

TEMAT: NAPĘDY PNEUMATYCZNE I HYDRAULICZNE – RODZAJE I SYMBOLE GRAFICZNE

Na początek trochę powtórki z klasy 2 o siłownikach. Wystarczy jedynie zapoznać się z poniższymi informacjami i odświeżyć sobie pamięć. Informacje te przydadzą się podczas rozwiązywania zadań egzaminacyjnych dołączonych do tego materiału. Wtedy przekonacie się, że wiedza o siłownikach jest sprawdzana na egzaminie zawodowym.

Mamy wiele różnych siłowników. Kryteriów ich podziału jest również wiele. Poniżej kilka z nich.

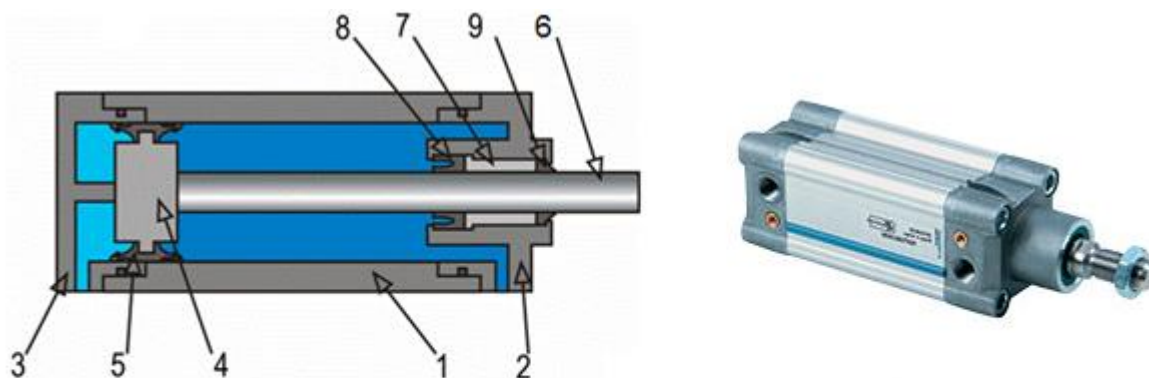
Najbardziej ogólny podział uwzględnia jedynie **charakter ruchu realizowanego przez siłownik**:

- a) o ruchu posuwisto-zwrotnym, czyli liniowym,
- b) o ruchu obrotowym (silniki).

I. Podział siłowników o ruchu liniowym

1) Podział ze względu na zastosowane rozwiązania konstrukcyjne:

- a) tłokowe

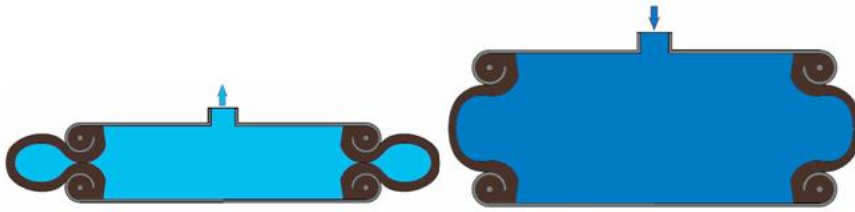


Rys. 3.1. Podstawowe części siłownika tłokowego:
1 - tuleja cylindrowa, 2 - pokrywa przednia, 3 - pokrywa tylna, 4 - tłok, 5 - pierścień uszczelniający połączenie ruchowe tłoka, 6 - tłoczysko, 7 - tuleja prowadząca tłoczysko, 8 - pierścień uszczelniający umieszczony w pokrywie przedniej, 9 - pierścień zgarniający

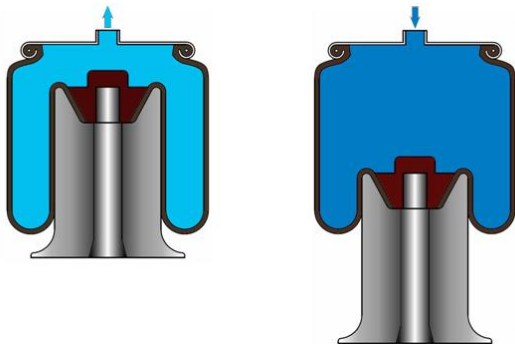
- b) membranowe



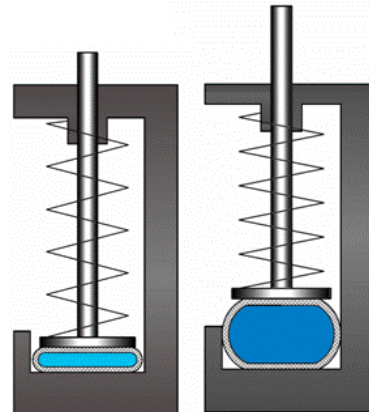
c) mieszkowe



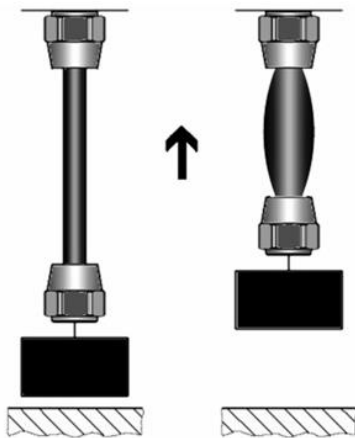
d) workowe



e) dętkowe



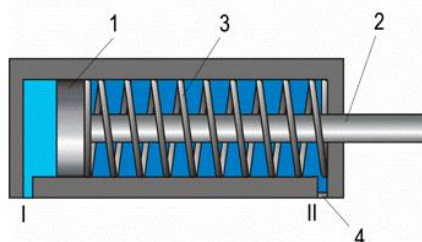
f) muskuł pneumatyczny



2) Podział ze względu na kierunek wywierania siły:

