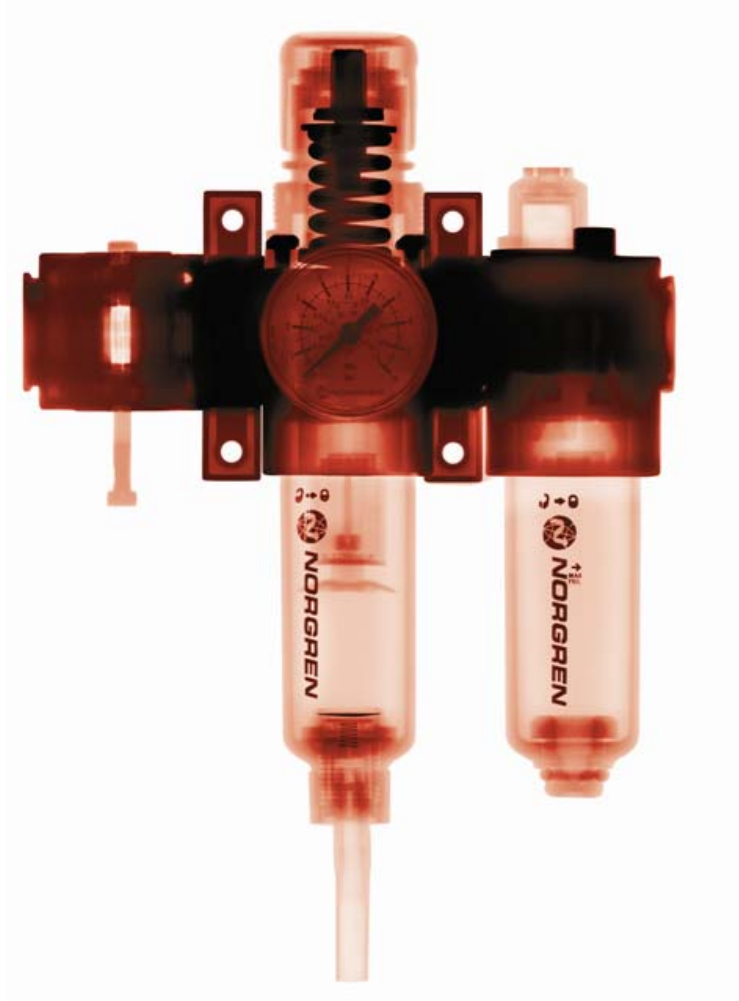


OSZCZĘDZANIE ENERGII

Jak oszczędzać energię w systemach sprężonego powietrza? **Poradnik Norgren.**



Sprężone powietrze jest bardzo często postrzegane jako tanie, lub nawet „darmowe” źródło energii. Jest to stwierdzenie jak najbardziej błędne!

*Wartość zużycia energii dla
typowej instalacji 1000 cfm (500
litrów/sek.) wynosi aż £20 000
rocznie. Koszt energii potrzebnej
do pracy układu wynosi 75%
całkowitego kosztu zakupu oraz
uruchomienia kompresora.*

*Liczne niezależne badania
potwierdzają, iż przemysł
wykorzystuje tylko około 30%
produkowanego sprężonego
powietrza, co odpowiada £6 000
dla typowej instalacji 1000 cfm.*

*Celem tego poradnika jest pomoc
użytkownikowi końcowemu w
minimalizacji strat, przez poprawę
i optymalizację działania
zainstalowanych systemów. W
dalszej części opisano obszary
kluczowe dla tego zagadnienia
oraz zawarto szereg praktycznych
porad.*

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

TEL.: +48 22 518 95 37

NIESZCZELNOŚĆ

4

Nieszczelność instalacji jest głównym źródłem strat energii. W przypadku typowej fabryki, ze względu na niedokładność wykonania połączeń przewodów, może dojść do strat sprężonego powietrza sięgających 20%.

NIEWŁAŚCIWE UŻYCIE

6

Minimalizację strat sprężonego powietrza zapewnia stosowanie odpowiedniego wyposażenia takiego jak dysze czy obwody sterowania.

ZA WYSOKIE CIŚNIENIE

7

Zarówno oszczędność energii, jak i dłuższą żywotność urządzenia, zapewnić może praca przy minimalnej wymaganej dla danego zastosowania wartości ciśnienia. Bardzo opłacalne jest tutaj zastosowanie regulatorów ciśnienia, których koszt zwróci się bardzo szybko.

