podľa princípu činnosti na:

1. kompresory pracujúce na princípe zmeny objemu
 - a) piestové kompresory

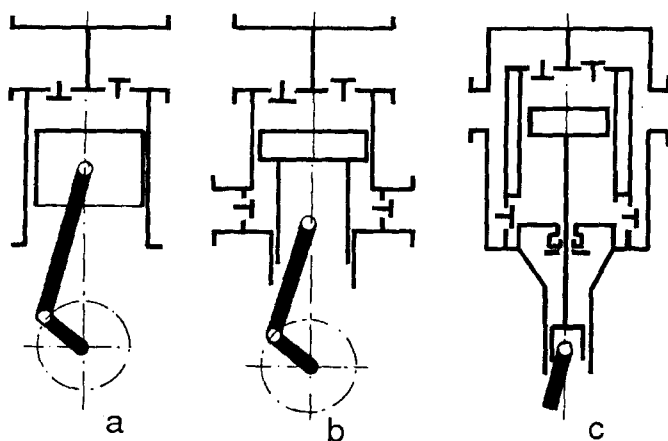
- s jednostranným piestom (Obr. 82a),
 - s obojstranným piestom:
 - ▶ so stupňovitým piestom (Obr. 82b),
 - ▶ s krížovou hlavou (Obr. 82c)
 - membránové (Obr. 84),
- b) lopatkové kompresory (Obr. 89),
- c) kompresory s rotačným piestom:
- skrutkovicové kompresory (Obr. 86),
 - Root kompresory (Obr. 85),
2. odstredivé kompresory (turbo kompresory):
- a) radiálne kompresory (Obr. 90b),
- b) axiálne kompresory (Obr. 90a),

5.2.1 Piestové kompresory

Piestové kompresory sú vhodné pre široký rozsah požiadaviek na množstvo dodávaného vzduchu a jeho vyžadovaný tlak. Piestové kompresory môžu pracovať s mazaním valca alebo bez mazania. Na všeobecné ciele sa používajú kompresory s olejovým mazaním, ktoré majú dlhšiu životnosť a vyššiu účinnosť. Oleje používané v kompresoroch musia spĺňať niekoľko požiadaviek. Pracujú pri zvýšených teplotách (okolo 200 °C) v prostredí bohatom na kyslík a merné tlaky medzi mazanými plochami sú vysoké.

V niektorých prípadoch, keď je vyžadované, aby vystupujúci tlakový vzduch nebol znečistený olejom (potravinársky priemysel, medicína a pod.), sa používajú bezolejové kompresory. Tieto kompresory majú špeciálne druhy tesnenia (v súčasnosti sú to rôzne druhy plastických tesnení teflon, graflon a iné).

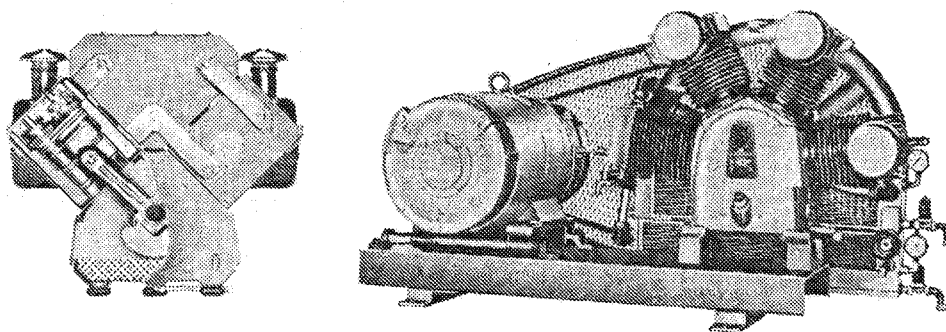
Chladenie týchto kompresorov pre vyššie množstvá a tlaky dodávaného vzduchu je riešené vodným chladením, ináč sa chladia zvyčajne vzduchom.



Obr. 82 Piestové kompresory

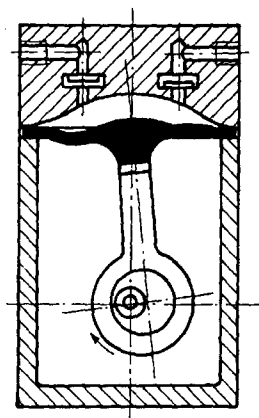
a – s jednostranným piestom, b – s obojstranným stupňovitým piestom, c – s obojstranným piestom a krížovou hlavou

Fotografia viac valcového, viacstupňového piestového kompresora ja na Obr. 83.



Obr. 83 Viacvalcové viacstupňové piestové kompresory

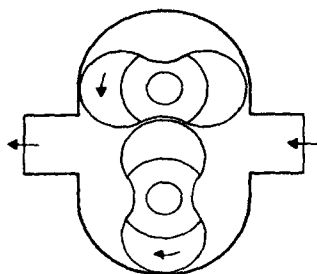
Na Obr. 84 je znázornený rez membránovým kompresorom. Membránové kompresory sa vyznačujú dokonalou tesnosťou. Používajú sa na stláčanie nebezpečných plynov. Zdvih membránového kompresora je malý a je daný pružnosťou membrány.



Obr. 84 Membránový kompresor

5.2.2 Root kompresory

Tieto kompresory nemajú kyvné hmoty a preto môžu pracovať s vysokými otáčkami. Tento typ kompresora má dvojicu rotačných piestov na rovnobežných osiach. Tieto piesty majú viazané otáčky dvojicou ozubených kolies. Tento druh kompresorov je veľmi hlučný a preto je nutné ich vystrojiť tlmičom hluku. (Obr. 85)



Obr. 85 Kompresor s rotačnými piestami ROOT

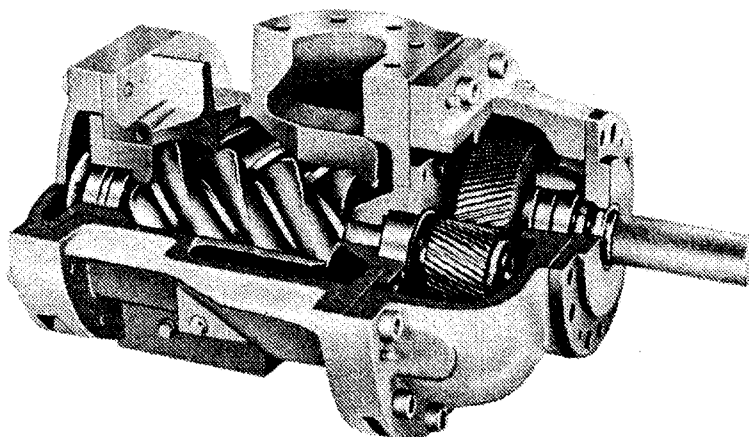
5.2.3 Skrutkovicové kompresory

Tento druh kompresorov môžeme rozdeliť na bezolejové a olejové kompresory. V prípade bezolejových kompresorov sa otáčajúce skrutkovice nedotýkajú, a preto nie je potrebné ich mazanie.

Pohon skrutkovicových kompresorov zabezpečuje dvojica ozubených kolies. Prácu s vysokými otáčkami umožňujú najmä tie, ktoré pracujú bez dotyku rotačných častí.

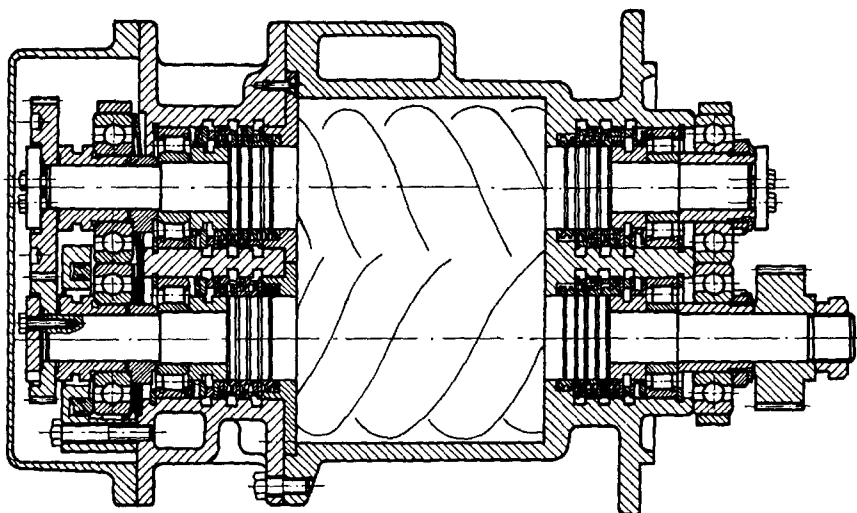
V prípade olejom mazaných a chladených skrutkovicových kompresorov sa skrutkovice dotýkajú a vzájomne sa poháňajú a preto nie je potrebná dvojica ozubených kolies. Tieto kompresory mazacím olejom zároveň aj chladia. Z dôvodu vnútorného chladenia kompresora a tiež vzduchu je možné dosiahnuť výstupné tlaky z prvého stupňa až do 0,8 MPa.

Skrutkovicový kompresor je zobrazený na Obr. 86.



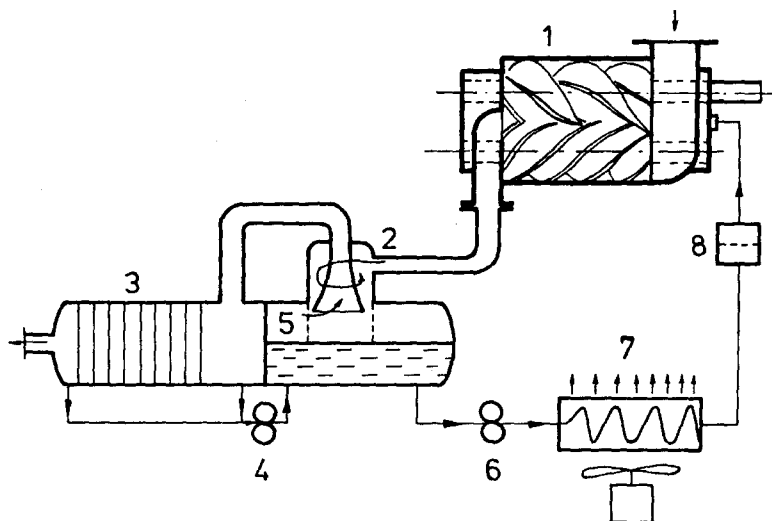
Obr. 86 Pohľad na skrutkovicový kompresor pracujúci bez dotyku skrutkových častí

Profil do seba zapadajúcich závitov sa mení tak, že objem medzi závitmi sa znižuje, a tým nastáva kompresia vzduchu medzi nimi. Poháňacia skrutka má 4 chodý závit s konkávnym profilom a poháňaná skrutka má 6 až 7 chodý závit s konvexným profilom, ako je to zobrazené na Obr. 87.



Obr. 87 Zostava skrutkovicového kompresora

Celá sústava skrutkovicového kompresora s olejovým hospodárstvom je na Obr. 88.

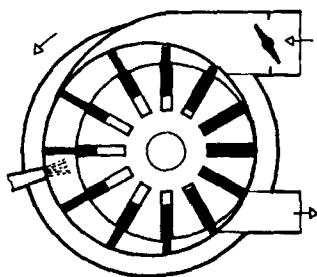


Obr. 88 Mazania a chladenie skrutkovicového kompresora

1 – skrutkovicový kompresor, 2 – hrubé oddelenie oleja od vzduchu, 3 – jemné oddelenie oleja od vzduchu, 4 a 6 – dopravné čerpadlá oleja, 5 – olejová nádrž, 7 – chladič oleja, 8 – olejový filter

5.2.4 Kompresory s výsuvnými lopatkami

Vo valcovej skrini kompresora je excentricky uložený rotor na ktorom je niekoľko výsuvných lopatiek. Počas otáčania sa rotora sú lopatky odstredivou silou vysúvané a ich hrana dosadá na vnútornú stenu skrine. Tým, že rotor je excentricky uložený voči skrini, sa objem medzi rotorom, lopatkami a skriňou najprv zväčšuje (nasávanie) a potom zmenšuje (kompresia). Tento druh kompresora je na Obr. 89.

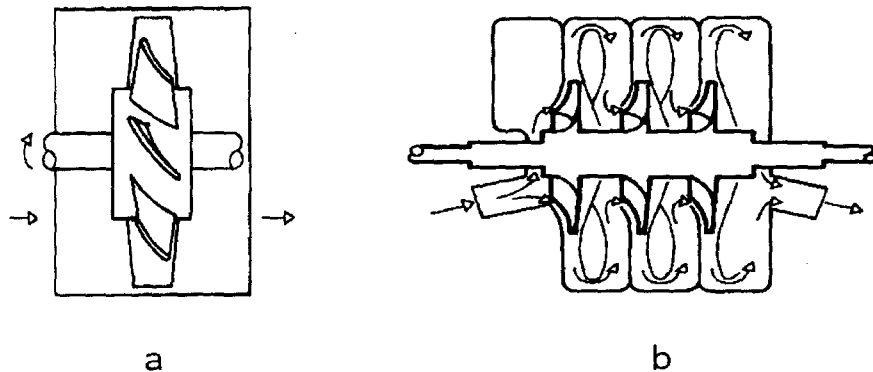


Obr. 89 Kompresor s výsuvnými lamelami

5.2.5 Odstredivé kompresory

Odstredivé kompresory (turbokompresory) sa používajú najmä v prípade veľkého vyžadovaného objemu stlačeného vzduchu (100 a viac $\text{m}^3\text{min}^{-1}$). Zvyčajne sa používajú ako viacstupňové.

Na Obr. 90 sú zobrazené axiálny a radiálny turbokompresor.



Obr. 90 Odstredivé kompresory

a – axiálny kompresor, b – viacstupňový radiálny kompresor

5.2.6 Regulácia dodávaného množstva vzduchu

V prípade, že odber tlakového vzduchu kolíše, je potrebné regulovať množstvo kompresorom dodávaného vzduchu. Požiadavka na reguláciu je, aby bola jednoduchá a ekonomická. Regulácia sa môže vykonávať viacerými spôsobmi:

- Zmena otáčok – tento spôsob regulácie je veľmi hospodárny, pokiaľ je možné hospodárne meniť otáčky motora. Vyskytuje sa zvyčajne pri kompresoroch poháňaných spaľovacími motormi.
- Škrtenie na nasávacej vetve – tento spôsob regulácie sa používa pri kompresoroch s rotačnými piestami, s posuvnými lopatkami a pri odstredivých kompresoroch, lebo je veľmi jednoduchý.
- Otvorením nasávacieho ventilu – tento spôsob regulácie sa používa pri piestových kompresoroch. Nasávací ventil je stále otvorený a preto vzduch, ktorý bol do kompresora nasatý je opäť vytlačený cez nasávací ventil von.
- Uzavretím nasávacej vetvy – tento spôsob regulácie sa používa pri kompresoroch s rotačným piestami, s posuvnými lopatkami a pri odstredivých kompresoroch. V prípade piestových kompresorov hrozí, že vákuum vznikajúce pri pohybe piesta dole môže poškodiť tesnenie, prípadne sa môže nasaf do pracovného priestoru olej.

- Prepúšťaním časti vzduchu z výstupnej vetvy do vstupnej (by-pas) – tento spôsob regulácie je veľmi nevhodný a preto sa používa len zriedkavo a aj to len v prípadoch, kde je potreba regulácie len výnimočná.
- Dočasným vypnutím kompresora – najčastejšie používaný spôsob regulácie. Elektromotorom poháňané kompresory sa dajú veľmi jednoducho a hospodárne zapínať, vypínať. Je potrebná tlaková nádoba s dostatočným objemom, po jej naplnení vzduchom na zvolenú hodnotu tlaku sa kompresor pomocou tlakového spínača vypne. Pri poklese tlaku v tlakovej nádobe pod istú hranicu sa kompresor automaticky zapne. Pri správnom návrhu rozmerov tlakovej nádoby by cyklus spúšťania kompresora nemal byť kratší ako 5 až 7 minút. Aby sa znížilo zaťaženie motora, kompresora a elektrickej siete, je treba pri spúšťaní kompresora dbať na to, aby kompresor začal pracovať až pri dosiahnutí nominálnych otáčok elektromotora. Dosiahne sa to tak, že v tlakovej vetve je elektromagnetický ventil, ktorý je otvorený pokiaľ motor nepracuje na nominálnych otáčkach a potom zavrie. Elektromotory s výkonom nad 3 kW musia byť vybavené spúšťaním typu hviezda – trojuholník. Tento druh spúšťania zabezpečí minimalizáciu záťaže elektrickej siete pri rozbehu motora a zároveň môže ovládať už spomenutý elektromagnetický ventil.

