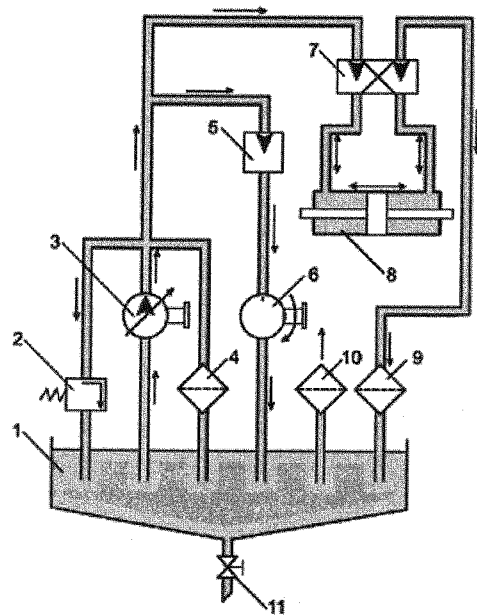


strumienia cieczy w ruch prostoliniowy, oraz silniki hydrauliczne, zmieniające energię strumienia cieczy na ruch obrotowy.

Poszczególne zespoły układów hydraulicznych są połączone między sobą przewodami hydraulicznymi. Podstawowymi elementami **hydraulicznych układów hydrostatycznych** są:

- pompy hydrauliczne,
- siłowniki hydrauliczne (silniki liniowe),
- silniki hydrauliczne (obrotowe),
- zawory,
- filtry,
- przewody hydrauliczne,
- zbiornik cieczy hydraulicznej,
- układ odpowietrzający,
- zespoły pomiarowe i pomocnicze (manometry, przepływomierze, króćce do pobierania próbek, chłodnice itp.),
- ciecz hydrauliczna.



Rys. 3.4. Schemat hydrostatycznego układu hydraulicznego [13]: 1 – zbiornik z cieczą hydrauliczną, 2 – zawór zwrotny, 3 – pompa hydrauliczna, 4 – filtr, 5 – zawór regulujący dopływ cieczy hydraulicznej do silnika hydraulicznego, 6 – silnik hydrauliczny, 7 – zawór regulujący dopływ cieczy hydraulicznej do siłownika hydraulicznego, 8 – siłownik hydrauliczny, 9 – filtr, 10 – odpowietrzenie, 11 – zawór do zlewania ostojów

Układy hydrauliczne mogą napędzać jeden (pojedyncze) albo wiele (wielokrotne) siłowników hydraulicznych lub silników hydraulicznych.

Schemat hydrostatycznego układu hydraulicznego z siłownikiem hydraulicznym i silnikiem hydraulicznym przedstawiono na rys. 3.4.

3.2.1. Pompy hydrauliczne

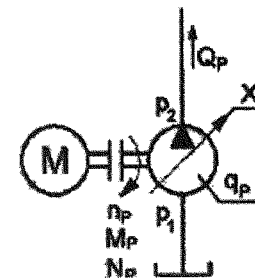
Pompy hydrauliczne stanowią źródło energii w układach hydrostatycznych. Zadanie takiej pompy polega na zasilaniu układu hydrostatycznego cieczą roboczą, którą jest olej hydrauliczny odpowiedniego gatunku, w stosownych ilościach i o wymaganym ciśnieniu.

Do **pomp wyporowych** stosowanych najpowszechniej w zespołach maszyn do produkcji mieszanek betonowych należą:

- pompy zębate,
- pompy wielotłoczkowe osiowe,
- pompy łopatkowe.

Do najważniejszych wielkości charakteryzujących idealną (teoretyczną) pompę wyporową należą:

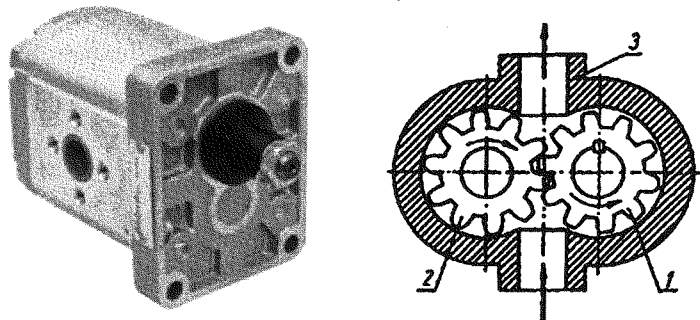
- wydajność jednostkowa q_p – jest to wydajność jednego cyklu (obrotu) elementu tłoczącego, w pompach zębatych – kół zębatych, czy głowicy w pompach łopatkowych lub wielotłoczkowych. Pojemność jednostkowa każdej pompy zależy od jej konstrukcji i mierzona jest w dm^3 lub $\text{cm}^3/\text{obr.}$,
- wydajność Q_p ,
- ciśnienie p_p ,
- moment obrotowy (moment napędowy) M_p ,
- moc napędowa N_p ,
- prędkość obrotowa pompy n_p .



Rys. 3.5. Charakterystyczne wielkości pompy wyporowej [13]

Pompę zębatą tworzy zespół dwóch kół zębatych przeważnie o uzębieniu zewnętrznym, osadzonych w szczelnej obudowie.

Zassana ciecz przemieszcza się w lukach międzyzębnych i zostaje wyparta do przewodu tłocznego. Wymaga to zachowania małego luzu między kołami zębatymi a obudową. **Pompa zębata jest pompą o stałej wydajności, tzn. że przy danej stałej prędkości obrotowej charakteryzuje się stałą wydajnością.** Graniczne ciśnienie pomp zębatych wynosi obecnie do 25 MPa.

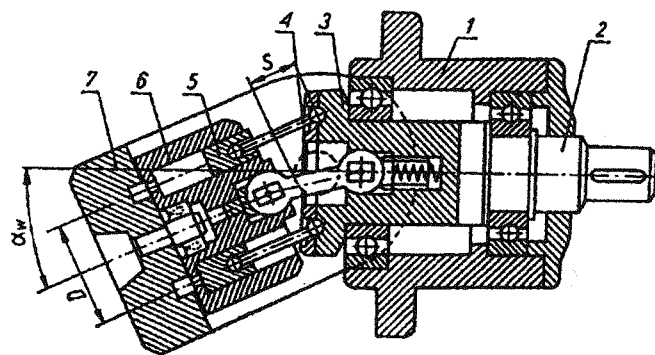


Rys. 3.6. Widok i schemat pompy zębatej [13, 63]: 1, 2 – koła zębate, 3 – obudowa

Pompy wielotłoczkowe osiowe są zestawem pomp jednotłoczkowych. Każdy z tłoczków wykonuje suwy ssania i tłoczenia. Zasada ta jest przestrzegana w licznych rozwiązaniach konstrukcyjnych.

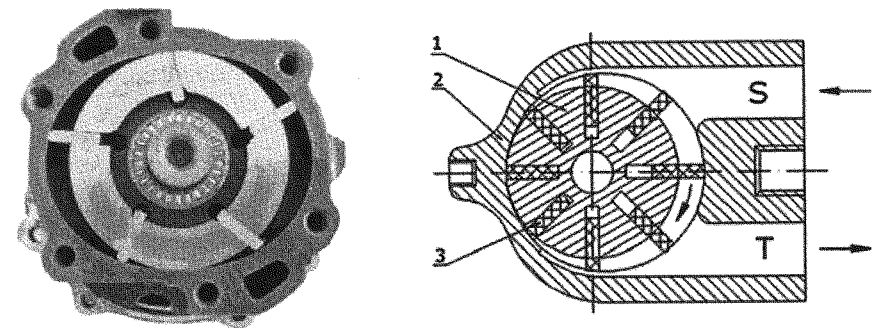
Na rys. 3.7 przedstawiono schemat pompy z wirnikiem o zmiennym kącie wychylenia, czyli pompy o zmiennej wydajności (nastawianej podczas pracy).

Stanowi to wariant konstrukcyjny pompy z wychylnym blokiem. Odmienny układ to uchylna tarcza oporowa. Pompy wielotłoczkowe stosuje się do wyższych ciśnień niż pompy zębate i zalicza się do **pomp o zmiennej wydajności.** Powszechnie stosowany jest zakres ciśnień do 35 MPa.



Rys. 3.7. Schemat pompy wielotłoczkowej osiowej przegubowej [13]: 1 – obudowa, 2 – wał, 3 – tarcza, 4 – korbwód, 5 – tłoczek, 6 – wirnik, 7 – płyta rozdzielcza

Pompa łopatkowa (rys. 3.8) należy do grupy maszyn waporowych, w których elementami wypierającymi ciecz są łopatki płaskie umieszczone w promieniowych przecięciach wirnika. Natomiast komory robocze zamykają się między dwoma sąsiednimi łopatkami a powierzchniami wirnika i korpusu pompy. Zasada działania pompy łopatkowej pojedynczego działania: wirnik 1 ułożyskowany mimośrodowo w korpusie 2 obraca się w kierunku wskazanym strzałką. W promieniowych przecięciach wirnika znajdują się łopatki 3 przylegające zewnętrznymi krawędziami do okrągłej bieźni korpusu, a bocznymi krawędziami do bocznych pokryw pompy. Między dwoma sąsiednimi łopatkami, wirnikiem, bieźnią korpusu i pokrywami bocznymi, przy odpowiednio szczelnym pasowaniu, tworzy się przestrzeń robocza, która przy obrocie wirnika w górnej części pompy powiększa się, zasysając ciecz z przestrzeni ssawnej S, w dolnej zaś zmniejsza się, wypychając ciecz do przestrzeni tłocznej T.



Rys. 3.8. Widok i schemat pompy łopatkowej [13, 63]: 1 – wirnik, 2 – korpus, 3 – łopatki

Odwroćcie zasady pracy pomp, tj. zamiana energii doprowadzonej cieczy na energię mechaniczną, określa funkcję spełnianą przez silniki waporowe. Rozróżnia się silniki o stałej i zmiennej chłonności, określonej przez natężenie przepływu cieczy przez silnik. **Silniki o stałej chłonności odpowiadają pompom zębatym, a o zmiennej chłonności – pompom wielotłoczkowym.**

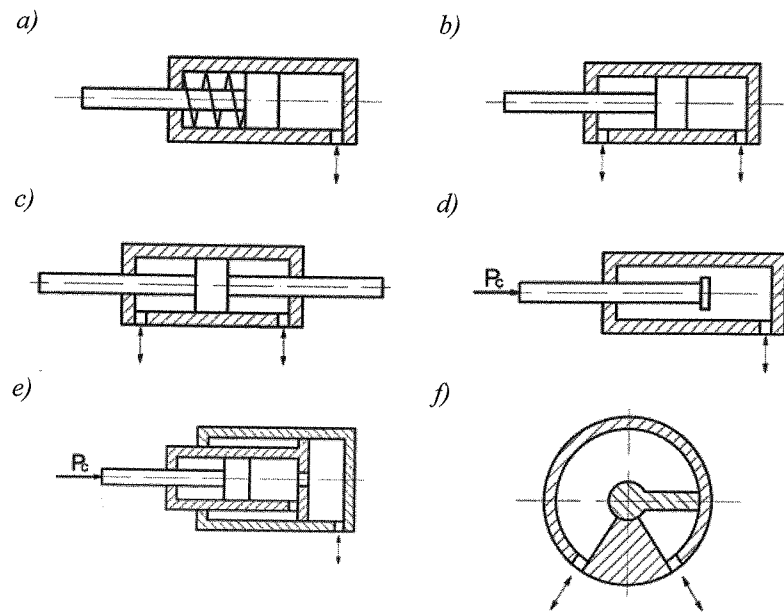
3.2.2. Urządzenia robocze

Urządzenia robocze (wykonawcze), jak **siłowniki** i **silniki hydrauliczne**, służą do uruchamiania elementów i układów maszyn dzięki energii cieczy roboczej, która jest dostarczana do nich przez pompę lub akumulator hydrauliczny.

Energia ciśnienia cieczy w urządzeniu roboczym zostaje zużyta na wykonanie pracy mechanicznej liniowego ruchu tłoczyska siłownika lub obrotowego ruchu silnika hydraulicznego.

Siłownik hydrauliczny jest silnikiem liniowym przetwarzającym energię ciśnienia cieczy roboczej w energię mechaniczną ruchu prostoliniowo-zwrotnego. Energię tę przekazuje napędzanym urządzeniom za pomocą tłoczyska, nurnika lub innego urządzenia. Elementem głównym, roboczym w siłownikach jest tłok osadzony na tłoczysku lub nurniku, na który działa ciśnienie cieczy roboczej, wywołując siłę użyteczną pokonującą obciążenia w postaci sił zewnętrznych.

Na rys. 3.9 przedstawiono schematy najczęściej stosowanych siłowników hydraulicznych.



Rys. 3.9. Schematy siłowników hydraulicznych [13]: a) tłokowy jednostronnego działania z powrotem sprężynowym, b) tłokowy dwustronnego działania z jednostronnym tłoczyskiem, c) tłokowy dwustronnego działania z dwustronnym tłoczyskiem, d) nurnikowy z powrotem siłowym, e) teleskopowy jednostronnego działania z powrotem siłowym, f) wahliwy z tlokiem obrotowym

W siłownikach jednostronnego działania tłok lub nurnik poruszany jest ciśnieniem cieczy tylko w jednym kierunku (rys. 3.9 a, d, e), natomiast w kierunku przeciwnym siłą napiętej sprężyny (rys. 3.9 a), siłą zewnętrzną (rys. 3.9 d, e) lub najczęściej siłą grawitacji podnoszonego elementu. Siłowniki tłokowe mogą być jednostronnego lub dwustronnego działania, natomiast nurnikowe są tylko jednostronnego działania.

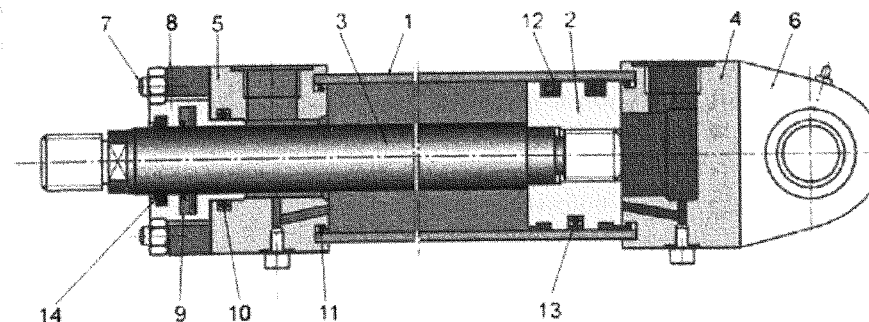
W siłownikach nurnikowych (rys. 3.9 d) rolę tłoka i tłoczyska spełnia jeden element w postaci tzw. nurnika. Zaletą siłowników nurnikowych jest ła-

twość ich wykonania oraz stosunkowo mała ilość uszczelnień, natomiast wadą mała powierzchnia prowadzenia nurnika w pokrywie siłownika (dławnicy).

Siłowniki teleskopowe (rys. 3.9 e) są stosowane w tych przypadkach, gdy jest ograniczona przestrzeń na zamocowanie siłownika o dużym skoku roboczym lub gdy jest wymagany bardzo duży skok dochodzący do 7 m, przy długości w stanie złożonym 1,2÷1,5 m. Wysuwanie kolejnych członów siłownika odbywa się przez doprowadzenie cieczy pod ciśnieniem do komory tulei cylindrowej o największej średnicy. Powrót siłownika do położenia wyjściowego jest dokonywany działaniem sił zewnętrznych. W przypadku gdy wielkość tych sił może być zbyt mała do złożenia siłownika, wykonuje się siłowniki teleskopowe dwustronnego działania.