SPADEK CIŚNIENIA

8

Straty ciśnienia, spowodowane zablokowaniem elementów filtrów lub zbyt dużą średnicą przewodów, mogą prowadzić do trwałego spadku ciśnienia na końcu instalacji. Poradnik pokazuje przykłady poprawnego wyboru i eksploatacji sprzętu, zapewniając minimalizację spadku ciśnienia systemu.

ENERGIA I BEZPIECZEŃSTWO

10

Komponenty zamontowane ze względów bezpieczeństwa, takie jak regulatory czy zawory odcinające, pozwalają także na oszczędność zużywanej energii. W rozdziale zawarty jest przegląd części związanych z normą BS EN 983 oraz innymi normami łączącymi je z zagadnieniami dotyczącymi energii.

GENERACJA

12

Zużycie energii, przez wzgląd na chłodzenie na wlocie oraz po dostawie powietrza, ograniczyć można w znaczny sposób poprzez właściwy wybór sterowania ustawień kompresorów. Istotnym czynnikiem jest także regularna i poprawna konserwacja kompresorów, filtrów oraz osuszacza.

TABELE

14

Fabryka zainstalowała kompresor o poj. 1500 cfm (750 litrów/sek.) przy średnim zapotrzebowaniu 1000 cfm (500 l/s). Praca trwała 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu, 50 tygodni w roku. Koszt energii 4,5 p/kWh. Przy 75% wykorzystaniu kompresora, całkowity roczny koszt wyniósł £78 400.

Podstawą do większości obliczeń jest „wzór na straty”.

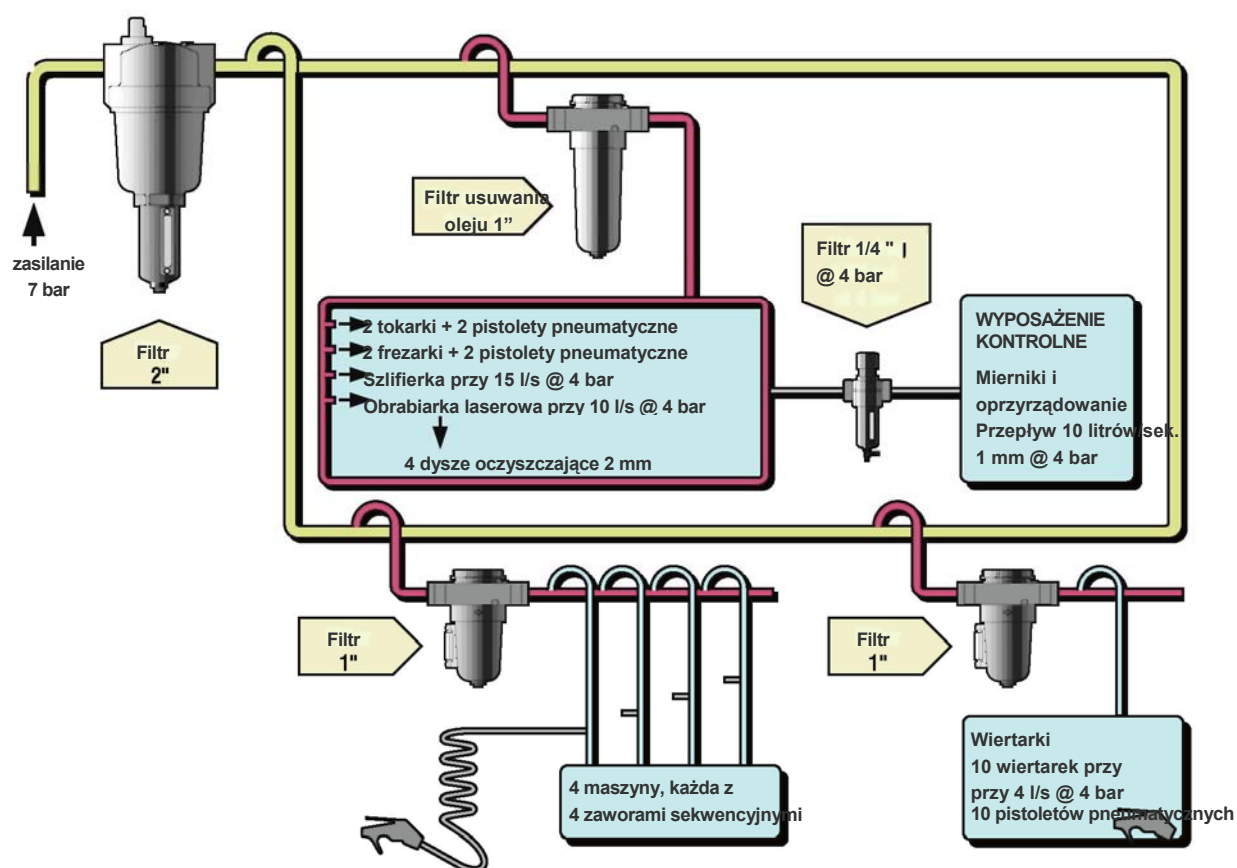
Koszty wynoszą:

