

CZyste SPRĘŻONE POWIETRZE

Jak efektywnie przygotować
powietrze? **Poradnik Norgren.**



NORGREN

Your Success. Our Passion.

Powietrze opuszczające kompresor jest gorące, zanieczyszczone oraz wilgotne i zazwyczaj wydostaje się pod ciśnieniem wyższym niż wymagane.

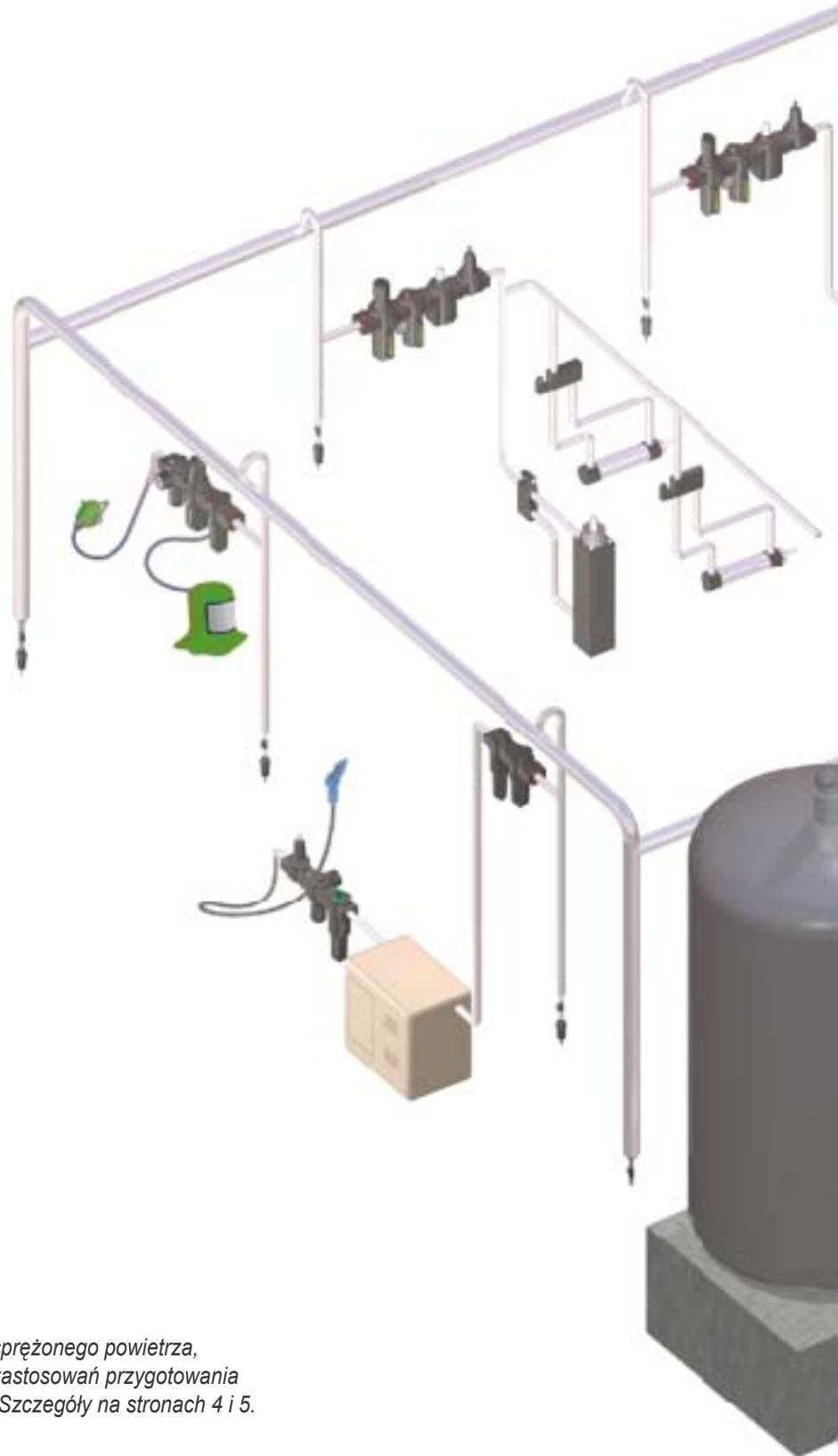
W ciągu roku, typowa sprężarka 50 dm³/sek. (100 scfm) dostarcza do instalacji 500 litrów wody oraz 8 litrów cząstek oleju wraz ze wszelkimi zanieczyszczeniami.

Zanim powietrze będzie gotowe do użycia, konieczne jest jego odpowiednie

przygotowanie: usunięcie substancji

zanieczyszczających, zmniejszenie ciśnienia do odpowiedniego poziomu oraz, w wielu

przypadkach, dodanie cząstek oleju w celu nasmarowania urządzeń podłączonych do systemu.



Rys. 1.

Instalacja sprężonego powietrza, przykłady zastosowań przygotowania powietrza. Szczegóły na stronach 4 i 5.



SPIS TREŚCI	
ZASTOSOWANIA	4 ~ 5
USUWANIE ZANIECZYSZCZEŃ	6 ~ 10
KONTROLA CIŚNIENIA	11 ~13
SMAROWANIE	14 ~ 15
SYSTEMY OCHRONNE	16 ~ 17
SYSTEMY BEZPIECZEŃSTWA	18
ZESPOŁY PRZYGOTOWANIA POWIETRZA NORGREN	19 ~ 21
SŁOWNIK	22

Sprężone powietrze jest bardzo często postrzegane jako tanie, lub nawet „darmowe” źródło energii. Jest to stwierdzenie jak najbardziej błędne. W rzeczywistości powietrze może być nawet 10 razy droższe niż elektryczność ze względu na kosztowność procesów jego generacji, przepływu czy też przygotowania.

W etapach przygotowania powietrza należy więc uwzględnić pobór energii oraz koszt wyposażenia.

Proces przygotowania powietrza jest przedmiotem zainteresowania firmy Norgren od ponad 70 lat.

Celem niniejszego raportu jest przedstawienie wskazówek na temat prawidłowego, ekonomicznego i bezpiecznego przygotowania sprężonego powietrza w zastosowaniach przemysłowych. W raporcie zamieszczone jest jedynie krótkie podsumowanie wielu doświadczeń firmy Norgren, światowego lidera technologii systemów FRL (zespoły przygotowania powietrza).

W celu uzyskania dodatkowych informacji prosimy o kontakt z działem technicznym firmy Norgren Polska:

TEL.: +48 22 518 95 37

Niniejszy rozdział poświęcony jest kilku rodzajom systemów przygotowania powietrza – podstawowym typom - oraz używanego przeważnie w nich wyposażenia.

Należy pamiętać, że elementy każdego z systemów mają swoje zalety i wady, pozwalające osiągnąć optymalne koszty instalacji, eksploatacji oraz konserwacji.

Poniższe przykłady są typowe dla dużych instalacji przemysłowych. Przeważnie na ich początku znajdują się zawory odcinające, które pozwalają na odłączenie gałęzi od systemu głównego, co umożliwia naprawy i konserwacje niezależnie od reszty systemu, którego praca nie musi być przerywana.

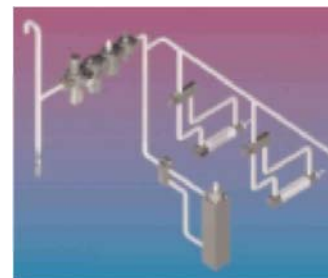
W celu uzyskania dodatkowych informacji prosimy o kontakt z działem technicznym firmy Norgren Polska:

TEL.: +48 22 518 95 37

Instalacje Pneumatyczne: siłowniki, zawory zwrotne, w instalacjach wielozaworowych, w systemach oczyszczania, silniki powietrzne, narzędzia wysokoprędkościowe.

Aby zapewnić pełne smarowanie dróg przepływu powietrza, konieczne jest zastosowanie smarownicy mikromgłowej. (Rys. 2)

Rysk 2.



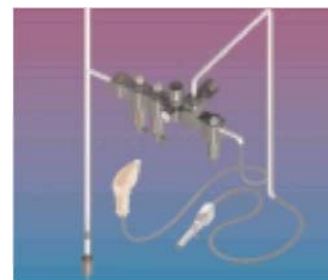
Zawór odcinający, filtraregulator, smarownica mikromgłowa, zawór wolnego napełniania i spustu, zawór nadmiarowy.

Proste Zastosowania: np.: maszyny, urządzenia OEM.

Często zdarza się, że w prostych urządzeniach, do pneumatycznych zaworów i obwodów wymagane jest powietrze smarowane, a inne do łożysk powietrznych - powietrze bez oleju. W celu obniżenia kosztów, konieczne jest zastosowanie dwóch oddzielnych linii i podłączenie ich do jednego źródła zasilania w sposób zaprezentowany poniżej.

Inne elementy, takie jak wyłączniki krańcowe czy zawory zwrotne mogą wchodzić w skład systemu modułowego. (Rys. 3)

Rysk 3.

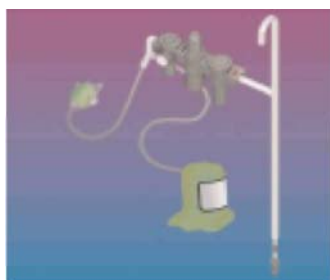


Zawór odcinający, reduktor z filtrem, filtr usuwania oleju, blok rozdzielający, smarownica mikromgłowa.

Powietrze do Oddychania: np.: osłony twarzy, mieszacze powietrza.

W przypadku typowych zastosowań zakłada się, że pobierane powietrze jest średniej jakości, bez zawartości CO lub CO₂. Czasami należy usunąć parę wodną. (Rys. 4)

Rys 4.



Zawór odcinający, filtr standardowy, filtr Ultraire, reduktor.

Smarowanie Wysokowydajne: np.: duże, wolno poruszające się siłowniki.

W tym przypadku do efektywnego smarowania wymagane są duże ilości smaru. Zawór wolnego napełniania i spustu - użycie jest zależne od zastosowania. (Rys. 6)

Rys 6

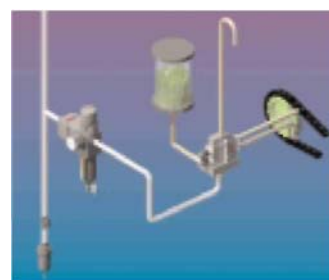


Zawór odcinający, reduktor z filtrem, smarownica mikromgłowa, zawór wolnego napełniania i spustu, zawór nadmiarowy.

Smarowanie Wtryskowe: np.: łańcuchy przenośnika, inne elementy

W tym przypadku nie jest dozwolone smarowanie mgłą, co spowodowane jest brakiem komory smarowej oraz możliwością zanieczyszczenia otoczenia. (Rys. 8)

Rys 8.

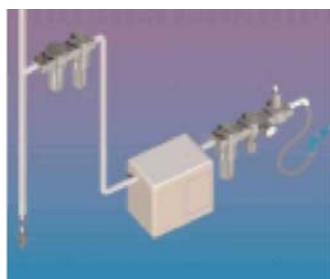


Zawór odcinający, reduktor z filtrem + smarownica wtryskowa.