5.2.7 Chladienie kompresorov

Teplota vznikajúca počas kompresie vzduchu sa odvádza čiastočne chladiením kompresora, čiastočne chladiením vzduchu medzi jednotlivými stupňami kompresie a nakoniec chladiením z kompresora vystupujúceho vzduchu. Chladienie kompresora a medzichladienie stlačeného vzduchu znižuje prácu potrebnú na stlačenie vzduchu, zlepšuje podmienky mazania a znižuje riziko výbuchu.

Vzduch vystupujúci z kompresora sa nemôže viesť priamo do tlakovej nádoby, lebo má príliš vysokú teplotu. Vzduch vystupujúci z chladiča a vedený do tlakovej nádoby nesmie mať teplotu vyššiu ako 80 °C pri kompresoroch do 20 kW a 60 °C pri kompresoroch nad 20 kW.

Aj tieto teploty sú príliš vysoké na účinné odstraňovanie vlhkosti zo stlačeného vzduchu a preto je potrebné stlačený vzduch ochladiť na ešte nižšiu teplotu. Chladienie sa môže robiť vzduchom, alebo vodou. Vodné chladienie je oveľa účinnejšie ako vzduchové, ale vyžaduje ďalšie časti, preto sa používa iba pri väčších kompresoroch.

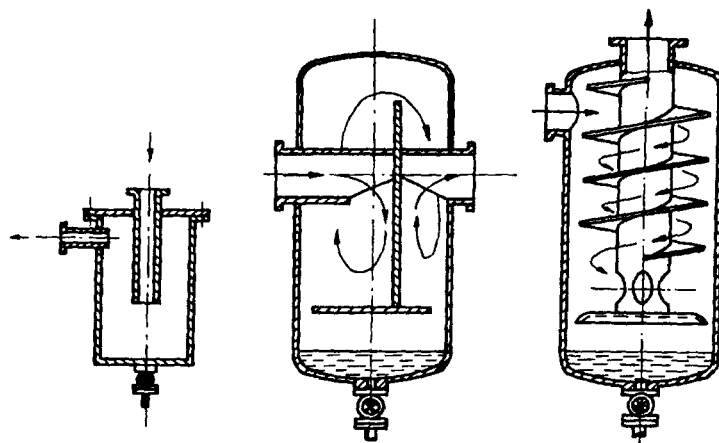
5.3 Úprava stlačeného vzduchu

Vzduch nasávaný kompresorom obsahuje isté množstvo vody vo forme vodnej pary. Ak parciálny tlak vodnej pary dosiahne pri danej teplote tlak nasýtenia, začne sa vylučovať vo forme vody. Preto je vlhkosť vzduchu vystupujúceho z kompresora 100 % a obsahuje aj kvapôčky vody. Po výstupe z kompresora je vzduch ochladený v chladiacom systéme a potom sa ďalej ochladzuje v tlakovej nádobe, kde sa z neho vylučuje ďalšia časť vody. Pri expanzii tlakového vzduchu sa tento ešte ďalej ochladzuje a znova sa z neho vylučuje časť vody (môže sa tvoriť až námraza).

Okrem vody sú v tlakovom vzduchu vystupujúcom z kompresora aj drobné čiastočky opotrebovaného oleja, ktorý pomiešaný s vodou vytvára emulziu. Takto vzniknutá emulzia nemá mazacie vlastnosti a spôsobuje koróziu, preto je treba zabezpečiť, aby sa nedostala do rozvodu tlakového vzduchu.

Dôležitou časťou kompresorovne je odlučovanie vody a oleja z tlakového vzduchu. Odlučovače sú nádoby, v ktorých sú plochy prudko meniace smer prúdenia vzduchu, alebo pri tangenciálnom vstupe vzduchu vytvárajúce vír. Odstredivé sily vznikajúce pri prudkej zmene smeru prúdu vzduchu narazia čiastočky kvapaliny na steny po ktorých stečie na dno nádoby, kde sa hromadí a následne sa vypúšťa.

Konštrukčné vyhotovenie odlučovača vody a oleja môže byť rôzne, tak, ako je zobrazené na Obr. 91.



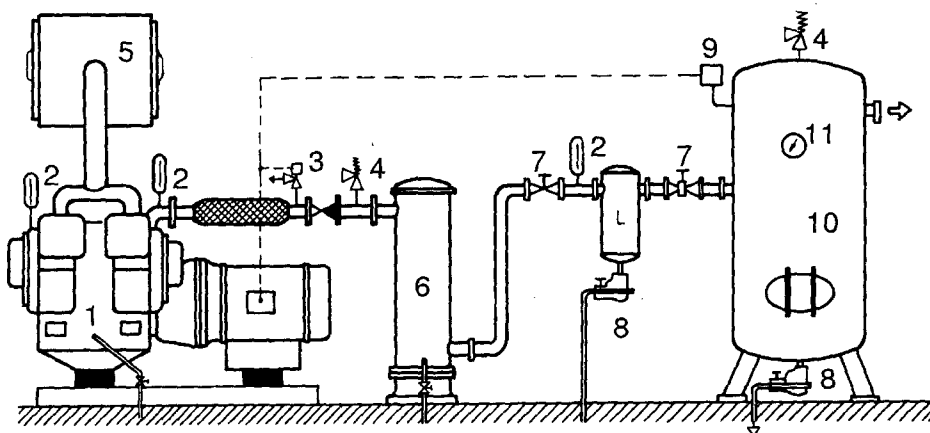
Obr. 91 Rôzne možné vyhotovenia odlučovača vody a kalu

V niektorých prípadoch je potrebné zo stlačeného vzduchu odstrániť aj tú časť vody, ktorá sa v ňom nachádza vo forme vodnej pary, lebo v zariadení, ktoré tlakový vzduch spotrebovávajú nastáva jeho expanzia a para sa môže vylúčiť vo forme kondenzátu. Kondenzát sa z tlakového vzduchu môže vylúčiť aj v dôsledku jeho privedenia do chladnejšieho prostredia. Takto vylúčený kondenzát môže poškodiť, alebo znefunkčniť citlivé zariadenia. Z uvedeného dôvodu sa vykonáva sušenie tlakového vzduchu. Sušenie sa môže vykonávať týmito spôsobmi:

- Absorpčné sušenie – je to proces, počas ktorého sa stlačený vzduch preháňa cez vrstvu absorpčeru. Tu sa vodná para bezprostredným stykom s absorpčerm chemickou cestou viaže. Absorpčér sa znehodnocuje a treba zabezpečiť jeho obnovu v pravidelných časových intervaloch.
- Adsorpčné sušenie – je to fyzikálny proces počas ktorého vodná para priľne k povrchu adsorpčnej vložky. Adsorpčná vložka je pórovitá hmota s veľkým povrchom, ktorú je možné po jej nasýtení regenerovať. Regenerácia sa môže robiť vysušením adsorpčnej vložky horúcim vzduchom (raz za niekoľko hodín), alebo expanziou tlakového vzduchu do okolia (asi 5 až 15 minútový cyklus).
- Sušenie chladením – ochladením stlačeného vzduchu sa časť vodnej pary vylúči vo forme kondenzátu. V chladiacom agregáte sa stlačený vzduch ochladí na +2 až +4 °C. Pri tejto teplote sa veľká časť vodnej pary a olejovej hmly vylúči a vzniknutý kondenzát sa môže odstrániť.

5.4 Systém výroby a distribúcie tlakového vzduchu

Zariadenie centrálnej výroby tlakového vzduchu je znázornené na Obr. 92.



Obr. 92 Zariadenie centrálnej prípravy tlakového vzduchu

1 – kompresor, 2 – teplomer, 3 – odľahčovací ventil, 4 – bezpečnostný ventil, 5 – vstupný filter, 6 – chladenie stlačeného vzduchu, 7 – uzatvárací ventil, 8 – vypúšťací ventil na kondenzát, 9 – tlakový spínač, 10 – tlaková nádoba, 11 – manometer

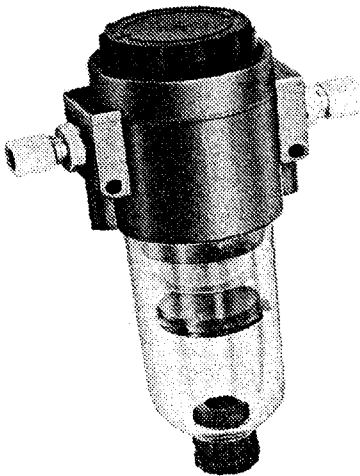
Spotrebiče tlakového vzduchu sú zásobované pomocou potrubnej siete pripojenej na zásobník tlakového vzduchu. V prípade potreby sa na potrubie vychádzajúce z tlakovej nádoby pripája zariadenie na sušenie vzduchu.

Vytvorenie potrubnej siete tlakového vzduchu, najmä jej dimenzovanie, má veľký vplyv na hospodárnosť prevádzky pneumatických zariadení. Z tohto dôvodu je potrebné venovať veľkú pozornosť aj údržbe a prípadným opravám potrubia.

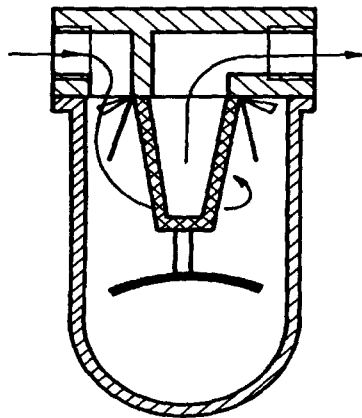
Potrubnú sieť je treba dimenzovať tak, aby tlakové straty neprekročili 0,01 MPa. Už pri tlakovej strate 0,05 MPa je možné počítať s 15 % výkonovou stratou pri použití pneumatického náradia. Pri návrhu potrubia je vhodné počítať s 1 až 2 % klesaním potrubia v smere prúdenia vzduchu. Toto klesanie umožní vypúšťať kondenzát z potrubia. Na najnižšie položené miesta v potrubí je potrebné umiestniť odlučovače vody a kalu. Odbočky na potrubíach je vhodné pripájať z hornej strany hlavného potrubia. Ak je to možné, treba navrhovať uzavreté okruhy vedenia tlakového vzduchu, lebo takéto vedenie dokáže lepšie zachovať vyžadované dodávané objemy a tlaky aj pri veľkých nárazových odberoch.

Keďže prúdiaci tlakový vzduch môže unášať drobné nečistoty z potrubia (hrdza a iné) a pri expanzii v spotrebiči sa môže vylučovať kondenzát, je potrebné, aby pred každým spotrebičom bolo umiestnené filtračné a odlučovacie zariadenie zobrazené na Obr. 93 a Obr. 94. Pórovitosť filtra sa

pohybuje v rozmedzí 5 až 60 μm . Pre dobrú účinnosť filtrovania a odlučovania kalu a vody. Rýchlosť prúdenia vzduchu cez filter by nemala byť vyššia ako 25 m sec^{-1} . Pri vyššej rýchlosti by totiž mohlo nastať to, že už odlúčené kvapôčky vody by sa v prúde vzduchu rozprášili a vo forme hmly by pokračovali ďalej do spotrebiča.

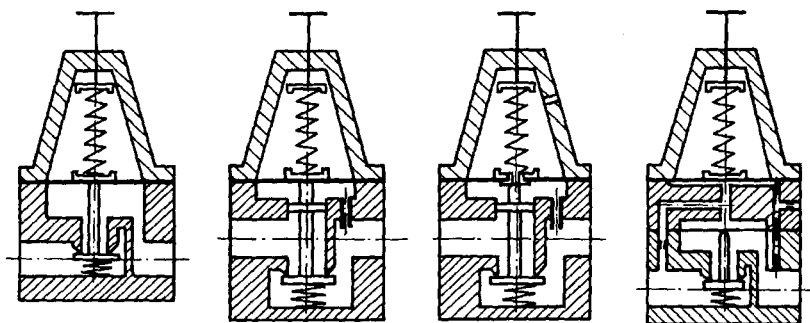


Obr. 93 Odlučovač vody a kalu s filtrom umiestňovaný pri spotrebiči tlakového vzduchu

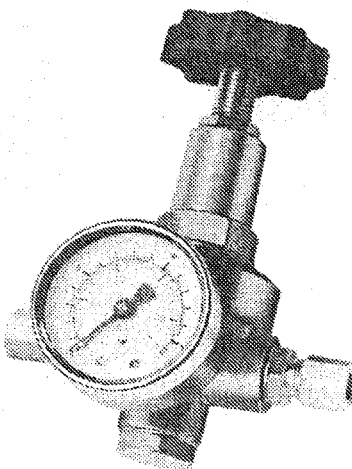


Obr. 94 Konštrukčná schéma odlučovača vody a kalu s filtrom

Vzhľadom na to, že väčšina pneumatických zariadení vyžaduje na svoju činnosť konštantný tlak vzduchu a v pneumatickom rozvode je tlak vzduchu kolísavý následkom nerovnomerného odberu, je potrebné pri každom pneumatickom zariadení použiť regulátor tlaku. Takéto regulátory tlaku sú zobrazené na Obr. 95 a Obr. 96. V mnohých pneumatických systémoch sú zabudované časovacie prvky na základe škrtiacich ventilov a tieto pre svoju presnú činnosť potrebujú presný tlak. Rovnako je potrebné použitie presného tlaku pri prvkoch, kde je nastavená rýchlosť pohybu pomocou škrtiacich ventilov.



Obr. 95 Rôzne možné vyhotovenia regulátorov tlaku



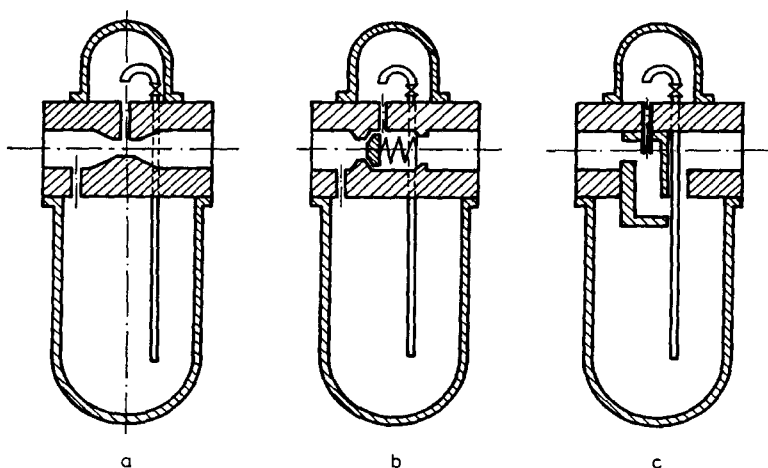
Obr. 96 Regulátor tlaku

Pohyblivé časti pneumatických zariadení vyžadujú mazanie. Toto mazanie sa robí pomocou olejovej hmly rozprášenej v tlakovom vzduchu. Mazanie olejovou hmlou môžeme rozdeliť na:

- mazanie normálnou olejovou hmlou (veľkosť čiaščiek oleja 10 až 20 μm) – je účinné do 5 až 10 metrov. Takéto zariadenie na mazanie vzduchu je na Obr. 97a. Tento spôsob mazania pracuje len vtedy, ak je dostatočná rýchlosť prúdenia vzduchu vo Venturiho trubici (je dostatočne veľký odber tlakového vzduchu). Množstvo oleja vo vzduchu nie je rovnaké, ale so stúpajúcim odberom vzduchu stúpa podiel oleja vo vzduchu. Na dosiahnutie

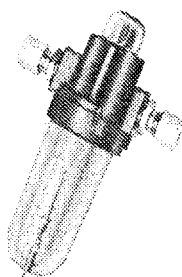
rovnomerného množstva oleja vo vzduchu sa dáva kompenzátor. Takéto zariadenie na mazanie vzduchu je na Obr. 97b.