$0,4 \times \text{godziny} \times \text{przepływ l/s} \times \text{koszt energii/kWh}$. W podanym przykładzie, nieszczelność wynosi 20% i odpowiada 100l/s, co przynosi straty: $0,4 \times 8\,400 \times 100 \times £0,045 = £15\,120$.

Przykłady obliczeń w poradniku oparte są na pracy tylko w jednej części fabryki, oddziale produkcyjnym.

Wydział produkcyjny pracuje 2500 godzin rocznie, ale źródło zasilania układu sprężonego powietrza znajduje się pod ciśnieniem przez cały czas otwarcia fabryki. Całkowita oszczędność odpowiada 30% powietrza zużywanego aktualnie w wydziale produkcyjnym.

Rys. 1.



Nieszczelność instalacji może być istotnym źródłem strat energii w systemach sprężonego powietrza stosowanych w przemyśle.

Jeżeli sprężone powietrze jest w stanie ciekłym, redukcja przecieków jest widoczna natychmiast. Dopuszczalne jest nieznaczne syczenie i uznawane jest ono jako element naturalny pracy urządzenia.

Przy obecnej cenie energii zjawisko to może być bardzo kosztowne.

Szacuje się, iż nieszczelność instalacji w przemyśle Wielkiej Brytanii jest źródłem strat równych około 20 milionów funtów rocznie.

Ponadto, pomimo iż przecieki są same w sobie źródłem strat, mogą one przyczyniać się także do powstawania innych niekorzystnych warunków pracy. Nieszczelność instalacji skutkuje spadkiem ciśnienia poniżej dozwolonej granicy, co z kolei powoduje zwiększenie ilości wadliwych produktów. Najczęściej w celu kompensacji strat, zamiast uszczelniania systemu, zwiększa się ciśnienie kompresora.

MIEJSCA NIESZCZELNOŚCI

Przecieki występują dosłownie wszędzie!

>> INSTALACJA RUROWA

Podstawową przyczyną wystąpienia przecieków jest starzenie się przewodów powietrznych. Wszystkie skorodowane rury powinny zostać wymienione - zarówno dla bezpieczeństwa jak i oszczędności energii.

>> ZŁĄCZA, ROZGAŁĘZIENIA, KRYZY,

Duże przecieki często znaleźć w miejscach połączeń, przy kompresorze, jak i od strony urządzenia obsługiwanego. Czasami wycieki powietrza mogą występować na rozgałęzieniach, co spowodowane jest zużyciem złączy i zatrzasków lub słabą jakością zrealizowanych połączeń.

>> ELASTYCZNE PRZEWODY I ZŁĄCZA

Przecieki mogą być spowodowane przetarciem przewodów przez kontakt z otaczającymi je obiektami, pogorszeniem jakości materiału przewodu lub zniekształceniem przy połączeniach (zbyt długi lub za krótki przewód).

>> BRAK KONSERWACJI STARYCH KOMPONENTÓW – USZCZELKI ZACZYNAJĄ PRZEPUSZCZAĆ

Wszystkie uszczelki komponentów takich jak np. stare siłowniki i regulator powinny zostać dokładnie sprawdzone.



Rys. 2.
Ręczny zawór odcinający.



Rys. 3.
Zawór wolnego napełniania i spustu do izolacji nieszczelnych urządzeń.

>> ZAWORY SPUSTOWE SKROPLIN

Gdy zawory spustowe są chociaż nieznacznie otwarte, mogą nastąpić duże straty powietrza. Można je znaleźć w częściach systemu, w których gromadzone są skropliny.

>> NIEUŻYWANY SYSTEM POZOSTAJE CAŁY CZAS POD CIŚNIENIEM

Gdy podsystemy są źródłem dużych strat powietrza, których uniknięcie nie jest możliwe np. prasy i młoty spadowe, konieczne jest ich odizolowanie w momencie nieużywania. Efektywnym sposobem odizolowania nieszczelnych systemów jest użycie prostych zaworów odcinających (rys. 2) lub sterowanych elektrycznie zaworów wolnego napełniania i spustu (rys. 3).