Zastosowania Bez Oleju: np.: malowanie natryskowe, przemysł spożywczy, proszki.

W tym przypadku w obwodzie wykluczona jest obecność wody, a w wiele instalacji wymaga suszenia powietrza. W celu zapewnienia wysokiej wydajności pracy, element czynny osuszaczy wymaga ochrony przed olejem a system przepływu powietrza musi być zabezpieczony przed zanieczyszczeniami. Rysunek 5 – połączenie elementów systemu, czasami trzeba zastosować filtr usuwania oleju. (Rys. 5)

Rys. 5.



Zawór odcinający, filtr standardowy, filtr usuwania oleju, osuszacz, filtr usuwania oleju, reduktor, zawór nadmiarowy.

Kontrola - Ciśnienie Krytyczne np.: systemy strumieniowe, wskaźniki, kontrola procesu.

Poniżej przedstawiono typowy sposób połączenia, gdzie konieczne jest usunięcie oparów oleju, które mogą uniemożliwić szybką odpowiedź urządzeń instalacji. W zależności od wymaganej jakości powietrza, osuszacze mogą nie być potrzebne. (Rys. 7)

Rys. 7



Zawór odcinający, filtr standardowy, filtr usuwania oleju, osuszacz, filtr usuwania oleju, reduktor precyzyjny.

Procesy Ciągłe: np.: fabryki papieru, zakłady chemiczne.

Jedną z cech zespołu FRL Norgren Olympian Plus jest możliwość obsługi systemów podwójnych. Jest to bardzo wartościowe dla systemów, które nie mogą być odcięte, jak np. przy produkcji ciągłej. Do zespołu podłączone są równocześnie dwa identyczne zestawy urządzeń, które mogą być odłączone i konserwowane niezależnie od siebie. (Rys. 9)

Rys. 9.



System podwójny: zawór odcinający, reduktor z filtrem, smarownica, blok rozdzielający, filtr usuwania oleju oraz 2 x zawór odcinający z blokami rozgałęziającymi.

Sprężone powietrze jest gorące, wilgotne i brudne. Pierwszym krokiem w przygotowaniu powietrza jest odfiltrowanie zanieczyszczeń. Niniejszy rozdział poświęcony jest usuwaniu z powietrza wody, pary wodnej, cząstek materialnych oraz oleju.

WODA

Powietrze wydostające się z kompresora zawiera pewną ilość pary wodnej. Po jego ochłodzeniu para zamienia się w ciecz oraz parę.

Ilość pary wodnej, zawartej w powietrzu, jest wprost proporcjonalna do temperatury powietrza i odwrotnie proporcjonalna do ciśnienia.

Najwięcej cząstek wody obecnych jest przy najniższej temperaturze i największej wartości ciśnienia, w takim przypadku proces ich usuwania jest najbardziej wydajny.

W celu zapewnienia warunków optymalnych, niezbędne jest zamontowanie za kompresorem chłodnicy końcowej o odpowiedniej wydajności, dzięki której temperatura redukowana jest o wartość do 8°C w stosunku do temperatury na wejściu.

Wyływające powietrze powinno być poprowadzone rurociągiem do odbiornika o odpowiedniej wydajności, umieszczonego w najzimniejszym możliwym miejscu, zdecydowanie nie w pobliżu kompresora, co pozwala na dalsze chłodzenie powietrza czyli skroplenie pary wodnej.

W typowym przypadku wydajność obsługiwanego urządzenia jest około 30 razy większa niż jest w stanie zapewnić kompresor z ciśnieniem roboczym 7 bar, typowym dla większości instalacji przemysłowych. Jedną z takich instalacji przedstawia rysunek 10.

Dalsze chłodzenie przy przepływie powietrza może następować samoistnie. Instalacja powinna być rozmieszczona w ten sposób, aby kierunek przepływu powietrza w stosunku do siły grawitacji umożliwiał

przenoszenie cząstek wody do otworów spustowych. Należy unikać przepływu powietrza w kierunku dolnym, jeżeli nie znajduje się tam gałąź spustowa. Wszystkie punkty poboru powietrza, z wyjątkiem gałęzi spustowych, powinny mieć wyprowadzenie ku górze, co pozwoli uniknąć dostawania się wody do instalacji. Prawidłowy sposób dystrybucji powietrza przedstawia rysunek 1.

Jak już wspomniano, usuwanie wody jest najbardziej efektywne przy wysokim ciśnieniu, dlatego też w systemie rozprawdzania powietrza należy unikać zjawiska spadku ciśnienia, co jest równoznaczne ze stratą energii, a tym samym ze zwiększeniem kosztów generacji sprężonego powietrza. W instalacji należy unikać skomplikowanej drogi przepływu (bez zagięć) oraz nieodpowiedniego rozmiaru rur. Aby zapoznać się z danymi dotyczącymi strat tarciovych oraz zalecanych wartości przepływów, należy odnieść się do odpowiednich tabel na stronie 23.

Proces usuwania wody możliwy jest dzięki odwadniaczom, automatycznym, zaworom spustowym oraz, jak opisane jest to w dalszej części, dzięki filtrom. Przyrządy te umieszczone powinny być w miejscach, gdzie ilość gromadzonej wody jest na tyle duża, że możliwe jest jej usunięcie. (patrz rys. 11). Ze względu na możliwość chłodzenia powietrza podczas jego przepływu ze źródła, bardziej niż użycie dużego filtra zestawionego z urządzeniem, zalecana jest instalacja mniejszych filtrów lokalnych umieszczonych jak najbliżej obsługiwanego urządzenia. Należy pamiętać, że przy dużej ilości wody i przy wyższych ciśnieniach, filtry należy montować przed jakimikolwiek zaworami redukcyjnymi.

Zadaniem opisywanych filtrów jest usuwanie wody oraz zapewnienie niskiego spadku ciśnienia odpowiednio do danego przepływu (patrz str. 23). Filtry Norgren zapewniają wydajność wyższą nawet o 200% w stosunku do normalnych wymagań.

PARA WODNA

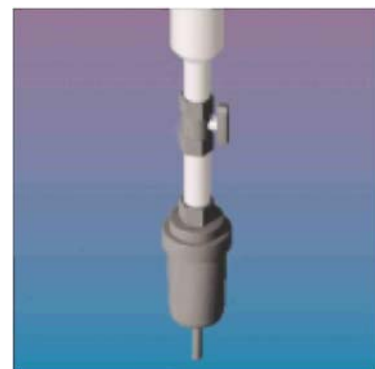
Filtr właściwie zamontowany, o odpowiednim rozmiarze bardzo skutecznie usuwa wodę, lecz nie zmniejszy zawartej w powietrzu pary wodnej. Skraplanie pary wodnej możliwe jest przez ochłodzenie przepływającego powietrza. Aby skutecznie usunąć wodę z powietrza, zawartość pary wodnej powinna być zmniejszona do tego stopnia, aby temperatura „punktu rosy” była niższa niż jakakolwiek temperatura, na której działanie jest wystawione powietrze.

Po oczyszczeniu sprężonego powietrza z cząstek wody, powietrze zostanie nasycone parą wodną. Konkretną wartość temperatury i ciśnienia, przy której zachodzą opisywane procesy określa się mianem ‘punktu rosy’.

Rys. 10 INSTALACJA KOMPRESORA



Rys. 11. ODWADNIACZ



Pomiary temperatury rosy przeprowadzane są przeważnie przy ciśnieniu atmosferycznym, ich związek z ciśnieniem rosy opisują odpowiednie tabele.

W celu usunięcia pary wodnej z instalacji, niezbędne jest zastosowanie osuszaczy powietrza. Wydajność tych urządzeń znacznie wzrasta, gdy nie są one zanieczyszczone olejem ani wodą (lub kombinacją - emulsje) oraz gdy osuszane przez nie powietrze ma jak najniższą temperaturę. Osuszacze są urządzeniami dodatkowymi i nie stanowią alternatywy dla filtrów czy chłodnic końcowych.

Osuszacze powietrza możemy podzielić na 3 podstawowe typy: chłodzące, adsorpcyjne oraz higroskopijne (zestawienie ogólnych danych dot. możliwości oraz kosztów zawierają odpowiednie tabele na str. 23)

a) W celu ograniczenia kosztów procesu osuszania, należy rozważyć następujące kwestie: Czy konkretny proces wymaga powietrza suchego i czy wydajność chłodnic końcowych, obsługiwanych urządzeń (odbiorników) lub filtrów jest wystarczająca?

b) Nie należy określać nadzwyczaj niskich punktów rosy jeżeli proces nie jest w stanie ich zagwarantować.

c) Zaleca się ograniczenie ilości osuszanego powietrza do minimum niezbędnego do aktualnego procesu, wraz z odpowiednim marginesem dla rozprężenia. Może okazać się, że tylko jeden obszar instalacji wymaga osuszacza.

d) Osuszacze stosowane są głównie w miejscach występowania wysokich temperatur otoczenia.

CZĄSTKI ZANIECZYSZCZEŃ

Niezależnie od typu używanego kompresora, w każdej instalacji sprężonego powietrza obecne są cząstki zanieczyszczeń np.: woda. Ich źródła mogą być różne:

a) Zanieczyszczone powietrze atmosferyczne dostające się przez otwór wlotowy.

b) Korozja elementów działania wody i słabych kwasów takich jak dwutlenek siarki, dostających się do kompresora.

c) Związki węglowe powstałe na skutek działania na olej ciepła wydzielanego przy kompresji lub poprzez normalne zużycie uszczelniających pierścieni węglowych używanych w niektórych typach kompresorów bezolejowych.

d) Cząstki pozostałe po montażu metalowych rur oraz komponentów systemu.

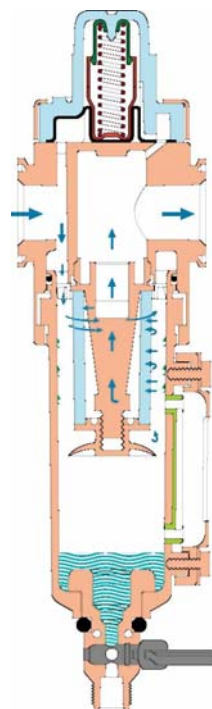
Rozmiar cząstek zanieczyszczeń jest różny, od kilkuset do nawet mniej niż jednego mikrona. Stopień filtracji zależy od poziomu czystości powietrza wymaganego dla danego procesu. Jeżeli to nie jest konieczne, odradza się stosowanie filtrów drobniejszych, gdyż dokładniejsza filtracja skutkuje gromadzeniem się większej ilości brudu w elementach filtra, a w konsekwencji jego szybsze zablokowanie.

Filtry dzielimy na 2 podstawowe grupy: zgrubne (40 mikronów i więcej) oraz dokładne. Dla większości zastosowań wystarczająca jest filtracja do 40 mikronów

Dla narzędzi pracujących z dużymi prędkościami lub wyposażenia kontroli procesów niezbędna jest filtracja dokładna w zakresie 10 -25 μm . Filtracja rzędu 10 μm i niżej stosowana jest przy ułożyskowaniach powietrznych oraz miniaturowych silnikach powietrznych.