- mazanie mikroolejovou hmlou (veľkosť čiaščiek oleja je 2 až 4 μm) – pri tomto spôsobe mazania tlakového vzduchu sa do vzduchu dostane len asi 15 % množstva oleja, ale keďže kvapôčky sú drobné, tlakový vzduch ich dokáže dopraviť na väčšiu vzdialenosť. Pri výstupe tlakového vzduchu zo spotrebiča môžu tieto drobné olejové čiaščky znečisťovať okolie preto je vhodné na výstupe zo spotrebiča použiť odlučovač. Takéto zariadenie na mazanie vzduchu je na Obr. 97c.



Obr. 97 Rôzne možnosti vyhotovenia zariadenia na mazanie tlakového vzduchu pomocou olejovej hmly
a – mazanie s bežnou olejovou hmlou, b – mazanie bežnou olejovou hmlou s kompenzátorom, c – mazanie s mikroolejovou hmlou

Na Obr. 98 je fotografia zariadenia na mazanie tlakového vzduchu olejovou hmlou.



Obr. 98 Zariadenie na mazanie tlakového vzduchu

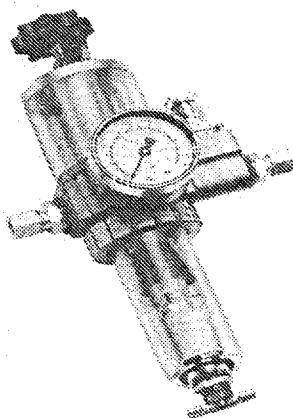
Zariadenie na prípravu vzduchu teda pozostáva zvyčajne z troch častí:

- filtračné zariadenie
- regulátor tlaku
- mazanie tlakového vzduchu.

Novšie pneumtické zariadenia (motory, ventily) nepotrebuju mazanie vzduchu, lebo obsahuju dostatočné množstvo maziva už z výroby. V prípade, že sa takéto zariadenia začnú používať s mazaným vzduchom, mazivo od výrobcu sa vyplaví a potom už vyžadujú mazanie stále.

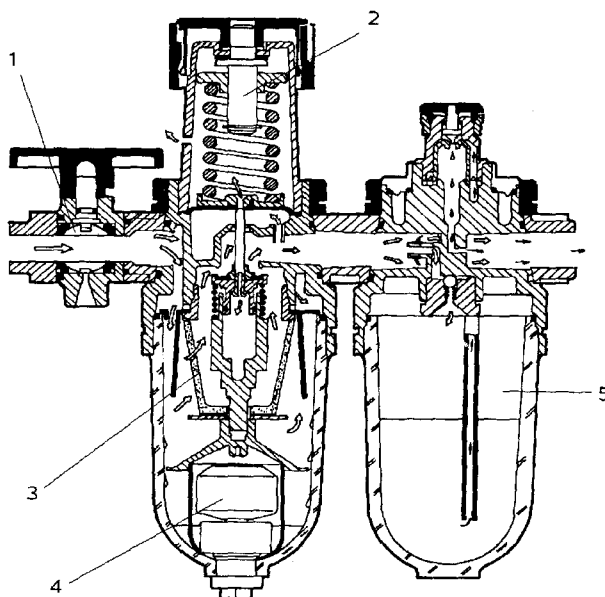
V súčasnosti novšie zariadenia, ktoré vyžadujú prácu s mazaným vzduchom sú od výrobcu označené.

Úprava stlačeného vzduchu pred spotrebičom je zvyčajne realizovaná integrovaným zariadením. Príklady takýchto zariadení sú na Obr. 99 a Obr. 100.



Obr. 99 Integrované zariadenie (filter a tlakový regulátor) na úpravu tlakového vzduchu pred spotrebičom

Životnosť a spoľahlivosť pneumtických zariadení vo veľkej miere závisí práve od jednotky prípravy vzduchu. Je potrebné pravidelné odpúšťanie kalu z nádržky.



Obr. 100 Zariadenie na úpravu tlakového vzduchu umiestňované pri spotrebiči

1 – uzatvárací ventil, 2 – regulácia tlaku, 3 – filtrácia vzduchu, 4 – automatické vypúšťanie kondenzátu, 5 – mazanie vzduchu

5.5 Pneumatické motory

Pneumatické motory sú určené na premenu energie stlačeného vzduchu na mechanickú prácu. Výsledný pohyb môže byť lineárny, alebo rotačný. Na základe toho môžeme hovoriť o pneumatických motoroch:

- lineárnych,
- rotačných.

Z hľadiska využitia energie stlačeného vzduchu môžeme rozdeliť pneumatické motory na:

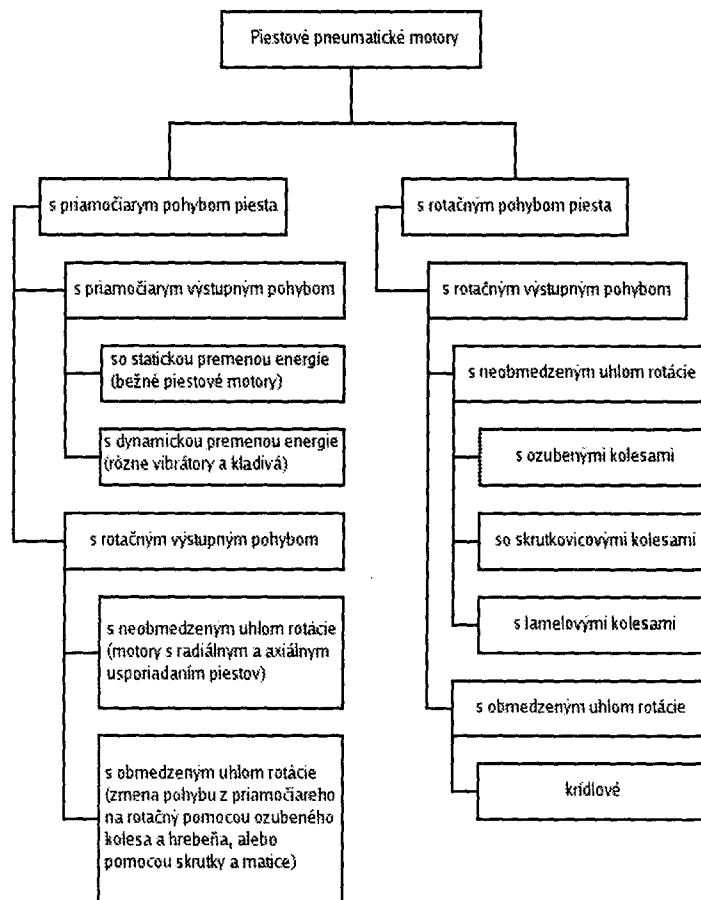
- motory využívajúce tlakovú energiu stlačeného vzduchu na vyvedenie sily, alebo krútiaceho momentu potrebného na vykonanie vyžadovanej práce (piestové motory),

- motory využívajúce kinetickú energiu prúdiaceho vzduchu (vzduchové turbíny). Krútiaci moment vzduchových turbín je relatívne nízky a preto sa ich využitie obmedzuje len na oblasť vysokých otáčok.

Rozdelenie piestových pneumatikých motorov je na Obr. 101.

Podľa smeru vykonávanej práce môžeme pneumatiké motory rozdeliť na:

- **jednočinné** – vykonávajú prácu iba pri pohybe jedným smerom,
- **dvojčinné** – vykonávajú prácu pri pohybe oboma smermi.



Obr. 101 Rozdelenie piestových pneumatikých motorov

5.5.1 Lineárne piestové motory

Lineárne piestové motory sú také motory, ktoré menia tlakovú energiu stlačeného vzduchu priamočiarym pohybom piesta na mechanickú prácu.

Lineárne pneumatické piestové motory pozostávajú z piatich hlavných častí:

1. valec,
2. piest,
3. piestnica,
4. predné veko,
5. zadné veko.

Priestor, ktorý je ohraničený valcom a dvoma vekami, je piestom rozdelený na pozitívnu a negatívnu pracovnú komoru (pracovný priestor).

Pohyb piesta vo valci je zabezpečený privedením tlaku do jednej a zároveň odvzdušnením druhej pracovnej komory. Pohyb piesta vo valci je cez predné veko vyvedený piestnicou von z valca.

Valec

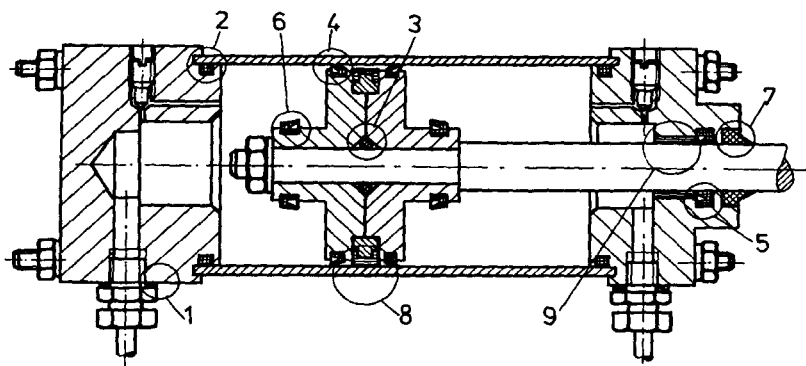
Valec je pri pneumatických motoroch zatažený pôsobením tlaku stlačeného vzduchu. Základnou požiadavkou na valec je, že v celej pracovnej dĺžke musí mať na svojej činnej ploche (otvor) vyžadovaný geometrický tvar s vysokou presnosťou. To znamená, že odchýlky tvaru ako kuželovitosť, súdkovitosť, zakrivenie osi, kruhovitosť, nesmú prevýšiť 0,01 % priemeru. Tolerancie vnútorného rozmeru valca sú v rozsahu H6 až H8. Drsnosť vnútornej plochy musí dosahovať hodnoty $R_a=1,6$ alebo menej, aby nevznikalo zbytočne veľké trenie a opotrebovanie.

Keďže vo valcoch je počas práce pretlak, je potrebné zabrániť unikaniu stlačeného vzduchu z jednej pracovnej komory do druhej ako aj z pracovnej komory von do okolia. Umiestnenie jednotlivých tesnení je na Obr. 102.

Statické tesnenia zabezpečujú tesnosť spoja medzi dvoma vzájomne sa nepohybujúcimi súčiastkami.

Tento prípad nastáva v spojoch medzi:

- vekami a valcom,
- vekami a prívodom (odvodom) vzduchu,
- piestom a piestnicou.



Obr. 102 Rez lineárnym pneumatickým motorom a umiestnenie jednotlivých tesniacich elementov.

1 – tesnenie na vstupe vzduchu do valca, 2 – tesnenie medzi vekom a telesom valca, 3 – tesnenie medzi piestom a piestnicou, 4 – tesnenie medzi piestom a valcom, 5 – tesnenie (GUFERO) medzi piestnicou a vekom, 6 – tesniace manžety na tlmenie rýchlosti pohybu v koncových polohách piesta, 7 – stieracia hrana nečistôt uchytených na piestnici, 8 – vedenie piesta, 9 – vedenie piestnice

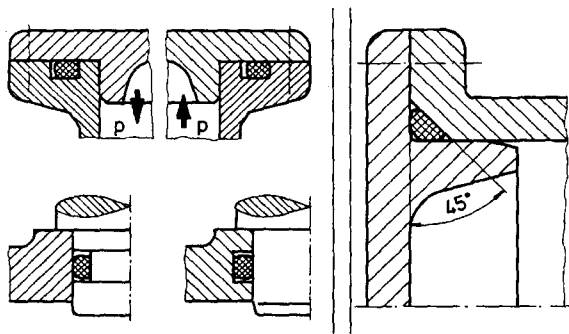
Dynamické tesnenia zabezpečujú tesnosť medzi dvoma vzájomne sa pohybujúcimi súčiastkami.

Takýto prípad tesnenia nastáva v styku medzi:

- piestom a valcom,
- piestnicou a vekom,
- tlmičom nárazu a vekom,
- stieracím krúžkom a piestnicou.

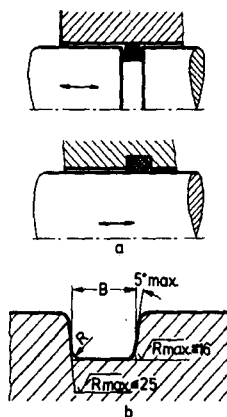
V súčasnosti sa ako materiál na výrobu tesnení používajú rôzne druhy plastov (teflón, chlórbutadiénová guma, silikónová guma, polyuretán) s dobrými klznými vlastnosťami a odolnosťou voči oleju.

Tesnenie sa vyrába zvyčajne vo forme rôznych krúžkov. Najčastejšie sú to krúžky prierezu **O**, **C** a **X**. Krúžky prierezu **O** sa najčastejšie používajú ako statické tesnenie, ale môžu sa použiť aj ako dynamické tesnenie. Tieto krúžky je potrebné pri montáži deformovať a to sa dosiahne vhodným tvarovaním plôch, kde budú tieto krúžky uložené. Je potrebné uvedomiť si, že tesniace krúžky sú nestlačiteľné (nemedia svoj objem), dajú sa len deformovať (menia svoj tvar), tak, ako je to zobrazené na Obr. 103.



Obr. 103 Uloženie O krúžku

Keď sa používajú O krúžky ako dynamické tesnenie je treba dbať na vhodný geometrický tvar drážky do ktorej sa krúžok osadzuje. Tvar drážky je na Obr. 104b.



Obr. 104 Uloženie O krúžku do drážky pri dynamickom tesnení

Na Obr. 104a sú zobrazené možnosti umiestnenia zápichu pre O krúžok. Tento zápich môže byť v telese, alebo v piestnici. Na Obr. 104b sú zobrazené niektoré parametre drážky určeného na umiestnenie O krúžku.

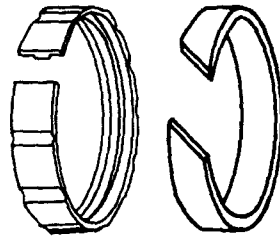
Tlak stlačeného vzduchu pritlačí krúžok k bočnej stene drážky a to zlepší tesnosť, ale môže to viesť k jeho poškodeniu. Aby nenastalo vtiahnutie O krúžku do medzery medzi tesnenými prvkami a jeho následné poškodenie používajú sa oporné krúžky prierezu D. Krúžky s prierezom C sú vyrábané tak, aby ich vnútorný aj vonkajší priemer mal presah oproti menovitému priemeru. Tieto

krúžky tesnia len z tej strany, kde je otvorený ich tvar. Tlakový vzduch ich ešte viac otvorá, a tým viac pritláča tesniace hrany na stenu valca.

Nevýhodou C krúžkov, že tesnia len z jednej strany, odstraňujú krúžky s prierezom X. Oba typy krúžkov slúžia na dynamické tesnenie.

Piest a vedenie piesta

Pretože tesnenie piesta a piestnice nie je vhodné na to, aby viedlo piest vo valci, používa sa ďalší prvok na pieste a to vedenie. V súčasnosti sa ako vedenie piesta používa teflónový krúžok, ktorý je nasadený na piest medzi tesnenia. Dva základné druhy vodiacich krúžkov sú na Obr. 105.