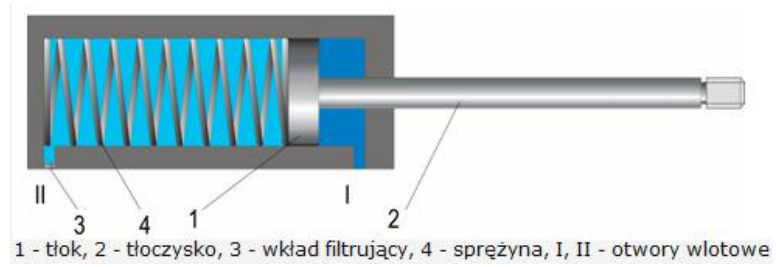
a) jednostronnego działania

- pchający (na rysunku pokazano rozwiązanie ze sprężyną)



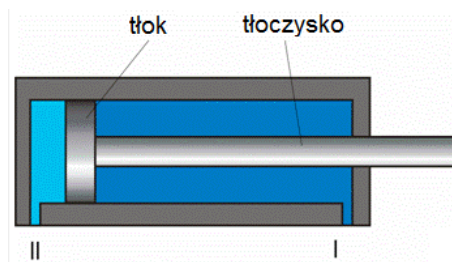
1 - tłok, 2 - tłocznisko, 3 - sprężyna, 4 - wkład filtrujący, I, II - otwory przyłączeniowe

- ciągnący (na rysunku pokazano rozwiązanie ze sprężyną)

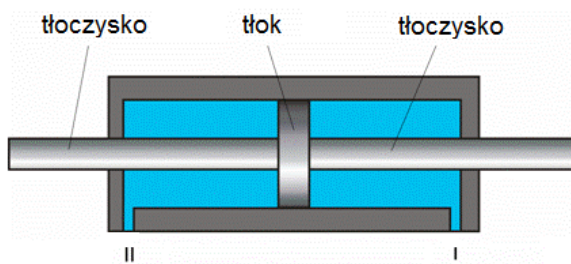


b) dwustronnego działania

- z jednostronnym tłoczyskiem

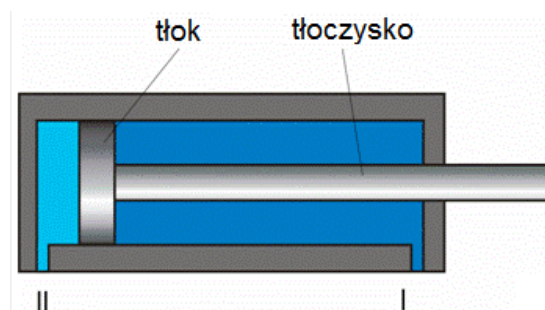


- z dwustronnym tłoczyskiem

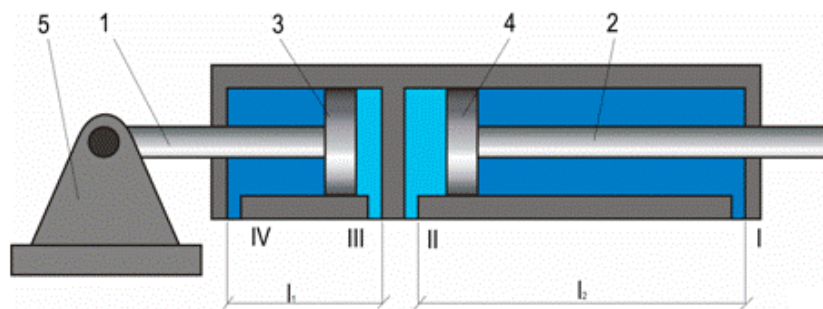


3) Podział ze względu na liczbę położeń roboczych:

a) dwupołożeniowe



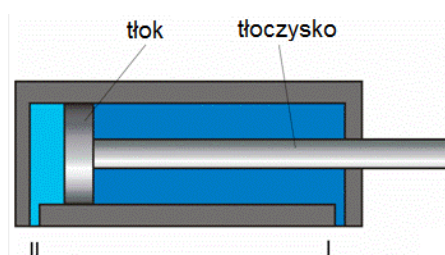
b) wielopółeniowe



Rys. 3.20. Siłownik wielopółeniowy (czteropółeniowy):
1, 2 - tłoczysko, 3, 4 - tłok, 5 - sworzeń, I, II, III, IV - otwory przyłączeniowe

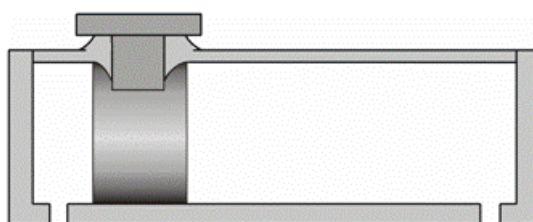
4) Podział ze względu na sposób powiązania elementu napędzającego siłownika z elementem napędzanym:

a) z tłoczyskiem

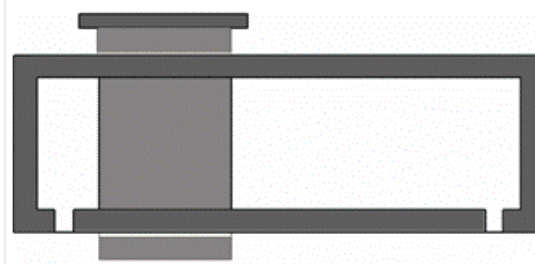


b) bez tłoczyskowe

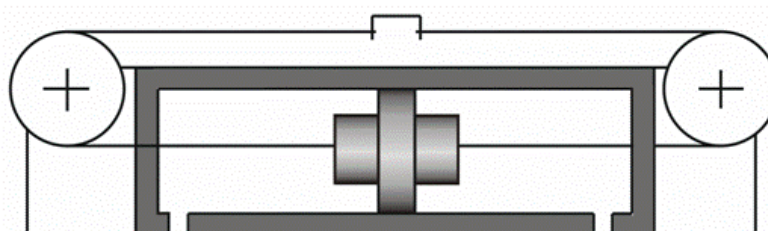
siłownik szczelinowy:



siłownik ze sprzężeniem magnetycznym:

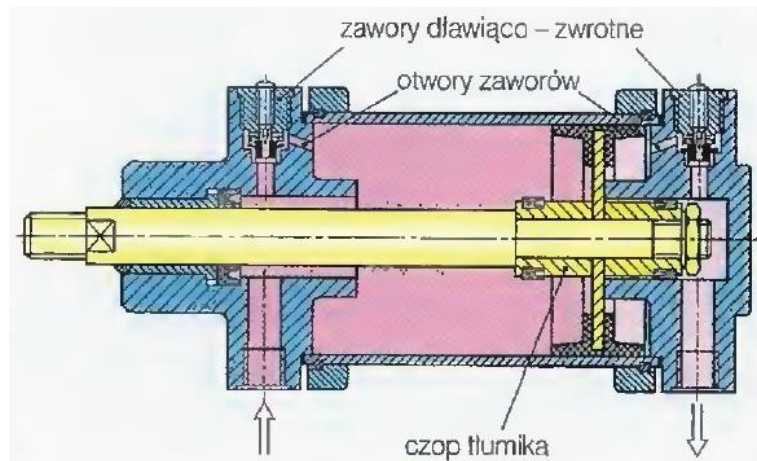


siłownik ciągnowy:

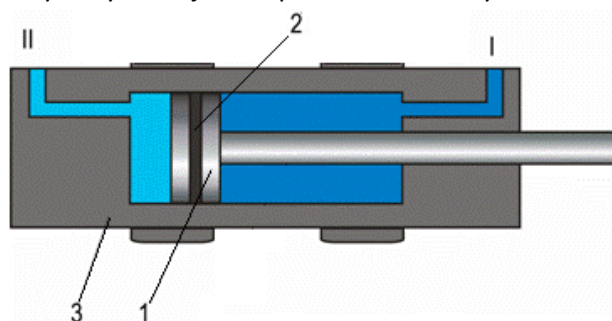


5) Inne:

a) z amortyzacją położenia krańcowego (z tłumikami)

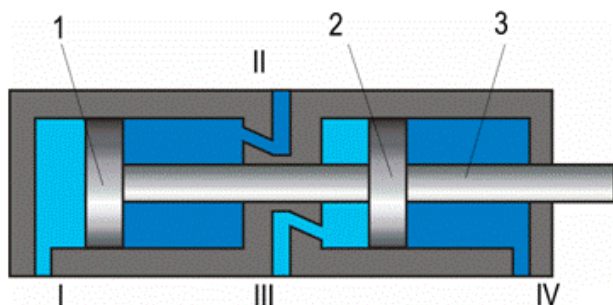


b) przystosowane do bezdotykowych czujników położenia krańcowego



1 - tłok, 2 - magnes, 3 - tuleja cylindryczna,

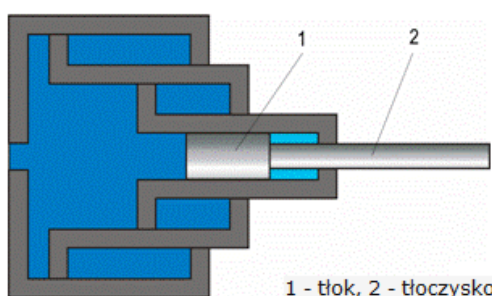
c) z podwójnym tłokiem, inaczej: dwukomorowy (**typu TANDEM**) – dla zwiększenia wytwarzanej siły



1, 2 - tłok, 3 - tłocznisko, I, II, III, IV - otwory przyłączeniowe



d) teleskopowy



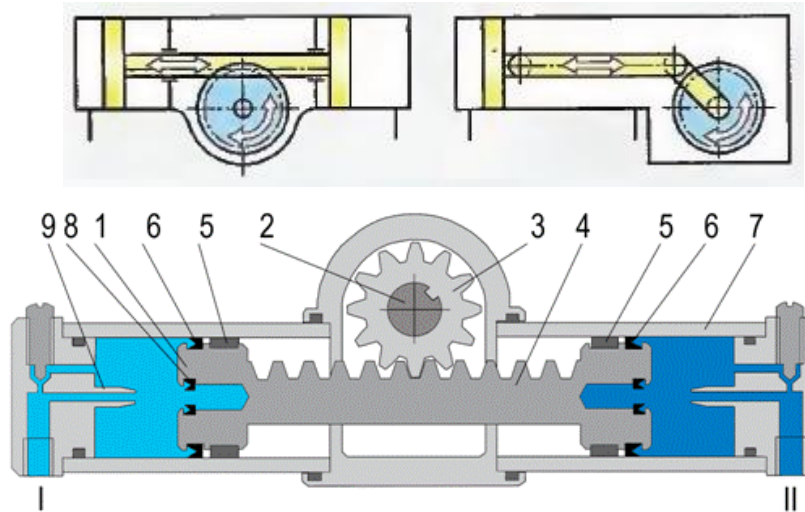
1 - tłok, 2 - tłocznisko



II. Podział siłowników o ruchu obrotowym

1) Podział ze względu na zakres ruchu:

- wahadłowe (wał realizuje ruch w zakresie 90° - 360°),



Rys. 3.28. Siłownik wahadłowy:

1 - tłok, 2 - wałek wyjściowy, 3 - koło zębate, 4 - zębatka, 5 - magnesy pierścieniowe, 6 - pierścienie uszczelniające, 7 - tuleja cylindryczna, 8 - pierścienie uszczelniające, 9 - tuleja, I, II - otwory przyłączeniowe