Firma Norgren oferuje filtry standardowe o różnym stopniu ziarnistości. W przypadku niektórych zastosowań, takich jak np. malowanie natEkowe, przygotowanie powietrza do oddychania czy w przemyśle spożywczym, wymagana może być filtracja dokładniejsza, nawet poniżej

1 μm . Użycie filtrów standardowych w takich przypadkach jest niepożądane i konieczne jest wówczas stosowanie filtrów wysokowydajnych (filtry usuwania oleju/ koalescencyjne)



Rys 12. FILTR STANDARDOWY

Filtry standardowe mogą być nadal stosowane do filtracji pozwalają na usuwanie bardzo drobnych cząstek, lecz jeżeli ich zadaniem będzie usuwanie także cząstek większych, może nastąpić ich szybkie zatkanie.

Zablokowaniu mogą ulec wszystkie elementy filtrów. Akceptowalny stopień zatkania zależny jest od zastosowania oraz wymaganego zużycia energii. **Filtry standardowe mogą być czyszczone i regenerowane, lecz ze względu na wysokie koszty robocizny i niskie ceny części wymiennych, bardziej opłacalna jest wymiana elementów.** Dzięki ponownej instalacji możliwe jest zapewnienie minimalnej spadku ciśnienia, podczas gdy podczas oczyszczania filtra usuwanych jest zaledwie 70% zgromadzonych zanieczyszczeń. Elementy filtrów wysokowydajnych nie mogą być czyszczone i muszą zostać wymienione zanim zostaną zablokowane.

W normalnych warunkach pracy elementy filtrów standardowych wymieniane są gdy wartość spadku ciśnienia przekroczy 0,5 bar lub podczas corocznych rutynowej konserwacji. Okres wymiany może być ustalony także przez monitorowanie stanu filtrów przy pomocy wskaźnika serwisowego (rys. 14).

Filtry wysokowydajne lub ich elementy powinny być wymieniane przy wartości spadku ciśnienia większej niż 0,7 bar. Także i w tym przypadku często stosuje się tani wskaźnik serwisowy. Przyrząd ten posiada dwukolorową skalę, przeważnie zielono czerwoną. Wymiana elementów jest konieczna przed lub w momencie osiągnięcia pozycji krańcowej czerwonego pola. Firma Norgren posiada wskaźniki serwisowe lektryczne, umożliwiające sygnalizację zdalną. W celu uniknięcia 'sytuacji ostatniej szansy' zaleca się stworzenie harmonogramu konserwacji. W przypadku niektórych zastosowań, dopuszcza się tylko niewielkie spadki ciśnienia i zwiększenie wartości tej skutkuje znacznym wzrostem kosztów energii, szczególnie jeżeli zaniki te występują w pobliżu punktu

generacji dużych ilości sprężonego powietrza.

OLEJ

Podstawowym źródłem oleju zanieczyszczającego sprężone powietrze jest kompresor. Kompresor o wydajności 50 dm³/s może wdrożyć do instalacji nawet 0,16 litra oleju tygodniowo.

Olej używany jest do smarowania kompresora, lecz jeżeli wydostaje się on wraz ze sprężonym powietrzem, staje się całkowicie bezużyteczny. Poddawany wysokim temperaturom, podczas kompresji powietrza, zostaje utleniany lub staje się kwasem, więc substancją bardziej żrącą niż smarującą. W takich przypadkach konieczna jest jego wymiana.

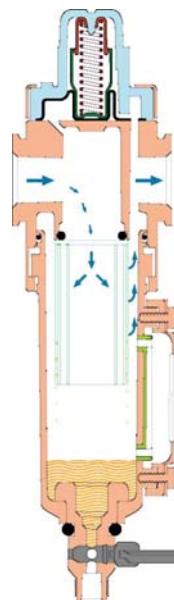
Do oczyszczania powietrza do zastosowań dla większości narzędzi i siłowników pneumatycznych użyte mogą zostać normalne filtry powietrzne, a przy niektórych procesach niezbędne jest całkowite pozbycie się cząstek oleju.

Jedynym rozwiązaniem w takim przypadku jest zastosowanie kompresora bezolejowego. Urządzenia tego typu produkują powietrze nadal zanieczyszczone brudem oraz wodą i czasem bardziej ekonomiczne jest użycie kompresorów olejowych w połączeniu z chłodnicami oraz filtrami standardowymi. Jeżeli wymagane jest powietrze oczyszczone z oleju, w poszczególnych punktach systemu mogą być stosowane wyłącznie wysokowydajne filtry usuwania oleju. W celu ograniczenia ilości powietrza wymagającego specjalnego przygotowania do niezbędnego minimum, zaleca się zastępowanie dużych filtrów, obejmujących całą instalację, mniejszymi filtrami specjalistycznymi, montowanymi w poszczególnych częściach obwodu.

Olej może występować w systemach sprężonego powietrza w trzech postaciach: emulsji olejowo - wodnych, aerozoli (małe cząstki zawieszone w powietrzu) oraz oparów olejowych.

Usunięcie emulsji możliwe jest dzięki filtrom standardowym, lecz o tym potem, gdyż następnym interesującym nas zagadnieniem są aerozole.

Rys. 13.
FILTR KOALESCENCYJNY 'PURAIRE'



Rys. 14.
WSKAŹNIK SERWISOWY FILTRA



AEROZOLE OLEJOWE

Ta szczególna postać oleju, występując w strumieniu powietrza, jest najbardziej kłopotliwa przy rozmiarach od 0,01 do 1 mikrona (około 90%). Pozostałe cząstki mogą być nieznacznie większe.

Większość filtrów standardowych pozwala na usunięcie wody przez wykorzystanie siły odśrodkowej, lecz w przypadku aerozoli, ze względu na małe rozmiary drobin oleju, nie jest to możliwe i konieczne jest stosowanie specjalnych filtrów koalescencyjnych.

Ponadto usuwaniu kropeł oleju przez filtry te towarzyszy także proces filtracji wody. Należy jednak pamiętać, iż niezbędne jest zabezpieczenie ich przed dużymi kroplami oraz cząstkami brudu przez wcześniejsze zamocowanie filtrów standardowych (rys. 15). Filtry koalescencyjne stosowane powinny być do usuwania zanieczyszczeń do 5 mikronów (lub mniej), gdyż w przeciwnym razie może to prowadzić do szybkiego zatkania i zablokowania filtra, stwarzając konieczność wymiany jego elementów.

Dla każdego filtra istnieje znamionowa ilość powietrza, którą jest w stanie obsłużyć osiągając przy tym pewną określoną wydajność usuwania oleju; rozmiar cząstek pozostałych w powietrzu na wyjściu wynosi około 0,01 mg/m³ (lub 0,01 ppm). Przy próbie przekroczenia wartości dopuszczalnych, skutkuje to nie tylko wzrostem spadku ciśnienia w zespole, lecz także powstaniem dodatkowych kosztów oraz, co ważniejsze, zwiększeniem pozostałości oleju w powietrzu. Jest to akceptowalne dla systemów szczególnie skłonnych do zanieczyszczenia powietrza olejem. Tam wystarczająca jest filtracja rzędu 5 mg/m³.

OPARY OLEJOWE

Dla większości procesów usuwanie oparów olejowych jest tak samo istotne jak pozbywanie się pary wodnej. Opary olejowe występują w ilościach śladowych i ich obecność nie jest groźna. Istnieje oczywiście kilka przypadków szczególnych jak np. przemysł spożywczy, farmaceutyczny czy przygotowanie powietrza oddechowego.

Najbardziej popularną metodą usuwania oparów tych jest przepuszczenie powietrza przez złożę adsorbcyjne, przeważnie węgla aktywnego lub innych materiałów o podobnych właściwościach.

Filtry adsorbcyjne, w połączeniu z filtracją wstępną (filtry standardowe) i filrami koalescencyjnymi, pozwalają na oczyszczenie powietrza do zawartości oleju na poziomie 0,003mg/m³.

Niekiedy uważa się, że filtry te usuwają tlenki i dwutlenki węgla - jest to stwierdzenie jak najbardziej błędne.

Jeżeli stosowane są filtry koalescencyjne, filtry usuwające parę wodną używane powinny być tylko, jeżeli jest to naprawdę konieczne, maksymalny przepływ nie został przekroczony oraz poprzedzone zostały filrami standardowymi i koalescencyjnymi. Takie postępowanie umożliwia zminimalizowanie rozmiaru wymaganych filtrów oraz kosztów instalacji.

Firma Norgren oferuje gotowy zestaw Olympian Plus, zawierający zintegrowane filtry koalescencyjne oraz usuwania pary wodnej.

W skład wyposażenia

standardowego wchodzi również wskaźnik serwisowy.

Na poziom wymaganej filtracji znaczący wpływ ma także położenie kompresora (jeżeli na przykład wlot powietrza znajduje się niedaleko źródła oparów węglowodoru itd.). Pobór czystego powietrza pozwala zredukować koszty produkcji wysokiej klasy powietrza sprężonego.

Rys. 15.
FILTR USUWANIA OLEJU
Z FILTREM STANDARDOWYM



WYBÓR FILTRA

Gdy wszelkie możliwe źródła zanieczyszczeń zostaną określone, możemy oznaczyć poziom czystości powietrza wymaganego dla każdej z części instalacji lub procesu. **Przez zastosowanie odpowiednich filtrów we właściwych miejscach koszt eksploatacji może być ograniczony do minimum.** Przy określaniu ilości powietrza niezbędnej dla każdego z obszarów, należy zawsze uwzględnić pewien naddatek.

Podstawową przyczyną wysokich kosztów jest przeważnie użycie niewłaściwego sposobu filtracji.

Zestawienie wymagań dot. poziomów czystości powietrza w różnych zastosowaniach pokazuje rys. 16. Pomimo podanych zaleceń, każdy z przypadków powinien zostać poddany dokładniejszej analizie.

Sformułowanie zaleceń odnośnie osuszania powietrza jest szczególnie trudne ze względu na kilak czynników np.: np. temperatura, główne zastosowanie, poziom spadku ciśnienia oraz przepływ powietrza.

Dla systemów prawidłowo rozmieszczonych, w krajach o niskiej lub średniej wilgotności względnej oraz średnich temperaturach otoczenia, osuszanie jest rzadko wymagane.

Przy wyborze filtra powietrza należy upewnić się że:

- Wybrany typ filtra i parametry używanych elementów są odpowiednie do konkretnego zastosowania.
- Wydajność usuwania oleju jest wysoka i niemożliwe ponowne jego dostanie się do instalacji.
- Zapewniona jest łatwość konserwacji oraz zbierania skroplin.
- Możliwa jest łatwa obserwacja poziomu skroplin i kontrola konieczności przeprowadzenia konserwacji zespołu.

Przy określaniu wymagań dot. usuwania wody oraz innych zanieczyszczeń, pomocny może być rys. 17, przedstawiający Klasy Czystości Powietrza wg ISO 8573.

Rys. 16

Zalecane stopnie filtracji.