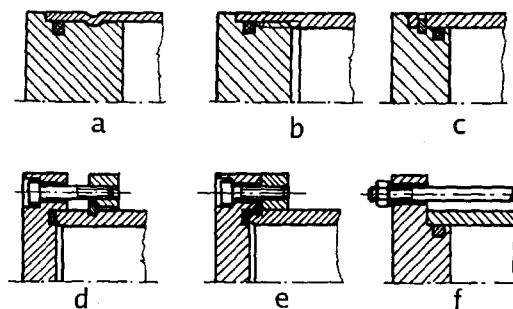
Obr. 105 Vodiace krúžky piesta

Piestnica

Piestnica prenáša silu a pohyb piesta na hnaný mechanizmus. Okrem prenosu energie má za úlohu aj vedenie piesta vo valci. Zvyčajne sa vyrába z ocele, často antikoróznej. Drsnosť povrchu musí byť menej ako $R_a=1,6$. Spoj medzi piestom a piestnicou musí byť zabezpečený proti uvoľneniu, toto zabezpečenie sa v súčasnosti robí zvyčajne nanosením lepidla na závit piestnice pri montáži.

Predné a zadné veko

Hlavnou úlohou predného a zadného veka je uzatvorenie pracovných priestorov pneumatického motora. V prednom veku je umiestnené tesnenie a vedenie piestnice. Vzduchové prípojky a tlmiče nárazu v krajných polohách piesta sú zvyčajne tiež umiestnené vo vekách. Na Obr. 106 je zobrazených niekoľko možností spojenie veka s valcom.



Obr. 106 Rôzne spôsoby upevnenia veka na valec

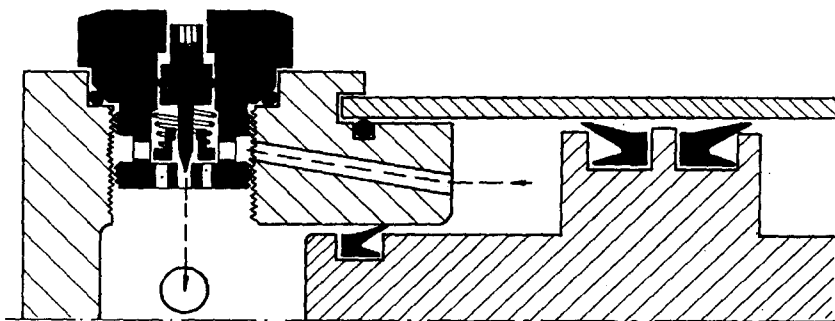
a – navalcovanie, b – spojenie závitom, c – spojenie poisťným krúžkom, d, e, f – rôzne spôsoby spojenia skrutkou

Tlmenie nárazu v krajných polohách

Piest a na piest pripojené hmoty (piestnica ...) je treba v krajných polohách zabrzdiť až na nulovú rýchlosť, v opačnom prípade by piest mohol veľkou rýchlosťou naraziť do veka a motor by sa mohol poškodiť. Tlmenie musí vyhovovať týmto požiadavkám:

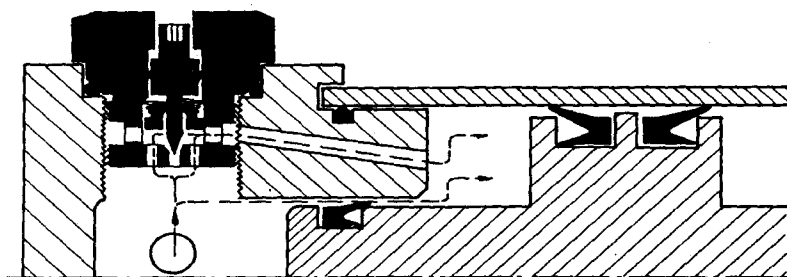
- Priestor tlmenia musí byť čo najväčší – pri danom priemere valca to zabezpečí dlhá dráha tlmenia. V priestore tlmenia nenastane prudký nárast tlaku a preto bude zaťaženie piesta aj valca podstatne menšie. Dráha tlmenia je samozrejme obmedzená pracovným zdvihom a konštrukčnou dĺžkou motora.
- V krajnej polohe piesta má byť minimálny priestor – medzi piestom v krajnej polohe a vekom valca má byť minimálny priestor, lebo tento priestor zhoršuje účinnosť motora.
- Tlmenie musí byť presne nastaviteľné – veľkosť tlmenia sa takto môže nastaviť v závislosti od pohybujúcich sa hmôt.
- Vysoká účinnosť tlmenia – všetky netesnosti zhoršujú účinnosť tlmenia, lebo v tlmiaacom priestore nevznikne dostatočne veľký protitlak.

Veľmi často používané konštrukčné riešenie tlmenia nárazu v koncovej polohe je zobrazené na Obr. 107 a na Obr. 108. Na prvom obrázku sa piest pohybuje do ľava a cez škrtiaci ventil tlačí vzduch do tlmiaceho priestoru, čím sa brzdí.



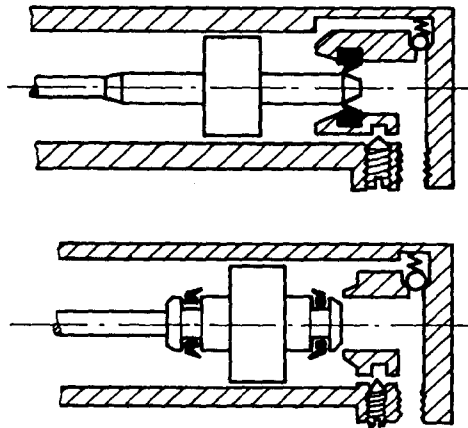
Obr. 107 Brzdenie pohybu piesta pri príchode do krajnej polohy

Na druhom obrázku sa piest začína pohybovať doprava. Vzduch z tlmiaceho priestoru je tlačný cez škrtiaci ventil, ale aj cez sklopené tesnenie medzi piestom a tlmiacim priestorom.



Obr. 108 Prúdenie vzduchu pri opúšťaní krajnej polohy piesta (bez brzdenia)

Ďalšie možné konštrukčné riešenia tlmenia nárazu v koncových polohách piesta sú na Obr. 109.



Obr. 109 Ďalšie možné riešenia tlmenia nárazu v koncových polohách

Stieracie krúžky

Stieracie krúžky sú vyrobené z pružnej hmoty (guma, plast) opatrené stieracou hranou a môžu mať kovový spevňovací krúžok. Tento krúžok má za úlohu zabrániť, aby sa nečistoty nalepené na piestnicu z vonkajšieho prostredia dostali do pracovného prostredia motora, kde by mohli poškodiť tesnenia alebo aj pracovné časti piesta či valca. Môžu byť z jedného kusa s tesniacim krúžkom.

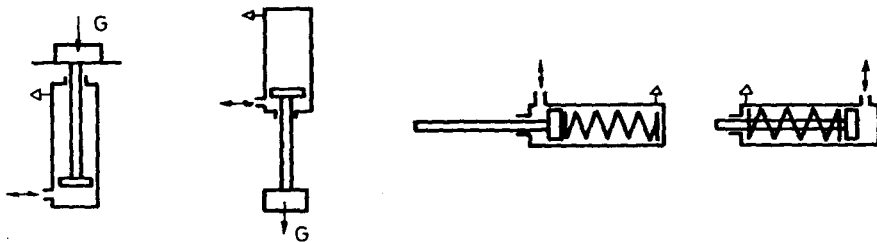
Niektoré vyhotovenia stieracích krúžkov sú na Obr. 110



Obr. 110 Niektoré tvary stieracích krúžkov

Jednočinné lineárne piestové motory

Pri jednočinných lineárnych motoroch pôsobí tlak stlačeného vzduchu iba na jednu stranu pracovného piesta. Z toho vyplýva, že užitočnú prácu môžu tieto motory vykonávať iba pri pohybe jedným smerom. Návrat piesta do pôvodnej polohy musí byť vyriešený iným spôsobom. Najčastejšie návrat piesta do východiskovej polohy zabezpečuje pružina zabudovaná priamo do valca, niekedy sa môže využiť aj vonkajšia sila. Jednočinné pneumatické motory majú obmedzený zdvih v dôsledku potreby vratnej pružiny. Vyhotovenie jednočinného pneumatického motora je na Obr. 111.

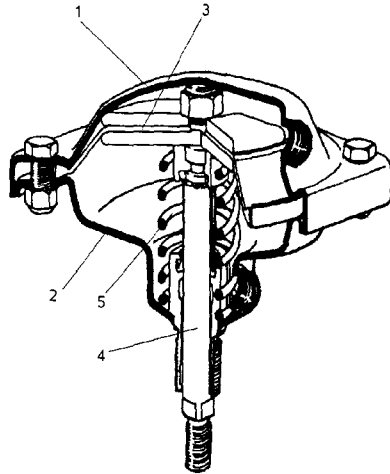


Obr. 111 Niektoré možné vyhotovenia jednočinných pneumatických motorov

Na malé zdvihy sa často používajú membránové motory. Tieto majú výhodu v tom, že nevyžadujú mazanie a ich piest dokonale tesní pri minimálnych stratách trením. Vyhotovenie membránového pneumatického motora je na Obr. 112.

Konštrukcia **membránového motora** je pomerne jednoduchá. Motor pozostáva z dvoch viek, ktoré sú zoskrutkované a zároveň držia aj vonkajší okraj membrány. Z membrány je sila prenášaná na piestnicu pomocou dvoch krúžkov. Spodný krúžok slúži zároveň aj ako oporná plocha pre pružinu, ktorá vracia membránu do východiskovej polohy. Môže sa využiť aj vlastná pružnosť membrány na návrat do východiskovej polohy, ale v takomto prípade je zdvih veľmi malý.

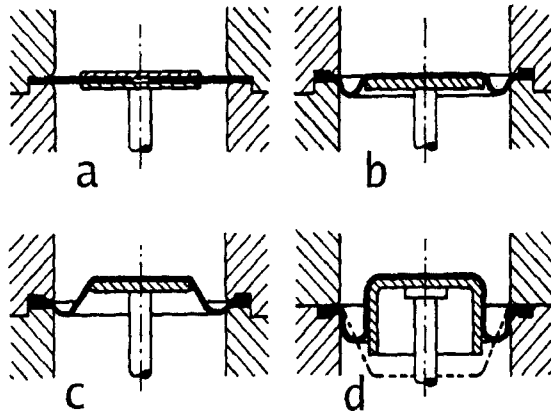
Rôzne druhy membrán sú uvedené na Obr. 113.



Obr. 112 Membránový pneumatický motor

1 – horné veko, 2 – dolné veko, 3 – membrána, 4 – piestnica, 5 – pružina

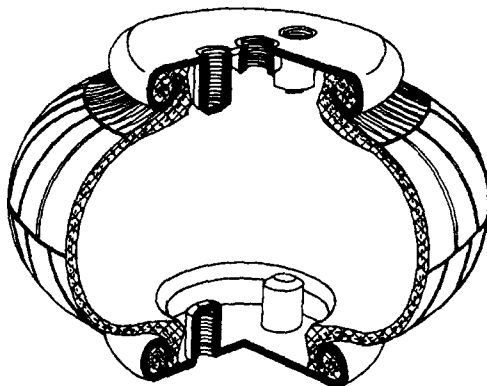
Použitie membránových motorov je účelné v takých prípadoch, keď je vyžadovaná relatívne vysoká sila pri malom zdvihy motora. Veľká sila pri danom tlaku je zabezpečená veľkou plochou membrány.



Obr. 113 Rôzne druhy membrán používaných v pneumatických motoroch

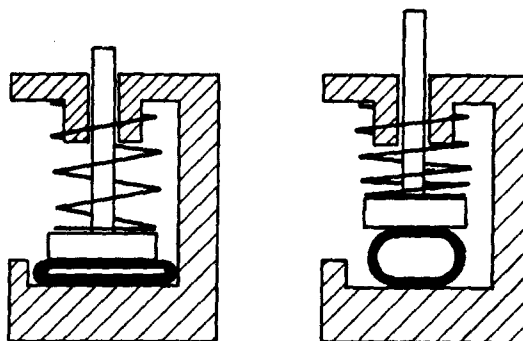
a – plochá membrána, b – vypuklá membrána, c – hrncová membrána, d – odvažovacia membrána

Jednoduchý pneumatický „valec“ s malými priestorovými nárokmi je možné zostrojiť pomocou **gumeného vaku**. Takýto valec je schopný vyvinúť maximálnu silu keď je stlačený. Vyhotovenie takéhoto vaku je na obrázku Obr. 114. (Autobusy KAROSA majú prednú nápravu odpruženú podobným gumeným vakom).



Obr. 114 Gumený vak

Výhodou je, že tieto vaky umožňujú aj vynosenie a naklonenie častí medzi ktoré sú namontované. Príklady použitia takýchto pneumatických vakov sú na ďalších obrázkoch

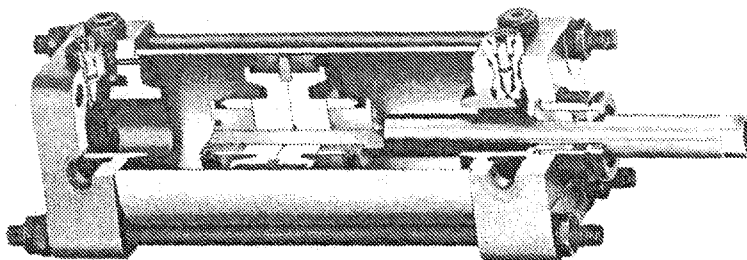


Obr. 115 Použitie gumeného vaku ako pneumatického motora

K jednočinným pneumatickým motorom je možné priradiť aj teleskopické valce. Veľkou výhodou sú malé priestorové nároky a veľký dosiahnuteľný zdvih.

Dvojčinné lineárne piestové motory

Na rozdiel oproti jednočinným pneumatickým motorom, dvojčinné môžu vykonávať užitočnú prácu v oboch smeroch pohybu piesta (Obr. 116).

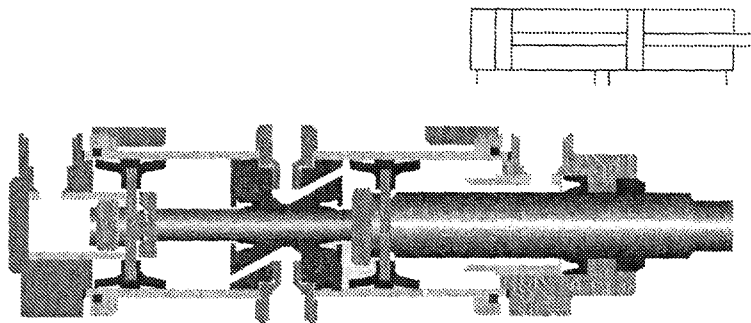


Obr. 116 Pohľad na dvojčinný lineárny pneumatický motor

Špeciálne lineárne piestové motory

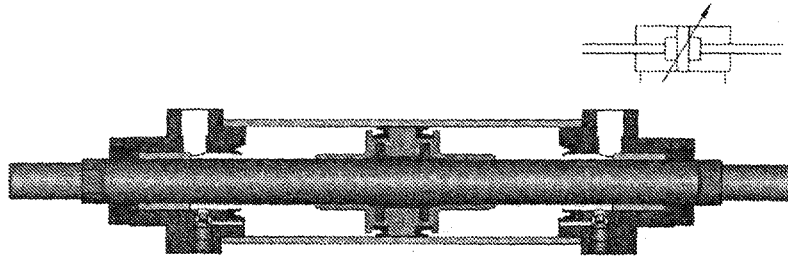
Medzi špeciálne lineárne pneumatické motory patria napríklad:

- tandemové motory (zobrazené na Obr. 117) – sú to dva dvojčinné motory zostavené do jedného konštrukčného celku. Spoločným naplnením valcov sa sila na piestnej tyči zdvojnásobí. Tento druh motora sa používa tam, kde sa vyžaduje veľká sila, ale sú obmedzené priestorové možnosti.