Siłowniki wahliwe z tlokiem obrotowym (rys. 3.9 f) zamieniają siłę pochodzącą od ciśnienia cieczy działającą na tłok w kształcie łopatki na moment obrotowy na wale o ograniczonym kącie obrotu. Siłowniki wahliwe charakteryzują się dużymi momentami obrotowymi, małą prędkością obrotową, zwartą budową oraz sprawnością nieprzekraczającą 0,90.

Na rys. 3.10 przedstawiono konstrukcję siłownika dwustronnego działania z jednostronnym tłoczyskiem.



Rys. 3.10. Siłownik dwustronnego działania z jednostronnym tłoczyskiem [13]: 1 - cylinder, 2 - tłok, 3 - tłoczysko, 4, 5 - pokrywy, 6 - ucho, 7 - śruba, 8 - tuleja prowadząca, 9, 10, 11, 12, 13 - pierścienie uszczelniające, 14 - pierścień zgarniający

Siłownik składa się z cylindra 1 wykonanego ze stalowej rury bez szwu, pokrywy tylnej 4 (denka), wyposażonej w ucho obrotowe z wahliwą tuleją do mocowania przegubowego, oraz pokrywy (głowicy) przedniej 5. Elementy te są połączone z cylindrem za pomocą połączeń gwintowych oraz uszczelnione na końcach cylindra pierścieniami uszczelniającymi. Tłok 2 składa się z dwóch części, prawej uszczelnionej na tłoczysku 3 pierścieniem i lewej połączonej za pomocą gwintu z tłoczyskiem. Szczelność tłoka z cylindrem gwarantują dwa symetrycznie zabudowane w tłoku pierścienie samuszczelniające rowkowe. Węzeł uszczelniający w pokrywie przedniej 5 stanowi pierścień samuszczel-

niający rowkowy oraz pierścień zgarniający 14. Poniżej osi tłoczyska przedstawiono drugi wariant uszczelnienia tłoczyska za pomocą pakietu uszczelniającego 13 składającego się z kilku pierścieni. Osiowość ruchów tłoczyska zapewnia tuleja prowadząca 8 osadzona w pokrywie przedniej po lewej stronie pierścieni uszczelniających 9 i 10. Tłoczysko jest zakończone czopem stożkowym, który z otworem walcowym zapewnia stałą wartość hamowania dobiegu tłoka do pokrywy tylnej. Hamowanie dobiegu tłoka do pokrywy przedniej zapewnia tuleja stożkowa 8 osadzona na tłoczysku. Hamowanie dobiegu tłoka o nastawialnej wartości w dwóch przeciwnych kierunkach zapewniają dwa zawory dławiące, natomiast dwa zawory zwrotne ułatwiają napływ cieczy do komór siłownika w początkowych fazach ruchów nawrotnych.

Silnik hydrauliczny obrotowy jest silnikiem wyporowym, w którym, podobnie jak w pompie wyporowej, komory robocze są od siebie szczelnie oddzielone, a ruch cieczy jest powodowany przez jej wypieranie z komór przez elementy robocze. Silniki hydrauliczne przetwarzają energię ciśnienia cieczy roboczej w energię mechaniczną ruchu obrotowego, która jest przekazywana napędzanym urządzeniom i maszynom za pomocą obracającego się wału. Z punktu widzenia pełnionej funkcji silnik hydrauliczny obrotowy działa odwrotnie niż pompa hydrauliczna. **Oznacza to, że praktycznie każda pompa wyporowa, z wyjątkiem pompy zaworowej, może być silnikiem obrotowym i odwrotnie.** Stąd wynika, że klasyfikacja pomp obowiązuje również dla silników wyporowych.

Silniki obrotowe można podzielić na dwie podstawowe grupy, mianowicie na:

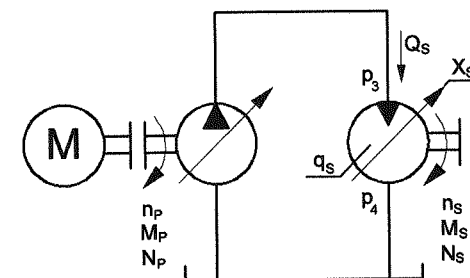
- silniki szybkoobrotowe,
- silniki wolnoobrotowe.

Silniki obrotowe powinny się charakteryzować:

- możliwością pracy przy wysokich ciśnieniach,
- możliwie dużą równomiernością prędkości obrotowych,
- łatwością rozruchu,
- wysoką sprawnością.

Do najważniejszych wielkości charakteryzujących idealny (teoretyczny) silnik obrotowy wyporowy (rys. 3.11) należą:

- chłonność jednostkowa q_s ,
- chłonność Q_s ,
- ciśnienie p_s ,
- moment obrotowy na wale silnika M_s ,
- moc na wale silnika N_s ,
- prędkość obrotowa silnika n_s .



Rys. 3.11. Charakterystyczne wielkości silnika hydraulicznego obrotowego wyporowego [13]

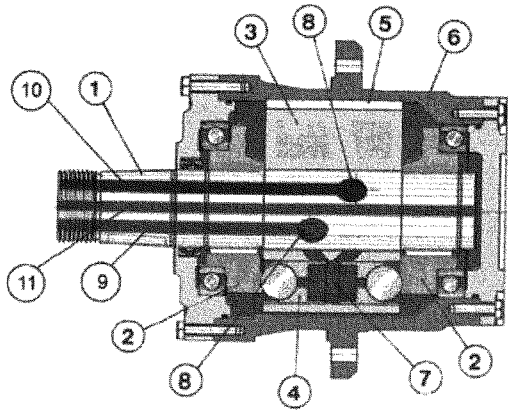
Silniki szybkoobrotowe, o stałej lub zmiennej chłonności, charakteryzuje wysoki zakres prędkości obrotowych (od 300÷3000 obr./min) oraz niski moment obrotowy (do kilku tys. Nm), dlatego nazywane są również silnikami **niskomomentowymi**. Podstawową wadą silników szybkoobrotowych jest najczęściej konieczność stosowania w układach napędowych dodatkowo mechanicznej przekładni redukcyjnej (np. zębatej lub planetarnej o niskiej sprawności) w celu obniżenia prędkości obrotowej.

Stwierdzenie, że prawie każda pompa może pracować jako silnik, dotyczy tylko silników szybkoobrotowych. Konstrukcje silników szybkoobrotowych są więc tego samego typu co pompy wyporowe, czasami trochę zmienione w celu polepszenia własności eksploatacyjnych. Najszersze zastosowanie w praktyce mają silniki obrotowe o stałej chłonności jednostkowej, mniej skomplikowane i tańsze od silników o zmiennej chłonności.

Silniki wolnoobrotowe charakteryzuje niski zakres prędkości obrotowych (od 1÷200 obr./min) oraz wysoki moment obrotowy (do kilkudziesięciu tys. Nm), dlatego nazywane są również silnikami **wysokomomentowymi**. Stosowanie silników wolnoobrotowych umożliwia bezpośredni napęd maszyn roboczych bez konieczności instalowania, niejednokrotnie bardzo ciężkich i energochłonnych, przekładni redukujących prędkość obrotową.

Wzrost momentu obrotowego oraz obniżenie prędkości obrotowej osiąga się w silnikach wolnoobrotowych wysokomomentowych, przez zwiększenie chłonności jednostkowej q_{st} silnika.

Konieczność zapewnienia dużych chłonności jednostkowych sprawia, że konstrukcje silników wolnoobrotowych są zasadniczo odmienne od typowych pomp wyporowych i silników szybkoobrotowych. Wolnoobrotowe wysokomomentowe silniki hydrauliczne wykonuje się najczęściej jako tłokowe, zębate i łopatkowe. Najszersze zastosowanie znalazły **silniki wolnoobrotowe tłokowe** jako najprostsze w konstrukcji, technologiczne i trwałe w eksploatacji.



Rys. 3.12. Wolnoobrotowy osiowy silnik z nieruchomym wałem [13]: 1 – nieruchomy wał, 2 – tarcza krzywkowa, 3 – wirnik, 4 – tłok, 5 – wpust, 6 – ruchomy korpus, 7 – komora międzytłokowa, 8 – otwór sterujący, 9 – kanał wysokiego ciśnienia, 10 – kanał niskiego ciśnienia, 11 – kanał odprowadzający przecieki

3.2.3. Akumulatory hydrauliczne

Akumulatory hydrauliczne (zwane również zasobnikami hydraulicznymi lub hydroakumulatorami) są zbiornikami ciśnieniowymi przeznaczonymi do gromadzenia (akumulowania) cieczy roboczej pod ciśnieniem w okresie braku lub zmniejszonego na nią zapotrzebowania przez odbiornik, a następnie wykorzystywania później, zależnie od potrzeb, w układzie napędowym lub sterującym np. przez prasę hydrauliczną. Ciecz (np. woda, olej) jest przenośnikiem energii akumulowanej przez obciążniki, ściśniętą sprężynę lub sprężony gaz (stąd nazwy akumulatora hydraulicznego: ciężarowy, sprężynowy, gazowy).

Akumulator stanowi zbiornik stalowy ciśnieniowy z elastyczną, szczelną przeponą, będącą rezerwuarem gazu (najczęściej używany jest azot jako gaz nieaktywny w stosunku do gumowej przepony). Ponadto przepona zapobiega rozpuszczaniu się azotu w oleju, który wypełnia zewnętrzną przestrzeń przepony i w zależności od ciśnienia w instalacji, w większym lub w mniejszym stopniu spręża gaz magazynujący energię w postaci ciśnienia. Jest ona oddawana do oleju w momentach spadku ciśnienia w instalacji. Zawór służy do napełniania, uzupełniania zapasu gazu, natomiast zawór talerzowy zabezpiecza przed uszkodzeniem przepony przy dużym spadku ciśnienia.

Akumulatory hydrauliczne są używane w celu:

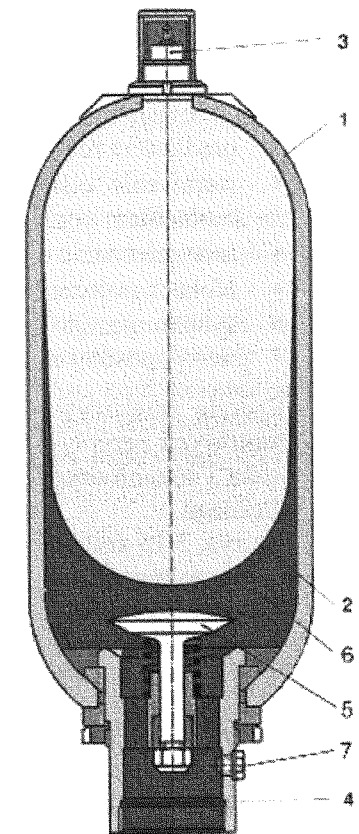
- pokrywania krótkotrwałego zwiększonego zapotrzebowania na cieczą roboczą pod ciśnieniem, co pozwala na dobór pomp o mniejszej wydajności,

- zapewnienia strumienia cieczy pod ciśnieniem w układzie przez pewien czas po wyłączeniu pompy, zwłaszcza podczas pracy awaryjnej (uszkodzenia pompy lub jej napędu), dla doprowadzenia do końca rozpoczętego cyklu pracy,
- pokrywania (kompensowania) przecieków cieczy roboczej,
- zmniejszenia pulsacji ciśnienia i natężenia przepływu występującego podczas nierównomiernej pracy pomp wyporowych,
- tłumienia pulsacji ciśnienia (łagodzenia tzw. uderzeń hydraulicznych),
- przyjmowania (absorbowania) uderzeń i drgań.

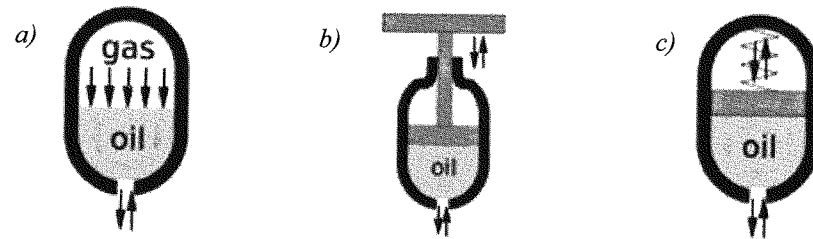
Zgromadzona energia wykorzystywana jest do uruchamiania roboczych urządzeń układu hydraulicznego podczas jego normalnej lub awaryjnej pracy, a także do zerowania ciśnienia w przewodach.

Poza tym akumulatory hydrauliczne znajdują zastosowanie w układach sterowania do wytłumienia pulsacji pomp oraz w układach chłodzenia do niwelacji uderzeń hydraulicznych oleju trafiającego do chłodnicy i na filtry. Dzięki zastosowaniu akumulatorów hydraulicznych układ może być zasilany przez pompę o stosunkowo małej wydajności.

Obecnie najczęściej stosowane są akumulatory gazowe wypełnione azotem, ponieważ azot stwarza korzystniejsze warunki pracy dla przepony gumowej akumulatora.



Rys. 3.13. Akumulator hydrauliczny pęcherzowy [13]: 1 – butla (zbiornik ciśnieniowy), 2 – pęcherz, 3 – zawór napełniania gazem, 4 – przyłącze cieczowe, 5 – zawór talerzowy, 6 – komora cieczowa, 7 – zaślepka przyłącza manometru kontrolnego



Rys. 3.14. Schematy typowych akumulatorów hydraulicznych [63]: a) gazowy, b) ciężarowy, c) sprężynowy

3.2.4. Zawory

Elementy sterujące – nazywane inaczej zaworami – przeznaczone są do spełniania bardzo zróżnicowanych funkcji (zadań) w układzie hydrostatycznym. Przykładowo można wymienić następujące funkcje (zadania):

- uruchomienie, zatrzymanie i zmiana kierunku ruchu silnika lub siłownika,
- sterowanie natężeniem przepływu, a więc najczęściej sterowanie prędkością rozwijaną przez silnik lub siłownik,
- sterowanie ciśnieniem, a więc najczęściej sterowanie rozwijanym momentem obrotowym lub siłą,
- zabezpieczenie układu przed przeciążeniem,
- blokada położenia obciążonego silnika lub siłownika,
- synchronizacja ruchów kilku siłowników obciążonych w zróżnicowany sposób i zasilanych z jednego źródła.