Zastosowanie	Typowe Klasy Czystości	
	Olej	Brud
Ruch powietrza	1	3
Łożyskowanie powietrzne	2	2
Pomiary	2	2
Silniki powietrzne	4	4
Maszyzny do cegieł i szkła	5	4
Czyszczenie części maszyn	3	4
Konstrukcja	4	5
Przenoszenie, produkty granulowane	2	4
Przenoszenie, produkty proszkowe	1	3
Systemy strumieniowe, obwody zasilania	2	5
Systemy strumieniowe, czujniki	2	3
Maszyzny odlewnicze	4	5
Jedzenie i napoje	1	1
Narzędzia pneumatyczne obsługiwane ręcznie	5	5
Obrabiarki	5	4
Górnictwo	5	5
Przemysł mikroelektroniczny	1	1
Pakowarki i maszyny włókiennicze	5	3
Obróbka błony fotograficznej	1	2
Siłowniki pneumatyczne	3	5
Narzędzia pneumatyczne	5	4
Narzędzia pneumatyczne (duże prędkości)	4	3
Systemy sterowania procesami	2	3
Malowanie natryskowe	1	1
Piaskowanie	4	5
Spawarki	5	5
Zastosowania ogólne	5	4

Rys. 17.

Klasy czystości powietrza ISO 8573

Klasy Czystości	Rozmiar cząstek kurzu w mikronach	Punkt rosy °C przy 7 bar	Olej (w tym para) mg/m ³
1	0,1	-70 (0,3)	0,01
2	1	-40 (16)	0,1
3	5	-20 (128)	1
4	15	+3 (940)	5
5	40	+7 (1 240)	25
6	—	+10 (1 500)	—

W celu uzyskania jak największej wydajności sprężonego powietrza, należy zredukować wartość jego ciśnienia do minimalnego poziomu wymaganego.

Wszystkie urządzenia pneumatyczne charakteryzuje pewna optymalna wartość ciśnienia roboczego. Praca przy ciśnieniach wyższych skutkuje brakiem znaczących efektów na wyjściu przy zwiększonym zużyciu oraz związanym z tym wzrostem kosztów generacji. Jeżeli wysokie ciśnienie towarzyszy tylko przechowywaniu powietrza, a używane jest przy wartościach niższych odpowiednich do konkretnego zastosowania, należy pamiętać, że zwiększenie efektywności działania uzyskuje się przez całkowite napełnienie zbiornika magazynującego powietrze. W celu osiągnięcia optymalnego poziomu zużycia, kompresor pracuje przeważnie przy dwóch poziomach ciśnień.

Z tego względu urządzenia pneumatyczne wyposażane są w przełącznik ciśnienia, umożliwiający ustawienie wartości ciśnienia przechowywania oraz wartości niższej o około 10-20%. Ustawienie wartości optymalnej możliwe jest po uwzględnieniu rozmiaru odbiornika, poziomu wyjściowego oraz przepływu. Zastosowanie takiego rozwiązania skutkuje przerywaną pracą kompresora, nadmiernym poborem energii, większą produkcją ciepła, co jest przyczyną zwiększenia zawartości koniecznej do usunięcia wody (dodatkowe koszty). Ponadto praca przy zbyt dużym ciśnieniu powoduje szybsze zużycie elementów (dodatkowe koszty) przy braku lepszych efektów na wyjściu.

Koszty można ograniczyć w znaczny sposób przez użycie zaworu redukcyjnego, którego zakup zwróci się bardzo szybko. Jego użycie niezbędne jest także w przypadku zastosowań, gdzie powietrze pod wysokim ciśnieniem może być szczególnie niebezpieczne, np. pistolety pneumatyczne czy dysze chłodzące.

Zawory redukcji ciśnienia oraz reduktory opisuje się podstawowymi parametrami, których znajomość jest niezbędna przy wyborze właściwego

rozwiązania. Opisują one zdolności utrzymania stałego poziomu ciśnienia na wyjściu niezależnie od stanu na wejściu (charakterystyki regulacji) oraz od wartości przepływu na wyjściu (charakterystyki przepływu). Istnieją pewne parametry idealne, przy których możliwe jest uzyskanie maksymalnej wydajności. Uwzględnienie tych dwóch podstawowych wykresów pozwala na wybór rozwiązania odpowiedniego dla konkretnego zastosowania, a przez to także redukcję kosztów i uzyskanie maksymalnej wydajności.

Skutkiem dobrania złych parametrów regulacji są zmiany ciśnienia wyjściowego mimo stałej wartości na wejściu, co jest źródłem wielu problemów.

Zły dobór charakterystyki przepływowej skutkuje spadkiem ciśnienia i bezpośrednio odbija się na kosztach energii. Każdy z reduktorów charakteryzuje się pewnym spadkiem ciśnienia i przy projektowaniu wydajnego systemu bardzo ważne jest, aby brać tę cechę pod uwagę.

Bardzo duże zmniejszenie kosztów uzyskać można przez użycie zaworu redukcyjnego w przypadku siłowników podwójnego działania, gdzie podczas ruchu powrotnego możliwe jest znaczne zmniejszenie ciśnienia. Pozwoli to na oszczędność nawet rzędu 30%. Zagadnienie to jest szczególnie ważne w przypadku instalacji z wieloma siłownikami.

Wszystkie reduktory ciśnienia mają jedną wspólną cechę. Aby zapewnić prawidłową pracę w określonym zakresie, ciśnienie zasilania musi być co najmniej o 1 bar wyższe niż wymagane ciśnienie na wyjściu. W przypadku tego typu rozwiązań, wzrost wydajności jest widoczny.

TYPY REDUKTORÓW

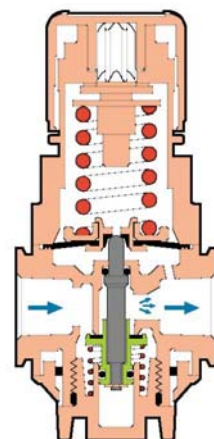
Firma Norgren jest producentem 4 rodzajów reduktorów: Standardowych, Sterowanych Pilotem, Precyzyjnych, Specjalnych

Zdecydowana większość reduktorów standardowych są to reduktory membranowe (rys. 18). Urządzenia te są bardziej wrażliwe niż reduktory tłokowe, przez co uzyskuje się większą zdolność przepływu dla danego rozmiaru. W większości systemów sprężonego powietrza, parametrem zdecydowanie ważniejszym niż zwarta budowa, jest odpowiedź układu. To uzasadnia celowość użycia reduktorów membranowych, które są najpopularniejsze.

Istnieją dwa rodzaje reduktorów: odciążone i nieodciążone. Odciążenie pozwala na zmianę ciśnienia z poziomu wyższego na niższy bez urządzeń dodatkowych (dzięki istnieniu otworu odpowietrzającego w membranie). Otwór odpowietrzający jest bardzo mały w stosunku do głównych portów reduktora, przez co nie może być traktowany jako nadmiarowy zabezpieczający system.

W przypadku wersji bez odciążenia, reduktor nie ma bezpośredniego połączenia z powietrzem atmosferycznym i zmniejszenie ciśnienia jest możliwe tylko przez zastosowanie pracującego cyklicznie wyposażenia dodatkowego lub zaworu odcinającego 3/2 umożliwiającego odprowadzenie nadmiaru powietrza z systemu.

Rys. 18. REDUKTOR STANDARDOWY



W przypadku reduktorów sterowanych pilotem, nie ma możliwości mechanicznego ustawienia ciśnienia wyjściowego. W ten sposób wyeliminowany został problem z osiągnięciem wysokich wartości ciśnień (16+ bar) przy pomocy dźwigni w dużych rurach. Ciśnienie na wylocie sterowane jest sygnałem ciśnienia powietrza (rys. 19) podawanego przez reduktor precyzyjny.

Pozwala to na oddalenie reduktora pilotowanego od źródła i sterowanie ciśnieniem wyjściowym np. z poziomu warsztatu przy umieszczeniu instalacji na dachu budynku.

W większości przypadków sterowania zdalnego, wartość ciśnienia systemu lub wyjściowego odczytywana powinna być z poziomu reduktora sterowanego (często zwanego też 'slave'), ponieważ ciśnienie wyjściowe reduktora pilotującego nie jest przeważnie takie samo.

W reduktorach sterowanych pilotem wyeliminowano sprężynę, a powierzchnia użytej membrany jest duża w porównaniu do powierzchni zaworu. Pozwala to na lepszą pracę i dokładność kontroli ciśnienia przy odpowiedzi na małe zmiany ciśnienia.

Inny stopień kontroli dokładności osiągnięty może być przez użycie reduktora pilotowego ze sprzężeniem zwrotnym. W takim przypadku sygnał ciśnienia wyjściowego w systemie

podawany jest z powrotem do reduktora pilotowego, gdzie aktualna wartość porównywana jest w wartości oczekiwaną i układ odpowiednio zmniejszając lub zwiększając ciśnienie kompensuje różnicę między tymi wartościami. Ten typ sterowania stosowany jest przeważnie w przypadku procesów ciągłych, gdzie wymagany jest stały duży przepływ.

Reduktory precyzyjne używane są wszędzie tam, gdzie wymagana jest duża powtarzalność i brak dryfu ustawień ciśnienia wyjściowego. Reduktory te posiadają mały zakres wartości przepływów na wyjściu, ale nadrabiają za to pierwszorzędnymi parametrami przepływu oraz regulacji, co z kolei odbija się pozytywnie na rozmiarze i cenie.

Większość reduktorów precyzyjnych rozmieszcza się w specjalny sposób, umożliwiając ciągły wypływ powietrza do atmosfery. Koszty związane z wyciekami powietrza są ceną, jaką trzeba zapłacić za niezwykle szybkie działanie i utrzymanie wartości ciśnienia w układzie na stałym poziomie. Najlepsze wersje reduktorów precyzyjnych wykorzystuje w swoim działaniu zintegrowany system pilotujący, dwie membrany oraz zawory, mały i czuły oraz zawór podrzędny, umożliwiające spełnienie wymagań dotyczących konkretnego zastosowania.

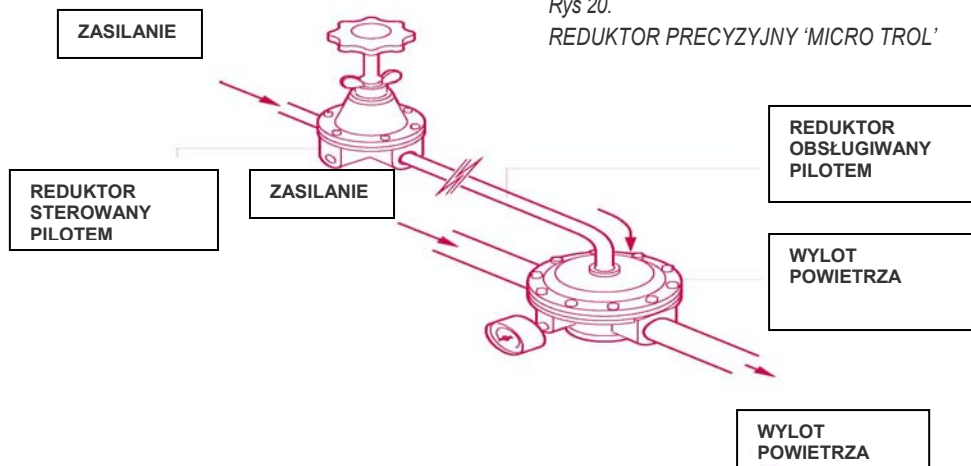
Inną cechą reduktorów precyzyjnych jest ich przepustowość nadmiarowa. Niektóre z nich zdolne są do upustu do 80-90% redukowanego przepływu w przypadku zastosowań specjalnych takich jak naciąganie pasków, czy zwijanie papieru. (Rys. 20)

Reduktory specjalnego przeznaczenia mogą spełnić szereg specyficznych wymagań takich jak: zastosowanie materiałów odpowiednich do konkretnego środowiska pracy, duże wartości upustu, zastąpienie kółek ręcznych tłokami itd. Mogą być one pochodnymi innych typów reduktorów połączonych ze specjalnym dodatkowym oprzyrządowaniem.