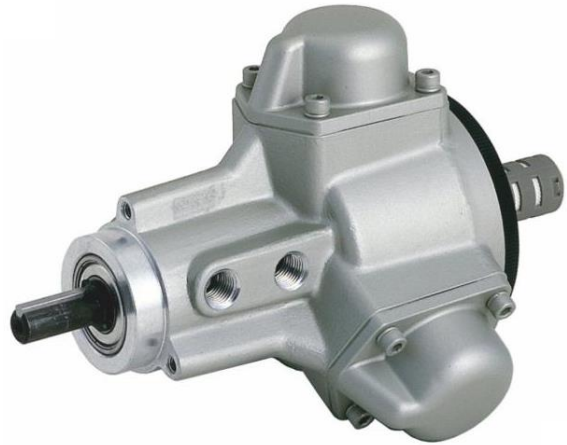
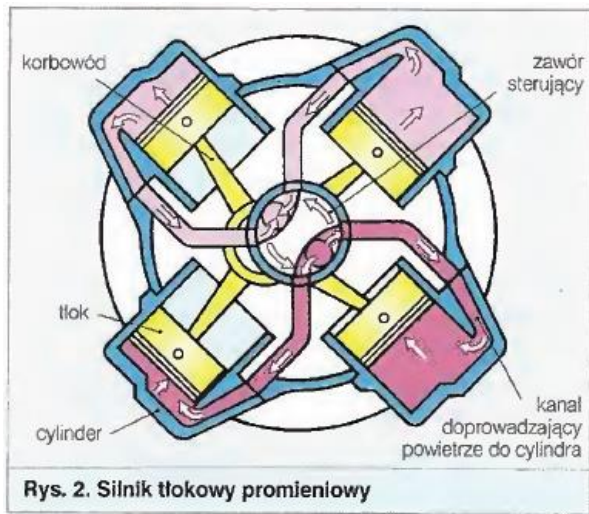
- obrotowe (typowe silniki o nieograniczonym ruchu obrotowym wału),



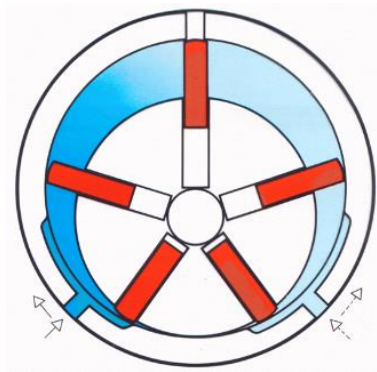
- krokowe

2) Podział ze względu na rozwiązania konstrukcyjne:

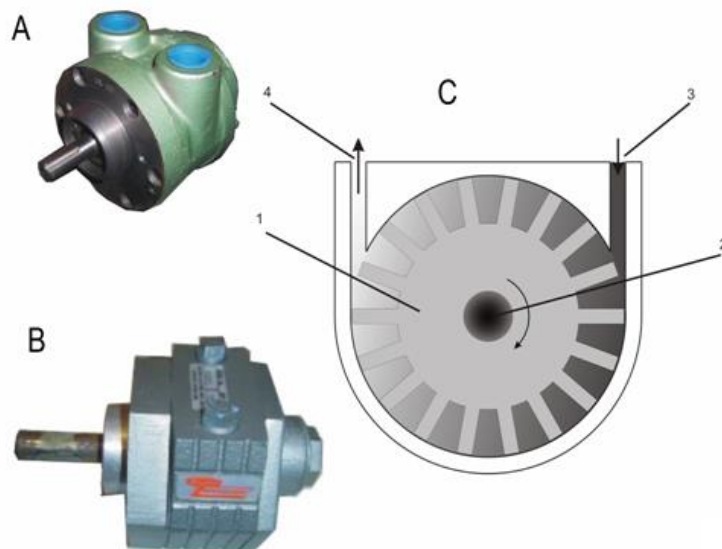
- tłokowe



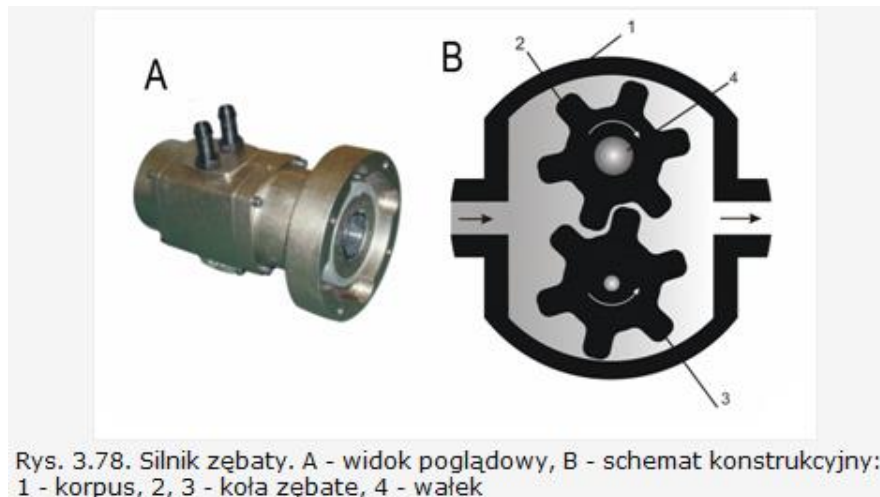
- łopatkowe



- turbinowe (przepływowe)

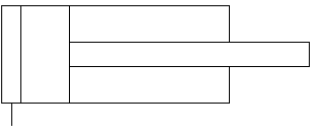
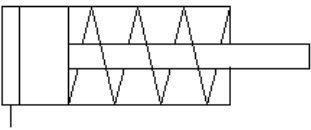
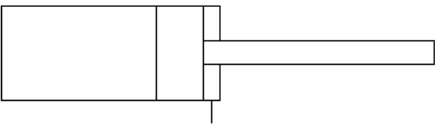
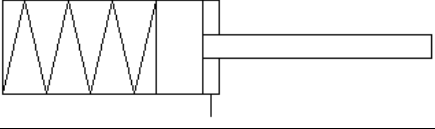
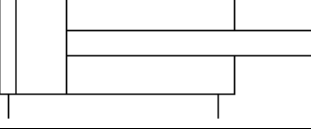
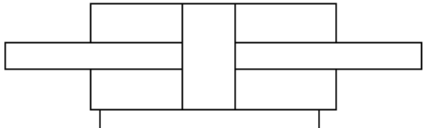