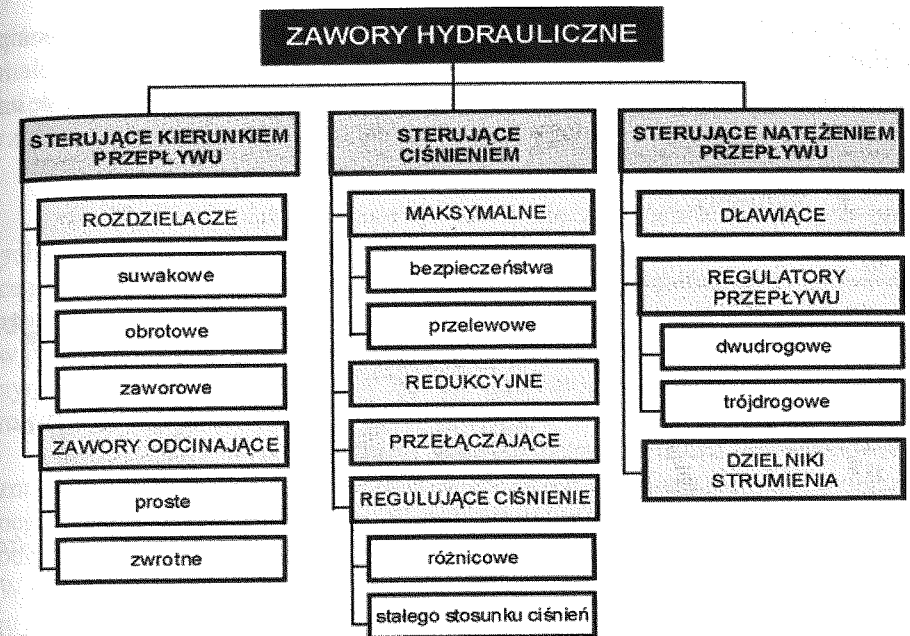
Energia przekazywana od pomp wyporowych do siłowników lub silników obrotowych przepływa z cieczą roboczą przez zawory hydrauliczne, których liczba i różnorodność zależy od funkcjonalności oraz złożoności układu hydraulicznego.

Na rys. 3.15 zestawiono w trzech grupach najczęściej stosowane zawory hydrauliczne w napędach hydrostatycznych.

Zawory sterujące kierunkiem przepływu służą do uruchamiania, zatrzymywania oraz do zmiany kierunku ruchu silników hydraulicznych.

Zawory sterujące ciśnieniem zabezpieczają układ przed przeciążeniem oraz utrzymują ciśnienie na wymaganym poziomie.

Zawory sterujące natężeniem przepływu nastawiają lub utrzymują stałą wartość natężenia przepływu cieczy roboczej.



Rys. 3.15. Klasyfikacja zaworów hydraulicznych [PN-73/M-73022]

Ze względu na konstrukcję pary współpracującej zaworów hydraulicznych można wyodrębnić dwie zasadnicze odmiany: zawory gniazdowe oraz suwakowe.

Zawory gniazdowe charakteryzuje duża szczelność zamknięcia, małe opory przepływu cieczy roboczej, brak zużycia ściernego oraz łatwość wykonania. Zawory suwakowe, szczególnie wzdłużne, znajdują zastosowanie w budowie rozdzielaczy hydraulicznych. Wykonywane z luzem technologicznym pomiędzy tuleją i suwakiem, wynoszącym 5÷30 μm, nie zapewniają szczelności takiej, jaką osiąga się w zaworach gniazdowych.

Zawory sterujące kierunkiem przepływu

Wśród zaworów sterujących kierunkiem przepływu wyróżniamy następujące podgrupy:

- rozdzielacze,
- zawory odcinające,
- zawory zwrotne.

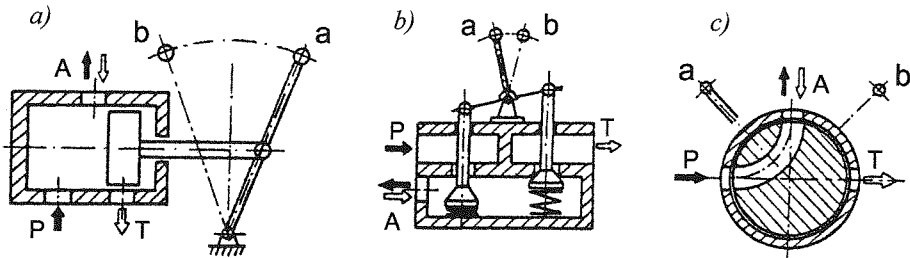
Rozdzielacze hydrauliczne

Zadaniem rozdzielaczy jest doprowadzenie i odprowadzenie cieczy z gałęzi układu hydrostatycznego, sterowane sygnałem zewnętrznym. Najczęściej

rozdzielacz służy do połączenia silnika hydraulicznego lub siłownika z pompą i zbiornikiem, a więc do sterowania pracą silnika lub siłownika.

Rozdzielacze hydrauliczne z konstrukcyjnego punktu widzenia dzielą się na:

- suwakowe,
- gniazdowe (zaworowe),
- obrotowe.



Rys. 3.16. Odmiany konstrukcyjne rozdzielaczy [13]: a) suwakowy, b) gniazdowy (zaworowy), c) obrotowy

Rozdzielacze hydrauliczne w zależności od liczby dróg, którymi przepływa w nich ciecz robocza, dzielą się na **dwu- i więcej drogowe**.

Zależnie od liczby pozycji, jakie może zajmować element ruchomy (suwak), rozdzielacze dzielą się także na **dwu- i więcej położeniowe**.

Ze względu na sposób sterowania (przesuwania suwaka) rozróżnia się:

- **rozdzielacze jednostopniowe**, w których sygnał sterujący działa bezpośrednio na suwak. Rozdzielacze jednostopniowe są sterowane siłą mięśni (dźwignią, przyciskiem, pedałem), mechanicznie (sprężyną, rolką, popychaczem), elektrycznie (elektromagnesem) lub hydraulicznie (ciśnieniem lub podciśnieniem),
- **rozdzielacze dwustopniowe**, w których sygnał sterujący działa na suwak nie bezpośrednio, lecz poprzez sygnał pośredniczący. W rozdzielaczach dwustopniowych stosuje się niemal wyłącznie sterowanie złożone (elektryczno-hydrauliczne).

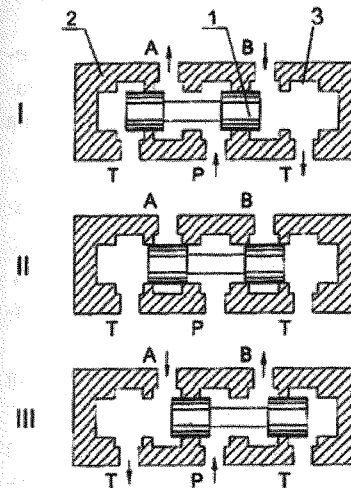
Wszystkie rodzaje rozdzielaczy przedstawione na rys. 3.17 pod względem funkcjonalnym są identyczne. Każdy rozdzielacz posiada trzy drogi (otwory przyłączeniowe P, T, A) oraz każdy może przyjmować, po przestawieniu dźwigni sterującej, dwa położenia „a” i „b”. Pod względem cech użytkowych i powszechności stosowania największe zastosowanie w praktyce mają rozdzielacze suwakowe, dlatego w dalszej kolejności będą szczegółowo opisane typowe ich konstrukcje. Rozdzielacze gniazdowe znajdują zastosowanie w zakresie dużych i bardzo dużych natężeń przepływu (powyżej 500 dm³/min) oraz przy

ciśnieniach przekraczających 30 MPa. Konstrukcje rozdzielaczy obrotowych są mało funkcjonalne, ponieważ nie dają tak dużej ilości możliwych połączeń pomiędzy otworami przyłączeniowymi jak rozdzielacze suwakowe. Stosowane są rzadko, wyłącznie w układach niskociśnieniowych.

Rozdzielacze suwakowe

Każdy rozdzielacz suwakowy składa się z dwóch zasadniczych części pokazanych na rys. 3.17 (z pominięciem sterowania): suwaka 1 współpracującego z tuleją 2 mającą wewnątrz kilka podtoczeń 3 (kanałów pierścieniowych), znajdujących się w pewnej odległości od siebie. Podtoczenia 3 zaopatrzone są w przyłącza, czyli otwory do połączenia rozdzielacza z układem hydrostatycznym. Przesuwanie suwaka 1 w tulei 2 powoduje zmiany schematu połączeń między przyłączami P, T, A, B.

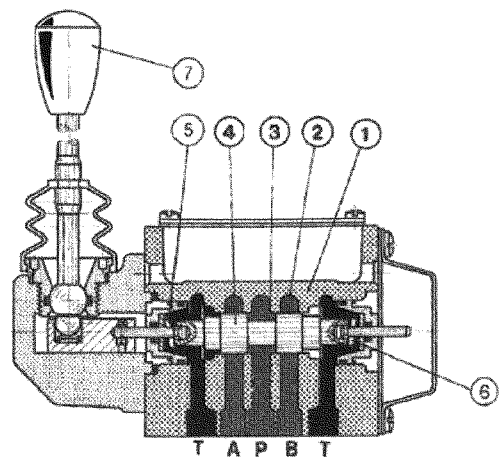
Rozdzielacz wyposażony jest w zawór bezpieczeństwa i zawory zwrotne znajdujące się w suwaku i zabezpieczające przed cofaniem się oleju z obciążonego elementu wykonawczego. W położeniu środkowym kanały doletowe do odbiornika są zablokowane, a dolet z pompy połączony jest ze zbiornikiem. W położeniach skrajnych jedna strona odbiornika połączona jest z doletem oleju z pompy, a druga ze zbiornikiem.



Rys. 3.17. Schemat działania rozdzielacza suwakowego czterodrogowego trójpołożeniowego [13]: 1 – dwutłoczkowy suwak, 2 – tuleja, 3 – kanał pierścieniowy

Przykładowy rozdzielacz suwakowy pokazano na rys. 3.18.

Przy braku oddziaływania na dźwignię 7 suwak 4 pod działaniem sprężyn 5, 6 zajmuje środkowe położenie. W tym położeniu suwaka 4 wszystkie przyłącza P, T, A, B są odcięte od siebie. Wychylenie dźwigni 7 w prawo powoduje przesunięcie suwaka 4 w lewo i realizację połączeń: P → A i B → T. Wychylenie dźwigni 7 w lewo powoduje zrealizowanie przeciwnego schematu połączeń, czyli: P → B i A → T.



Rys. 3.18. Schemat rozdzielacza czterodrogowego trójpołożeniowego, sterowanego mechanicznie [13]: 1 – korpus, 2 – kanał pierścieniowy, 3 – krawędź sterująca, 4 – suwak, 5, 6 – sprężyny centrujące, 7 – dźwignia, P – przyłącze do pompy, T – przyłącze do zbiornika, A, B – przyłącza do odbiornika

Zawory odcinające

Zawory odcinające umożliwiają swobodny przepływ cieczy do poszczególnych odgałęzień lub zespołów układu hydraulicznego lub szczelne jego zamknięcie. W zależności od przeznaczenia oraz sposobu otwierania i zamykania przepływu zawory odcinające dzielą się na:

- zawory odcinające proste,
- zawory zwrotne jednokierunkowe,
- zawory zwrotne sterowane (zamki hydrauliczne).

Zawory odcinające proste stosuje się w celu okresowego otwierania i zamykania drogi przepływu cieczy roboczej w układach hydraulicznych.

W zależności od miejsca zabudowy w układach hydraulicznych rozróżnia się zawory odcinające proste:

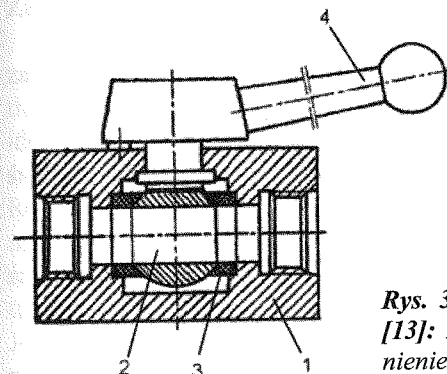
- niskociśnieniowe, instalowane na liniach elementów przeznaczonych do okresowego wymontowania, na przykład filtrów w celu czyszczenia lub wymiany wkładów filtracyjnych,
- spustowe, instalowane w najniższych punktach układów hydraulicznych, umożliwiające opróżnienie zbiornika lub części układu hydraulicznego z cieczy roboczej,
- ciśnieniowe, instalowane po stronie wysokiego ciśnienia, stosowane na przykład w celu odłączania (lub dołączania) kilku równolegle połączonych silników hydraulicznych od (lub do) źródła zasilania.

W zależności od rodzaju ruchu wykonywanego przez element zamykający zawory odcinające proste dzielą się na:

- obrotowe,
- wzniosowe.

Zawory odcinające obrotowe posiadają elementy zamykające o przekroju okrągłym, których obrót powoduje otwarcie lub zamknięcie drogi przepływu przez zawór. W zaworach odcinających wzniosowych ruch elementu zamykającego uzyskuje się przez obrót trzpienia gwintowanego.

Najbardziej rozpowszechnionym zaworem odcinającym jest zawór obrotowy kulowy dwudrogowy przedstawiony na rys. 3.19.



Rys. 3.19. Zawór odcinający kulowy dwudrogowy [13]: 1 – korpus, 2 – kula, 3 – podparcie i uszczelnienie kuli, 4 – dźwignia

W korpusie zaworu 1 znajduje się kula 2 z otworem przelotowym, osadzona między dwoma gniazdami uszczelniającymi 3 (wykonanymi z poliamidu) zamkniętymi dwoma łącznikami gwintowanymi, dostosowanymi do montażu przewodowego. Kula stanowiąca element zamykający zaworu jest obracana za pomocą dźwigni 4. W położeniu kuli jak na rysunku zawór jest otwarty. Zamknięcie zaworu następuje po obróceniu kuli o 90° .

Zawory zwrotne jednokierunkowe umożliwiają przepływ cieczy w jednym kierunku, uniemożliwiają natomiast (odcinają) przepływ w kierunku przeciwnym.

W zależności od kształtu elementu zamykającego zawory zwrotne mogą być:

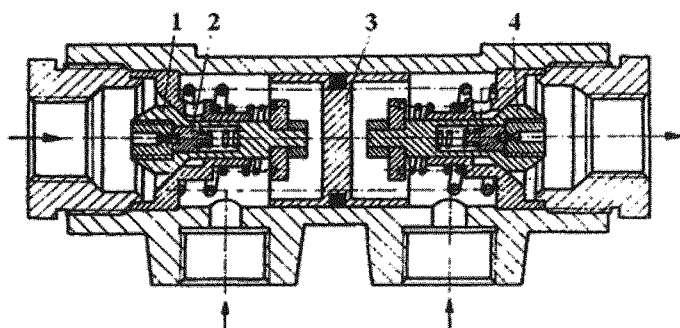
- grzybkowe,
- kulkowe,
- płytkowe.

W zależności od miejsca zabudowy w układzie hydraulicznym rozróżnia się zawory zwrotne:

- ssawne (zainstalowane na przewodzie ssącym),
- tłoczne (zainstalowane na przewodzie tłocznym),

- sphywowe (zainstalowane na przewodzie odprowadzającym ciecz do zbiornika).

Oprócz zaworów zwrotnych jednokierunkowych są budowane także **zawory zwrotne sterowane**, zwane również **zamkami hydraulicznymi** (rys. 3.20), w których ciecz może przepływać w obu kierunkach, gdy w układzie hydraulicznym panuje ciśnienie robocze. Przepływ w jednym kierunku odbywa się przez zawór otwierający się samoczynnie, jak zawór zwrotny jednokierunkowy. Dla umożliwienia natomiast przepływu cieczy w kierunku przeciwnym (zaporowym) zawór grzybkowy tego zamka jest otwierany przez ciśnienie sterujące wprowadzane pod tłok tego zaworu, dla umożliwienia przepływu cieczy w kierunku przeciwnym.