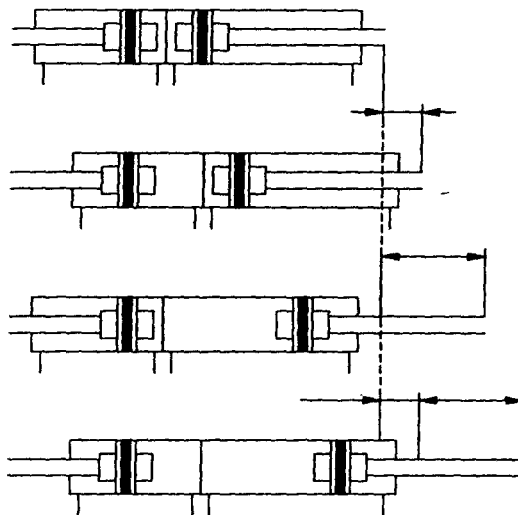
Obr. 117 Tandemový pneumatický motor

- motory s obojstrannou piestnou tyčou (zobrazené na Obr. 118) – vedenie piestnej tyče je lepšie, lebo je uložená v dvoch vodiacich plochách. Síla v oboch smeroch je rovnaká. Piestne tyč môže byť dutá a môže sa využívať na vedenie média.



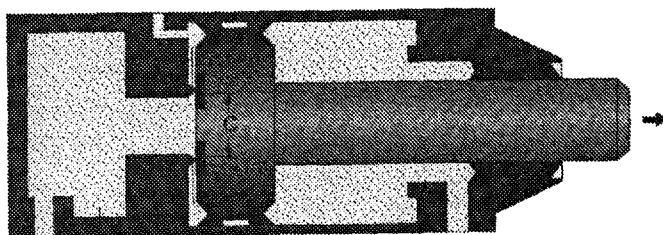
Obr. 118 Pneumatický motor s obojstrannou piestnou tyčou

- viacpolohové motory (zobrazené na Obr. 119) – tieto motory pozostávajú z viacerých dvojčinných motorov, ktoré sú navzájom spojené. Pri zvýšení tlaku ja jednotlivé piestne tyče vysúvajú. Prepojením dvoch motorov s nerovnakým zdvihom môžeme dosiahnuť štyri polohy nastavenia.



Obr. 119 Viacpolohový pneumatický motor

- motor s úderným účinkom (zobrazený na Obr. 120) – tento motor je určený na dosiahnutie vysokej kinetickej energie, ktorá sa dosiahne vysokou rýchlosťou pohybu piesta (7 až 10 m/sec).



Obr. 120: Pneumatický motor s úderným účinkom

5.5.2 Piestové motory s obmedzeným uhlom rotácie

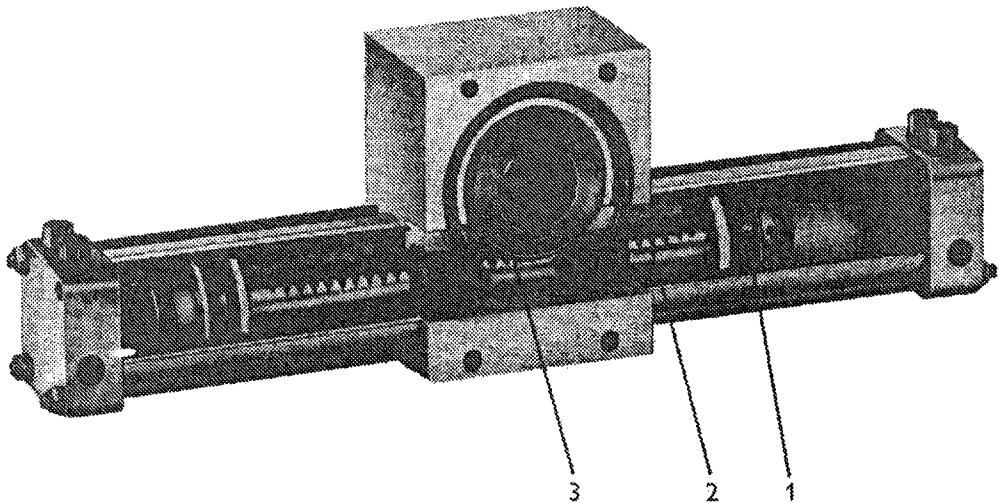
Tieto motory majú na výstupe rotačný pohyb, ktorý je obmedzený na určitý uhol, nazývajú sa aj kyvné pneumatické motory. Veľmi často je to 90°, 180° alebo 270°. Tieto motory ešte môžeme rozdeliť podľa toho aký pohyb vykonáva ich piest na:

- motory s priamočiarym pohybom piesta,
- motory s rotačným pohybom piesta.

Na tento druh motoru sa dajú použiť aj lineárne piestové motory s vhodným prevodovým zariadením, ktoré zmení priamočiary pohyb na pohyb rotačný (tento druh rotačného motora je založený na uvedenom princípe).

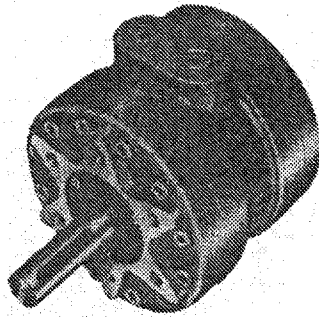
Ako prevodový mechanizmus na zmenu priamočiareho pohybu na rotačný je možné použiť tieto mechanizmy:

- **Ozubené koleso – ozubený hrebeň** – používa sa dvojčinný lineárny piestový motor. Najčastejšie konštrukčné vyhotovenie je na Obr. 121. Dva piesty *1* striedavo posúvajú spoločnú piestnicu *2* na ktorej je vyrobený ozubený hrebeň. Uprostred je v ložiskách uložené ozubené koleso *3*, ktoré vykonáva rotačný pohyb.



Obr. 121: Pneumatický motor s rotačným výstupným pohybom a s priamočiarym pohybom piesta
 1 – piest, 2 – piestnica s ozubeným hrebeňom, 3 – ozubené koleso

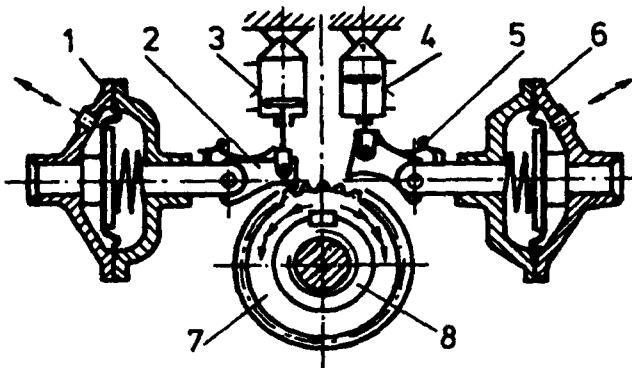
- **Skrutka – matica** – tento mechanizmus tiež využíva dvojčinný lineárny piestový motor. Na skrutke so strmým viacchodovým závitom (pohybový závit – nesmie byť samosvorný) sa pomocou dvojčinného lineárneho motora posúva matica, ktorá otáča so skrutkou.
- **Krídlový pohon** (zobrazený na Obr. 122) – pracovný priestor valcového tvaru je rozdelený pevnou oddeľovacou stenou a na rotore pripevneným krídlovým kolesom na dve časti. V závislosti od toho do ktorej časti pracovného priestoru prúdi tlakový vzduch sa rotor pootočí do jednej, alebo druhej krajnej polohy.



Obr. 122 Pohľad na kyvný pneumatiký motor

5.5.3 Pneumatické krokové mechanizmy

Sú prechodným typom medzi pneumatikými motormi s obmedzenou rotáciou a pneumatikými motormi s neobmedzenou rotáciou. Tieto mechanizmy sú založené zvyčajne na priamočiarom pneumatikom motore namontovanom na vhodnom krokovom mechanizme.



Obr. 123 Pneumatiký krokový mechanizmus

1, 6 – membránový motor, 2, 5 – západky, 3, 4 – zdvíhanie západiek, 7 – rohatkové koleso, 8 – hriadeľ

5.5.4 Piestové motory s neobmedzeným uhlom rotácie

Tieto motory majú oproti elektromotorom mnohé výhody, ale aj nevýhody. Medzi výhody môžeme zaradiť:

- jednouchá konštrukcia, a tým aj vysoká spoľahlivosť,
- môžu sa preťažiť až do zastavenia bez nebezpečenstva poškodenia,
- veľmi rýchlo dosiahnu prevádzkové otáčky a veľmi rýchlo sa dajú aj zastaviť,
- otáčky a krútiaci moment je možné plynule meniť,
- majú veľmi priaznivý pomer hmotnosti a výkonu,
- horná hranica otáčok je okolo 10 000 ot/min,
- nie sú citlivé na extrémne klimatické podmienky,
- môžu sa používať aj v prašnom, alebo vlhkom prostredí,
- sú bezpečné aj vo výbušnom prostredí.

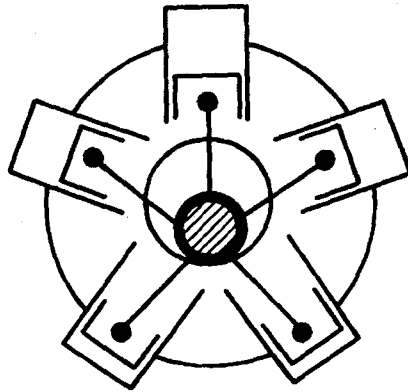
Nevýhody oproti elektromotorom:

- potrebujú výrobu a prívod stlačeného vzduchu,
- otáčky týchto motorov sú veľmi závislé od ich zaťaženia,
- z motora vystupujúci vzduch môže mať nepriaznivý vplyv na jeho okolie (hluk, olej...),
- v trvalej prevádzke v dôsledku expanzie stlačeného vzduchu sa silne ochladzujú a preto môžu byť náchylné na zamrznutie.

Použitie rotačných pneumatických motorov je veľmi široké. Vzhľadom na to, že v prostrediach so zvýšeným požiarom a výbušným nebezpečím je problematické používanie elektromotorov, v týchto oblastiach sa veľmi často uplatňujú práve pneumatické motory.

Pneumatické rotačné motory s radiálnymi piestami

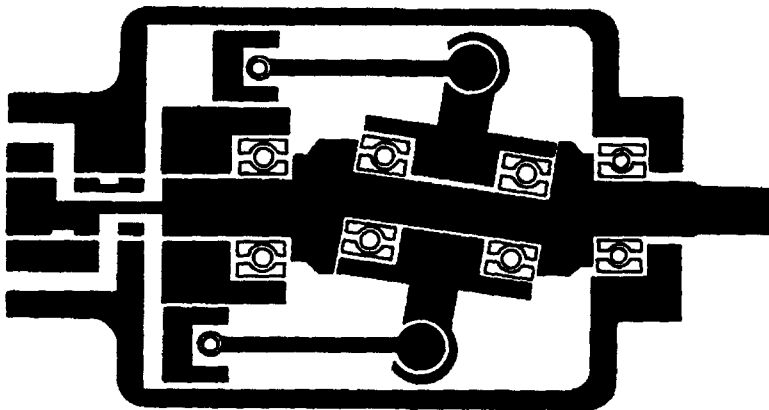
Pri tomto type rotačného pneumatického motora je kľukový hriadeľ hviezdicovite obklopený piestami. Počet piestov je vždy nepárny, aby sa predišlo mŕtvej polohe. Vždy aspoň dva piesty sú pod tlakom a aktívne vytvárajú krútiaci moment. Výhodou tohto typu motora je veľký krútiaci moment už pri malých otáčkach. Prívod a odvod vzduchu pre jednotlivé valce je zabezpečený vačkovým mechanizmom poháňaným od kľukového hriadeľa podobne ako pri spaľovacích motoroch. Schematicky je takýto motor zobrazený na Obr. 124.



Obr. 124 Pneumatický rotačný motor s radiálnymi piestami

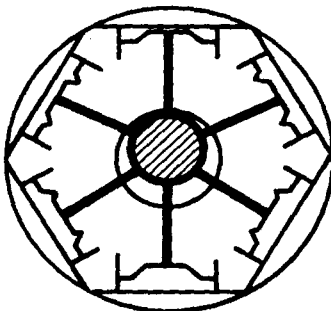
Pneumatické rotačné motory s axiálnymi piestami

Valce pri tomto type pneumatického motora sú usporiadané v smere osi výstupného hriadeľa. Postupným tlakom jednotlivých valcov na šikmo sklonenú dosku vytvárajú rotačný pohyb. Tento typ motora je vysoko otáčkový a preto sa zvykne konštrukčne riešiť v spoločnej skrini s reduktorom. Zvyčajne obsahuje 4 až 5 priamočiarych pneumatických motorov. Tento typ motora je schematicky znázornený na Obr. 125.

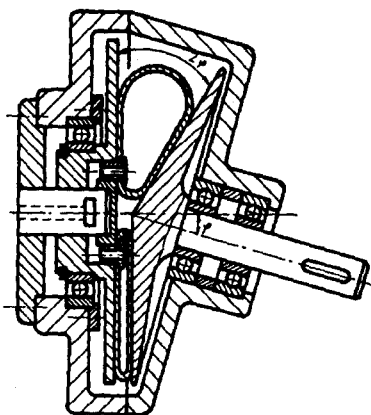


Obr. 125 Pneumatický rotačný motor s axiálnymi piestami

Tieto typy motorov môžu byť ešte aj vo vyhotovení s membránovými priamočiarymi motormi (zobrazený na Obr. 126), alebo s gumenými vakmi (zobrazený na Obr. 127).



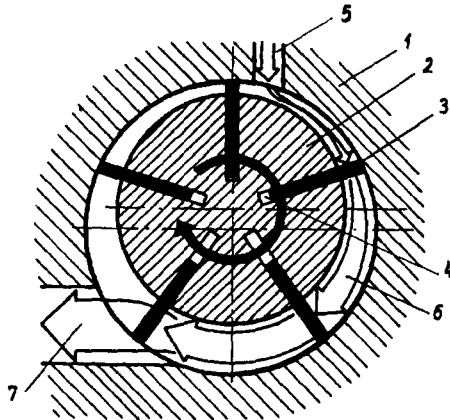
Obr. 126 Rotačný pneumatický motor s radiálnymi membránovými piestami



Obr. 127 Rotačný pneumatický motor s gumenými vakmi

Rotačný motor s lamelovým kolesom

Tento motor má len jednu rotačnú časť. Je zvyčajne postavený pre menšie výkony a poháňa pneumatické ručné náradie. Schematicky je tento motor znázornený na Obr. 128.



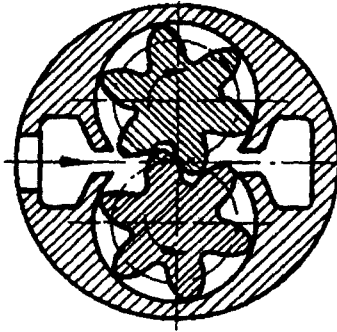
Obr. 128 Rotačný pneumatický motor s výsuvnými lamelami

1 – teleso motora (stator), 2 – rotor, 3 – lamely, 4 – drážky v rotore na umiestnenie lamiel, 5 – vstup vzduchu, 6 – expanzia vzduchu, 7 – výstup vzduchu

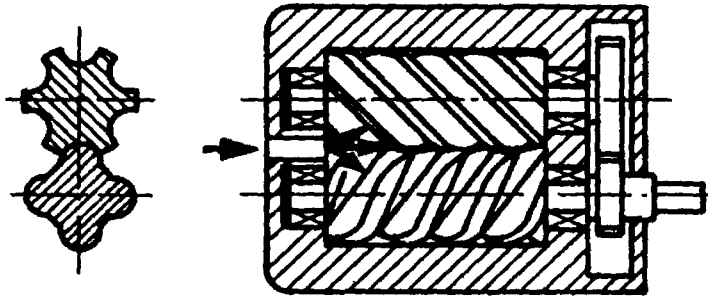
Lamely môžu byť umiestnené v radiálnych, alebo šikmo sklonených drážkach. V prípade radiálnych drážok sa môže motor otáčať na obe strany. Pri umiestnení lamiel do šikmých drážok dosiahneme lepšie trecie podmienky, ale motor sa môže otáčať iba v jednom smere. Tento typ motora je vysoko otáčkový a preto je zvyčajne konštrukčne riešený v spoločnej skrini s reduktorom.