POMIAR NIESZCZELNOŚCI

Możliwy jest pomiar stopnia nieszczelności w prosty sposób wykorzystując jedną z opisanych metod:

>> Instalacja przepływomierza oraz przetwornika ciśnienia w obwodzie zasilania (po odbiornikach). Do wyjścia przepływomierza i przetwornika ciśnienia podłączyć rejestrator i dokonać pomiaru przez pewien określony okres czasu. Zmierzyć przepływ kompresora w momencie gdy system nie pracuje, np. podczas weekendu.

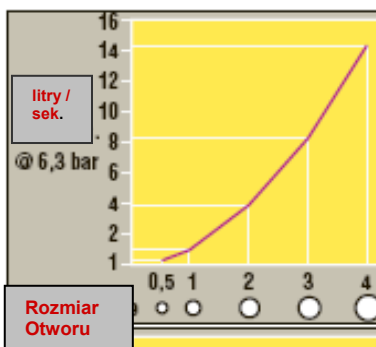
>> Użycie kompresora o znanej pojemności, którym należy dopompować powietrze w systemie uzyskując ciśnienie robocze. Praca urządzenia przy tej wartości tej nie następuje. Kompresor będzie pracował starając się kompensować spadki ciśnienia występujące na skutek wycieków. Obliczenie wycieku możliwe jest na podstawie średniego czasu dostarczania ciśnienia do instalacji w określonym przedziale czasu.

>> Należy zwiększyć ciśnienie systemu do określonej wartości, a następnie zmierzyć czas, w którym spadnie ono do dolnej wartości granicznej. Jeżeli znana jest całkowita pojemność instalacji rurowej oraz odbiorników, możliwe jest obliczenie wartości wycieku.

Aby określić problemy występujące w obszarach odgałęzionych, użyć należy małego przepływomierza.

Ale czy to jest tego warte? Jak dużo wycieki naprawdę kosztują?

JAK DUŻY JEST KOSZT?



Rys. 4.
Wyciek dla innych średnic otworu.

Pojedynczy wyciek przez otwór o średnicy 2 mm może kosztować £600 rocznie, opierając się na podanym wcześniej przykładzie wydziału produkcyjnego. Używając kryzy (rys. 19) określić można wycieki dla poszczególnych średnic otworów i ciśnień.

ZMNIEJSZENIE WYCIEKU

Należy określić jasne cele dotyczące redukcji wycieków. Konieczne jest sprecyzowanie jak duże są straty spowodowane nieszczelnością instalacji i jak wiele pieniędzy ma zostać oszczędzonych. Realizacja programu konserwacyjnego polega na oznaczeniu nieszczelnych miejsc.

Należy dokonać przeglądu systemu sprężonego powietrza. Inspekcja powinna zostać przeprowadzona w godzinach wolnych od pracy. Należy zlokalizować wycieki instalacji rurowych lub oprzyrządowania (syczenie), a także sprawdzić dokładnie przewody i złącza. W miejscach podejrzanym o wyciek rozpylić ciecz i obserwować gdzie pojawiają się bąbelki.

Na eliminację przeciętnego wycieku potrzeba około pół godziny roboczej, a naprawa nieszczelności przynosi naprawdę duże korzyści.

Pozbycie się wycieków pozwala zaoszczędzić duże sumy pieniędzy, ale jak mieć pewność, iż miejsca te pozostaną nadal szczelne?

Uświadomienie problemu tego w szerokim zakresie prowadzi do długoterminowych oszczędności na dużą skalę.

W niedługim czasie użytkowników systemów sprężonego powietrza, chcących zminimalizować zużycie energii, zainteresuje zagadnienie podziału miejsca pracy na obszary, zamontowanie miernika poboru powietrza oraz wyposażenie każdego z obszarów w niezależne źródło zasilania. Wykonanie tych kroków pozwoli na łatwe zmniejszenie strat energii spowodowanych wyciekami.

NIESZCZELNOŚĆ INSTALACJI

Po przeglądzie oddziału produkcyjnego znaleziono szereg wycieków.

1 wyciek 2 mm @ 4 bar

oraz 11 wycieków 1 mm @ 7 bar

Po użyciu tabeli przepływu kryzy otrzymano 4,8 l/s i 11 x 1,2 l/s

Całkowity wyciek = 18 l/s

Potencjalna wartość oszczędności

$$0,4 \times 8\,400^* \times 18 \times £0,045 = £2\,722$$

* zakładając, że system pozostaje pod ciśnieniem 24 godz. na dobre, 50 tygodniu w roku.