Rys. 3.20. Zawór zwrotny sterowany (zamek hydrauliczny) podwójny [13]: 1 – zawór zwrotny lewy, 2 – zawór bezpieczeństwa, 3 – tłok, 4 – zawór zwrotny prawy

Zawory sterujące ciśnieniem

Zadaniem zaworów sterujących ciśnieniem jest oddziaływanie na wartość ciśnienia w układzie hydraulicznym lub w określonej jego części.

Zgodnie z klasyfikacją przedstawioną na rys. 3.16 zawory sterujące ciśnieniem w zależności od działania dzielą się na:

- zawory ograniczające ciśnienie (bezpieczeństwa, przelewowe),
- zawory redukujące ciśnienie (dwudrogowe, trójdrogowe),
- zawory przełączające (przyłączające, odłączające),
- zawory regulujące ciśnienie (różnicowe, proporcji ciśnień).

Ze względu na konstrukcję pary współpracującej wyróżnia się dwie zasadnicze odmiany zaworów ciśnieniowych:

- zawory wzniosowe (element ruchomy w zaworach wzniosowych, który współpracuje z gniazdem, ma postać kuli, grzybka lub suwaka zakończonego grzybkiem),

- zawory suwakowe (element ruchomy ma postać suwaka, który swymi krawędziami przysłania lub odsłania odpowiednie kanały przepływowe w zaworze).

W zależności od sposobu działania zawory sterujące ciśnieniem mogą być:

- bezpośredniego działania (jednostopniowe),
- pośredniego działania (dwustopniowe).

Zawory ciśnieniowe oznacza się za pomocą umownych znaków graficznych, które podają symboliczne informacje o ogólnej budowie i działaniu oraz o funkcjach eksploatacyjnych bez podawania szczegółów konstrukcyjnych.

Zawory maksymalne

Zawory maksymalne (bezpieczeństwa oraz przelewowe) umieszcza się zawsze w przewodzie boczniującym pompę (na tzw. odgałęzieniu przewodu tłocznego). Ponieważ konstrukcje oraz działanie obydwu zaworów są niemal identyczne, polegające na otwieraniu przepływu cieczy na skutek wzrostu ciśnienia, dlatego do ich zapisu graficznego stosowany jest taki sam symbol. Różnica dotyczy jedynie wartości ciśnień nastaw otwarcia zaworów. Jeśli zawór maksymalny ma spełniać rolę zaworu bezpieczeństwa, nastawia się go na ciśnienie otwarcia o 10÷20% wyższe od ciśnienia panującego w przewodzie tłocznym, podczas pracy maksymalnie obciążonego silnika hydraulicznego. Jeżeli zaś ma pracować jako zawór przelewowy, nastawia się go na wymaganą maksymalną wartość ciśnienia w jego przewodzie dopływowym.

Każdy układ hydrauliczny musi posiadać co najmniej jeden zawór maksymalny ograniczający ciśnienie, który może spełniać dwie różne funkcje:

- zabezpieczać układ przed wzrostem ciśnienia ponad nastawioną wartość,
- utrzymywać w przewodzie dopływowym wymaganą maksymalną wartość ciśnienia.

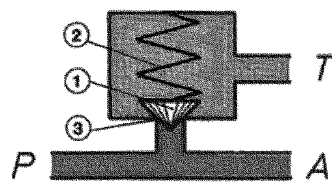
W zależności od wymienionych funkcji zawory maksymalne dzielą się na:

- zawory bezpieczeństwa,
- zawory przelewowe.

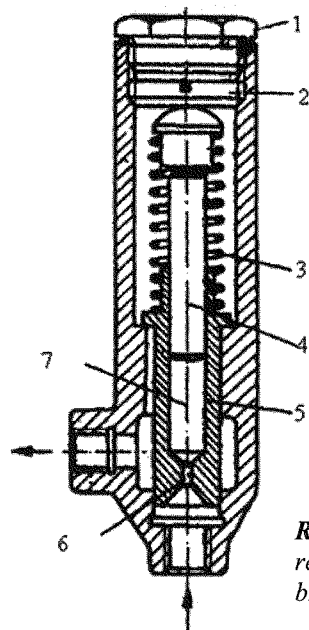
Zawory bezpieczeństwa stosuje się w każdym układzie hydraulicznym.

W czasie normalnej pracy podczas wysuwu tłoka, kiedy obciążenie zewnętrzne nie wywołuje ciśnienia dopuszczalnego, zawór bezpieczeństwa jest całkowicie zamknięty. Zawór bezpieczeństwa powinien otworzyć się samoczynnie, gdy ciśnienie w przewodzie tłocznym wzrośnie powyżej wartości dopuszczalnej. Podczas otwarcia zaworu strumień cieczy tłoczony przez pompę P zostaje odprowadzony do zbiornika T powodując spadek ciśnienia. Zawór bezpieczeństwa powinien zamknąć się samoczynnie wtedy, gdy ciśnienie w układzie spadnie poniżej wartości dopuszczalnej.

Jeżeli przeciążenie będzie nadal istnieć, zawór pozostanie otwarty, a ciśnienie przyjmie średnią wartość wynikającą z nastawienia napięcia wstępnego sprężyny.



Rys. 3.21. Zasada działania zaworu maksymalnego, jednostopniowego, wzniosowego [77]: 1 – grzybek, 2 – sprężyna, 3 – gniazdo, P, A – przyłącze wysokiego ciśnienia, T – przyłącze do zbiornika



Rys. 3.22. Zawór bezpieczeństwa [13]: 1 – śruba, 2 – wkręt regulacyjny, 3 – sprężyna, 4 – trzpień, 5 – suwak, 6 – kalibrowany kanałik, 7 – komora

Zawory przelewowe pracują w sposób ciągły odprowadzając nadmiar cieczy do zbiornika. Powoduje to stabilizację ciśnienia cieczy i jednocześnie zabezpieczenie układu przed przeciążeniem. Zawory przelewowe występują najczęściej w układach dławieniowego sterowania prędkością silnika lub siłownika.

Zawory redukcyjne

Zawory redukcyjne mają zastosowanie w wieloobwodowych układach hydraulicznych, w których redukują ciśnienie panujące w obwodzie głównym do wartości ciśnień wymaganych w różnych obwodach pomocniczych. Stąd wynika, że są zabudowywane na liniach zasilania łączących obwód główny z obwodami pomocniczymi.

Jeżeli ciśnienie przekracza nastawioną na zaworze wartość, otwiera się on, powodując upust oleju i utrzymanie ciśnienia na odplywie.

W odróżnieniu od zaworu maksymalnego zawór redukcyjny jest w stanie wyjściowym normalnie otwarty.

Zawory redukcyjne, podobnie jak wszystkie zawory ciśnieniowe, są budowane w dwóch odmianach konstrukcyjnych jako:

- bezpośredniego działania (jednostopniowe),
- pośredniego działania (dwustopniowe).

Zawory redukcyjne mogą być:

- dwudrogowe,
- trójdrogowe.

Zawory przełączające

Zawory przełączające, zwane również zaworami sekwencyjnymi, sterują kolejnością działania dwu lub więcej obwodów hydraulicznych zasilanych z jednego układu pompowego.

W zależności od realizowanych funkcji zawory przełączające dzielą się na:

- przyłączające,
- odłączające (zawory automatycznego rozładowania).

Zawory przyłączające przyłączają i zasilają inne obwody hydrauliczne po osiągnięciu określonej wartości ciśnienia w obwodzie głównym (zasilającym).

Zawory odłączające (pełnią funkcję odwrotną do zaworów przyłączających) łączą obwód główny ze zbiornikiem po osiągnięciu w obwodzie zasilanym zadanej wartości ciśnienia. Zawory odłączające znajdują głównie zastosowanie w układach wyposażonych w akumulatory hydrauliczne.

Zawory przełączające, podobnie jak zawory maksymalne i redukcyjne, są budowane w dwóch odmianach konstrukcyjnych jako:

- bezpośredniego działania (jednostopniowe),
- pośredniego działania (dwustopniowe).

Zawory regulujące ciśnienie

Zadaniem zaworów regulujących ciśnienie może być między innymi utrzymanie stałej zadanej wartości spadku ciśnienia między dwiema częściami układu hydraulicznego lub zachowanie stałego zadanego stosunku wartości ciśnień panujących przed i za zaworem.

Zależnie od spełnianej funkcji zawory regulujące ciśnienie dzielą się na:

- różnicowe,
- proporcji ciśnień.

Zawory różnicowe

W niektórych układach hydraulicznych konieczne jest utrzymanie stałej różnicy ciśnień pomiędzy dwiema gałęziami obiegu. Służą do tego zawory róż-

nicowe. Najczęściej stosowane są w układach z nastawianiem prędkości organów roboczych za pomocą regulatorów przepływu. Występują również jako zawory kompensujące oraz w układach LS (Load Sensing). Istotą systemu LS jest optymalne wykorzystanie mocy poprzez niezależną od obciążenia regulację wydajności. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu pompy tłoczkowej zmiennej wydajności zintegrowanej z odpowiednim regulatorem i współpracującej z rozdzielaczem przystosowanym do sterowania w systemie LS.

Zawory proporcji ciśnień

Zadaniem zaworu proporcji ciśnień jest utrzymywanie stałego stosunku wartości ciśnień strumieni doprowadzonego i odprowadzonego z niego. Zawór ten, w odróżnieniu od innych typów zaworów, nie posiada sprężyny, natomiast tłoczki suwaka mają różne pola powierzchni czołowych.

Zawory sterujące natężeniem przepływu

Zadaniem zaworów sterujących natężeniem przepływu jest oddziaływanie na wartość strumienia cieczy roboczej lub na ilość cieczy dostarczanej do odbiornika dowolnego typu.

Zawory sterujące natężeniem przepływu, zależnie od spełnianej funkcji, dzielą się na:

- zawory dławiące, które poprzez oddziaływanie na natężenie przepływu sterują prędkością odbiorników (silników hydraulicznych),
- regulatory przepływu, które stabilizują prędkość silników na zadanym poziomie, niezależnie od zmian obciążenia zewnętrznego oddziałującego na zespoły wykonawcze,
- dzielniki strumienia, które dzielą strumień cieczy, w określonym stosunku, na dwa strumienie zasilające dwa odbiorniki.

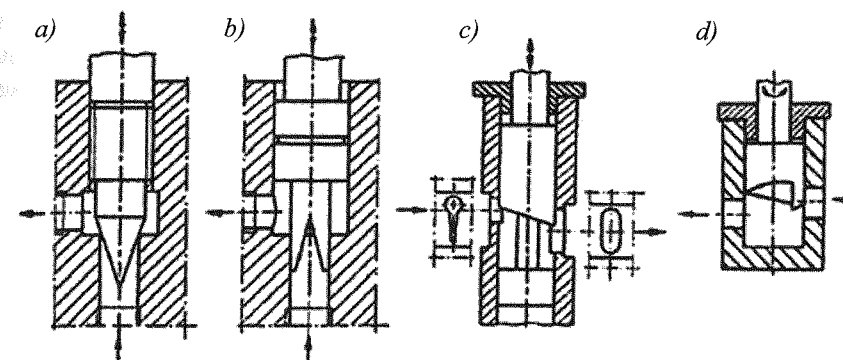
Zawory dławiące

Zawory dławiące służą do nastawienia natężenia przepływu cieczy roboczej podawanej do odbiornika.

Zastosowanie: nastawienie prędkości wysuwu siłowników w przypadku gdy:

- obciążenia siłownika zmieniają się nieznacznie, a zmiany prędkości są dopuszczalne,
- nie wymaga się wysokiej dokładności nastawiania – umożliwiają to regulatory przepływu.

Zmniejszenie natężenia przepływu powoduje zmniejszenie prędkości siłownika. Ustawienie przepływu jest zależne od ciśnienia oraz lepkości oleju.



Rys. 3.23. Odmianny konstrukcyjne szczelin dławiących w zaworach nastawnych [13]: a) pierścieniowa w zaworze iglicowym, b) trójkątna w zaworze z rowkiem osiowym, c) o zmiennym kształcie w zaworze okienkowym, d) o zmiennym kształcie w zaworze z trzpieniem profilowanym

Regulatory przepływu

Regulatory przepływu mają za zadanie nastawić i stabilizować natężenie przepływu cieczy podawanej do silnika hydraulicznego. Każdy regulator wyposażony jest w dwa zawory współpracujące ze sobą:

- zawór dławiący – nastawiany ręcznie lub zdalnie na wymagane natężenie przepływu,
- zawór różnicowy – samoczynnie koryguje odchylenie natężenia ustalonego na zaworze dławiącym.

Aby stosować regulator, pompa musi dysponować nadwyżką wydajności w stosunku do potrzeb układu. Nadwyżka jest odprowadzana przez zawór przelewowy, co prowadzi do stabilizacji ciśnienia na wejściu regulatora.

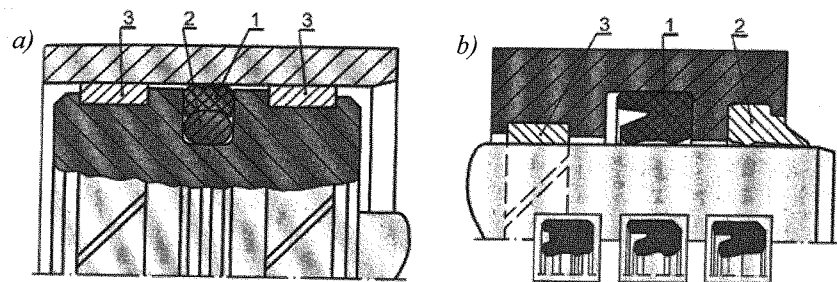
Dzielniki strumienia

Zadaniem dzielników strumienia jest rozdział strumienia tłoczonego przez pompę na dwa strumienie zasilające dwa odbiorniki, co umożliwia uzyskanie ustalonych prędkości obrotowych lub liniowych. Ze względu na konstrukcję i zasadę działania rozróżnia się dzielniki strumienia:

- suwakowe,
- silnikowe.

3.2.5. Wzmacniacze hydrauliczne

Wzmacniacze hydrauliczne są to urządzenia, w których moc strumienia roboczej cieczy wylotowej jest większa niż moc strumienia cieczy wykorzysty-

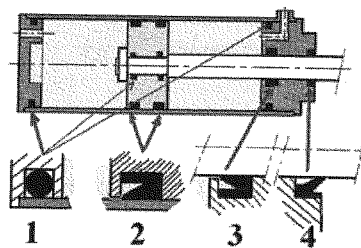
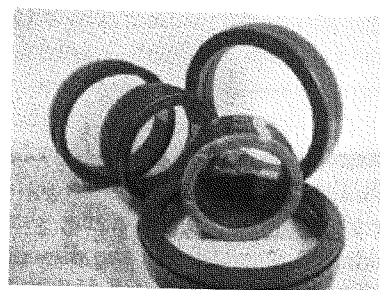


Rys. 3.32. Przykłady uszczelnień [13]: a) węzeł uszczelniający tłoka, b) węzeł uszczelniający tłoczyśka

Węzeł uszczelniający tłoka (rys. 3.32 a) składa się z dwustronnie działającego, o wysokiej szczelności statycznej i dynamicznej, pierścienia uszczelniającego 1, któremu zacisk wstępny zapewnia pierścień 2 typu „O”. W celu niedopuszczenia do metalicznego kontaktu tłoka z gładzią cylindra oraz w warunkach występowania nie-osiowych stanów obciążenia siłownika stosuje się najczęściej dwa maksymalnie rozsunięte pierścienie prowadzące 3, rozcięte pod kątem 45° dla łatwego montażu, wykonane z twardych tworzyw sztucznych w formach ciśnieniowych. W grupie tworzyw sztucznych termoplastycznych najczęściej stosowanymi materiałami na elementy uszczelniające są poliuretany, charakteryzujące się bardzo dobrą odpornością na ścieranie, kształtowane techniką wtrysku i odlewania ciśnieniowego.