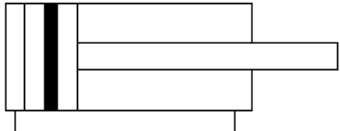
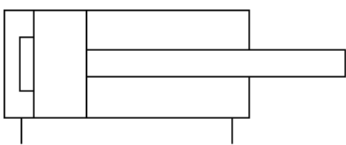
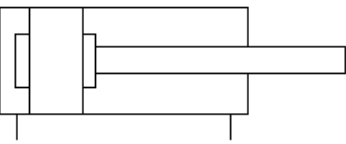
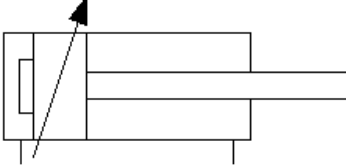
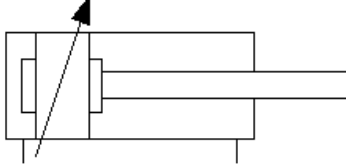
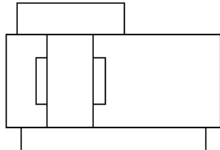
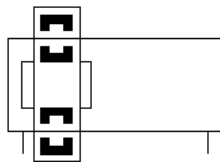
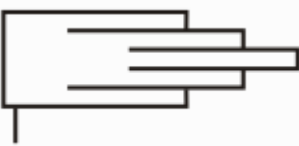

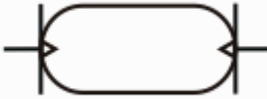
- zębate

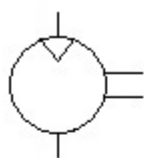


Jak widać rozwiązania konstrukcyjne silników pneumatycznych i hydraulicznych są zbliżone do rozwiązań spotkanych w sprężarkach i pompach hydraulicznych. Podobnie jak w przypadku silników elektrycznych i prądnic – różnica polega na rodzaju energii doprowadzanej do urządzenia i odbieranej z urządzenia.

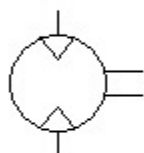
Nadszedł czas na powtórkę z symboli siłowników i silników:

Symbol graficzny	Znaczenie symbolu
	siłownik jednostronnego działania pchający ruch powrotny pod wpływem siły zewnętrznej
	siłownik jednostronnego działania pchający ruch powrotny pod wpływem sprężyny
	siłownik jednostronnego działania ciągnący ruch powrotny pod wpływem siły zewnętrznej
	siłownik jednostronnego działania ciągnący ruch powrotny pod wpływem sprężyny
	siłownik dwustronnego działania z tłoczyskiem jednostronnym
	siłownik dwustronnego działania z tłoczyskiem dwustronnym

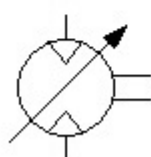
	<p>siłownik dwustronnego działania z tłoczyskiem jednostronnym z bezdotykową sygnalizacją położenia tłoka</p>
	<p>siłownik dwustronnego działania z tłoczyskiem jednostronnym z jednym nienastawnym tłumikiem</p>
	<p>siłownik dwustronnego działania z tłoczyskiem jednostronnym z dwoma nienastawnymi tłumikami</p>
	<p>siłownik dwustronnego działania z tłoczyskiem jednostronnym z jednym nastawnym tłumikiem</p>
	<p>siłownik dwustronnego działania z tłoczyskiem jednostronnym z dwoma nastawnymi tłumikami</p>
	<p>siłownik dwustronnego działania beztłoczyskowy szczelinowy z dwoma nienastawnymi tłumikami</p>
	<p>siłownik dwustronnego działania beztłoczyskowy ze sprzężeniem magnetycznym z dwoma nienastawnymi tłumikami</p>
	<p>siłownik teleskopowy</p>
	<p>siłownik mieszkowy</p>
	<p>muskul pneumatyczny</p>



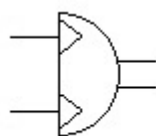
silnik pneumatyczny o stałej objętości roboczej z nieograniczonym zakresem obrotów i z przepływem w jednym kierunku (o stałym kierunku obrotów)



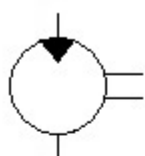
silnik pneumatyczny o stałej objętości roboczej z nieograniczonym zakresem obrotów i z przepływem w dwóch kierunkach (o zmiennym kierunku obrotów)



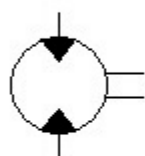
silnik pneumatyczny o zmiennej objętości roboczej z nieograniczonym zakresem obrotów i z przepływem w dwóch kierunkach (o zmiennym kierunku obrotów)



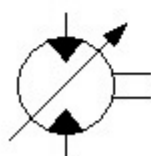
silnik pneumatyczny z ograniczonym zakresem obrotu i z przepływem w dwóch kierunkach (silnik o ruchu wahadłowym)



silnik hydrauliczny o stałej chłonności z nieograniczonym zakresem obrotów i z przepływem w jednym kierunku (o stałym kierunku obrotów)



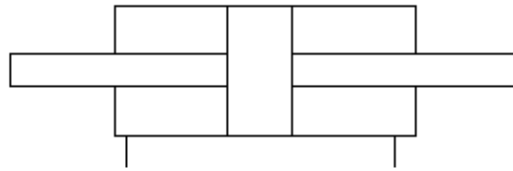
silnik hydrauliczny o stałej chłonności z nieograniczonym zakresem obrotów i z przepływem w dwóch kierunkach (o zmiennym kierunku obrotów)