Koszt rozwiązania problemu:

Około 1/2 godziny pracy na naprawę każdego z przecieków

przy £15.00 za godzinę = £90.00

Oszczędności

£2 722.00

Koszt

£90.00

Oszczędności netto

£2 632.00

Drugim poważnym źródłem strat sprężonego powietrza jest użycie go jako źródła zasilania tylko ze względu na łatwy dostęp. Np.: nieefektywne wytwarzanie podciśnienia, odrzucanie wadliwych produktów czy usuwanie wody/brudu/pyłu z produktów. Do zastosowań tego typu mogą istnieć alternatywne, korzystniejsze rozwiązania. Jeżeli jednak wybrano system sprężonego powietrza, konieczne jest użycie właściwego wyposażenia oraz niezbędna jest kontrola zużycia powietrza, które to należy ograniczać do minimum.

MIJSCA NIEWŁĄŚCIWEGO UŻYCIA

Przykłady niewłaściwego zastosowania obserwujemy w wielu istniejących fabrykach, co skutkuje to większym zużyciem powietrza i/lub niewłaściwą liczbą godzin pracy kompresora. W celu identyfikacji istniejących przypadków niepoprawnego użycia, niezbędny jest przegląd wszystkich obszarów fabryki w każdym z miejsc zadając sobie pytanie - czy użycie sprężonego powietrza jest efektywne?

KOSZT NIEWŁĄŚCIWEGO UŻYCIA

Tam, gdzie powietrze dostaje się bezpośrednio do atmosfery, jak np. przy odrzucaniu zbyt lekkich lub wadliwych produktów w czasie procesu puszkowania, polecane

jest zainstalowanie przepływomierza do pomiaru skuteczności użycia powietrza. Na podstawie otrzymanych wyników i wzoru na straty można obliczyć szukaną wartość (koszt).

ZAŁECANE DZIAŁANIA

Innym sposobem na obliczenie kosztów jest użycie na wyjściu kryzy lub dyszy o znanej średnicy i po zadaniu ciśnienia obliczenie przepływu (patrz tabela przepływu kryzy, rys. 13).

Jeżeli konieczne jest użycie dyszy, na przykład przy pokrywaniu bochenków chleba mąką, należy zapewnić odpowiednią odległość pomiędzy wylotem dyszy oraz produktem. Powinna być ona możliwie jak najmniejsza, dzięki czemu zmniejszamy ciśnienie dostarczanego powietrza. Dysza powinna być stosowana jedynie tam, gdzie następuje rozpylanie (długi wąski pas) lub wymagany jest stożkowy kształt strumienia powietrza itp.

W przypadku, gdy celowe jest pokrycie długiego wąskiego obszaru, w celu realizacji zastłony, należy ustawić dysze w jednej linii zmniejszając ich wzajemną odległość tak, aby strumienie stykały się punktami krańcowymi. Przewody zasilające systemu sprężonego powietrza powinny mieć średnicę

dostosowaną tak, aby nie ograniczała ona przepływu na wyjściu dysz. Oszczędne dysze pozwalają na przyspieszenie powietrza i uzyskanie na wyjściu wymaganego strumienia przy mniejszym wymaganym ciśnieniu. Dzięki takim rozwiązaniom, użytkownik jest w stanie zużywać nawet 20 razy mniej powietrza.

Rozważając dalej opisywane rodzaje zastosowań, zaleca się wyposażenie systemu w zawory oraz czujniki, które kontrolują przepływ powietrza w ten sposób, że jest on realizowany tylko w momencie, gdy produkt znajduje się w określonym punkcie. Nadmuch jest wyłączany na czas przesuwu taśmy do kolejnego produktu lub w przerwach itd.

W niektórych przypadkach rozwiązanie to nie jest jednak konieczne. Wyspecjalizowane dmuchawy oraz pompy podciśnieniowe przynoszą znacznie większe korzyści.

W fabryce, po stwierdzeniu nieprawidłowego użycia sprężonego powietrza i po zainstalowaniu nowego oprzyrządowania, należy upewnić się, czy wykorzystywane źródło zasilania jest właściwe oraz czy jest ono sterowane w prawidłowy sposób.

NIEWŁĄŚCIWE UŻYCIE

Materiał jest czyszczony pod ciśnieniem przed cięciem laserowym.