W skład węzła uszczelniającego tłoczyśko (rys. 3.32 b) wchodzi: pierścień uszczelniający jednostronnego działania 1 (o różnych wersjach geometrycznych), pierścień prowadzący 3 oraz zabudowany od czoła pokrywy pierścień zgarniający 2 wykonany z poliuretanu, służący do zabezpieczenia przed dostaniem się do środka siłownika zanieczyszczeń z zewnątrz.

Szczelność połączeń pokryw z tuleją cylindrową oraz uszczelnienie komór roboczych na połączeniu tłoka z tłoczyśkiem uzyskuje się za pomocą uszczelnień spoczynkowych (statycznych) najczęściej w postaci pierścieni typu „O”.



Rys. 3.33. Pakiet uszczelnień do siłowników hydraulicznych

3.3. Ogólne informacje o napędach pneumatycznych

Zastosowanie sprężonego powietrza w urządzeniach pneumatycznych do napędu i sterowania mechanizmami maszyn i urządzeń określa się najczęściej dwoma pojęciami, a mianowicie:

- napęd pneumatyczny,
- sterowanie pneumatyczne.

Napęd pneumatyczny – technika wprowadzania w ruch mechanizmów maszyn i urządzeń z wykorzystaniem energii sprężonego powietrza lub innego gazu.

Sterowanie pneumatyczne – w bardziej ogólnym ujęciu technika oddziaływania w określony sposób na parametry układu za pomocą sprężonego powietrza jako nośnika informacji; w ujęciu szczegółowym sterowanie ciśnieniem (jako rodzaj sterowania), w którym stosuje się powietrze w przewodzie sterowania.

Napęd i sterowanie pneumatyczne – napęd i sterowanie, w którym przekazywanie i sterowanie energią odbywa się za pośrednictwem powietrza pod ciśnieniem (lub innego gazu) jako jej nośnika.

3.3.1. Napęd pneumatyczny i pneumohydrauliczny

Napędem pneumatycznym nazywamy napęd realizowany za pomocą silników pneumatycznych o ruchu postępowo-zwrotnym (siłowników) lub wirującym. Rozróżnia się mechanizmy pneumatyczne: nadciśnieniowe i podciśnieniowe (próżniowe). Mechanizmy pneumatyczne nadciśnieniowe są zasilane za pomocą sprężarki. W mechanizmach pneumatycznych podciśnieniowych siłą czynną na tłok w cylindrze roboczym wywiera z jednej strony ciśnienie atmosferyczne, podczas gdy druga strona cylindra jest połączona z pompą próżniową.

Prosty schemat napędu pneumatycznego przedstawia rys. 3.34. Sprężone powietrze ze sprężarki 1 płynie przewodem 2 poprzez urządzenia rozdzielcze 3 i regulujące 4 do cylindra 6. Pod ciśnieniem sprężonego powietrza tłok 7 przesuwany w prawo wykonując pracę mechaniczną. Analogicznie działa mechanizm, gdy sprężarkę zastąpi się pompą próżniową. Wówczas przewodem 2 płynie rozrzedzone powietrze, tłok 7 zostaje przesunięty w lewo, a sprężyna 8 zostaje rozciągnięta.

Porównując właściwości napędów hydraulicznego i pneumatycznego stwierdzono, iż w wielu przypadkach korzystne jest zastosowanie mieszanego układu napędowego, tzn. układu pneumohydraulicznego.

- zmiany wartości sił zewnętrznych mają wpływ na prędkość przesuwania się napędzanych elementów,
- ograniczona jest długość przemieszczeń prostoliniowych.

3.4. Budowa pneumatycznych układów napędowych

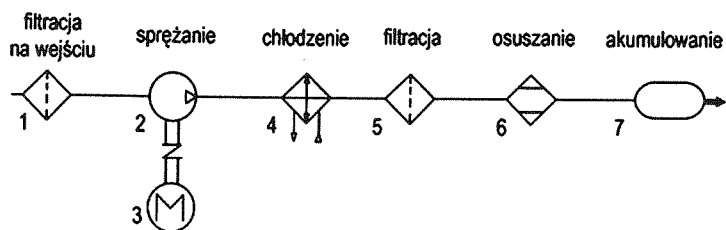
3.4.1. Sprężarki

Sprężarki są maszynami przeznaczonymi do sprężania powietrza lub innych gazów, a tym samym zwiększania ich gęstości i podnoszenia ciśnienia czynnika gazowego stosowanego w napędach i sterowaniu pneumatycznym.

Sprężarki klasyfikujemy ze względu na ich konstrukcję i zasadę działania. Zgodnie z podziałem przyjętym w normie PN-89/M-43100 można wyróżnić dwie podstawowe grupy sprężarek: sprężarki wyporowe i sprężarki przepływowe.

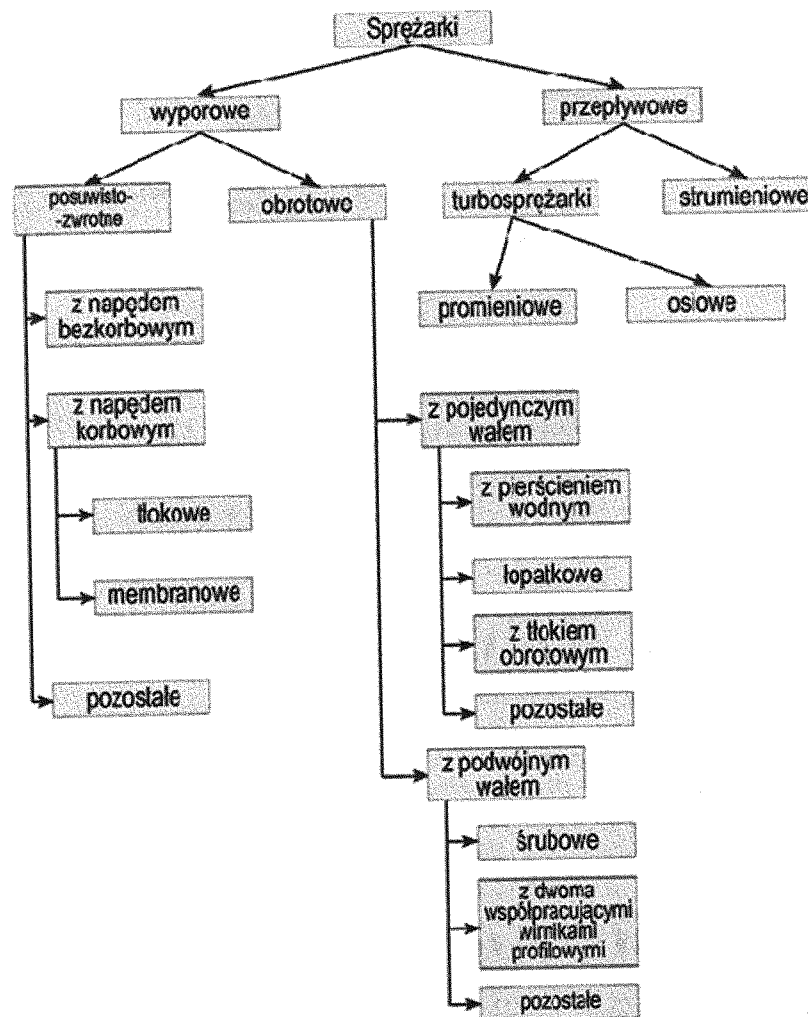
W sprężarkach wyporowych zwiększenie ciśnienia statycznego uzyskuje się przez zasysanie i wypieranie kolejnych objętości gazu w zamkniętej przestrzeni za pomocą elementu wyporowego członu napędzanego. Sprężarki przepływowe umożliwiają sprężanie gazu dzięki przemianie energii kinetycznej w energię potencjalną ciśnienia przy ciągłym przepływie gazu przez sprężarkę.

Ze względu na rodzaj wykonywanego ruchu przez element wyporowy, sprężarki wyporowe można podzielić na posuwisto-zwrotne i obrotowe. W sprężarkach posuwisto-zwrotnych zasysanie i sprężanie gazu osiąga się przez ruch posuwisto-zwrotny elementu roboczego poruszającego się w przestrzeni tworzącej komorę sprężania. Natomiast w sprężarkach obrotowych elementem roboczym jest obracający się w obudowie jeden lub kilka wirników, a wypieranie gazu uzyskuje się za pomocą łopatek, elementów zazębiających się lub za pomocą ruchu obrotowego samego wirnika.



Rys. 3.36. Schemat połączenia układu sprężania [16]: 1, 5 – filtr, 2 – sprężarka, 3 – silnik elektryczny, 4 – chłodnica, 6 – osuszacz, 7 – zbiornik pneumatyczny

Klasyfikacja sprężarek przedstawiona jest na rys. 3.37.

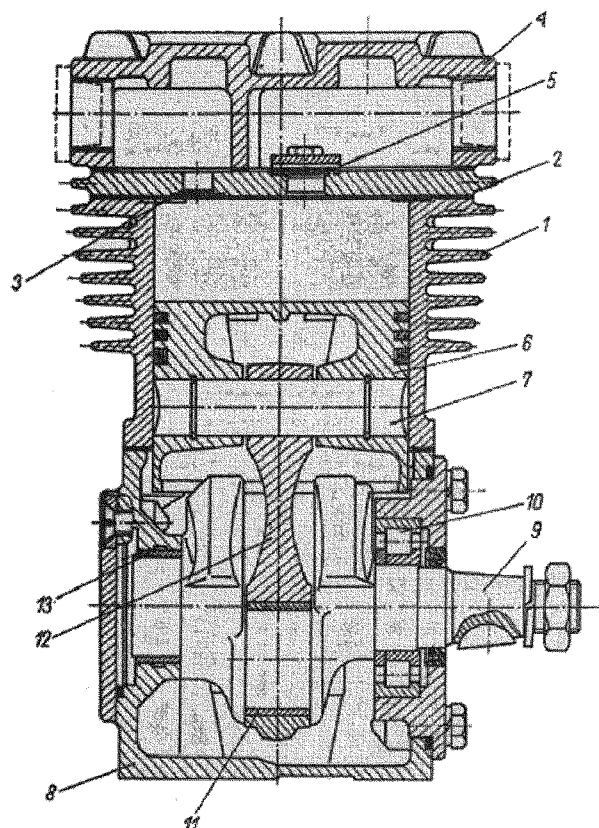


Rys. 3.37. Podział sprężarek pneumatycznych [16]

Budowa sprężarki tłokowej

Budowę sprężarki tłokowej jednocyldrowej przedstawia rys. 3.38.

Powietrze sprężone przez sprężarkę magazynowane jest w zbiorniku powietrza.



Rys. 3.38. Sprężarka HS17 – przekrój [16]: 1 – cylinder, 2 – płyta zaworów, 3 – dolna płyta, 4 – głowica, 5 – górna płyta, 6 – tłok, 7 – sworzeń tłoka, 8 – obudowa, 9 – wał korbowy, 10 – łożysko toczne, 11 – panewka korbowodu, 12 – korbowód, 13 – łożysko ślizgowe

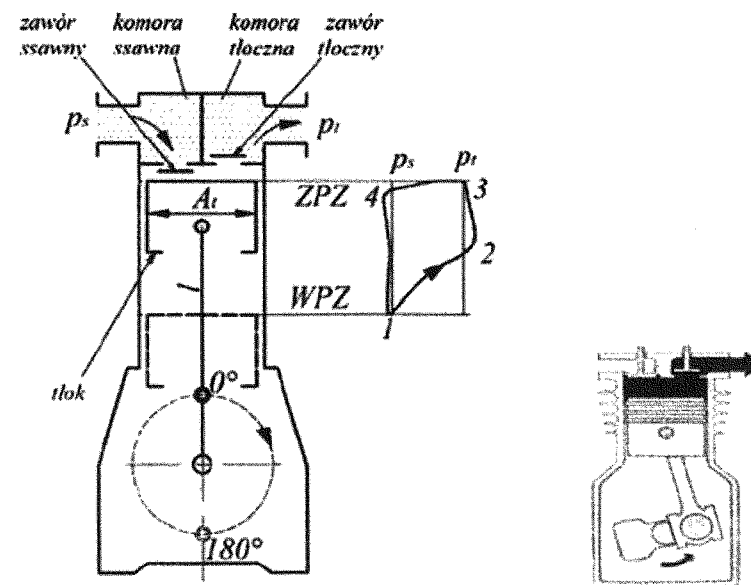
Zasada działania sprężarki tłokowej

Sprężarka tłokowa jest sprężarką wyporową, w której ssanie, sprężanie i wytłaczanie gazu odbywa się wskutek powiększenia i zmniejszenia objętości komory sprężania, wywołanej przez tłok cylindryczny poruszający się w cylindrze ruchem posuwisto-zwrotnym (rys. 3.39).

Sprężarka tłokowa jest maszyną dwusuwową, co znaczy, że cykl jej działania odpowiada suwowi tłoka od zewnętrznego położenia zwrotnego (ZPZ) do wewnętrznego położenia zwrotnego (WPZ) i z powrotem. Tłok, będący elementem układu korbowego, wykonuje ruchy posuwisto-zwrotne, natomiast wał korbowy (połączony z tłokiem za pomocą korbowodu) w czasie jednego cyklu wykonuje pełny obrót od 0 do 360°.

W czasie jednego cyklu w sprężarce tłokowej następuje:

- rozprężanie gazu (linia 3–4),
- zasysanie „świeżego” gazu (4–1),
- sprężanie (1–2),
- wytłaczanie gazu (2–3).



Rys. 3.39. Schemat działania sprężarki tłokowej [28]

Sprężarka spręża gaz od ciśnienia $p_1 = p_s$ panującego w króćcu dolotowym (ssawnym) do ciśnienia $p_2 = p_t$ panującego w króćcu wylotowym (tłocznym).

Ze względu na konieczność ograniczania końcowej temperatury sprężania oraz na zmniejszenie pracy sprężania stosuje się sprężanie wielostopniowe ze schładzaniem gazu do temperatury początkowej w chłodnicach międzystopniowych. Tak więc np. dla osiągnięcia ciśnienia rzędu 250 atm stosuje się sprężenie 5-stopniowe, przy czym rozmiary cylindrów poszczególnych stopni są tak dobrane, aby ich stosunki sprężania były równe.

Zasysanie i wytłaczanie gazu w sprężarce tłokowej odbywa się przez samoczynnie działające zawory dolotowe i wylotowe.

3.4.2. Parametry sprężarek

Parametry maszyny są niezbędne m.in. do tego, aby dobrać odpowiednie odbiorniki sprężonego powietrza do wykonania odpowiednich prac. Są to m.in.

narzędzia udarowe ręczne, przecinarki czy urządzenia do otwierania zbiorników z kruszywem.

Podstawowymi parametrami charakteryzującymi sprężarki przewożne są: ciśnienie, wydajność oraz spręż.

Ciśnienie powietrza jest to nacisk wywierany przez powietrze na jednostkę powierzchni ścianki w zbiorniku powietrza. Ciśnienie jest przekazywane w całej objętości powietrza jednakowo we wszystkich kierunkach, dlatego na każdy fragment powierzchni ścianki zbiornika działa to samo ciśnienie, niezależnie od położenia tej powierzchni.