Skrutkovicové a zubové rotačné motory

Skrutkovicové (zobrazené na Obr. 130) a zubové (zobrazené na Obr. 129) rotačné motory sa vyznačujú vysokým výkonom pri malom objeme motora. Z uvedeného dôvodu sa používajú najmä v banskom priemysle.



Obr. 129 Zubový pneumatický motor



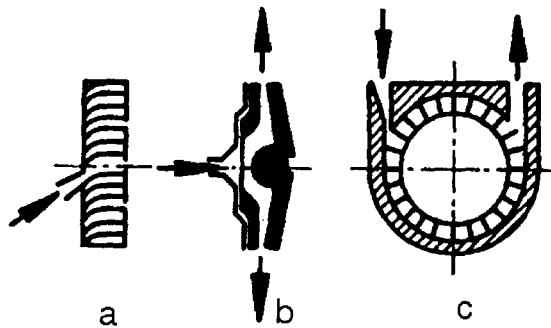
Obr. 130 Skrutkovicový pneumatický motor

5.5.5 Vzduchové turbíny

Tento typ motorov využíva kinetickú energiu vzduchu prúdiaceho okolo lopatiek. Dosahujú veľmi vysoké otáčky. Základný rozdiel medzi jednotlivými turbomotormi je v smere výstupu vzduchu z motora:

- axiálne,
- radiálne,
- tangenciálne.

Schematicky sú tieto motory zobrazené na Obr. 131.



Obr. 131 Rôzne typy vzduchových turbín

a – axiálny výstup, b – radiálny výstup, c – tangenciálny výstup vzduchu z turbíny

5.5.6 Regulácia otáčok rotačných pneumatických motorov

Bez zariadenia na reguláciu otáčok sa otáčky pneumatických motorov vždy prispôbia aktuálnej záťaži. S rastúcou záťažou otáčky klesajú. To znamená, že bez záťaže sa otáčky motora zvyšujú až dovtedy pokiaľ to odpor prúdiaceho vzduchu dovolí. Z uvedeného dôvodu sa väčšie pneumatické rotačné motory osadzujú zariadením na reguláciu otáčok.

Zariadenie na reguláciu otáčok reguluje otáčky motora škrtením prívodu, alebo odvodu vzduchu na hranicu pod nastavené maximálne otáčky.

5.6 Ventily

V pneumatických systémoch majú ventily veľmi dôležitú úlohu. Ventily riadia smer a rýchlosť pohybu jednotlivých motorov, ako aj poradie vykonávania jednotlivých pohybov. Vzhľadom na rôzne úlohy, ktoré ventily plnia ich môžeme deliť na:

- ventily určujúce smer prúdenia,
- uzatváracie ventily,
- ventily regulujúce množstvo prúdiaceho vzduchu,
- ventily regulujúce tlak prúdiaceho vzduchu.

Ďalej je možné ventily rozdeliť podľa spôsobu ovládania na tri hlavné skupiny:

- ventily ovládané mechanicky,
- ventily ovládané pneumaticky,
- ventily ovládané elektricky.

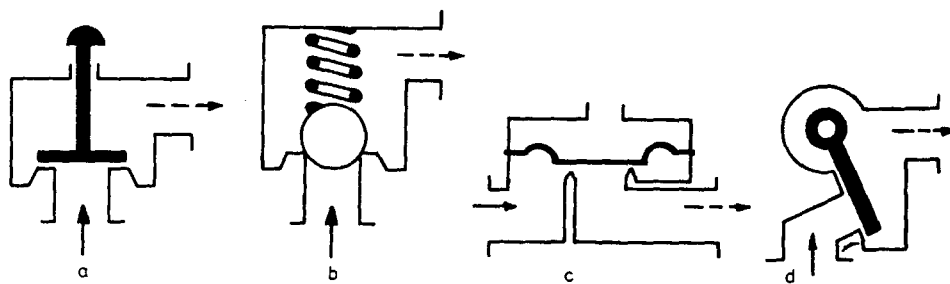
Podľa pôsobenia vonkajšieho ovládania na činnú časť ventilu je možné ventily rozdeliť na:

- ventily s priamym ovládaním,
- ventily s nepriamym ovládaním.

V prípade nepriamo ovládaných ventilov je vyžadovaný silový účinok na ovládanie podstatne menší. Ďalším hľadiskom delenia ventilov je delenie podľa druhu uzatváracieho prvku. Podľa uzatváracieho prvku môžeme rozdeliť ventily takto:

- ventily tesniace plochou
 - ▶ ventily s tanierovým uzatváracím prvkom,
 - ▶ ventily s gulôčkovým uzatváracím prvkom,
 - ▶ ventily s membránovým uzatváracím prvkom,
- ventily s uzatváracou klapkou,
- ventily tesniace hranou – posúvače,
 - ▶ kuželové,
 - ▶ guľové,
 - ▶ kotúčové,

Na Obr. 132 sú vyobrazené niektoré druhy ventilov.

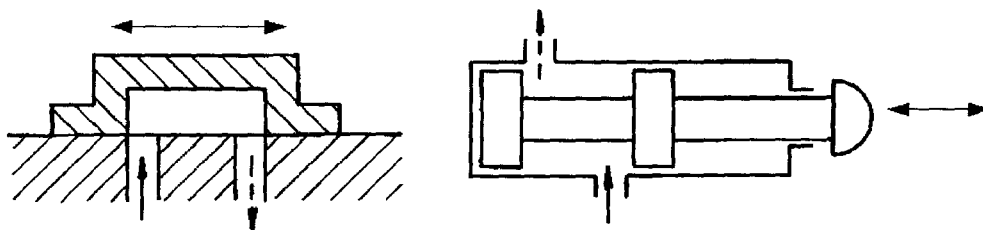


Obr. 132 Rôzne druhy ventilov

a – ventil s tanierovým uzatváracím prvkom, b – ventil s guľôčkovým uzatváracím prvkom, c – ventil s membránovým uzatváracím prvkom, d – ventil s uzatváracou klapkou

Výhodou týchto ventilov je, že pre voľné prúdenie média musí uzatvárací prvok vykonať len malý zdvih. Ďalšou spoločnou vlastnosťou uvedených druhov ventilov je, že majú dosadaciú plochu uzatváracieho prvku – **sedlo**. Nevýhodou ventilov so sedlom je, že silové pomery sú nevyvážené a preto je pri väčších rozmeroch potrebné použiť veľkú ovládaciú silu.

Posúvače pracujú na princípe posunutia, alebo pootočená uzatváracieho prvku. Niektoré konštrukčné riešenia sú na Obr. 133. Posúvače prepúšťajú pracovné médium zvyčajne bez zmeny smeru prúdenia a zmeny prierezu. Silové pomery na posúvačoch sú približne vyrovnané a preto je sila potrebná na zmenu ich stavu relatívne malá aj pri väčších rozmeroch. Kotúčové posúvače umožňujú aj zložité konštrukcie viaccestných ventilov.



Obr. 133 Druhy posúvačov

5.6.1 Ventily určujúce smer prúdenia – viaccestné ventily

Viaccestné ventily sú také ventily, ktoré môžu určovať začiatok, koniec a smer prúdenia média. Tieto ventily menia svoj stav na základe riadiaceho signálu tak, že spoja, alebo oddelia priestory s rôznym tlakom média.

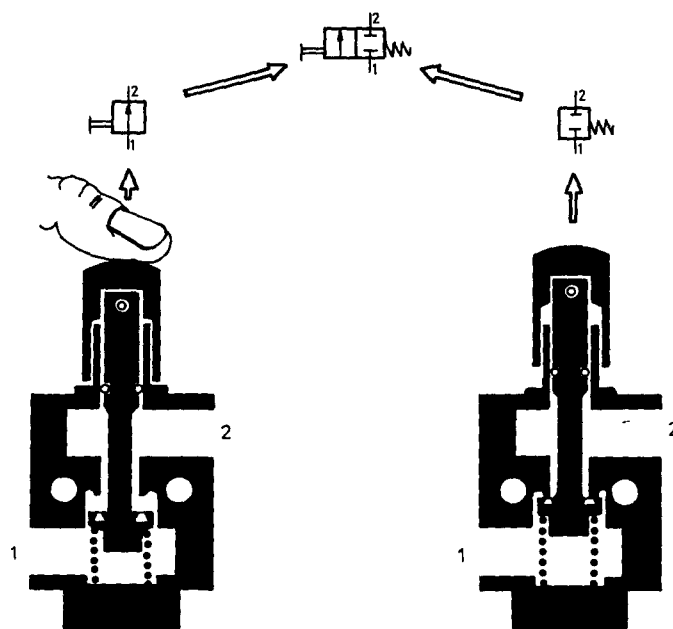
Pre charakteristiku viaccestného ventilu sú dôležité dva číselné údaje:

- počet ciest – udáva počet prípojných miest na ventile, ktoré dokáže spojiť, alebo oddeliť.
- počet spínacích polôh – počet stavov ventilu.

Príklad označenia viaccestného ventilu:

5/3 – 5 ciest (prípojných miest), 3 polohy posúvača.

Pri schematickom zobrazení viaccestných ventilov zobrazujeme každý možný stav ventilu jedným štvorčekom. V každom štvorčeku je zobrazený daný stav zopnutia jednotlivých ciest ventilu.

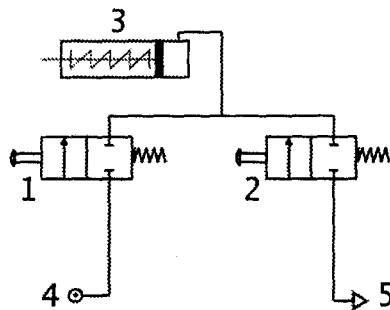


Obr. 134 Tvorenie schematickej značky pre ventil

1 – vstup stlačeného vzduchu, 2 – výstup stlačeného vzduchu

Na Obr. 134 je zobrazený základný typ 2/2 ventilu s uzavretou základnou polohou. Základná poloha ventilu je poloha do ktorej sa ventil nastaví keď prestane naňho pôsobiť riadiaci signál (zvyčajne sa zabezpečuje pružinou). Nie každý ventil má určenú základnú polohu.

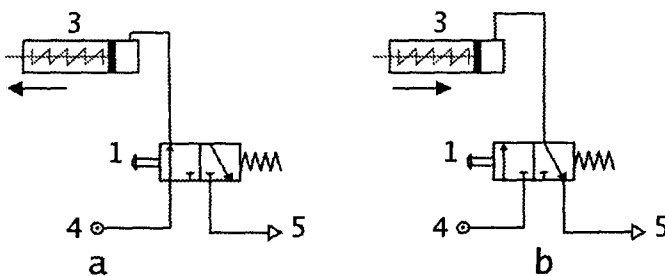
Na pohyb jednočinného pneumatického valca sú potrebné dva 2/2 ventily, Obr. 135. Prvý ventil privádza tlakový vzduch do valca (valec sa pohne zo svojej základnej polohy) a druhý ventil tlakový vzduch z valca vypúšťa (valec sa vráti do svojej základnej polohy).



Obr. 135 Ovládanie jednočinného valca

1 – ventil 2/2, 2 – ventil 2/2, 3 – jednočinný pneumatický valec, 4 – zdroj tlakového vzduchu, 5 – výstup tlakového vzduchu do okolia

Keď sa dva ventily typu 2/2 umiestnia do spoločného telesa a vzájomne sa prepoja, získa sa trojcestný ventil (3/2). Takýto ventil stačí použiť len jeden na pohyb jednočinného valca, Obr. 136.



Obr. 136 Ovládanie jednočinného valca ventilom 3/2

a – ventil je zopnutý a vzduch prúdi do valca, b – ventil je rozopnutý a vzduch prúdi z valca von, valec sa vracia do východiskovej polohy

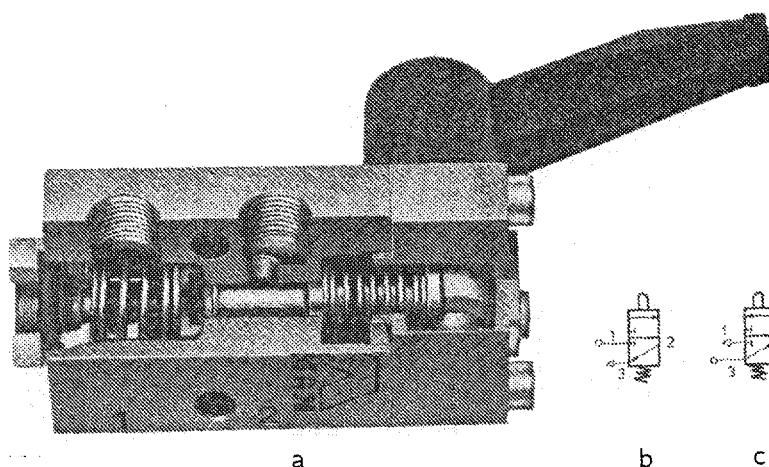
1 – ventil 3/2, 3 – jednočinný valec, 4 – zdroj tlakového vzduchu, 5 – výstup tlakového vzduchu

Trojcestné ventily existujú v dvoch vyhotoveniach:

- v základnej polohe uzavreté,
- v základnej polohe otvorené.

Trojcestné ventily majú označené jednotlivé cesty zvyčajne takto:

1. vstup tlakového vzduchu,
2. výstup tlakového vzduchu,
3. výstup použitého vzduchu.



Obr. 137 Rez ventilom 3/2

b – schematická značka ventilu 3/2 v základnej polohe uzavrete (N.C.), c – schematická značka ventilu 3/2 v základnej polohe otvorenej (N.O.)

Na Obr. 137 je zobrazený rez ventilom 3/2. Takéto ventily môžu mať dva druhy vyhotovení:

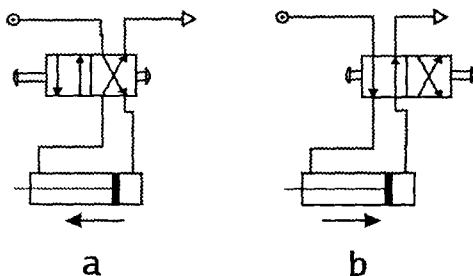
- v kľudovej polohe uzavretý (označuje sa aj skratkou N.C.),
- v kľudovej polohe otvorený (označuje sa skratkou N.O.).

V prípade 4 cestného ventilu je značenie jednotlivých ciest takéto:

1. vstup tlakového vzduchu
2. výstup tlakového vzduchu 1,
3. výstup použitého tlakového vzduchu

4. výstup tlakového vzduchu 2.

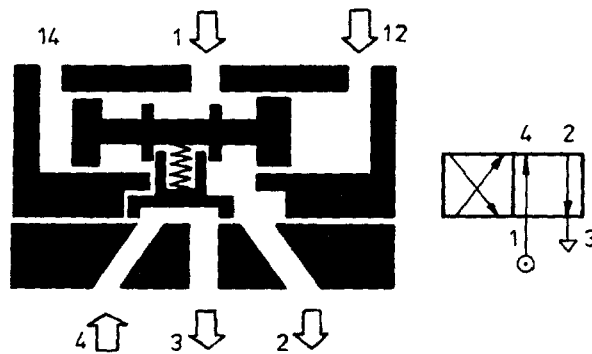
Tieto ventily sa môžu použiť napríklad na pohybovanie s dvojčinným pneumatickým motorom podľa schémy na Obr. 138.