4 zestawy dysz 2 mm 4 x 4,8 l/s przy 7 bar

4 x 1,81 l/s przy 2 bar

Używając tabeli przepływu kryzy, rys. 20.

Redukcja ciśnienia do 2 bar skutkuje zmniejszeniem przepływu o 11,96 l/s.

Potencjalna wartość oszczędności

$0,4 \times 8 \times 400 \times 11,96 \times £0,045 = £1\ 808,00$

* zakładając brak zaworów odcinających oraz że system jest stale pod ciśnieniem.

Koszt rozwiązania problemu:

Zamocowanie jednego regulatora ciśnienia = £18.00

Około 1/2 godziny pracy przy £15.00 za godz. = £7.50

Całkowity koszt = 25.50

Koszt

£225.50

Oszczędności

£1 808.00

Oszczędności netto

£1 782.50

Wiele systemów pracuje przy maksymalnej wartości ciśnienia w układzie z kontrolą jego wartości tylko przy pomocy przełącznika kompresora.

Każdy element wyposażenia układu pneumatycznego posiada pewną odpowiadającą mu wartość optymalną ciśnienia oraz przepływu powietrza.

Użytkowanie poza tym zakresem wpływa na zmniejszenie żywotności i większe zużycie, a co za tym idzie zwiększa także koszty eksploatacji. Urządzenie pracujące przy 7 barach zużywa dwa razy więcej powietrza niż pracujące przy 3 bar.

IDENTYFIKACJA ZBYT WYSOKIEGO CIŚNIENIA

Brak regulatorów ciśnienia w systemie oznacza, iż wyposażenie zasilane jest prawdopodobnie zbyt dużym ciśnieniem. Koszty eksploatacji ograniczyć można w wielu różnych obszarach, włączając w to narzędzia pneumatyczne, zawory sterujące, siłowniki zaciskające, a także przypadek ruchu powrotnego dużych siłowników dwustronnego działania.

Tam, gdzie zastosowane zostały regulatory, lecz mimo to ciśnienie na wyjściu jest równe wartości wejściowej, prawdopodobną przyczyną zjawiska tego jest złe smarowanie będące skutkiem powstania dodatkowych oporów tarcia. Konieczne jest zwiększenie ciśnienia, z czym wiąże się także zmniejszenie żywotności i powstanie dodatkowych strat.

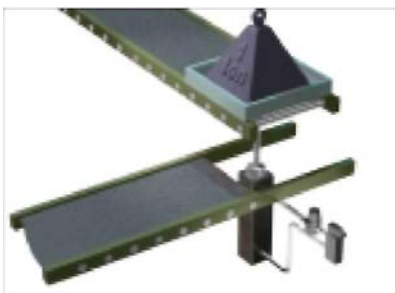
OBLICZANIE KOSZTÓW

Wszystkie produkty pneumatyczne przeznaczone są do pracy przy pewnych optymalnych nominalnych wartościach ciśnienia i przepływu. Wielkość strat powietrza może być obliczona na podstawie stosunku ciśnień (absolutnych) pomnożonego przez przepływ nominalny, tzn. zużycie powietrza przy 3 barach wynosi

8l/s, a przy 7 bar będzie to: $((7 + 1)/(3 + 1)) \times 8 = 16 \text{ l/s}$

Na podstawie otrzymanej wartości możliwe jest dalsze obliczenie start oraz związanych z nimi oszczędności rocznych.

Siłownik dwustronnego działania pracuje tylko przy skoku roboczym. Jeżeli praca nie jest wykonywana lub możliwe są długie czasy powrotu, skok powrotny realizowany może być przy niższej wartości ciśnienia. Zmniejszenie zużycia powietrza możliwe jest w przypadku dużych średnic, długich skoków lub dla siłowników dwustronnego działania. W tym wypadku należy użyć regulatora zmniejszającego ciśnienie przy skoku powrotnym.



Rys. 5. Użycie regulatora w celu zmniejszenia ciśnienia

Pobór powietrza przy zmniejszonym ciśnieniu skoku powrotnego siłownika podwójnego działania może być obliczony ze wzoru na oszczędność powietrza:

$0,7854 \times d^2 \times L (P1 - P2) \times 10^{-6} \times N$
 d = średnica siłownika (mm)
 L = długość skoku (mm)
 N = cykle/min.

$P1$ = ciśnienie (bar) – skok roboczy
 $P2$ = ciśnienie (bar) – skok powrotny.