Ciśnienie atmosferyczne nie posiada stałej wartości, ponieważ zmienia się w zależności od wysokości położenia danego terenu ponad poziom morza oraz od warunków meteorologicznych. Jednostką ciśnienia atmosferycznego z zasady jest 1 atmosfera [atm]. Producenci podają ciśnienie w barach, przy czym $1 \text{ bar} = 1,02 \text{ atm}$. W układzie SI jednostką ciśnienia jest 1 Pa.

Wydajnością nazywamy objętość powietrza sprężonego i dostarczanego przez sprężarkę w ciągu umownej jednostki czasu. Jest ona mierzona w przewodzie wylotowym sprężarki i odniesiona przeliczeniowo) do warunków powietrza (tj. ciśnienia i temperatury) panujących na wlocie do sprężarki. Wydajność sprężarek jest wyrażana w m^3/min w umownych warunkach odniesienia (ciśnienie $p = 1 \text{ bar}$, temperatura $t = 20^\circ\text{C}$). Wydajność jest zasadniczym parametrem charakteryzującym sprężarkę i jest zarazem wyróżnikiem jej wielkości.

Stosunek ciśnienia tłoczenia w kanale tłocznym sprężarki do ciśnienia ssania w kanale ssawnym nazywamy **sprężem** sprężarki. Ciśnienie powietrza w urządzeniu sprężarkowym jest podwyższone do ciśnienia, jakie panuje w zbiorniku sprężarki przewożnej. Stosunek ciśnienia końcowego do ciśnienia atmosferycznego jest mniejszy od sprężu sprężarki, ze względu na spadki ciśnienia związane z oporami przepływu, w wyniku których ciśnienie końcowe jest mniejsze od ciśnienia tłoczenia i zarazem ciśnienie atmosferyczne jest większe od ciśnienia ssania.

Pozostałymi parametrami sprężarek są:

- temperatura ssania, mierzona w kanale ssawnym sprężarki,
- temperatura tłoczenia, mierzona w kanale wylotowym sprężarki,
- moc, tj. zapotrzebowanie mocy na wale sprężarki,
- prędkość obrotowa sprężarki,
- sprawność ogólna – uwzględnia wszystkie straty energetyczne napędu urządzenia sprężarkowego w odniesieniu do minimalnej mocy koniecznej do zrealizowania użytecznego efektu sprężania gazu od ciśnienia ssania do ciśnienia tłoczenia. Jest więc miarą sumy strat urządzenia sprężarkowego i silnika napędzającego.

3.4.3. Urządzenia przetwarzające energię sprężonego powietrza na pracę mechaniczną

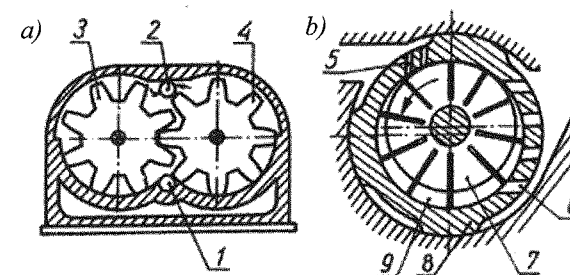
Silniki pneumatyczne o ruchu obrotowym

Silniki pneumatyczne zamieniają energię sprężonego powietrza na energię mechaniczną o ruchu obrotowym.

Rozróżnia się silniki pneumatyczne wirnikowe zębate i łopatkowe.

W silniku pneumatycznym z wirnikami zębatymi (rys. 3.40 a) sprężone powietrze wpływa otworem 1 i wypływa otworem 2, napędzając po drodze koła zębate 3 i 4.

W silniku z pojedynczym wirnikiem łopatkowym (rys. 3.40 b) sprężone powietrze dopływa otworami 5 do cylindra 8 i wywierając nacisk na łopatki wirnika 7 powoduje jego obrót, po czym wypływa otworami 6.



Rys. 3.40. Silniki pneumatyczne o ruchu obrotowym: a) zębate, b) łopatkowy [16]: 1 – otwór dolotowy powietrza, 2 – otwór wylotowy powietrza, 3 i 4 – koła zębate, 5 – otwory dolotowe, 6 – otwory wylotowe, 7 – wirnik, 8 – cylinder, 9 – komory

Zalety pneumatycznych silników obrotowych to: prostota konstrukcji, łatwość eksploatacji, możliwość osiągania dużej prędkości obrotowej, niewielka masa w stosunku do uzyskiwanej mocy. Do ich wad zalicza się m.in. zmienność prędkości obrotowej pod wpływem zmian obciążenia silnika oraz duże zużycie energii spowodowane niską sprawnością ogólną.

Ich zastosowanie ogranicza się do napędu narzędzi ręcznych, zwłaszcza pracujących z dużą prędkością obrotową (np. małe wiertarki, szlifierki).

Silniki pneumatyczne o ruchu postępowo-zwrotnym (siłowniki)

Siłowniki pneumatyczne należą do elementów realizujących przetwarzanie energii czynnika roboczego, czyli sprężonego powietrza, na energię mechaniczną o ruchu posuwisto-zwrotnym.

Pneumatyczne silniki o ruchu postępowo-zwrotnym, zwane siłownikami, są stosowane w maszynach budowlanych, obrabiarkach i wielu innych urządzeniach. Istnieje wiele odmian konstrukcyjnych takich silników.

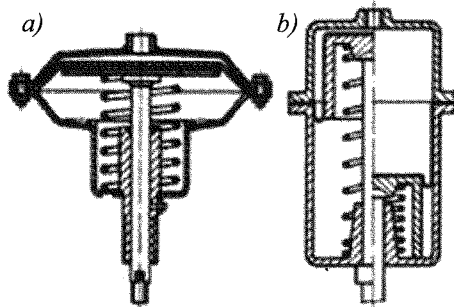
Podział siłowników pneumatycznych

Ze względu na stosowane rozwiązania konstrukcyjne siłowniki pneumatyczne można podzielić na: tłokowe, membranowe, mieszkowe, nurnikowe, workowe, dętkowe.

Najbardziej znane są siłowniki membranowe i tłokowe, i dlatego w poradniku opisano te dwie grupy siłowników pneumatycznych.

Występują siłowniki membranowe:

- o krótkim skoku,
- o długim skoku.



Rys. 3.41. Siłowniki membranowe: a) o krótkim skoku, b) o długim skoku [16]

Ze względu na możliwości wywierania przez siłowniki tłokowe siły, można podzielić je na siłowniki:

- jednostronnego działania,
- dwustronnego działania.

Ze względu na sposób zmiany siły działającej na element wykonawczy tłokowe siłowniki pneumatyczne można podzielić na:

- działające łagodnie (siłowniki z amortyzacją),
- działające z małym uderzeniem (siłowniki bez amortyzacji),
- działające udarowo (siłowniki udarowe).

Ze względu na liczbę ściśle określonych położeń roboczych tłoczków siłowników można je podzielić na:

- dwupołożeniowe $n=2$,
- wielopołożeniowe $n>2$,
- krokowe.

Ze względu na rodzaj ruchu realizowanego przez siłownik można podzielić je na siłowniki:

- z ruchem prostoliniowym tłoczyska,
- z wahadłowym ruchem wałka napędowego.

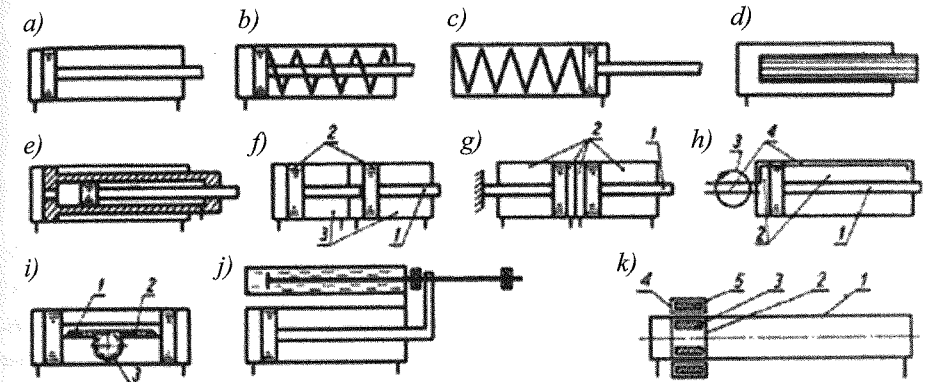
Ze względu na sposób powiązania elementu napędzającego siłownika z elementem napędzanym rozróżnia się siłowniki:

- z tłoczyskiem (jednostronnym lub dwustronnym),
- bez tłoczyska.

Ze względu na budowę konstrukcyjną tulei i tłoczyska można podzielić siłowniki na:

- jednolite,
- wielosegmentowe, czyli siłowniki teleskopowe.

Podstawowe odmiany siłowników tłokowych przedstawiono na rys. 3.42.



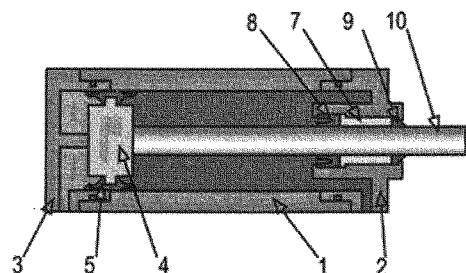
Rys. 3.42. Podstawowe odmiany siłowników tłokowych [16]

Na rys. 3.42 przedstawiono następujące typy siłowników:

- dwustronnego działania,
- jednostronnego działania – pchający,
- jednostronnego działania – ciągnący,
- nurnikowy,
- teleskopowy,
- dwukomorowy (tandem) pozwalający zwielfokrotnić siłę na tłoczysku 1 w wyniku oddziaływania ciśnienia na tłoki 2, przesuujące się w oddzielnych komorach 3,
- wielopołożeniowy, którego tłoczysko 1 przemieszcza się w różne, ściśle określone położenia, w zależności od zasilania i odpowietrzania poszczególnych komór 2 siłownika,
- wirujący, który może wykonywać ruch obrotowy wokół osi tłoczyska 1, a sprężone powietrze doprowadzane jest kanałami 4 do jego komór 2 przy użyciu specjalnego łącznika obrotowego 3,

- i) wahadłowy z przekładnią zmieniającą ruch posuwisty na obrotowy, w którym na tłoczysku 1 jest nacięta zębata 2 współpracująca z kołem zębatym 3,
- j) pneumohydrauliczny,
- k) pneumatyczny beztłoczyskowy, składający się z tulei cylindrowej 1, w której porusza się tłok 2, mający wbudowane magnesy trwałe 3. Po tulei 1 ślizga się pierścień 4 z wbudowanymi magnesami trwałymi 5. Siła magneto-motoryczna między magnesem 3 i 5 jest tak dobrana, że pierścień 3 przesuwa się po tulei 1 razem z tłokiem 2 przenosząc siły działające na ten tłok.

Rys. 3.43 przedstawia konstrukcję typowego siłownika tłokowego.



Rys. 3.43. Podstawowe części siłownika tłokowego [77]: 1 – tuleja cylindrowa, 2 – pokrywa przednia, 3 – pokrywa tylna, 4 – tłok, 5 – pierścień uszczelniający połączenie ruchowe tłoka, 6 – tłoczysko, 7 – tuleja prowadząca tłoczysko, 8 – pierścień uszczelniający umieszczony w pokrywie przedniej, 9 – pierścień zgarniający

3.4.4. Elementy przewodzące i gromadzące czynnik roboczy

Przyłącza, przewody pneumatyczne i ich połączenia

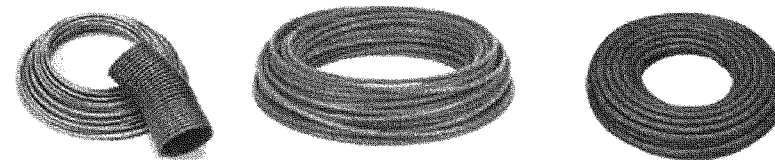
Przewody główne wykonuje się z materiałów łatwo dostępnych, odpornych na korozję i niedrogich, np. z miedzi, mosiądzu, stali stopowej, stali czarnej, stali ocynkowanej, tworzywa sztucznego. Odcinki przewodów pneumatycznych łączone są w procesie spawania. Zaletą tego typu rozwiązania jest uzyskanie szczelności połączenia oraz tanie wykonanie. Wadą takiego rozwiązania jest jednak korozja zgorzelin, która doprowadza do zanieczyszczenia instalacji pneumatycznej. Połączenia skręcane nie mają 100% szczelności w miejscach łączenia. W warunkach specjalnych stosuje się przewody miedziane lub z tworzyw sztucznych.

Jako przewody doprowadzające stosuje się przewody gumowe wszędzie tam, gdzie wymagana jest ich duża elastyczność, a występujące obciążenie nie pozwala na stosowanie przewodów z tworzyw sztucznych.

Przewody z tworzyw sztucznych: poliamidu i polietylenu są obecnie stosowane w dużym zakresie przy połączeniach urządzeń mechanicznych. W połączeniu z nowoczesnymi szybkozłączkami można je szybko i prosto montować.

Charakterystyka przewodów z tworzyw sztucznych:

- przewody polietylenowe: znakomita stabilność wymiarów, odporność na czynniki korozyjne, odporność na mikroorganizmy i grzyby,
- przewody poliamidowe: dobra odporność na czynniki chemiczne, na promienie słoneczne, wibracje i zużycie.



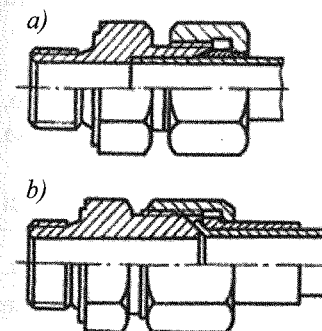
Rys. 3.44. Przykład przewodów doprowadzających z tworzyw sztucznych [16]

Średnica przewodów doprowadzających powietrze powinna być tak dobrana, aby przy danym zapotrzebowaniu powietrza spadek ciśnienia między zbiornikiem a odbiornikiem nie przekraczał 10 kPa (0,1 bar). Wyższy spadek ciśnienia ujemnie wpływa na opłacalność układu i zmniejsza znacznie jego moc.

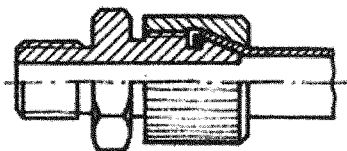
Przy planowaniu nowej sieci należy tak dobrać średnicę przewodów sprężonego powietrza, aby uwzględnić możliwość zwiększenia zapotrzebowania powietrza wynikającą ze zwiększonej ilości odbiorników. Późniejsze dodatkowe zmiany w instalacji są bardzo kłopotliwe i kosztowne.

Zalecenia międzynarodowe przewidują w pneumatyce stosowanie jedynie gwintów metrycznych drobnozwojnych. W praktyce stosuje się zarówno przyłącza z gwintami metrycznymi, jak i calowymi. Przyłącza te uszczelnia się taśmą teflonową (nawijaną bezpośrednio na gwint) albo stosuje się płaskie podkładki fibrowe lub aluminiowe.

Przykłady łączenia przewodów w układach pneumatycznych przedstawiają rys. 3.45 i 3.46.