Rys. 19.
INSTALACJA TYPOWEGO REDUKTORA
STEROWANEGO PILOTEM



Rys 20.
REDUKTOR PRECYZYJNY 'MICRO TROL'



WYBÓR REDUKTORA

Należy upewnić się, czy wybrany reduktor w pełni odpowiada stawianym dla danego zastosowania wymaganiom. Ciśnienie w instalacji kontrolowane jest przeważnie przy użyciu reduktora standardowego, w przypadku wymaganych większych przepływów może być to reduktor sterowany pilotem.

Należy ocenić, czy stawianym wymaganiom sprosta reduktor standardowy, czy też konieczne jest użycie reduktora precyzyjnego. Kolejnym krokiem powinno być oszacowanie, czy zdolność przepływu reduktora jest wystarczająca dla rozmiaru używanych rur oraz sprawdzenie charakterystyk przepływowych. Wartości przepływu Reduktorów Standardowych Norgren - jeżeli ciśnienie wejściowe nie ulega zmianom, charakterystyka regulacji w takim przypadku nie jest istotna, ważna natomiast jest charakterystyka przepływu.

Do większości reduktorów oferowany jest szeroki zakres dostępnych sprężyn. Optymalne użycie reduktora zapewnia praca w środku jego zakresu. Przy wartościach niższych, zmniejsza się czułość sprężyny, w przypadku wartości wyższych może występować pewna nieliniowość. Sprężyna powinna zostać dobrana tak, aby możliwe było jak najlepsze spełnienie stawianych dla danego systemu wymagań, np. sprężyny o małym skoku pozwalają zredukować spadek ciśnienia.

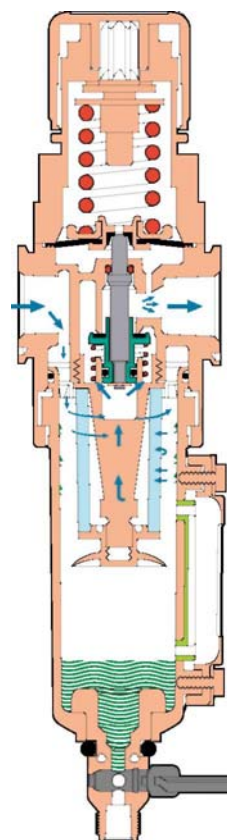
Jeżeli wymagane jest użycie reduktora precyzyjnego, przy wyborze uwzględnić trzeba stopień czułości, przepływ i charakterystyki regulacji oraz, jeżeli wymagane, zdolność upustu oraz czułość temperaturową. Należy wybierać tylko reduktory właściwe dla konkretnego zastosowania. Niekiedy może okazać się, że wymaganiom naszym sprosta reduktor standardowy, który w porównaniu z reduktorem precyzyjnym, pozwoli na zmniejszenie kosztów instalacji oraz uzyskanie większej efektywności ekonomicznej.

REDUKTORY Z FILTREM

Reduktory wyposażone w filtr pozwalają na oczyszczanie powietrza przy jednoczesnej kontroli jego ciśnienia. W przypadku zastosowań standardowych są rozwiązaniem znacznie tańszym niż wykorzystanie dwóch oddzielnych zespołów.

Dostępne modele specjalne tych reduktorów umożliwiają także filtrację dokładną lub nawet usuwanie oleju przy precyzyjnych charakterystykach regulacji.

Rys. 21
REDUKTOR STANDARDOWY Z
FILTREM



Rys. 22
ALUMINIOWA WERSJA
REDUKTORA Z FILTREM



Kolejnym bardzo ważnym krokiem w procesie przygotowania sprężonego powietrza jest wprowadzenie do instalacji odpowiedniej ilości smaru, najczęściej oleju, umożliwiającego eksploatację urządzeń przy zapewnieniu wymaganej wydajności bez dodatkowych oporów i nadmiernego zużycia. Zbyt duże opory ruchu mają znaczący wpływ na pobór energii, nadmierne zużycie natomiast skutkuje zmniejszeniem żywotności sprzętu. W obydwu przypadkach prowadzi to do zwiększenia kosztów.

Istnieją dwa podstawowe sposoby smarowania: przez rozpylanie oraz przy użyciu pompy wtryskowej.

Pierwsze niezawodne urządzenie służące do automatycznego smarowania linii powietrznych przez rozpylanie wynalezione zostało przez firmę Norgren w 1927 roku.

Dostępne są dwa główne typy smarownic rozpylających: Mgłowa oraz Mikromgłowa. Mgła produkowana w smarownicy mgłowej składa się z cząstek oleju względnie dużych, które przenoszone mogą być na niewielkie dystanse. Zgodnie z 'regułą kciuka', maksymalna odległość od obsługiwanego urządzenia, na jakiej powinna być zainstalowana smarownica mgłowa, wynosi 9 metrów. Na większe cząstki działają większe siły grawitacji, dlatego też smarownice tego typu nie powinny być stosowane jeżeli celowe jest smarowanie urządzeń znajdujących się na poziomie wyższym niż smarownica.

Smarownica mikromgłowa wykorzystuje specjalny generator mgły, rozpylający tylko część oleju.

Ponieważ przenoszona mgła składa się tylko z drobnych cząstek, mniejszych niż około 2 mikrony, grawitacja nie ma tutaj większego znaczenia, skutkiem czego mgła przemieszcza się nie tylko na długie dystanse ale także w górę i po skomplikowanych

drogach bez osadzania się w rurach. Mikromgła zapewnia również równomierny podział oleju między wszystkie otwory wylotowe, jest idealna w obwodach sterowanych wieloma zaworami.

Porównanie obu typów może prowadzić do prostego ich podziału na smarownice o dużej (mgłowe) lub małej (mikromgłowe) dostawie oleju. Dla smarowania mgłowego do instalacji wprowadzane są wszystkie zawarte w zbiorniku krople oleju, w przypadku mikromgły wykorzystywanych jest około 5% do 10% wszystkich kropli. Z tego powodu mikromgła powinna być stosowana tam, gdzie dla stosunkowo dużych obszarów wymagane są małe ilości smaru. Smarowanie mgłowe wykorzystywane może być w większości zastosowań standardowych.

Zarówno smarownice mgłowe jak i mikromgłowe wyposażone są w zawór zwrotny umieszczony w rurze zbiornika, dzięki czemu smarowanie następuje natychmiast po włączeniu przepływu powietrza. Dla niektórych systemów, przy bardzo szybkim obiegu powietrza lub dla siłowników o małym skoku, niekiedy nie jest możliwe poprawne smarowanie przy użyciu konwencjonalnych smarownic. W takich przypadkach niezbędne są pewne modyfikacje np.: przez użycie zaworów szybkiego wydmuchu lub smarownicy dwukierunkowej.

Smarowanie wtryskowe następuje przy pomocy pompy wyporowej. Ze względów konstrukcyjnych, urządzenie to nie jest w stanie dostarczać smaru w sposób ciągły i jest stosowane w miejscach, gdzie powietrze nie dociera ze względu na geometrię. Pompa wtryskowa dostarcza do określonego punktu taką samą ilość smaru w sposób cykliczny. Ten typ smarownicy jest często używany w łańcuchach przenośników, gdzie zastosowanie jej pozwala uniknąć

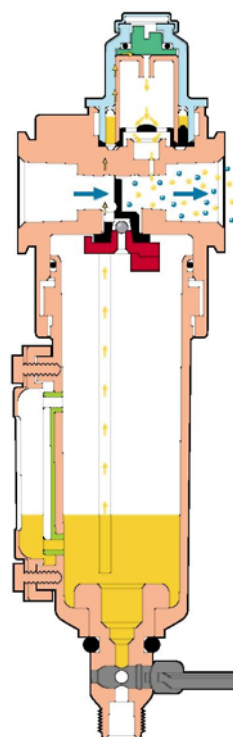
problemów związanych z instalacją oraz regulacją smarownic konwencjonalnych.

Istnieje możliwość połączenia kilku pomp, które umieszczone w różnych punktach, dostarczać mogą smar z taką samą częstotliwością. Niezależnie od typu użytej smarownicy, należy zawsze pamiętać, że we wszystkich przypadkach smarowanie następuje w sposób dopływowy, gdzie dozowany smar osiąga powierzchnię docelową i rozpada się na mniejsze cząstki, po czym zanika podczas normalnego cyklu pracy systemu.

Ze względu na różnorodność systemów, określenie ilości oleju, jaka powinna zostać dostarczona do instalacji pneumatycznych jest nadzwyczaj trudne. Urządzenia pneumatyczne występujące w systemie mogą wymagać różnych ilości smaru i powinny być smarowane według zaleceń ich producenta.

Dla większości przypadków dobrym rozwiązaniem na początek jest stosowanie oleju o gęstości 60 mg/m³. Optymalna ilość smaru określona może zostać metodą prób i błędów przez zwiększanie lub zmniejszanie jego dawek podczas regularnych inspekcji.

Rys. 23
SMAROWNICA MGŁOWA



NAPEŁNIANIE ZBIORNIKÓW SMAROWNIC

Podczas normalnego użytkowania, zbiornik każdej ze smarownic wymaga napełnienia. Zdecydowana większość smarownic mgłowych wyposażona jest w zawór zwrotny, pozwalający na uzupełnienie smaru podczas użytkowania. Z kolei smarownice mikromgłowe posiadają szybkozłączce i napełniane są smarem, dostarczany pod ciśnieniem o około 1 bar wyższym niż ciśnienie w zbiorniku.

Istnieje także możliwość napełniania automatycznego, służą do tego urządzenia do zdalnego napełniania. Przyrządy te mogą być używane do napełniania kilku zbiorników z jednej pozycji centralnej.

Innym sposobem na ułatwienie napełniania oraz zabezpieczenia przed pracą 'na sucho', jest zainstalowanie kontrolera poziomu cieczy. Urządzenie to jest przełącznikiem przepływowym, który wysyła sygnał elektryczny informujący o niskim lub wysokim poziomie cieczy. Informacje te przekazywane mogą być do systemu sterowania, dzięki czemu wiadomo kiedy zbiornik ma zostać napełniany lub nie.

Istnienie sygnału o stanie wysokim może na samym początku wydać się trochę dziwne, lecz należy pamiętać, iż przepełnienie zbiornika nie tylko uniemożliwi prawidłową pracę smarownicy, ale spowoduje dostanie się substancji smarowej do instalacji.

WYBÓR SMAROWNICY

Należy określić, które elementy systemu wymagają smarowania (istnieją obszary zastosowań, gdzie olej nie jest pożądany, np. dla malowania natryskowego).