Jednym z ważnych parametrów zaworu jest jego przepustowość C podawana w litrach/sek. na bar (wart. absolutna). Zmniejszenie przepływu powietrza uzyskać można przez zmniejszenie wartości dostarczanego ciśnienia. Ważne jest, aby przy ograniczeniu przepływu uwzględnić czas pracy zaworu (tzn. czas w jakim następuje przepływ). Dla instalacji z wieloma zaworami lub zaworami pracującymi cyklicznie z dużym skokiem możliwe są duże oszczędności.

Jeżeli zanotowano przypadek nadmiernego ciśnienia, należy sprawdzić czy zoptymalizowane zostało działanie wszystkich nowych instalacji oraz urządzeń przez odpowiednie sterowanie. Zastosowanie regulatorów pozwala na wydłużenie żywotności narzędzia oraz ograniczenie kosztów energii.

ZA WYSOKIE CIŚNIENIE

10 narzędzi pneumatycznych pracujących przy 4 barach

Wiertła zasilane są ciśnieniem 7 bar, każde z nich używane przez 1000 h/rok.

Pobór powietrza każdego z wiertek przy 4 bar wynosi 15 l/s.

• przy 7 bar każde narzędzie pobierało będzie: $8/5 \times 15 = 24 \text{ l/s}$

Zasilanie niższym ciśnieniem = oszczędność do 9 l/s na narzędzie.

Przy pracy przez 2500 h/rok, średnia oszczędność przepływającego powietrza:

$1000/2500 \times 9 = 3,6 \text{ l/s}$

Potencjalna oszczędność:

$0,4 \times 2500 \times 3,6 \times £0,045 = £1620$

Koszt rozwiązania problemu:

Zamocowanie jednego regulatora ciśnienia na narzędzie = $£18.00 \times 10 = £180.00$

1/2 godziny pracy na zamocowanie ($£15.00 / h$) = $10 \times £7.50 = £75.00$

Oszczędności

£ 1620

Koszt

£ 225

Oszczędności netto

£ 1395

* obliczenia muszą być przeprowadzane dla wartości absolutnych ciśnienia – tzn. 1 bar więcej niż odczyt

Zjawisko spadku ciśnienia zdefiniować może jako 'utrata zasilania uniemożliwiająca prawidłową pracę'. W praktyce objawia się zmniejszeniem wartości ciśnienia w instalacji. Spadek ten jest bardzo często kompensowany przez zwiększenie ciśnienia generowanego lub podkręcenie regulatorów.

W takim przypadku, wygenerowana potencjalnie w układzie energia zużywana jest na pokonanie tarcia i straty ciepła przy przemieszczaniu powietrza w instalacji. Z tego względu ważne jest, aby przy procesie projektowania i konserwacji dążyć do minimalizacji zjawiska spadku ciśnienia. Każdy 1 bar niepotrzebnego spadku ciśnienia prowadzi do zwiększenia kosztów o 7%, co odpowiada około £3500 rocznie.

Dwoma głównymi obszarami występowania spadku ciśnienia są: instalacja rurowa oraz układ filtrujący.

INSTALACJA RUROWA

Zanik ciśnienia w rurociągach jest spowodowany głównie tarciem cząstek powietrza o powierzchnię wewnętrzną rur. Jeżeli rura jest za mała dla określonej wartości przepływu, prędkość powietrza będzie bardzo wysoka, co prowadzi do dużych strat.

Energia tracona jest także wszędzie tam, gdzie następuje zmiana kierunku przepływu powietrza, tzn. w kolankach, połączeniach oraz zaworach odcinających.

Jak zmierzyć spadek ciśnienia w rurociągu:

Metoda 1

>>Zmierzyć ciśnienie zasilania

>>Zmierzyć ciśnienie w najdalszym punkcie w stosunku do zasilania

>>Różnica otrzymanych wartości jest równa spadkowi ciśnienia.

Metoda 2

>>Oszacować przepływ, tzn. obliczyć pojemność skokową pracującego siłownika

>>Zanotować ciśnienie zasilania oraz średnicę rury

>>Na podstawie podanych nomogramów określić spadek ciśnienia

Metoda 3

>>Użyć małego przepływomierza do pomiaru przepływu

>>Zanotować ciśnienie zasilania oraz średnicę rury.

>>Opierając się na tabelach na stronach 14/15, określić czy wartość przepływu mieści się w zalecany zakresie.