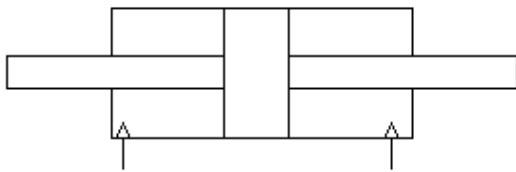
silnik hydrauliczny o zmiennej chłonności z nieograniczonym zakresem obrotów i z przepływem w dwóch kierunkach (o zmiennym kierunku obrotów)

CIEKAWOSTKA:

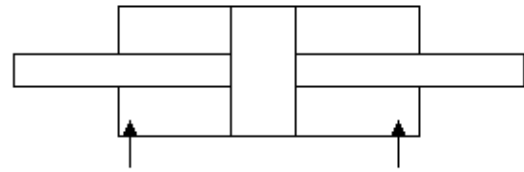
Aby po symbolu graficznym rozpoznać, czy siłownik z tłoczyskiem jest pneumatyczny czy hydrauliczny, stosuje się oznaczenia (trójkąciki) podobne do tych stosowanych przy silnikach pneumatycznych i hydraulicznych. Z trójkącików często rezygnuje się, gdy siłownik jest elementem większego układu, w którym widoczne jest źródło zasilania (sprężarka lub pompa hydrauliczna).



SYMBOL OGÓLNY



SYMBOL SIŁOWNIKA PNEUMATYCZNEGO



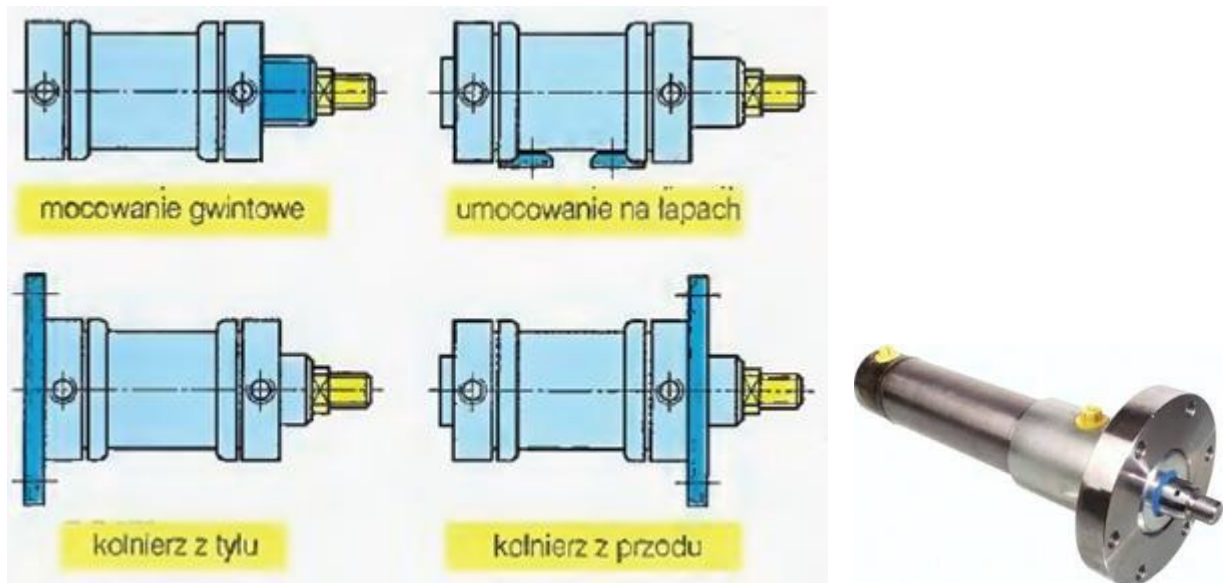
SYMBOL SIŁOWNIKA HYDRAULICZNEGO

TEMAT: RODZAJE MOCOWAŃ SIŁOWNIKÓW

Ten temat to też powtórka z klasy 2. Wystarczy zapoznać się z poniższymi informacjami i odświeżyć sobie pamięć. Informacje te przydadzą się podczas rozwiązywania zadań egzaminacyjnych dołączonych do tego materiału.

Mocowania siłowników dzielimy na:

a) sztywne



Akcesoria montażowe dla mocowań sztywnych:

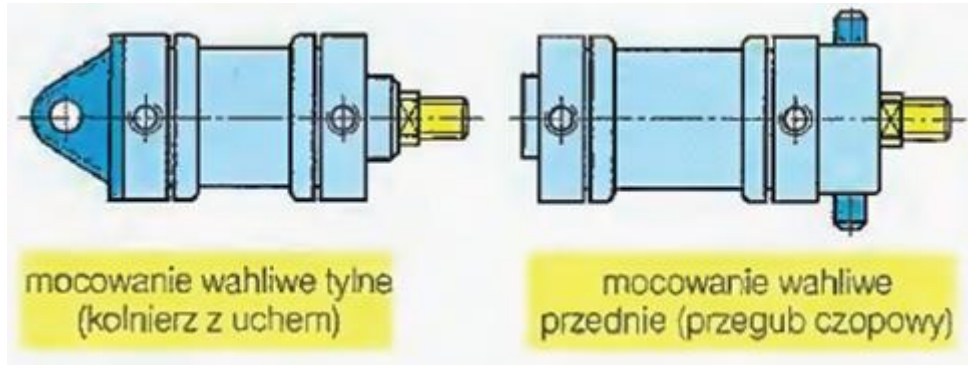
- łapy:



- kołnierze:



b) wahliwe



Akcesoria montażowe dla mocowań wahliwych:



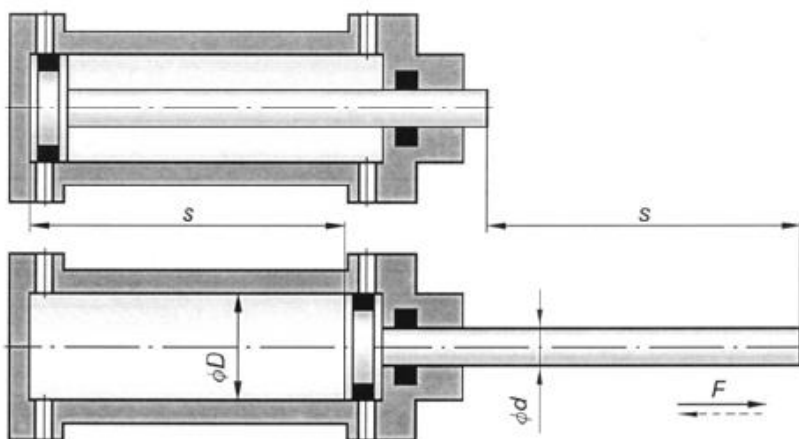
TEMAT: PARAMETRY NAPĘDÓW PNEUMATYCZNYCH I HYDRAULICZNYCH

1. Parametry siłowników o ruchu liniowym

Siłowniki różnią się między sobą przede wszystkim budową (patrz str. 1÷5) i sposobem mocowania (patrz str. 12÷13). Siłowniki o tej samej budowie i sposobie mocowania mogą różnić się parametrami.

Podstawowe parametry siłowników o ruchu liniowym to:

- średnica tłoka,
- średnica tłoczyska,
- skok,
- siła przenoszona przez tłoczysko przy określonym ciśnieniu,
- gwint otworów przyłączeniowych (np. metryczny M5, calowy G1/8),
- czynnik roboczy (np. sprężone powietrze, olej hydrauliczny),
- ciśnienie pracy (wartość nominalna lub dopuszczalny zakres).



D – średnica tłoka
 d – średnica tłoczyska
 s – skok
 F – siła przenoszona przez tłoczysko

2. Parametry siłowników o ruchu obrotowym (silników)

Ze względu na inną budowę i rodzaj wykonywanego ruchu niż w przypadku siłowników o ruchu liniowym, dla silników określa się następujące parametry:

- czynnik roboczy (np. sprężone powietrze, olej hydrauliczny),
- ciśnienie pracy nominalne i maksymalne,
- prędkość obrotowa (zakres prędkości obrotowej),
- moc nominalna,
- moment obrotowy,
- chłonność (natężenie przepływu cieczy przez silnik) [l/min]
- chłonność jednostkowa (inaczej: geometryczna objętość robocza) [cm³/obr]

Chłonność silnika to ilość czynnika roboczego (np. cieczy) pobierana przez silnik z przewodu tłoczego w jednostce czasu. Wyrażana najczęściej w [l/min]. W przypadku sprężarek i pomp podobnym parametrem była wydajność. Silniki nie wytwarzają strumienia np. cieczy tak jak pompy, tylko go chłoną, stąd też w przypadku silników mówimy o chłonności a nie o wydajności.

Chłonność jednostkowa (geometryczna objętość robocza) to objętość czynnika roboczego (np. cieczy), jaką trzeba przetłoczyć przez nieobciążony silnik, aby wał silnika wykonał jeden pełny obrót. Wyrażana najczęściej w [cm³/obr] lub [l/obr].

TEMAT: DOBOR SIŁOWNIKÓW

Podczas doboru siłownika do projektowanego układu należy określić:

- a) rodzaj siłownika – pneumatyczny czy hydrauliczny,
- b) konstrukcję siłownika – tłokowy, membranowy, mieszkowy...
- c) typ siłownika – jednostronnego/dwustronnego działania, pchający/ciągnący, tłoczący jednostronne/dwustronne...
- d) sposób mocowania – na łapach, wahliwe, kołnierzowe czy gwintowe,
- e) wielkość siłownika (określana przez średnicę tłoka) – 12mm, 16mm, 25mm ...
- f) skok siłownika – 10mm, 25mm, 50mm, 80mm ...

Wielkość siłownika dobierana jest na podstawie siły jaką powinien wytwarzać siłownik podczas ruchu przy określonej wartości ciśnienia. Do tego celu wykorzystuje się:

- wzór:

$$F = p \cdot A \cdot \eta$$

gdzie:

F – siła wytwarzana przez siłownik [N],

p – ciśnienie medium roboczego [Pa],

A – powierzchnia czynna tłoka siłownika [m²],

η - współczynnik sprawności (uwzględnia straty w wyniku tarcia i działania sprężyny zwrotnej).

- tabele opracowane przez producentów elementów pneumatycznych:

Orientacyjna siła uzyskana na siłowniku w zależności od zadanego ciśnienia												
Średnica tłoka [mm]	Średnica tłocząca [mm]	Powierzchnia pracy [mm ²]	Ciśnienie robocze [bar]									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Siła w [N]									
8	4	wysuw = 50,2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		powrót = 37,7	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
10	4	wysuw = 78	7,8	15,6	23	31	39	47	54	62	70	78
		powrót = 66	6,5	13,2	19	26	33	40	48	53	59	66
12	6	wysuw = 113	11	23	34	45	56	68	79	90	102	113
		powrót = 85	8,5	17	25	34	42	51	59	68	76	85
16	6	wysuw = 201	20	40	60	80	100	121	141	161	181	201
		powrót = 173	17	35	52	69	86	104	121	138	156	173
20	8	wysuw = 314	31	63	94	126	157	188	220	251	283	314
		powrót = 264	26	53	79	106	132	158	185	211	238	264
25	10	wysuw = 491	49	98	147	196	245	295	344	393	442	491
		powrót = 412	41	82	124	165	206	247	288	330	371	412
32	12	wysuw = 804	80	161	241	322	402	482	563	643	724	804
		powrót = 691	69	138	207	276	345	414	484	553	622	691
40	16	wysuw = 1256	125	251	376	502	628	754	879	1005	1130	1256
		powrót = 1056	105	211	316	422	528	633	739	844	950	1055
50	20	wysuw = 1962	196	393	588	785	981	1178	1373	1570	1765	1963
		powrót = 1649	165	330	494	660	824	990	1154	1320	1484	1650
63	20	wysuw = 3116	311	623	934	1246	1558	1869	2181	2493	2804	3116
		powrót = 2802	280	560	840	1120	1401	1680	1961	2240	2521	2800
80	25	wysuw = 5024	502	1005	1507	2010	2512	3014	3516	4019	4521	5024
		powrót = 4533	453	907	1360	1814	2266	2722	3173	3629	4079	4536
100	25	wysuw = 7850	785	1570	2355	3140	3925	4710	5495	6280	7065	7850
		powrót = 7143	714	1429	2143	2857	3571	4286	5000	5715	6428	7143

Przykład:

Dobierz wielkość siłownika tak, aby przy zasilaniu powietrzem o ciśnieniu 6 bar umożliwiał uzyskanie siły 3,1kN podczas wysuwania tłoczyska.