Konieczne jest także sprecyzowanie typu wymaganego smarowania dla każdej części systemu. Wolno poruszające się ciężkie siłowniki wymagają dużych ilości smaru, więc celowe będzie użycie w tym przypadku smarownicy mgłowej.

W przypadku długich rur, w obwodach wielozaworowych, odpowiednią wydajność pozwala zapewnić smarownica mikromgłowa (lub kilka smarownic mgłowych).. Nie należy używać jednej smarownicy do smarowania wszystkich elementów systemu, gdyż każdy element wymaga innej ilości smaru. Właściwym rozwiązaniem jest użycie kilku smarownic, umieszczonych w odpowiednich miejscach i dostarczających odpowiednią ilość smaru do konkretnego miejsca.

Smarownice powinny być stosowane zawsze zgodnie z ich przeznaczeniem, np. w ułożyskownikach - mikromgłowa.

Należy sprawdzić, czy zdolność przepływu wybranej smarownicy spełnia stawiane wymagania bez nadmiernego spadku ciśnienia.

Do poprawnego funkcjonowania smarownic niezbędne jest zapewnienie minimalnego spadku ciśnienia, który to związany jest z wartością przepływu. Jeżeli warunek ten nie zostanie spełniony, na wyjściu smarownicy nie pojawi się olej. **Bardzo ważne jest, aby zdać sobie sprawę z tego jak ważnym problemem są wycieki powietrza. Stanowią one bezpośrednie źródło strat energii oraz uniemożliwiają utrzymanie stałej wartości przepływu w systemie.** Jeżeli używana jest smarownica z bardzo nisko położonym punktem początkowym, nawet mały wyciek może spowodować przekroczenie tego punktu i dostanie się oleju do instalacji. Jest to częsta przyczyna zalanía systemu w czasie jego wyłączenia..

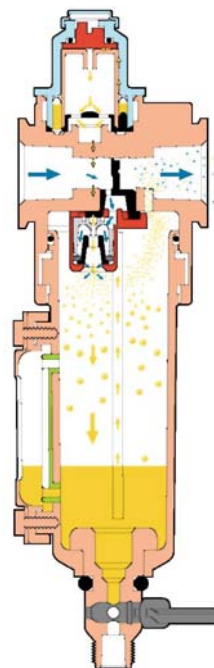
Jeżeli smarownica używana jest w sposób ciągły, należy użyć modelu z odpowiednią pojemnością zbiornika. Dla jednostek o rozmiarze rury $\geq 1/2"$, dostępnych jest przeważnie kilka różnych pojemności zbiorników. Jeżeli, np. ze względu na niewystarczającą ilość miejsca lub duży stopień poboru oleju, nie jest możliwe użycie odpowiedniego zbiornika, należy wykorzystać systemy automatycznego napełniania lub przełączniki poziomu cieczy.

W przypadku bardzo dużych wartości przepływów należy użyć smarownicy ze zwężeniem Venturiego. Ponieważ urządzenia standardowe nie pozwalają na automatyczne utrzymanie stałej gęstości powietrza/oleju, bardzo ważne jest, aby utrzymany został stały poziom przepływu. Pozwoli to na uniknięcie, nadmiernego spadku ciśnienia oraz na ograniczenie zużycia energii.

Dla wyjątkowo dużych wartości przepływów, tam, gdzie zbyt kosztowne (ze względu na cenę oraz spadek ciśnienia) może okazać się użycie jednej dużej smarownicy, możliwe jest zastosowanie wielu małych smarownic, dostarczających do instalacji małe ilości smaru.

Rys 24.

SMAROWNICA MIKROMGŁOWA



Bezpieczeństwo miejsca pracy jest jednym z najważniejszych zagadnień i w szerokim zakresie omówione zostało w dyrektywach dotyczących urządzeń mechanicznych, przepisach dotyczących systemów pneumatycznych oraz przepisach dotyczących użytkowania sprzętu roboczego.

Niniejszy rozdział może być pomocny dla projektantów maszyn oraz użytkowników systemów pneumatycznych i zawiera opis produktów, których prawidłowe użycie pozwala na zapewnienie bezpieczeństwa użytkownika instalacji pneumatycznych.

ZABEZPIECZENIE PRZED NADCIŚNIENIEM

Komponenty używane w systemach pneumatycznych bardzo często posiadają pewną wartość ciśnienia roboczego, która jest niższa niż dla powietrza generowanego przez kompresor. W celu zwiększenia wydajności stosuje się reduktory ciśnienia. W przypadku awarii, komponenty mogą być narażone na działanie nadmiernej wartości ciśnienia, co może prowadzić do zatrzymania działania lub w najgorszym przypadku do uszkodzenia zbiornika powietrza.

Ochronę przed nadciśnieniem zapewnić może kilka rozwiązań, z których jednym z najpopularniejszych jest zawór nadmiarowy. Wybór zaworu nadmiarowego nie jest prosty, ponieważ konieczna jest do tego szczegółowa analiza systemów i jego elementów.

Uogólniając, wszystkie pneumatyczne produkty i urządzenia charakteryzuje pewna bezpieczna wartość ciśnienia roboczego (SWP – ang. Safe Working Pressure) z granicą nadciśnienia równą 10%. Aby zapewnić pracę systemu z ciśnieniem niższym, projektant systemu pneumatycznego wykorzystać może reduktory, a także, przyjmując współczynnik bezpieczeństwa równy 10%, użyć zaworu nadmiarowego.

Na wyjściu zaworu nadmiarowego, połączonym z systemem

utrzymywana jest stała wartość ciśnienia. Ten stały poziom powinien znajdować się w dopuszczalnej granicy SWP + 10%.

Zawory nadmiarowe powinny być używane tylko w przypadku przekroczenia ciśnienia zredukowanego i powinny być ustawione na wartość wyższą niż reduktor. Istnieje pewna tolerancja związana z ustawieniem zaworu nadmiarowego w stosunku do wyjścia reduktora, która zależna jest od przepływu oraz przebiegu charakterystyk regulacji. Popularnym problemem jest ustawienie ciśnienia nadmiarowego zbyt blisko wartości ciśnienia roboczego. Konsekwencją tego jest praca zaworu i odpowietrzanie systemu w czasie normalnej pracy, co wiąże się ze znacznymi stratami.

Kolejnym ważnym zagadnieniem, które należy rozważyć jest zdolność przepływu. Zawór nadmiarowy musi być w stanie pracować przy przepływie równym lub większym niż przepływ w chronionej części systemu, uniemożliwiając przy tym wzrost ciśnienia powyżej dozwolonej wartości.

Istnieje kilka sposobów na osiągnięcie tego. Przyrządy nadmiarowe charakteryzuje zdolność przepływu większa niż przepływ powietrza dostarczanego z kompresora, tzn. przepływ na wyjściu jest większy niż na wejściu. Otwory o małych średnicach służą do ograniczenia przepływu i przy zwiększaniu ciśnienia zasilania, powietrze będzie zatrzymywane. Jest to bardzo ważne w przypadku, gdy powietrze rozprowadzane jest z kompresora o znacznej zdolności przepływu rurami o dużej średnicy, a średnica nominalna rury zasilającej obsługiwanego urządzenia wynosi na przykład 1/8". Zgodnie z powyższym zawory nadmiarowe znajdują zastosowanie przy obsłudze urządzeń niewielkich, gdzie nie jest wymagana maksymalna wartość ciśnienia zasilania.

W obszarach zastosowań, gdzie nie jest wymagane użycie przyrządów nadmiarowych, mimo wszystko możliwe jest ich wykorzystanie ze względu na

ograniczenie kosztów. Należy wtedy upewnić się, iż podczas normalnej pracy nie występują nadmierne spadki ciśnienia.

Odnosnik do normy: BS EN 983 5.1.2

TYPY ZAWORÓW NADMIAROWYCH

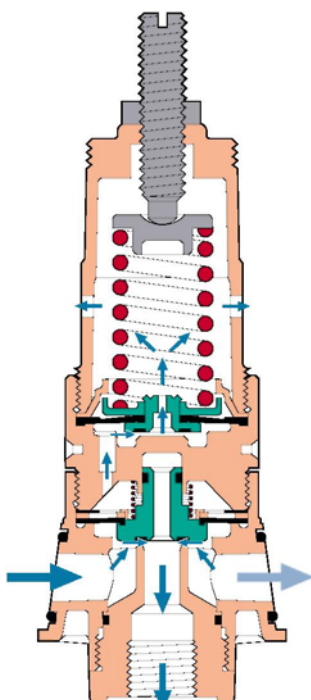
Istnieje kilka typów zaworów nadmiarowych, z których każdy z nich pozwala na osiągnięcie różnych poziomów wydajności w zależności od konkretnej zdolności przepływu oraz granicy nadciśnienia. Najpopularniejsze są zawory typu 'pop', zaraz za nimi znajdują się zawory typu membranowego. Jeszcze lepszą wydajność zapewniają zawory sterowane pilotem, które przy zwartej budowie zapewniają najlepszą efektywność ekonomiczną (rys. 25).

W przypadku zaworów nadmiarowych przyłączeniowych, ich złącze umieszczone jest pod kątem 90° w stosunku do kierunku przepływu. W ten sposób możliwe jest odpowietrzenie systemu bez ingerencji w normalną pracę systemu. Przyrządy tego typu wykorzystywane są powszechnie w maszynach, gdzie wszystkie urządzenia sterujące i ochronne znajdują się w ściśle określonym miejscu, ułatwiając przez to instalację oraz serwisowanie.

Sposób działania zaworów dołączanych do systemu przy pomocy trójkąta różni od funkcjonowania zaworów typu 'pop' oraz membranowych. Przepływ, oraz wypływ powietrza do atmosfery, następuje w tym przypadku tylko podczas pracy układu.

We wszystkich przypadkach wypływ powietrza powinien następować w miejscu, gdzie zarówno sam proces odpowietrzania jak i towarzyszący jemu hałas nie przynosi szkód operatorom ani otoczeniu. W niektórych przypadkach, gdy wypływ powietrza nie może następować poza obszarem wrażliwym na hałas, może zaistnieć konieczność zastosowania tłumików.

Rys. 25
WEWNĘTRZNY ZAWÓR
NADMIAROWY
STEROWANY PILOTEM



Rys. 26.
ZAWÓR WOLNEGO
STARTU I SPUSTU



ZAWORY WOLNEGO STARTU I SPUSTU

Następna forma zabezpieczenia związana jest z elementami ruchomymi systemów. Dotyczy ochrony przed nadmiernym zużyciem (spowodowanym obciążeniami przy starcie) oraz uniemożliwia nagłe ruchy elementów, które mogą być potencjalnym niebezpieczeństwem dla personelu.

Rozdział ten dotyczy zastosowań, gdzie wymagane jest użycie zaworów wolnego startu. Jego normalna praca polega na wprowadzaniu powietrza do systemu pneumatycznego w sposób stopniowy, przy czym możliwa jest regulacja stopnia narastania ciśnienia. Zawór ten jest zaworem grzybkowym obsługiwany przy pomocy sprężyny pracującym w ten sposób, że otwierany zostaje przy sile odpowiadającej nadmiernej wartości ciśnienia i następuje wyciek powietrza z systemu. Poziom, na którym uaktywniany zostaje zawór, nazywany jest punktem domykania. W większości przypadków odpowiada 40-70% wartości ciśnienia maksymalnego.