Rys. 3.45. Złącza przewodów: a) polietylenowych, b) miedzianych i aluminiowych [16]



Rys. 3.46. Przykład połączenia miękkich przewodów z tworzyw sztucznych [16]

Zbiorniki sprężonego powietrza

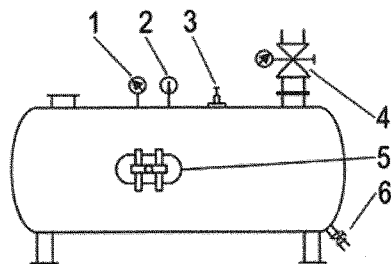
Zbiornik sprężonego powietrza służy do przechowywania zapasu powietrza sprężonego pod ciśnieniem oraz stabilizacji ciśnienia powietrza zasilającego (zmniejszenia pulsacji ciśnienia w sieci). Wyrównuje on wahania ciśnienia w sieci przy zwiększonym zapotrzebowaniu. Dodatkowo duża powierzchnia pozwala na chłodzenie powietrza i oddzielenie części wilgoci w nim zawartej.

Wielkość zbiornika sprężonego powietrza zależy od:

- wydajności sprężarki,
- zużycia powietrza,
- pojemności sieci przewodów,
- sposobu regulacji sprężarki,
- dopuszczalnych spadków ciśnienia w sieci.

Uwaga!

Zbiorniki ciśnieniowe podlegają przepisom Urzędu Dozoru Technicznego.



Rys. 3.47. Budowa zbiornika pneumatycznego [77]: 1 – manometr, 2 – termometr, 3 – zawór bezpieczeństwa, 4 – zawór odcinający, 5 – otwór do czyszczenia, 6 – zawór spustu kondensatu wody

Zbiornik ciśnieniowy powinien być kompletnie i odpowiednio wyposażony w systemy kontroli bezpieczeństwa zgodnie z przepisami Urzędu Dozoru Technicznego.

Wyposażenie zbiornika sprężonego powietrza:

- zawór bezpieczeństwa, spełniający wymogi Dozoru Technicznego, który ma za zadanie odprowadzić nadmiar powietrza ze zbiornika w przypadku nadmiernego wzrostu ciśnienia,
- zawór redukcyjny służący do utrzymania pożądanej, stałej wartości ciśnienia ze zbiornika,
- manometr ciśnieniowy umożliwiający ciągłą kontrolę ciśnienia sprężonego powietrza zarówno do celów technologicznych (aby ciśnienie

nie było zbyt niskie), jak również ze względów bezpieczeństwa, aby nie dopuścić do przekroczenia dopuszczalnego ciśnienia pracy zbiornika,

- zawór spustowy kondensatu (skroplin) służący do odprowadzenia ich nadmiaru ze zbiornika.



Rys. 3.48. Przykłady zbiorników pneumatycznych [63]

3.4.5. Urządzenia sterujące energią sprężonego powietrza w układach pneumatycznych (zawory)

W urządzeniach sprężonego powietrza stosowane są elementy sterujące (zawory).

Zawory są elementami przeznaczonymi do sterowania kierunkiem, ciśnieniem lub natężeniem przepływu.

W grupie zaworów sterujących kierunkiem przepływu są m.in.: zawory rozdzielające, zawory odcinające, zawory spustowe kondensatu, zawory zwrotne, zawory wydmuchowe.

Do zaworów sterujących ciśnieniem zaliczamy zawór bezpieczeństwa oraz zawór redukcyjny.

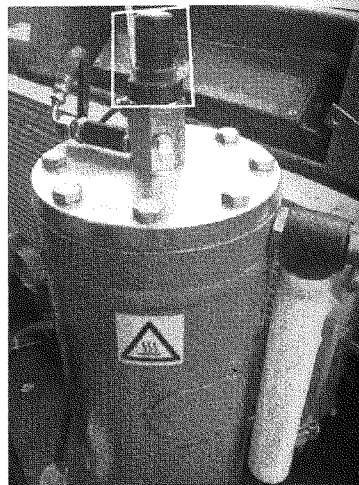
W grupie zaworów sterujących natężeniem przepływu będziemy mówić o zaworach dławiących.

Zawory rozdzielające (**rozdzielacze**) służą do zmiany kierunku przepływu czynnika roboczego (sprężonego powietrza) w przewodach pneumatycznych, umożliwiają także zatrzymywanie przepływu.

Istnieje wiele odmian zaworów rozdzielających (rys. 3.49) różniących się między sobą: liczbą dróg, liczbą połączeń, schematem połączeń, rodzajem sterowania itd.

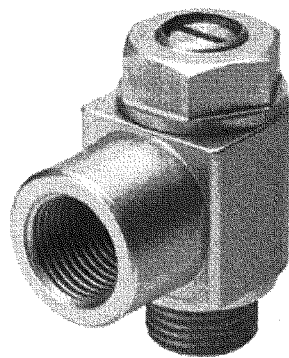
opór sprężyny, następuje odsunięcie się grzybka od gniazda i otwarcie drogi przepływu do otworu odpowietrzającego.

Zawór regulacyjny usytuowany jest na zbiorniku ciśnieniowym i służy do ustalenia ciśnienia roboczego powietrza. Zawór ten za pomocą powietrza sterującego wchodzącego do zespołu reduktora ciśnienia wylotowego oraz regulatora prędkości silnika dostosowuje wydatek powietrza do zapotrzebowania na powietrze.



Rys. 3.57. Zawór regulacyjny (zaznaczenie) [28]

Zadaniem zaworów sterujących natężeniem przepływu jest regulowanie wartości natężenia przepływu strumienia powietrza dostarczanego z urządzenia sprężarkowego do odbiornika, np. narzędzia udarowego ręcznego o napędzie pneumatycznym. Oddziaływanie to może mieć na celu sterowanie prędkością elementu roboczego. Powyższe zawory potocznie nazywamy dławikami. Zasada działania zaworów dławicowych opiera się na przepływie powietrza przez szczeliny dławicowe o różnym kształcie. Natężenie przepływu nastawiane jest poprzez wkręcanie lub wykrecanie iglicy, powodujące jej zbliżanie się bądź oddalenie od gniazda. Zawory dławicowe mogą być nastawiane ręcznie (najczęściej stosowane), mechanicznie lub elektromagnetycznie.



Rys. 3.58. Zawór dławicowy [28]

3.5. Urządzenia do oczyszczania i uzdatniania powietrza

Podczas użytkowania zespołów sprężających bardzo ważne jest, aby sprężone powietrze dostarczane do odbiornika było wolne od wszelkich zanieczyszczeń. Sprężone powietrze może zawierać niepożądane substancje, np.

wodę w formie kropli lub pary, olej w formie kropli lub mgły oraz zanieczyszczenia pyłowe.

Jeżeli powietrze będzie zawierało zanieczyszczenia, może to doprowadzić nawet do uszkodzenia odbiorników oraz samego zespołu sprężającego.

Odwilżanie sprężonego powietrza przysparza wiele kłopotów, zwłaszcza w przypadku dużych instalacji przemysłowych, w których ilość czynnika roboczego jest znaczna. Urządzenia odwilżające muszą być odpowiednio wydajne i odpowiednio rozmieszczone.

Wykraplanie się wody w elementach lub przewodach układu pneumatycznego powoduje zakłócenia w jego pracy. Podczas odwilżania sprężonego powietrza nie wolno dopuścić do zamarzania wykroplonej wody. Obłodzenie kanałów przepływowych może bowiem powodować ich zatykanie.

Para wodna w sprężonym powietrzu

Powietrze atmosferyczne zawsze zawiera wilgoć w formie pary wodnej, która dostaje się do sprężonego powietrza i może spowodować np. duże koszty obsługi technicznej, skrócony okres eksploatacji i gorsze parametry pracy narzędzi, które są zasilane sprężonym powietrzem. Woda może być oddzielona przy pomocy specjalnych urządzeń, np. chłodnic końcowych, separatorów kondensatu, osuszaczy, których zasada działania zostanie omówiona w dalszej części publikacji.

Olej w sprężonym powietrzu

Olej wraz z powietrzem dostarczany jest do komory sprężania. Głównym jego zadaniem jest smarowanie, jak również uszczelnianie części ruchomych stopnia sprężającego.

Ilość oleju w sprężonym powietrzu zależy od kilku czynników, m.in. od typu maszyny, jej konstrukcji, wieku, stanu technicznego itp. Patrząc pod tym kątem, rozróżnia się dwie główne konstrukcje sprężarek: takie, które pracują ze środkiem smarnym w komorze sprężania, i takie, które pracują bez tego środka. W sprężarkach olej bierze udział w procesie sprężania i całkowicie lub częściowo znajduje się w sprężonym powietrzu.

Zalety stosowania oleju w układzie sprężonego powietrza to:

- długa żywotność urządzenia sprężarkowego,
- lepsze właściwości przepływu przy niskich temperaturach,
- zachowanie doskonałej czystości wewnętrznej podczas pracy, nawet w urządzeniach pracujących w ciężkich warunkach otoczenia,
- zapewnienie dostatecznego chłodzenia zespołu śrubowego,
- redukcja tworzenia osadów,
- zapewnienie niższej temperatury powietrza wylotowego,

- zabezpieczenie przed korozją oraz zużyciem współpracujących elementów,
- pomimo dodatku detergentów nie tworzy stałych emulsji w separatorach olej/powietrze oraz osuszaczach,
- wydłużenie czasu eksploatacji,
- zwiększenie wydajności sprężarki.

Zanieczyszczenia w sprężonym powietrzu

W sprężonym powietrzu znajdują się zanieczyszczenia pochodzące z atmosfery, ze sprężarki (cząstki oleju sprężarkowego i zanieczyszczenia mechaniczne) oraz z rurociągów (rdza, resztki materiałów uszczelniających itp.).

Ponad 80% cząstek, które zanieczyszczają sprężone powietrze, łatwo przechodzi przez filtr powietrza sprężarki. Następnie cząsteczki te są rozpylane i mieszają się z wodą i olejem oraz z osadem. Filtr założony bezpośrednio za sprężarką może wyeliminować to niebezpieczeństwo. Sytuacja staje się jeszcze bardziej skomplikowana, ponieważ gazy i mgły mogą zbierać się w krople nawet po przejściu przez kilka filtrów.

3.5.1. Filtry

Obecnie technika filtracji sprężonego powietrza jest tak rozwinięta, że sprężone powietrze pochodzące z każdego rodzaju sprężarek może być oczyszczone do każdego, nawet najwyższego stopnia czystości, wymaganego przez odbiorniki sprężonego powietrza.

Filtry powietrza

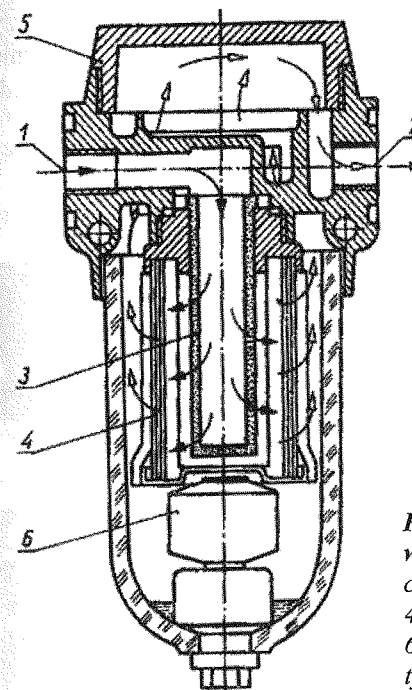
Filtr powietrza jest jedną z najważniejszych części zamiennych w układzie pneumatycznym. Jego rolą jest oczyszczenie powietrza, zanim dotrze ono do wnętrza zespołu sprężającego. Regularna wymiana filtra chroni przed przedostaniem się wszelkich zanieczyszczeń zmniejszających przepływ powietrza. Zabrudzony filtr prowadzi do częstszych wymian separatora, przedwczesnej wymiany oleju i łożysk, a w konsekwencji do uszkodzenia stopnia śrubowego.

Używanie zatem czystego filtra powietrza zwiększa wydajność całej sprężarki.

Woda i olej w aerozolu zachowują się podobnie do innych zanieczyszczeń i mogą być również separowane przy pomocy filtra. W filtrze aerozole te łączą się w większe krople. W przypadku np. filtrów odśrodkowych czy grawitacyjnych spadają one na dno filtra na skutek działania sił ciężkości.

W przypadku oleju w formie płynnej, ze względu na naturalnie wysoką gęstość będzie następował spadek ciśnienia powietrza i przenoszenie oleju w powietrzu.

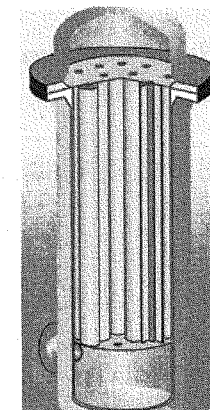
Zanieczyszczenia mechaniczne oraz krople wody i emulsji wodno-olejowej są usuwane za pomocą filtrów cyklonowych z wkładami ze spieków porowatych. W przypadku gdy wymagana jest dokładność oczyszczania powietrza z cząstek o wymiarach rzędu kilku mikrometrów, stosuje się filtr dokładnego oczyszczania, którego budowę przedstawia rys. 3.59. Filtr taki służy też do oczyszczania powietrza z oleju.



Rys. 3.59. Filtr dokładnego oczyszczania i odolnienia [16]: 1 – wlot powietrza, 2 – wylot oczyszczonego powietrza, 3 – wkład filtracyjny wstępny, 4 – wkład filtracyjny dokładny, 5 – pokrywa, 6 – urządzenie pływakowe zapewniające automatyczny spust kondensatu

Filtry oleju

Filtry oleju, zależnie od jakości produkowanego sprężonego powietrza, powinny być instalowane w odpowiedniej kolejności, przy czym decydującym czynnikiem jest wymagana czystość sprężonego powietrza określana przez ostatni z kolei filtr powietrza.



Rys. 3.60. Przekrój filtra oleju [28]

Uszczelnienia spoczynkowe mają za zadanie usunięcie szczelin pomiędzy wzajemnie nieruchomymi częściami. Uszczelnienia mchowe są stosowane do wypełniania szczelin pomiędzy wzajemnie obracającymi lub przesuwanymi się częściami członu sprężającego.



Rys. 3.65. Uszczelki – widok ogólny

Do zasadniczych wymagań stawianym uszczelnieniom należą:

- szczelność w czasie pracy, jak również po zatrzymaniu urządzenia,
- dobre zachowanie się uszczelnienia podczas długotrwałej pracy (bez jakiegokolwiek obsługi),
- łatwa wymiana uszczelek (nie wchodzi to w zakres obowiązków operatora),
- odpowiednia sprężystość.

3.7. Bezpieczeństwo przy użytkowaniu i obsłudze układów hydraulicznych i pneumatycznych

3.7.1. Różnice pomiędzy napędem hydraulicznym a pneumatycznym

Podjmując decyzję o zastosowaniu określonego rodzaju napędu w konkretnych warunkach (w określonej maszynie), należy przede wszystkim uwzględnić specyficzne właściwości różnych układów napędowych.

Napęd elektryczny jest to napęd, w którym silnik przetwarza energię elektryczną na energię mechaniczną. Wady i zalety są różne zależnie od tego, do czego są stosowane.

Wady takich napędów to: głośna praca, w niektórych przypadkach bardzo duże zużycie prądu elektrycznego.

Zaletami jest prosta budowa, mały koszt produkcji, łatwość dostępu takich urządzeń, łatwość obsługi oraz proste podłączenie do prądu (źródła zasilania).