Obr. 138 Ovládanie dvojčinného motora pomocou ventilu 4/2

a – vysúvanie piesta, b – zasúvanie piesta

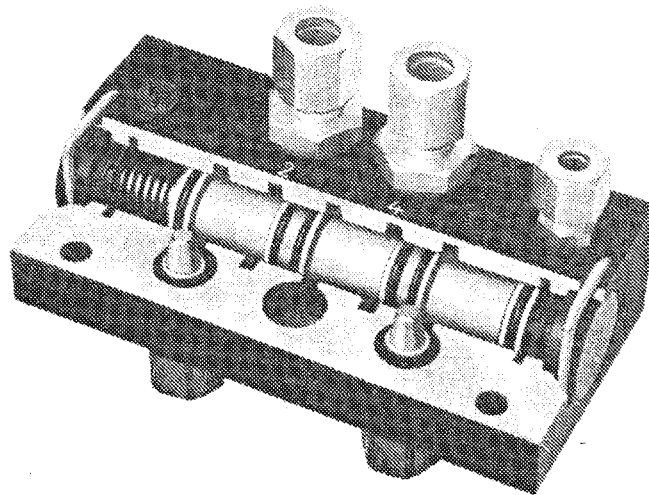
Na Obr. 139 je znázornené konštrukčné vyhotovenie pneumaticky ovládaného 4/2 ventilu. Tento ventil má dva signálne vstupy 12 a 14, ktoré zabezpečujú premiestnenie posúvača, a tým otvorenie cesty pre tlakový vzduch. Na obrázku je privedený tlakový vzduch do signálneho (riadiaceho) vstupu 12, posúvač je presunutý do ľavej polohy, a tým je uvoľnená cesta tlakovému vzduchu zo vstupu 1 na výstup 2. Zároveň sú prepojené aj vstupy 4 a 3, aby použitý tlakový vzduch z druhého polpriestoru pneumatického valca mohol odísť do atmosféry.



Obr. 139 Konštrukčná schéma 4/2 ventilu s pneumatickým ovládaním a schematická značka 4/2 ventilu

1 – vstup vzduchu, 2 – výstup tlakového vzduchu č.1, 3 – výstup použitého vzduchu, 4 – výstup tlakového vzduchu č.2, 12 – signálny vstup prepojujúci vetvu 1 a 2, 14 – signálny vstup prepojujúci vetvu 1 a 4

Na Obr. 140 je rez pneumatically ovládaným 4/2 ventilom

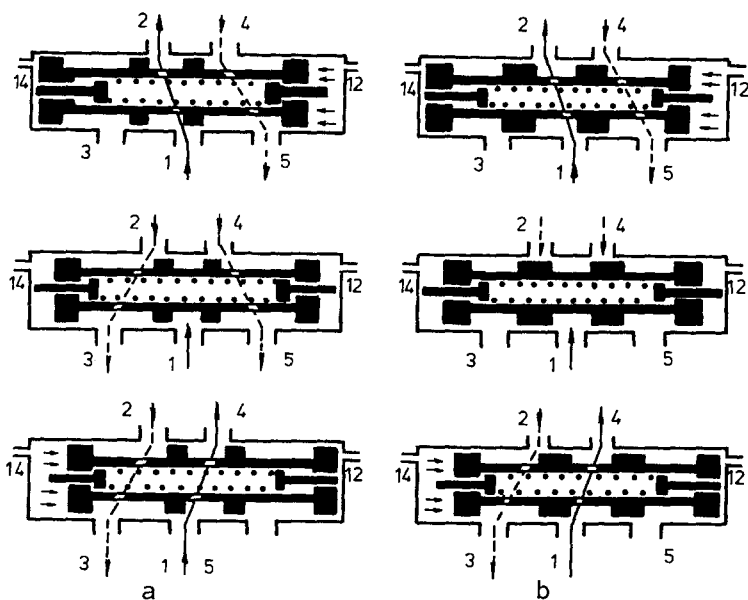


Obr. 140 Rez ventilom 4/2

Dvoj polohové štvor a päť cestné 4/2, 5/2 ventily sa používajú na riadenie pohybu dvojčinných motorov a ako riadiace prvky v pneumatických systémoch.

Pre niektoré prípady je potrebné použiť viac polohový päťcestný ventil 5/3. Dve varianty 5/3 ventilov sú na Obr. 141.

- V prostrednej polohe odvdzušený ventil *a* – umožní v prostrednej polohe voľne manipulovať pomocou vonkajšej sily s motorom, ktorý je týmto ventilom riadený.
- V prostrednej polohe uzavretý ventil *b* – dokáže zastaviť ním riadený motor v ktorejkoľvek medzipolohe. Presnosť polohovania je samozrejme obmedzená pružnosťou stlačeného vzduchu.

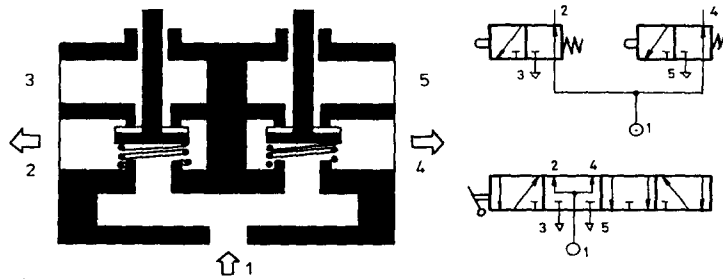


Obr. 141 Konštrukčné schémy a práca 5/3 ventilov

a – ventil 5/3 v strednej polohe odvdzušený, *b* – ventil 5/3 v strednej polohe uzavrený

1 – vstup stlačeného vzduchu, 2, 4 – výstupy stlačeného vzduchu, 3, 5 – výstup použitého stlačeného vzduchu, 12, 14 – signálne vstupy stlačeného vzduchu

Na špeciálne požiadavky sa vyrábajú 5/4 ventily. Štyri polohy ventilu *a* s tým spojené možnosti spínania zodpovedajú činnosti dvoch 3/2 ventilov. Príklad takéhoto ventilu je na Obr. 142.

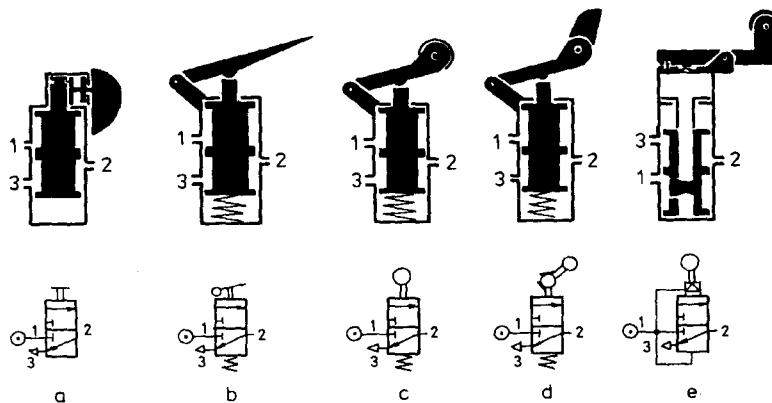


Obr. 142 Ventil 5/4

5.6.2 Spôsoby ovládania viaccestných ventilov

Viaccestné ventily je možné ovládať tromi základnými spôsobmi:

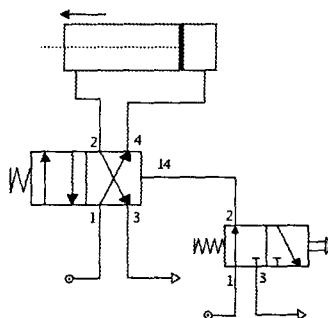
1. mechanické ovládanie – za jednu z možností mechanického ovládania ventilov považujeme aj ručné (nožné) ovládanie. Ako prostriedok ručného ovládania ventilov treba spomenúť: tlačidlá, otočné rukoväte, mechanizmy ovládané kľúčikom a nožné pedále. Ventily s mechanickým ovládaním sa zvyčajne vyrábajú ako nepriamo ovládané, aby sa znížili silové nároky na ich ovládanie. Na Obr. 143 sú zobrazené možnosti mechanického ovládania ventilov, ako aj ich schematické značky.



Obr. 143 Spôsoby mechanického ovládania ventilov

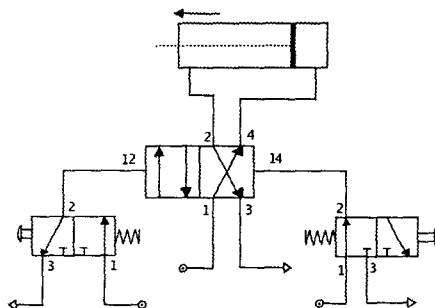
a – točidlo, b – pedál, c, d, e – rôzne kladky

2. pneumatické ovládanie – umožňuje vzdialené ovládanie ventilov. Pneumatické ovládanie monostabilného ventilu 4/2 zodpovedá riadeniu jednočinného pneumatického motora a je realizovateľné pomocou mechanicky ovládaného ventilu 3/2, Obr. 144.



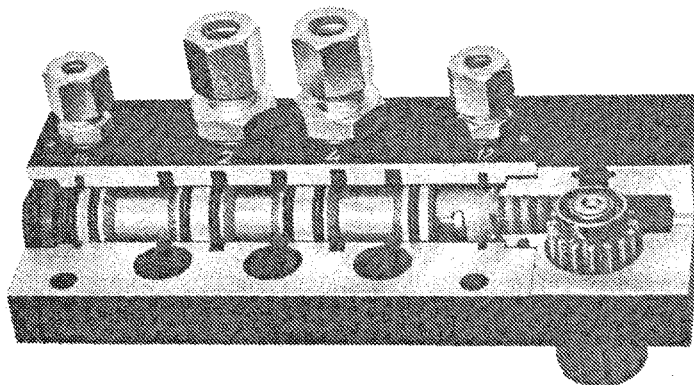
Obr. 144 Pneumaticky ovládaný monostabilný ventil 4/2

Pneumatické ovládanie 4/2 bistabilného ventilu zodpovedá ovládaniu dvojčinného motora (Obr. 145). Charakteristickým znakom bistabilných ventilov je, že aj po zániku riadiaceho signálu ostanú v tej polohe v akej boli. Na pneumatické ovládanie bistabilných ventilov postačujú len krátke pulzy tlakového vzduchu.



Obr. 145 Pneumatické ovládanie bistabilného ventilu 4/2

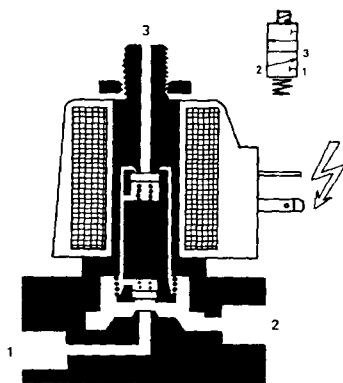
Na Obr. 146 je zobrazený rez bistabilným pneumaticky ovládaným ventilom. Na tomto reze je vidieť, že na ventile je aj indikátor polohy posúvača. Tiež je dobre vidieť vyhotovenie posúvača a telesa ventilu.



Obr. 146 Rez bistabilným pneumaticky ovládaným ventilom s indikáciou polohy

Elektromagnetické ovládanie – ventily s elektromagnetickým ovládaním môžu mať dve vyhotovenia:

- priamo ovládané ventily – sila elektromagnetu pôsobí priamo na posúvač. Konštrukčné vyhotovenie takéhoto 3/2 ventilu je na Obr. 147.



Obr. 147 Elektromagnetický priamo ovládaný ventil

1 – vstup stlačeného vzduchu, 2 – výstup stlačeného vzduchu, 3 – výstup použitého stlačeného vzduchu

- nepriamo ovládané ventily – sila elektromagnetu pôsobí na posúvač pomocného ventilu.

Pomocný ventil má prívod tlakového vzduchu spoločný s riadeným ventilom. Použitie pomocného ventilu má tieto výhody:

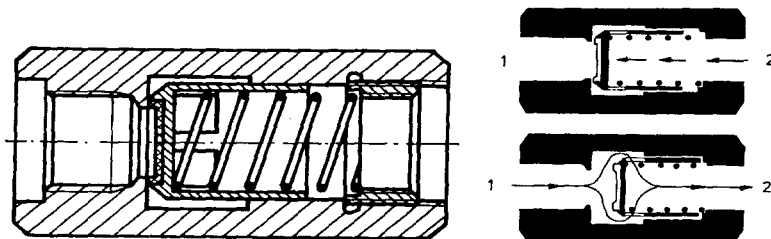
- stačí malá elektromagnetická síla aj na ovládanie ventilov s veľkým prietokom,
- rýchle spínanie,
- môže sa dosiahnuť vysoká frekvencia spínania,
- možnosť riadenia aj zložitých systémov jednoduchými prostriedkami.

5.6.3 Uzatváracie ventily

Uzatváracie ventily na rozdiel od viaccestných ventilov ovplyvňujú iba smer prúdenia média, na začiatok a koniec prúdenia nemajú vplyv. Umožňujú prúdenie média len v jednom smere.

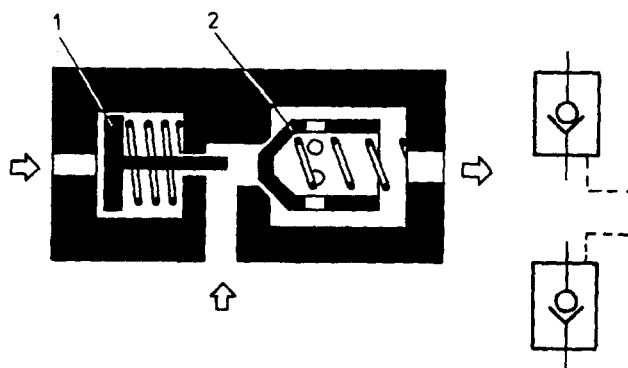
Spätné ventily

Spätný ventil má dve prípojky (označené 1, 2). Prúdenie média v smere 1 – 2 je voľné, zatiaľ čo v opačnom smere médium nemôže prúdiť. Spätný ventil je zvyčajne niektorý druh sedlového ventilu s pružinou. Princíp činnosti je naznačený na Obr. 148.



Obr. 148 Spätný ventil

Zvláštnym prípadom spätných ventilov sú takzvané riadené spätné ventily, Obr. 149. V prípade neprítomnosti signálu pracujú ako bežné spätné ventily, ale akonáhle je na ich signálny vstup privedený tlak, tak, sa pohne piest *I*, ktorý nadvihne uzatvárací prvok *2* a ventil sa stane priechodný aj v opačnom smere.



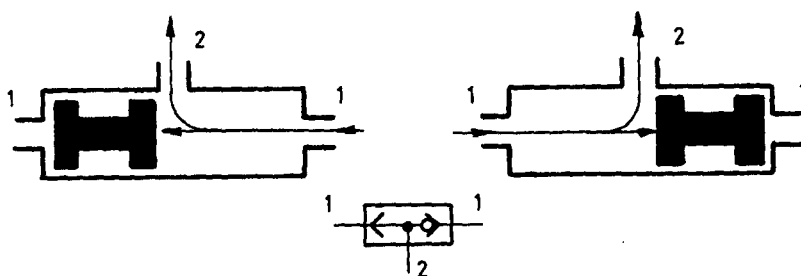
Obr. 149 Riadený spätný ventil

1 – piestik riadenia, 2 – tesniaci element

5.6.4 Logické ventily

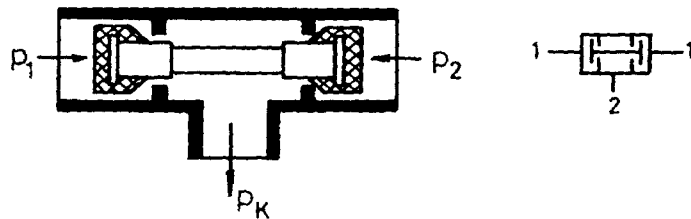
Medzi logické ventily patria ventily realizujúce funkciu logického súčtu OR a logického súčinu AND.

Pneumatický ventil s funkciou logického súčtu prepúšťa stlačený vzduch vtedy, keď na jednom z jeho dvoch vstupných kanálov pôsobí vyšší tlak ako na druhom. Je to vlastne zdvojený spätný ventil, ktorý má dva vstupy a jeden výstup. Princíp činnosti a schéma takéhoto ventilu je na Obr. 150.