Ponieważ narastanie ciśnienia jakiegokolwiek systemu zależne jest od jego pojemności, bardzo ważne jest, aby urządzenia te znajdowały się jak najbliżej urządzenia zabezpieczonego. Zastosowanie w systemie zaworu większego jest przeważnie równoznaczne z kilkuminutowym oczekiwaniem na osiągnięcie wymaganego ciśnienia.

Ze względu na dużą funkcjonalność przy jednocześnie zwartej konstrukcji, bardzo popularny jest typ zaworów spełniających funkcję zarówno wolnego startu jak i umożliwiających spust powietrza.

Zadaniem zaworu spustowego jest szybkie odpowietrzenie systemu. Zawór ten sterowany może być zarówno przy pomocy pilota, jak również cewki i bardzo często spełnia również funkcję przyrządu nadmiarowego.

Odnosnik do normy: BS EN 983 5.1.4

TŁUMIK WYDECHU

Zagadnieniem bardzo ważnym jest proces wydychania powietrza. Należy tutaj zadbać o zredukowanie hałasu, mgiełki olejowej, oraz prawdopodobieństwa wystąpienia innych możliwych niebezpieczeństw do minimum.

Tam, gdzie zastosowane są zawory spustowe, uwalniane są duże ilości powietrza z dużymi prędkościami, jest to przyczyną powstawania ogromnego hałasu. Problemowi temu zaradzić można poprzez użycie prostych tłumików, wykonanych z materiałów porowatych. W przypadkach, gdy prędkości wylatującego powietrza są jeszcze większe, możliwe jest użycie tłumików wysokowydajnych.

Każdy tłumik posiada pewną znamionową zdolność redukcji hałasu. Wybór tłumika uzależniony powinien być od natężenia generowanych dźwięków, co pozwoli zapewnić wysoką efektywność ekonomiczną.

Następnym ważnym problemem jest zanieczyszczenie wydychanego powietrza olejem. Wszystkie instalacje pneumatyczne wyposażone w systemy smarowania, smarowane są dopływowo. Po dostaniu się do obiegu, smar rozpada się i jego cząstki wraz z wszelkimi zanieczyszczeniami wydalone są do atmosfery.

W systemach poprawnie smarowanych i konserwowanych, ilość pozostałego w powietrzu oleju jest niewielka i zostaje rozproszona bez większych szkód dla środowiska. Jednakże systemy smarowane niewłaściwie lub te, które wymagają dużych ilości smaru mogą być przyczyną wydychania dużych ilości oleju do atmosfery.

Rys. 27.
TŁUMIK KOALESCENCYJNY



W takich przypadkach należy rozważyć użycie tłumika koalescencyjnego. Przyrząd ten działa w sposób podobny do filtrów, które powodują łączenie się małych drobin oleju w większe krople, spadające następnie do zbiornika, skąd zostają usunięte. (patrz rys. 27) Redukcji poziomu hałasu wydychanego powietrza sprzyja zastosowanie tłumików wykonanych z materiałów porowatych.

Ponieważ tłumiki znajdują się na zewnątrz systemu pneumatycznego, narażone są na nagłe wstrząsy, co oznacza, że ich zdolności usuwania oleju nie są tak dobre jak w przypadku filtrów koalescencyjnych. Mimo tego dobry tłumik koalescencyjny podczas normalnej pracy pozwala na ograniczenie stężenia oleju do 2 ppm.

WYBÓR URZĄDZEŃ OCHRONNYCH

(i) Należy określić, które części instalacji nie są w stanie wytrzymać maksymalnej wartości ciśnienia jaka może być osiągnięta w systemie (lub kompresorze).

Konieczny jest także wybór zaworu nadmiarowego, którego praca będzie najbardziej wydajna przy potencjalnym wystąpieniu przepływu krytycznego w systemie. Ważne jest także rozpatrzenie problemu dotyczącego minimalizacji spadku ciśnienia w czasie normalnej pracy w przypadku przewężenia (kryzy).

Przy bardzo dużych wartościach przepływu korzystne może być użycie reduktora sterowanego pilotem jako zaworu spustowego.

Należy rozważyć możliwość zastosowania przyrządów przyłączeniowych, których użycie umożliwia stworzenie zintegrowanego zespołu modułowego, przez co o wiele łatwiejsza staje się instalacja oraz serwisowanie systemu.

(ii) Przy wyborze urządzeń zabezpieczających należy zastanowić się nad tym, które elementy systemu mogą być przyczyną problemów przy uruchomieniu lub związanych z resetowaniem przy nadmiernych prędkościach początkowych, co prowadzi do zużycia lub zatrzymania pracy elementów. Konieczne jest także zastanowienie się nad problemem rozmieszczenia urządzeń zatrzymania awaryjnego/szybkiego spustu.

W każdej z istotnych części systemu niezbędne jest zamontowanie jednego zaworu wolnego startu i spustu. Im większy jest system, tym więcej czasu zajmuje całkowite opróżnienie systemu przy użyciu zaworu spustowego lub awaryjnego.

System FRL powinien zostać zamontowany w ten sposób, aby umieszczone w nim zawory wolnego startu i spustu skierowane były w kierunku przepływu powietrza, co

uniemożliwi przepływ wsteczny przez smarownicę.

(iii) Jeżeli przy pracy urządzenia wydychane są duże ilości powietrza i powietrze nie może być odprowadzane w odpowiedni sposób, korzystne jest tutaj użycie tłumika.

Gdy powietrze wydychane jest z naprawdę dużymi prędkościami, należy użyć wtedy tłumika wysokowydajnego.

Jeżeli powietrze zanieczyszczone jest znacznie drobinami oleju, przeważnie pochodzącego od wyposażenia wymagającego bardzo wydajnego smarowania, konieczne może być użycie tłumika koalescencyjnego.

INNE ELEMENTY ZABEZPIECZAJĄCE

Bezpieczną pracę w systemach pneumatycznych zapewnić mogą także różne inne elementy.

Reduktory nastawne – stosowane tam, gdzie niekontrolowane zmiany ciśnienia mogą stanowić zagrożenie dla personelu.

Dokument Zgodności: HS (G) 39

Zawory odcinające - zapewniają bezpieczną pracę kontrolując stosowane wartości ciśnienia.

Norma: BS EN 983 5.1.6 Dokument Zgodności HS (G) 39

Zestawy zabezpieczeń przed niepowołanym dostępem – mogą być stosowane do reduktorów, reduktorów z filtrem, zaworów nadmiarowych lub smarownic, zabezpieczając ustawienia przepływu, ciśnienia oraz inne przed nieautoryzowanym dostępem.

Odnosnik do normy: BS EN 983 5.1.9



Rys.28.
SYSTEM EXCELON



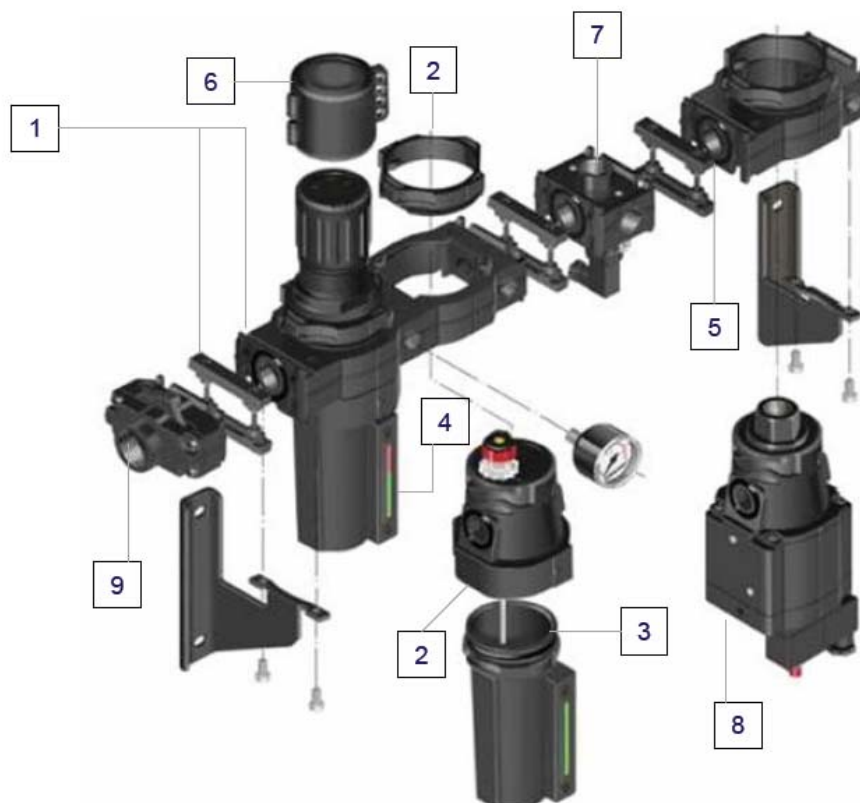
BEZKONKURENCYJNY ZAKRES PRODUKTÓW

Norgren, światowy lider w zespołach przygotowania powietrza oferuje bezkonkurencyjny zakres produktów umożliwiających przygotowanie oraz ekonomiczne i bezpieczne użytkowanie sprężonego powietrza.

Niezależnie od wymagań, od prostej instalacji przemysłowej do skomplikowanych zastosowań medycznych, Norgren posiada odpowiednie do tego wyposażenie.

Rys. 29.
ZESPÓŁ OLYMPIAN PLUS

1. Jarzmowy system szybkiego montażu
2. Mocowanie elementów
3. Zbiornik z mocowaniem elementów
4. Unikalny pryzmatyczny wskaźnik
5. Umocowanie O' Ringi
6. Osłona uniemożliwiająca zmianę nastaw
7. Blok przyłączeniowy z zamocowanym sygnalizatorem ciśnienia
8. Zawór odcinający 3/2
9. Zawory wolnego napełniania i spustu



Na stronach tych przedstawiono główne grupy produktów wraz ze specjalistycznymi produktami standardowymi. Firma Norgren produkuje ponadto setki produktów zgodnie z wymaganiami klienta, opierając się na dużym doświadczeniu nabytym przez ponad 70 lat działalności.

Wszystkie główne zespoły zawierają:

- >> Filtry Standardowe
- >> Filtry Wysokowydajne
- >> Filtru Usuwania Pary
- >> Reduktory Standardowe
- >> Filtry/Reduktory
- >> Smarownice Mgłowe
- >> Smarownice Mikromgłowe
- >> Zawory Powolnego Startu i Spustu
- >> Zawory Odcinające
- >> Zawory Nadmiarowe

Praca urządzeń tych wspierana jest przez szeroką gamę akcesoriów montażowych

- >> Bloki Rozdzielające
- >> Przełączniki Ciśnienia
- >> Kontrolery Poziomu
- >> Wskaźniki
- >> Bloki Rozgałęziające

OLYMPIAN PLUS



Olympian Plus jest nową generacją systemem przygotowania powietrza FRL. Tworzy on nowe standardy w łatwości użytkowania i elastyczności systemów. Unikalny system przyłączeniowy pozwala na szybką instalację lub demontaż jednostek przez jedynie jedną czwartą obrotu pierścienia zaciskowego. Łatwy sposób połączenia pozwala na bardzo szybki montaż poszczególnych zespołów systemu.