Napęd pneumatyczny jest to przenoszenie energii mechanicznej za pomocą powietrza (ciśnienia tego powietrza) od miejsca wytworzenia do miejsca napędzanego.

Wadami takich urządzeń jest ich drogi koszt kupna, konieczność posiadania specjalistycznego układu pneumatycznego, konieczność posiadania sprężarki.

Zaletami jest ich niezawodność, cicha praca, dłuższa żywotność w porównaniu z innymi napędami, płynna bezstopniowa regulacja prędkości i zmiany kierunku ruchu.

Napęd hydrauliczny jest podobny do napędu pneumatycznego, lecz zamiast powietrza używa się cieczy – najczęściej specjalnego oleju. Napędy hydrauliczne są wykorzystywane w górnictwie, hutnictwie, obrabiarkach, maszynach rolniczych, budowlanych i drogowych.

Wadami tego układu są: wrażliwość na zapowietrzenie, straty mocy podczas przepływu cieczy w instalacji, duży koszt takich instalacji.

Zaletami tego układu są: małe gabaryty i ciężar, zwarta budowa, trwałość i niezawodność.

W tabeli 3.2 porównano właściwości napędów hydraulicznych i pneumatycznych.

Tabela 3.2. Porównanie właściwości napędu hydraulicznego i pneumatycznego

Napęd hydrauliczny Czynnik roboczy – olej	Napęd pneumatyczny Czynnik roboczy – sprężone powietrze
Czynnik względnie lepki. Znaczne wartości spadków ciśnień w przewodach przy większych prędkościach przepływu. Z tego względu ograniczona jest wartość dopuszczalnej prędkości w przewodach tłoczących (3÷5 m/s) i w przewodach ssawnych (0,5÷1,5 m/s).	Czynnik o małej lepkości, o małych oporach przepływu. Wartości dopuszczalnych prędkości w przewodach układów napędowych rzędu 10÷30 m/s.

Napęd hydrauliczny Czynnik roboczy – olej	Napęd pneumatyczny Czynnik roboczy – sprężone powietrze
Istotny wpływ temperatury na wartość oporów przepływu.	Praktycznie pomijalny wpływ temperatury na wartość oporów przepływu.
Czynnik praktycznie niesprężysty. Brak własności magazynowania energii, w związku z czym wymagana jest zazwyczaj ciągłość pracy pomp, co z kolei prowadzi do zmian temperatury oleju w czasie pracy układu.	Duża zdolność magazynowania energii. Możliwość okresowego wyuczenia napędu sprężarki i utrzymywania w określonych granicach ciśnienia roboczego przy zachowaniu stałej temperatury czynnika i urządzenia.
Konieczność stosowania do każdego urządzenia oddzielnego zasilającego agregatu hydraulicznego.	Możliwość i celowość stosowania centralnego rurociągu energetycznego.
Możliwość stosowania wysokich ciśnień roboczych (do kilkudziesięciu MPa).	Ograniczona względami ekonomicznymi i technicznymi wartość ciśnienia roboczego w układzie (0,4÷0,7 MPa).
Możliwość płynnej regulacji prędkości ruchu tłoków w szerokim zakresie i utrzymywania nastawionej prędkości ruchu przy zmianach obciążenia.	Duży wpływ zmiennego obciążenia na prędkości ruchu tłoków; trudności w nastawieniu i utrzymywaniu niewielkich prędkości ruchu tłoków.
Możliwość łatwego nastawiania prędkości ruchu tłoka przez zmianę wydajności pompy.	Ze względu na sprężystość czynnika prędkość ruchu tłoka praktycznie nie może być nastawiona przez zmianę wydajności sprężarki.
Ze względu na stałą objętość czynnika w układzie istnieje konieczność okresowej jego wymiany oraz często chłodzenia. Niezbędne jest również istnienie licznych przewodów odprowadzających olej z układu z powrotem do zbiornika.	Ciągła wymiana czynnika roboczego. Brak przewodów odprowadzających czynnik roboczy poważnie upraszcza układ.
Czynnik ma własności smarne.	Czynnik do większości układów musi być wstępnie nasycony olejem.
Przecieki czynnika powodują często zabrudzenie stanowiska roboczego.	Przecieki nie wywołują śladów, są jednak niepożądane ze względu na straty energii.
Wysokie wymagania co do dokładności wykonania i konserwacji elementów napędowych i sterujących.	Stosunkowo niższe wymagania co do dokładności wykonania i konserwacji elementów napędowych i sterujących.

3.7.2. Bezpieczeństwo i higiena pracy przy użytkowaniu i obsłudze układów pneumatycznych

Użytkując instalacje pneumatyczne, pracownicy narażeni są na wiele różnych niebezpieczeństw. Powietrze sprężone do ciśnienia o wartości mogącej przekraczać nawet 10 barów stanowi zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia ludzkiego. W związku z tym w trakcie demontażu, montażu oraz diagnostyki elementów pneumatycznych należy zachować następujące zasady bezpieczeństwa:

- przed przystąpieniem do obsługi elementów układu powietrznego należy opróżnić układ ze sprężonego powietrza,
- przed opróżnieniem układu przez wielokrotne hamowanie lub zaworami odwadniającymi nie luzować złączy zespołów i przewodów,
- w przypadku wymontowania siłowników sprężynowych po opróżnieniu układu należy zablokować sprężynę siłownika tak, aby zlikwidować napięcie na połączeniu sworzniowym widełek siłownika z dźwignią mechanizmu hamującego,
- szczególną ostrożność należy zachować w przypadku obsługi elementów, w których w stanie zmontowanym znajdują się ściśnięte sprężyny,
- do montażu elementów złącznych – gwintowanych należy stosować klucze dynamometryczne, zwłaszcza że korpusy zespołów są wykonane na ogół jako cienkościennie odlewy ciśnieniowe ze stopów aluminium, wrażliwe na uszkodzenia pod wpływem nadmiernego momentu dokręcania,
- do uszczelniania połączeń używać tylko uszczelnienia oryginalne,
- przestrzegać wartości dopuszczalnych momentów wkręcania złączy do przyłączy zaworów,
- przy stosowaniu do połączeń węży gumowych upewnić się przed ich użyciem, że połączenia końcówek z węzem są prawidłowo wykonane i nie rozłączają się w czasie pracy,
- po zakończeniu czynności diagnostycznych wszystkie przyłącza opróżnić ze sprężonego powietrza.

3.7.3. Bezpieczeństwo i higiena pracy przy użytkowaniu, obsłudze i naprawie układów hydraulicznych

Niedomagania urządzeń hydraulicznych są zwykle spowodowane przez jedną lub więcej z niżej wymienionych przyczyn:

- niedostateczna szczelność zewnętrzna lub wewnętrzna,

- obecność ciał obcych, zaślepiających częściowo lub całkowicie kanały albo uniemożliwiających szczelne zamykanie się zaworów,
- nieprawidłowa regulacja,
- mechaniczne usterki lub uszkodzenie części,
- nadmierne luzy pomiędzy współpracującymi powierzchniami wskutek ubytków materiału spowodowane ich zużyciem,
- zesterzenie się cieczy roboczej.

Nieusunięta w porę nawet drobna usterka łatwo może przeistoczyć się w poważne uszkodzenie elementu układu lub spowodować jego awarię. Dlatego też operator obsługujący napędy hydrauliczne powinien znać budowę elementów układu, ich zadania i działanie oraz stale nadzorować stan techniczny i pracę eksploatowanych urządzeń. Każde dostrzeżone uszkodzenie lub usterkę należy jak najprędzej usunąć.

Układy hydrauliczne, w których przeniesienie napędu odbywa się za pomocą oleju hydraulicznego pod wysokim ciśnieniem (35 MPa), wymagają szczególnej uwagi podczas eksploatacji, napraw i obsługi. Do demontażu, regulacji i innych czynności obsługowych przy instalacji hydraulicznej maszyny można przystąpić jedynie po zatrzymaniu silnika głównego oraz zredukowaniu do minimum ciśnienia w liniach roboczych. Osprzęt roboczy musi być podparty i odpowiednio zabezpieczony. Warunkiem bezpiecznej pracy układu hydraulicznego jest przeprowadzanie okresowych przeglądów i regulacji ciśnienia wg tabel zamieszczonych w instrukcjach obsługi. Szczególną uwagę należy zwrócić na następujące zalecenia:

- elastyczne przewody wysokociśnieniowe pod kątem stanu powierzchni zewnętrznych w przypadku stwierdzenia uszkodzeń – natychmiast wymienić,
- każdy układ jest dostosowany do określonego ciśnienia, przed przekroczeniem którego chronią zawory bezpieczeństwa. Nie wolno regulować zaworów, a w razie konieczności regulacji należy używać do kontroli sprawnych manometrów. Regulacja ciśnień powyżej wartości podanych przez wytwórcę maszyny grozi zniszczeniem układu,
- rozruch układu hydraulicznego należy prowadzić w sposób płynny. Elementy hydrauliczne pracują prawidłowo przy temperaturze oleju w granicach od +30°C do +60°C,
- do czyszczenia elementów urządzeń i zbiorników nie wolno używać szmat ani pakuł, gdyż pozostawiają one pojedyncze nitki i włókna, które wskutek unoszenia przez olej powodują nieprawidłowości w działaniu układu; wszelkie osady i zanieczyszczenia należy usuwać szczoteczkami lub pędzłami włosianymi. Po przeglądzie lub usunięciu usterki części i zespoły na-

prawionych urządzeń należy dokładnie przemyć w benzynie i przedmuchać sprężonym powietrzem,

- jeżeli rozkręcenie układu jest krótkotrwałe, a wyciek oleju mały, możliwe jest zebranie oleju do wcześniej przygotowanego naczynia. W innym przypadku miejsce rozkręcone należy zabezpieczyć zaślepkami,
- przystępując do wymiany oleju najpierw należy dokładnie opróżnić układ ze zużytej cieczy (po wcześniejszym podgrzaniu układu), oczyścić zbiornik oraz przepłukać całą instalację hydrauliczną niewielką ilością oleju świeżego. Następnie spuszcza się olej użyty do płukania i napełnia zbiornik świeżym olejem do właściwego poziomu. Obowiązuje przy tym pedantyczne przestrzeganie czystości. Świeży olej zawsze należy wlewać do zbiornika przez filtr,
- do demontażu, regulacji i innych czynności obsługowych przy instalacji hydraulicznej maszyny można przystąpić jedynie po zatrzymaniu silnika głównego oraz zredukowaniu do minimum ciśnienia w liniach roboczych (jest to tzw. **zerowanie układu hydraulicznego**). Redukcję ciśnienia w układzie hydraulicznym do ciśnienia znajdującego się w zbiorniku cieczy hydraulicznej uzyskujemy poprzez poruszanie dźwigniami wszystkich rozdzielaczy w ten sposób, by nadmiar cieczy hydraulicznej spłynął do zbiornika,
- regulację ciśnienia w układzie hydraulicznym z tym, że mogą dokonywać jej jedynie osoby do tego specjalnie przeszkolone lub serwis,
- wykonywanie regulacji wyłącznie przy użyciu odpowiednich narzędzi i przyrządów kontrolno-pomiarowych (manometrów, testera itp.) o właściwym zakresie ciśnień. Regulacji dokonuje się przy włączonym silniku głównym, a więc podczas pracy pompy hydraulicznej, co wymaga dodatkowej ostrożności i uwagi. Warunkiem niezbędnym przy regulacji jest udział dwóch osób – operatora maszyny i mechanika. Przez okres pracy muszą oni utrzymywać kontakt wzrokowy dla bezpośredniej sygnalizacji poszczególnych czynności. Sposób regulacji określają instrukcje obsługi instalacji hydraulicznej,
- uszczelki i podkładek gumowych nie wolno przemywać benzyną, lecz tylko roztworem np. dwuchromianu potasu, a następnie suszyć na wolnym powietrzu,
- hałasy w instalacjach hydraulicznych nie powinny budzić obaw, jeżeli ich poziom jest w granicach normy, np. współczesne pompy tłokowe średniej mocy, pracujące przy 1500 obr./min, mają poziom hałaśliwości do 90 dB, co odpowiada hałaśliwości wentylatora dużej mocy. Najwyższy poziom hałasu wykazują pompy zębate,

- hałas powstaje również wskutek chwilowych przepływów oleju do siłowników oraz wypływów z nich (strzelanie), co jest przyczyną powstania fal dźwiękowych,
- obecność wody w instalacji hydraulicznego układu napędowego powoduje drganie (tzw. granie układu hydraulicznego) oraz korodowanie elementów tego układu,
- w celu zredukowania hałasu należy dążyć do zmniejszenia gwałtownych zmian ciśnienia, co można osiągnąć przez specjalną regulację przecieków oleju,
- osobne zagrożenie stanowią akumulatory hydrauliczne. Akumulator w zależności od zastosowania napełniony jest gazem o ciśnieniu 10÷50 MPa. W razie uszkodzenia akumulatora należy go wymienić, naprawa lub renowacja jest niemożliwa,
- otwieranie akumulatora jest niedopuszczalne i niebezpieczne. Akumulator hydrauliczny nie może być nadmiernie nagrany. Prawidłowość działania akumulatorów powinien sprawdzić tylko doświadczony fachowiec, ponieważ przez same oględziny nie można stwierdzić czy akumulator jest sprawny, czy uszkodzony.



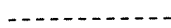
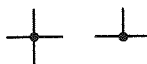








Podczas użytkowania urządzeń hydraulicznych należy ściśle przestrzegać zaleceń producenta dotyczących rodzaju i jakości oleju hydraulicznego oraz terminów jego wymiany i oczyszczania filtrów.

3.7.4. Symbole graficzne elementów hydraulicznych i pneumatycznych

Elementy hydrauliczne można zestawić w dowolne układy napędowe lub sterownicze. Zestawienie schematów układów hydraulicznych ułatwiają symbole funkcyjne elementów hydraulicznych. W literaturze technicznej układy hydrauliczne maszyn są przedstawione w postaci schematów złożonych z symboli funkcyjnych elementów hydraulicznych. Znajomość tych symboli ułatwia odczytanie i zrozumienie zasady działania często bardzo skomplikowanych układów hydraulicznych.

Podobnie jest z elementami pneumatycznymi. Oznaczenia symboli funkcyjnych elementów hydraulicznych i pneumatycznych są znormalizowane i ujęte normą PN-ISO 1219-1:1994 „Elementy napędów i sterowań hydraulicznych i pneumatycznych” (tab. 3.3).

Tabela 3.3. Symbole graficzne elementów hydraulicznych i pneumatycznych [57]

Symbol graficzny	Nazwa elementu
Symbole graficzne elementów hydraulicznych	
	przewody główne układu hydraulicznego
	przewody sterujące elementem hydraulicznym
	odprowadzenie przecieków
	połączenie przewodów
	kierunek przepływu w elemencie hydraulicznym
	pompa o stałej wydajności i jednym kierunku tłoczenia
	pompa o stałej wydajności i dwóch kierunkach tłoczenia
	pompa o regulowanej wydajności i jednym kierunku tłoczenia
	pompa o regulowanej wydajności i dwóch kierunkach tłoczenia
	silnik hydrauliczny o jednym kierunku obrotów
	silnik hydrauliczny o dwóch kierunkach obrotów
	silnik hydrauliczny o jednym kierunku obrotów i regulowanej liczbie obrotów