Obr. 150 Logický ventil OR

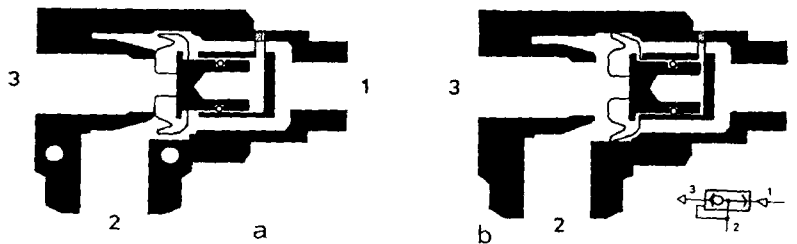
Pneumatický ventil s funkciou logického súčinu prepustí na svoj výstup tlakový vzduch len keď na jeho oboch vstupoch je privedený tlak. Pokiaľ je tlak len na jednom jeho vstupe, je tento ventil uzavretý. Princíp činnosti a schéma je na Obr. 151.



Obr. 151 Logický ventil AND

5.6.5 Rýchlo odvzdušňovací ventil

Rýchlo odvzdušňovacie ventily majú 3 prípojky: 1 – vstup, 2 – výstup, 3 – výfuk. Konštrukčné riešenie takéhoto ventilu je na Obr. 152. V polohe a je rýchlo odvzdušňovací ventil uzavretý a vzduch prúdi v smere 1 – 2. V polohe b vzduch prúdi zo vstupu 2, rýchlo odvzdušňovací ventil sa otvorí a vzduch prúdi priamo do okolia cez výstup 3.



Obr. 152 Rýchlo odvzdušňovací ventil

a – smer prúdenia vzduchu 1 → 2, b – smer prúdenia vzduchu 2 → 3

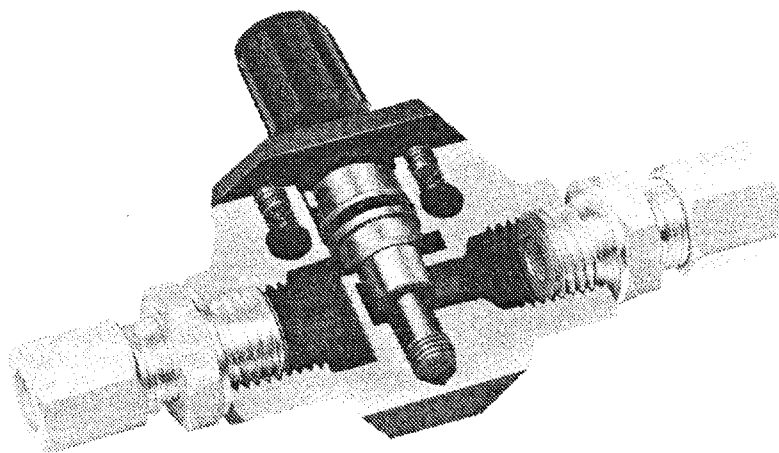
Zvyčajne sa takéto ventily montujú priamo na valec, aby sa eliminoval vplyv odporu tlmiča, hadíc a podobne. Slúžia na rýchle vypustenie tlakového vzduchu z komory pneumatického motora a dosiahnutie veľkých rýchlostí pohybu piesta.

5.6.6 Ventily slúžiace na reguláciu prietoku vzduchu

V prípade, že potrebujeme regulovať množstvo vzduchu pretekajúceho potrubím, je potrebné použiť škrtenie. Škrtenie môže byť nenastaviteľné alebo nastaviteľné.

Nenastaviteľné škrtenie je možné zabezpečiť trvalým zúžením prietokového prierezu. Nastaviteľné škrtenie je realizované škrtiacimi ventilmi.

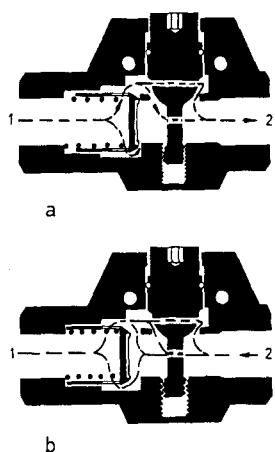
Z pohľadu charakteristiky regulácie prietoku je veľmi dôležitý tvar škrtiaceho elementu. Kužeľové (ihlové) škrtiace elementy sa používajú len v menej dôležitých prípadoch bez nároku na veľkú presnosť nastavenia. Veľmi dobrú charakteristiku je možné dosiahnuť otáčaním škrtiaceho elementu tvaru Archimedovej špirály, Obr. 153.



Obr. 153 Škrtiaci ventil

Škrtiace ventily sa vyrábajú prakticky len vo vyhotovení na ručné ovládanie pomocou otočného prvku. Najčastejšie sa škrtiace ventily používajú pri regulácii rýchlosti pohybu pneumatických motorov.

V prípade, že potrebujeme regulovať množstvo pretekajúceho vzduchu len v jednom smere, je možné použiť škrtiaci ventil so spätným ventilom. Konštrukčné vyhotovenie takéhoto ventilu je na Obr. 154.



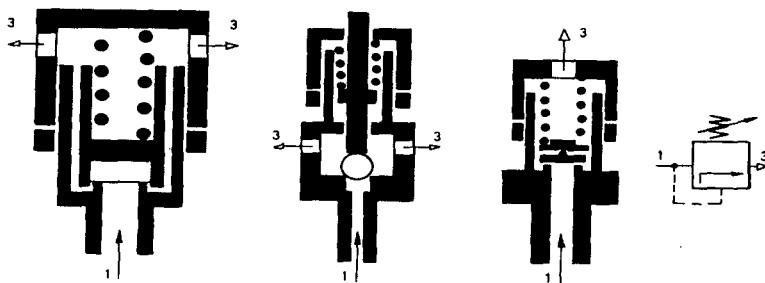
Obr. 154 Škrtiaci ventil so spätným ventilom

a – vzduch prúdi smerom 1 – 2, spätný ventil je uzavretý a vzduch môže prúdiť len cez škrtený prierez, b – vzduch prúdi v smere 2 – 1 a spätný ventil je otvorený

5.6.7 Ventily na reguláciu tlaku

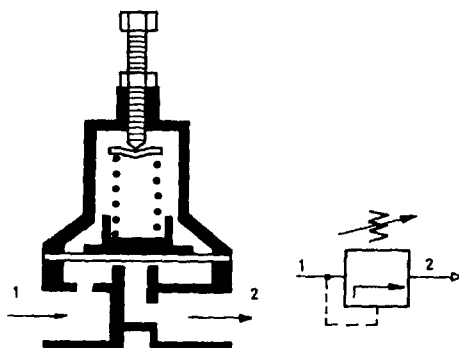
Úlohou týchto ventilov je regulácia tlaku na ich vstupe alebo výstupe. Základné druhy ventilov na reguláciu tlaku sú tieto:

- Redukčné ventily – znižujú tlak na svojom výstupe a udržia ho konštantný nezávisle od kolísania tlaku na ich vstupe.
- Ventily obmedzujúce tlak na vstupe (bezpečnostné ventily) – pri dosiahnutí nastaveného tlaku sa ventil otvorí a vypustí prebytočný tlak do okolia, Obr. 155.



Obr. 155 Rôzne vyhotovenia ventilov obmedzujúcich tlak na vstupe

- prietokové ventily – svojou činnosťou sú podobné ako bezpečnostné ventily, ale s tým rozdielom, že prebytočný vzduch sa neodvádza do okolia, ale postupuje ďalej do ďalšieho zariadenia, Obr. 156.



Obr. 156 Prietokový ventil

ZOZNAM SKRATIEK A SYMBOLOV

AC	adaptívne riadenie (Adaptive Control)
ACC	medzné adaptívne riadenie (Adaptive Control Constraint)
ACG	geometrické adaptívne riadenie (Adaptiv Control Geometrical)
ACO	optimalizačné adaptívne riadenie (Adaptiv Control Optimization)
AVS	automatizovaný výrobný systém
CAD	počítačom podporované konštruovanie
CIM	počítačom integrovaná výroba
CNC	počítačové číslicové riadenie (Computerized Numerical Control)
DNC	priame riadenie nadržadným počítačom (Direct Numerical Control)
MTBF	stredný čas medzi poruchami (Mean Time Between Failures)
NC	číslícové riadenie (Numerical Control)
PLC	programovateľný logický automat (Programable Logic Control)
PVB	pružná výrobná bunka
PVS	pružný výrobný systém
SNOP	systém Stroj – Nástroj – Obrobok – Prípravok

Obsah

Predhovor.....	5
ÚVOD.....	7
1. Význam mechanizácie a automatizácie.....	10
1.1 Dôvody automatizácie.....	14
1.2 Prínosy mechanizácie a automatizácie.....	16
1.3 Automatizácia výrobných procesov.....	18
1.4 Systémový prístup k mechanizácii a automatizácii.....	24
1.4.1 Princípy a metódy systémového prístupu.....	25
2. Automatizácia, jej princípy a prostriedky.....	27
2.1 Automatické výrobné zariadenia.....	29
2.1.1 Jednoučelové stroje.....	30
2.1.2 Automatické linky.....	32
2.1.3 Pružné automatizované výrobné systémy.....	34
2.2 Princípy riadenia pohybu automatických výrobných zariadení.....	37
2.3 Kopírovacie riadenie.....	39
2.3.1 Nespojité kopírovacie systémy.....	43
2.3.2 Spojité kopírovacie systémy.....	45
2.3.3 Nastavovanie kopírovacích strojov.....	45
2.4 Geometrické riadenie.....	46
2.4.1 Riadenie s meraním hodnôt pred technologickým procesom.....	47
2.4.2 Riadenie s meraním hodnôt počas technologického procesu.....	48
2.4.3 Riadenie s meraním hodnôt po technologickom procese.....	48
2.5 Adaptívne riadenie.....	48
2.6 Číslícové riadenie.....	50
2.7 Prostriedky automatického riadenia.....	53
2.7.1 Prostriedky na získanie informácií.....	55
2.7.2 Prostriedky na prenos informácií.....	58
2.7.3 Prostriedky na spracovanie informácií.....	60
2.7.4 Akčné prvky.....	61

3. Riadiace mechanizmy automatizačných systémov.....	64
3.1 Tuhé mechanizmy	64
3.1.1 Vačkové mechanizmy.....	65
3.1.2 Mechanizmy ovládané pomocou narážok, dorazov a koncových spínačov.....	71
3.2 Tekutinové mechanizmy.....	77
3.2.1 Hydraulické mechanizmy.....	77
3.2.2 Pneumatické mechanizmy.....	90
3.2.3 Pneumaticko–hydraulické mechanizmy.....	95
3.3 Elektrické mechanizmy.....	96
3.4 Elektropneumatické a elektrohydraulické mechanizmy.....	98
4. Podávacie, zdvíhacie a krokovacie mechanizmy.....	99
4.1 Podávacie zariadenia.....	101
4.2 Zdvíhacie a podávacie zariadenia.....	102
4.3 Podávacie zariadenia so zásobníkom a s násypkou.....	104
4.3.1 Násypky.....	104
4.3.2 Mechanizmy na zachytenie a orientáciu.....	105
4.3.3 Zásobníky.....	112
4.4 Krokovacie mechanizmy.....	122
5. Stlačený vzduch v mechanizácii a automatizácii.....	124
5.1 Výroba, úprava a rozvod tlakového vzduchu.....	124
5.2 Kompresory.....	127
5.2.1 Piestové kompresory.....	128
5.2.2 Root kompresory.....	130
5.2.3 Skrutkovicové kompresory.....	130
5.2.4 Kompresory s výsuvnými lopatkami.....	133
5.2.5 Odstredivé kompresory.....	133
5.2.6 Regulácia dodávaného množstva vzduchu.....	134
5.2.7 Chladenie kompresorov.....	135
5.3 Úprava stlačeného vzduchu.....	136
5.4 Systém výroby a distribúcie tlakového vzduchu.....	137
5.5 Pneumatické motory.....	143
5.5.1 Lineárne piestové motory.....	145

5.5.2 Piestové motory s obmedzeným uhlom rotácie.....	157
5.5.3 Pneumatické krokové mechanizmy.....	159
5.5.4 Piestové motory s neobmedzeným uhlom rotácie.....	160
5.5.5 Vzduchové turbíny.....	164
5.5.6 Regulácia otáčok rotačných pneumatických motorov.....	165
5.6 Ventily.....	165
5.6.1 Ventily určujúce smer prúdenia – viaccestné ventily.....	168
5.6.2 Spôsoby ovládania viaccestných ventilov.....	174
5.6.3 Uzatváracie ventily.....	177
5.6.4 Logické ventily.....	178
5.6.5 Rýchlo od vzdušňovací ventil	179
5.6.6 Ventily slúžiace na reguláciu prietoku vzduchu.....	180
5.6.7 Ventily na reguláciu tlaku.....	181
Zoznam skratiek a symbolov.....	183
Zoznam bibliografických odkazov.....	187

Zoznam bibliografických odkazov

- [1] Beneš, P. a kol.: Automatizace a automatizační technika 3. Computer Press, Brno, 2003
- [2] Croser, P.; Ebel, F.: Pneumatika. FESTO Didactic, Esslingen, 2002
- [3] Chvála, B.; Nedbal, J.; Dunay, G.: Automatizace. SNTL, Praha, 1989
- [4] Chvála, B.; Votava, J.: Přípravky. SNTL - ALFA, Praha, 1988
- [5] Eliáš, K.; Souček, J.: Mechanizácia a automatizácia obrábania. Edičné stredisko SVŠT, Bratislava, 1984
- [6] Falmann, L.: Automatizált gyártás. PMMF, Pécs, 1995
- [7] Hajduk, M.: Pružné výrobné bunky. Vienaľa, Košice, 1998
- [8] Jančina, J.; Pekárek, F.: Mechanika II Kinematika. ALFA, Bratislava, 1987
- [9] Juliš, K.; Brepta, R.: Mechanika I.díl Statika a kinematika. SNTL, Praha, 1986
- [10] Kováč, L.; Svoboda, M.; Líška, O.: Automatizovaná a pružná montáž. Vienaľa, Košice, 2000
- [11] Kováč, M.; Buda, J.; Šimšík, D.: Projektovanie výrobných systémov. Alfa, Bratislava, 1991
- [12] Krsek, A.: Automatizácia výrobných procesov. Edičné stredisko SVŠT, Bratislava, 1987
- [13] Kuznecov, M. M.; Usov, B. A.; Starodubov, B. S.: Projektirovanije avtomatizovannovo oborudovaniija. Mašinostrojenje, Moskva, 1987
- [14] Lacko, B. a kol.: Automatizace a automatizační technika 1. Computer Press, Praha, 2000
- [15] Maixner, L.; Kolníková, Z.: Spolehlivost automatických výrobních systémů. SNTL, Praha, 1984
- [16] Oplatek, F. a kol.: Automatizace a automatizační technika 4. Computer Press, Praha, 2000
- [17] Rabinovič, A. N.: Automatisace ve strojírenství. SNTL, Praha, 1960
- [18] Velíšek, K.: Obrábacie stroje. Vydavateľstvo STU, 2001
- [19] Velíšek, K.; Katalinic, B.: Výrobné systémy I. Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2004
- [20] Velíšek, K.; Pecháček, F.; Košťál, P.; Štefánek, M.: Montážne stroje a zariadenia. Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2005
- [21] Zuzanov, G. I.: Stavebnicové obrábací stroje. Průmyslové vydavatelství, Praha, 1951

Prof. Ing. Karol Velíšek, CSc. – Ing. Peter Košťál, PhD.

Mechanizácia a automatizácia

Vydala Slovenská technická univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve STU, Bratislava,
Vazovova 5, v roku 2007.

Rozsah 187 strán, 156 obrázkov, 1 tabuľka, 11,563 AH, 11,857 VH, 1. vydanie,
náklad 500 výtlačkov, edičné číslo 5330, tlač Vydavateľstvo STU v Bratislave.

85 – 243 – 2007

ISBN 978-80-227-2753-2