Olympian Plus, w zestawie z wyposażeniem ułatwiającym montaż polowy, jest wspieranym rozwiązaniem dla instalacji przemysłowych. Szeroki zakres oferowanych użytkownikowi akcesoriów pozwala na dużą elastyczność rozwiązań.

Olympian Plus dostępny jest w wersji podstawowej z przyłączem 1/2 cala, z opcjami 1/4, 3/8 oraz 3/4 cala.

OLYMPIAN SERIA 15

Seria 15 jest wersją podstawową 1" systemu Olympian. Dostępna jest z przyłączami od 3/4 do 1/2 cala oferując elastyczne rozwiązanie dla maszyn dużych oraz pracujących z wysoką wydajnością.

EXCELON



Excelon jest całkowicie nowym zespołem przygotowania powietrza firmy Norgren. Dzięki opatentowanemu systemowi przyłączy Quickclamp, Excelon można montować pojedynczo lub w zestawach.

System ten pozwala osiągnąć wspaniałe efekty przy zwartej budowie i stylowym wyglądzie. Jest rozwiązaniem idealnym dla użytkowników OEM oferując elastyczny system modułowy z użytecznymi akcesoriami takimi jak przełączniki ciśnienia czy bloki rozdzielające. Łatwa do demontażu czasza z mocowaniem bagietkowym, przezroczysty wskaźnik poziomu cieczy oraz opatentowany system szybkiego spustu Quickdrain to tylko niektóre z cech ułatwiających obsługę zespołu.

Excelon dostępny jest w dwóch rozmiarach:

EXCELON 72 jest prostym rozwiązaniem 1/4" (z opcją zastosowania przejściówki na 3/8). Mimo to, nie ma nic prostego w działaniu systemu tego, który jest aktualnie lepszy niż wiele produktów w standardzie 3/8 firm konkurencyjnych.

EXCELON 74 wykorzystuje standard 1/2 cala (opcjonalnie 3/8 oraz 3/4)

ELEMENTY Z PRZYŁĄCZAMI GWINTOWANYMI



Elementy z przyłączami gwintowanymi są używane przeważnie jako jednostki samodzielne. Obejmują szeroki zakres przyłączy o rozmiarach od 1/8" (Serie 07) do 2" (Serie 18).

SERIE 07

Wąski zakres produktów tej serii obejmuje elementy o dużej wydajności dla mniejszych wymaganych wartości przepływu. Dostępne wersje różnią się materiałami obudowy oraz komponentami składowymi dobranymi w odpowiedni sposób w celu zaspokojenia wymagań stawianych przez klienta.

SERIE 11

Produkty z tej serii, w wersji podstawowej z przyłączem 3/8", dostępne są również z przyłączami 1/4" oraz w niektórych przypadkach 1/2". Są to sprawdzone niezawodne jednostki używane bardzo często jako alternatywa dla 1/2", gdzie wymagania dot. przepływu nie są wysokie.

SERIE 18

Do serii 18 należą modele podstawowe: 2 calowe dla instalacji przemysłowych lub do zastosowań OEM przy wymaganych dużych przepływach, np. w przypadku śrutowania lub w maszyn włókienniczych.

REDUKTORY PRECYZYJNE



Norgren posiada w swojej ofercie kilka różnych reduktorów precyzyjnych o różnych charakterystykach, umożliwiając tym samym dobór elementu pozwalającego na uzyskanie największej wydajności w przypadku konkretnego zastosowania.

11-818

Niewielkie reduktory precyzyjne przydatne przy pomiarach i czynnościach laboratoryjnych oraz przy precyzyjnym sterowaniu pilotem.

11 400

Do niezwykle precyzyjnego sterowania pilotem dużych reduktorów oraz zaworów nadmiarowych.

R24 MICRO TROL

Wyjątkowo duży przepływ i upust nadmiarowy.

R38

Reduktor produkowany w wersji aluminiowej lub ze stali nierdzewnej.

R27

Szeroki zakres reduktorów o dużej dokładności.

ELEMENTY SPECJALNE



STAL NIERDZEWNA

Firma Norgren produkuje części spełniające wymagania NACE. Reduktor oraz reduktor z filtrem serii 38 wyposażony jest w przyłączy 1/4 oferujące duże wartości przepływu przy dobrej dokładności. Reduktor z filtrem i smarownicą serii 22 posiada przyłączy 1/2", przy niższych przepływach zalecane jest seria 05 z przyłączem 1/4".

REDUKTORY WODNE

Reduktory z obudowami z tworzywa sztucznego lub mosiądzu - do zastosowań standardowych oraz w przypadku wody pitnej.

ZAWORY NADMIAROWE

Oprócz zaworów nadmiarowych Norgren oferuje także kilka zaworów specjalnych, włączając w to zawory typu 'pop' oraz sterowane zaworem pilotowym zawory 40AC.

REDUKTORY ELEKTRONICZNE

Norgren oferuje w pełni programowalne reduktory elektroniczne współpracujące ze standardowymi sterownikami PLC. Elektroniczny reduktor R26 zapewnia stały stabilny poziom na wyjściu przez długi okres czasu i jest idealny do zastosowania przy sterowaniu obwodów zamkniętych.

Blok Rozdzielający:

Moduł pozwalający na wpływ powietrza ze źródła kilkoma różnymi drogami.

Chłodnica Końcowa:

Wymiennik ciepła montowany na wyjściu kompresora, mający za zadanie wydalenie ciepła powstałego podczas sprężania.

Charakterystyki Przepływu:

Charakterystyki pokazujące zmiany ciśnienia wyjściowego ze zmianą przepływu na wyjściu przy stałym ciśnieniu zasilania.

Charakterystyki Regulacji:

Charakterystyki ciśnienia reduktora pokazujące zmiany ciśnienia wyjściowego przy zmianie ciśnienia na wejściu oraz stałym przepływie.

Emulsja:

Mieszanina oleju i wody.

Koalescencja:

Zjawisko to polega na łączeniu się rozproszonych cząstek w większe skupiska.

Mgła Olejowa:

Zawiesina cząstek oleju w powietrzu, cięższych i większych niż w mikromgle, odpowiednia do smarowania wysokowydajnego.

Mikromgła:

Zawiesina lekkich cząstek oleju w powietrzu, standardowo mniejszych niż 2 µm, które mogą przemieszczać się na duże odległości po skomplikowanych drogach.

Mikron (mikrometr):

Jednostka równa jednej milionowej metra (symbol µm).

Powietrze Atmosferyczne:

Przepływ powietrza mierzony w dm³/s w warunkach normalnych (1013 mbar i 21°C) (ISO R554). Wszystkie wartości przepływu powietrza przeliczane są na ten system pozwalając na łatwiejsze dostosowanie parametrów systemu.

Przepływ Krytyczny:

Maksymalny przepływ powietrza przez urządzenie przy zadanym ciśnieniu przy maksymalnie otwartym zaworze.

Osuszacz Adsorpcyjny:

Używa się w nim materiałów adsorbujących wilgoć. Wiele osuszaczy tego typu zużywa część swojej energii na osuszenie materiału.

Odwadniacz:

Urządzenie znajdujące się w części dolnej instalacji, umożliwiające usuwanie skroplonej pary wodnej z systemu. Przyrządy tego typu są montowane standardowo z automatycznymi zaworami spustowymi.

Osuszacz Higroskopijny:

Osuszacz używający materiału pochłaniającego parę wodną (zwiększając swoją objętość), który natychmiast zamienia ją w wodę.

Otoczenie:

Warunki, przeważnie temperatura, w sąsiedztwie urządzenia pracującego w warunkach normalnych.

Reduktor Sterowany Pilotem:

Reduktor, którego ciśnienie wyjściowe kontrolowane jest ciśnieniem wyjściowym innego reduktora (pilota), a nie jak w przypadku reduktorów standardowych przy pomocy regulowanej sprężyny.

Regulator Ciśnienia Wstecznego:

Urządzenie podłączone do systemu w ten sposób, że ciśnienie w systemie utrzymywane jest na stałym poziomie dzięki kontroli przepływu na wylocie powietrza do atmosfery.

Spadek Ciśnienia:

Wartość opisująca zmniejszenie ciśnienia powstałe przy przepływie przez urządzenie.

Spadek Początkowy:

Wielkość spadku ciśnienia powstałego na skutek działania reduktora ciśnienia przy zmniejszeniu przepływu ze statycznego na dynamiczny

Względna Wilgotność:

Stosunek aktualnej zawartości pary wodnej w danej ilości powietrza do zawartości pary wodnej niezbędnej do nasycenia takiej samej ilości powietrza przy tej samej temperaturze.

Zawór Redukcyjny/Reduktor Ciśnienia:

Urządzenie umożliwiające zmniejszenie ciśnienie w instalacji pneumatycznej do wymaganego poziomu.

Zawór Wolnego Startu:

Przyrząd pozwalający na powolne narastanie ciśnienia do wcześniej określonego średniego poziomu przed wzrostem skokowym do wartości maksymalnej.

Zawór Spustowy:

Zawór, który umożliwia szybki wpływ ciśnienia powietrza do atmosfery.

Zawór Zwrotny:

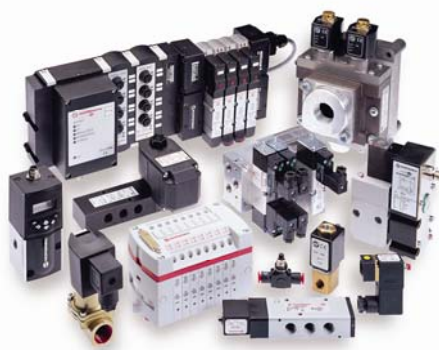
Zawór pozwalający na przepływ powietrza tylko w jednym kierunku.

Grupa Norgren, należąca do międzynarodowego konsorcjum IMI, jest jednym z liderów wśród światowych producentów PNEUMATYKI I AUTOMATYKI PRZEMYSŁOWEJ.

W naszej ofercie znajdują się m.in.: siłowniki pneumatyczne jedno- i dwustronnego działania, technikę próżniową, zawory elektromagnetyczne, pneumatyczne odcinające i rozdzielające, chwytaki, urządzenia przygotowania powietrza, złącza i przewody.

W skład NORGRENA weszły także takie firmy jak:

Herion, Buschjost, FAS, Leibfried, Martonair, Enots, Walter, Webber, Knorr, Kip, Watson Smith, Dyna-Quip, Beech.



ZAWORY



**FRL
Zespoły Przygotowania
Powietrza**



SIŁOWNIKI



**ZŁĄCZKI,
AKCESORIA**

W przypadku dodatkowych pytań prosimy o kontakt z biurem firmy Norgren w Polsce:

NORGREN - oddział IMI International Sp. z o.o.

ul. Zwoleńska 94A

04-761 Warszawa

Tel.: +48 22 518 95 30

Fax: +48 22 518 95 31

Emial: biuro@norgren.pl

www.norgren.pl

 **NORGREN**
Your Success. Our Passion.