Rozwiązanie na podstawie wzoru

$$F = p \cdot A \cdot \eta$$

Przekształcamy wzór względem A – powierzchni czynnej tłoka siłownika:

$$A = \frac{F}{p \cdot \eta}$$

W treści zadania nie podano współczynnika sprawności η , więc pomijamy w obliczeniach straty związane z tarciami i przyjmujemy $\eta=100\%$ ($\eta=1$). Wzór przyjmuje postać:

$$A = \frac{F}{p}$$

Ponieważ tłok siłownika jest okrągły, jego powierzchnię określa wzór:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Możemy więc przyrównać dwa powyższe wzory i zapisać:

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

Po przekształceniu wzoru względem szukanej średnicy tłoka siłownika D otrzymujemy:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{p \cdot \pi}}$$

Przed wstawieniem do powyższego wzoru wartości siły F i ciśnienia p należy jeszcze przekształcić ich jednostki tak, aby siła F była w [N], a ciśnienie p w [Pa]. Wtedy wartość średnicy D otrzymamy w [m].

$$F=3,1\text{kN}=3100\text{N}$$

$$p=6\text{bar}=600000\text{Pa}$$

Zatem:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3100}{600000 \cdot 3,14}} = \sqrt{\frac{12400}{1884000}} \approx 0,081\text{m}$$

Siłownik powinien mieć tłok o średnicy 0,081m, czyli 81mm.

Rozwiązanie na podstawie tabeli opracowanej przez producenta siłowników

W tej metodzie wystarczy tylko odczytać szukaną wielkość siłownika z tabeli, uwzględniając przy tym wartość oczekiwanej siły i ciśnienie przy jakim ma być ona uzyskiwana. Zaczynamy od odnalezienia ciśnienia 6bar. Następnie w kolumnie dla ciśnienia 6bar szukamy wartości siły w [N] równej lub wyższej od oczekiwanych 3100N **przy wysuwie tłoczyśka**. Po jej odnalezieniu odczytujemy z pierwszej kolumny średnicę tłoka, przy której uzyskiwana jest dana siła. Opisany tok postępowania pokazano poniżej.

Orientacyjna siła uzyskana na siłowniku w zależności od zadanego ciśnienia

Średnica tłoka [mm]	Średnica tłoczyśka [mm]	Powierzchnia pracy [mm ²]	Ciśnienie robocze [bar]									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Siła w [N]									
8	4	wysuw = 50,2 powrót = 37,7	5 3	10 6	15 9	20 12	25 15	30 18	35 21	40 24	45 27	50 30
10	4	wysuw = 78 powrót = 66	7,8 6,5	15,6 13,2	23 19	31 26	39 33	47 40	54 48	62 53	70 59	78 66
12	6	wysuw = 113 powrót = 85	11 8,5	23 17	34 25	45 34	56 42	68 51	79 59	90 68	102 76	113 85
16	6	wysuw = 201 powrót = 173	20 17	40 35	60 52	80 69	100 86	121 104	141 121	161 138	181 156	201 173
20	8	wysuw = 314 powrót = 264	31 26	63 53	94 79	126 106	157 132	188 158	220 185	251 211	283 238	314 264
25	10	wysuw = 491 powrót = 412	49 41	98 82	147 124	196 165	245 206	295 247	344 288	393 330	442 371	491 412
32	12	wysuw = 804 powrót = 691	80 69	161 138	241 207	322 276	402 345	482 414	563 484	643 553	724 622	804 691
40	16	wysuw = 1256 powrót = 1056	125 105	251 211	376 316	502 422	628 528	754 633	879 739	1005 844	1130 950	1256 1055
50	20	wysuw = 1962 powrót = 1649	196 165	393 330	588 494	785 660	981 824	1178 990	1373 1154	1570 1320	1765 1484	1963 1650
63	20	wysuw = 3116 powrót = 2802	311 280	623 560	934 840	1246 1120	1558 1401	1869 1680	2181 1961	2493 2240	2804 2521	3116 2800
80	25	wysuw = 5024 powrót = 4533	502 453	1005 907	1507 1360	2010 1814	2512 2266	3014 2722	3516 3173	4019 3629	4521 4079	5024 4536
100	25	wysuw = 7850 powrót = 7143	785 714	1570 1429	2355 2143	3140 2857	3925 3517	4710 4286	5495 5000	6280 5715	7065 6428	7850 7143

Siłownik powinien mieć tłok o średnicy 100mm.

Wyniki uzyskane w obu metodach różnią się. Wynika to z tego, że średnice tłoków rzeczywistych siłowników są zestandaryzowane, podczas gdy z obliczeń teoretycznych możemy uzyskać dowolne wyniki. W tabelach opracowywanych przez producentów nie znajdziemy siłownika o średnicy tłoka 81mm. Są natomiast siłowniki o średnicach 80mm i 100mm. Jeżeli z obliczeń teoretycznych uzyskujemy wynik 81mm, to w rzeczywistości musimy zastosować siłownik trochę większy, np. 100mm, aby uzyskać oczekiwaną wartość siły. Dla siłownika nawet nieco mniejszego, np. 80mm, nie uzyskamy siły 3100N.