ZALECENIA

Szybkość przepływu powietrza w układzie powinna być mniejsza, niż 6 m/s i nie należy przekraczać tej granicy.

Należy dążyć do uproszczenia instalacji. Unikać kolanek, gdyż straty np. w kolanku 90° odpowiadają stratom w 1,6 m prostej rury.

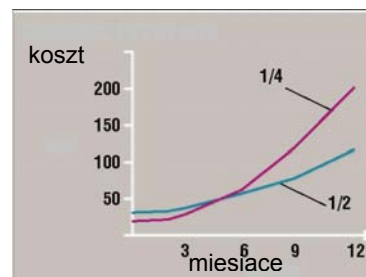
Zaleca się zamocowanie zaworów o zmniejszonym oporze przepływu; użycie zaworu kulowego pełnego przepływu zmniejsza opory ruchu o ponad połowę w stosunku do zaworu zasuwowego.

FILTRACJA

Filtracja jest nieodłączną częścią przygotowania sprężonego powietrza. Brak ochrony przed wodą, ciałami obcymi oraz cząstkami oleju może prowadzić do szybkiego zniszczenia instalacji.

W celu zminimalizowania prawdopodobieństwa wystąpienia spadku ciśnienia **należy użyć jednostki filtrującej o właściwym rozmiarze**

Rys. 7
EKONOMICZNY ROZMIAR FILTRA



Wybór właściwej wielkości filtra jest bardzo ważny.

Jeżeli dla określonej wartości przepływu zostanie użyty zbyt mały filtr, wystąpią znacznie większe spadki ciśnienia. W ogólnym przypadku użycie filtra nie powinno skutkować zmniejszeniem ciśnienia o wartość większą niż 0,1 bar. Montaż mniejszego filtra jest nieekonomiczny, gdyż wiąże się to z mniejszą powierzchnią przepływu, czyli w rezultacie otrzymujemy większy początkowy spadek ciśnienia oraz prawdopodobieństwo szybszego zablokowania jednostki.



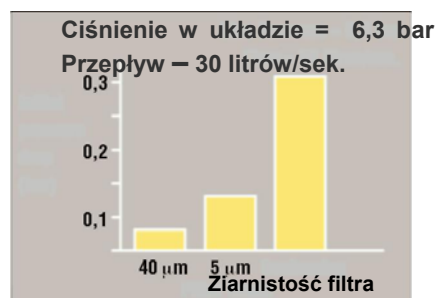
Rys. 6
Przykład słabej jakości rurociągu zamontowanego w instalacji

Pamiętaj o zastosowaniu odpowiedniego poziomu filtracji!

Zastosowanie bardzo drobnego filtra prowadzi to zwiększenia oporów przepływu w stosunku do filtra zgrubnego. Przykładowo większość narzędzi pneumatycznych wymaga filtracji na poziomie jedynie 40 mikronów. Zgodnie z powyższym w tego typu zastosowaniach nie ma sensu instalacja filtrów o poziomie filtracji 5 czy nawet 0,01 mikronów.

Jeżeli wymagane jest użycie filtra o większej ziarnistości, powinien on zostać umieszczony jak najbliżej obsługiwanego urządzenia. Takie rozwiązanie umożliwia zastosowanie stosunkowo najmniejszego rozmiaru filtra. Nie należy dokonywać filtracji całej linii powietrznej lub odgałęzień, gdyż skutkuje to zwiększeniem.

Uwaga na zanieczyszczenie filtrów -



Rys. 8.
Wpływ ziarnistości filtra na spadek ciśnienia.

przepływu, zwiększeniem rozmiaru filtra, a co za tym idzie jego ceny zakupu, wymiany elementów oraz jest przyczyną dodatkowych strat ciśnienia dla całego systemu.



Rys. 9
Filtry zamontowane ze wskaźnikami elektrycznymi i mechanicznymi

kontrolować wskaźniki spadku ciśnienia

Po pewnym czasie użytkowania filtra, w jego wnętrzu gromadzą się zanieczyszczenia, co staje się bezpośrednią przyczyną jego zablokowania, a tym samym także utraty ciśnienia. Problem ten jest rozwiązywany najczęściej przez zmianę ustawień regulatora i zwiększenie ciśnienia.

Zwiększając ciśnienie zwiększamy jednak również koszty.

Dodatkowy spadek ciśnienia instalacji o 0,35 bar może kosztować nawet £400 rocznie.

Wskaźniki spadku ciśnienia – proste pneumatyczne lub elektryczne – pozwalają na natychmiastowe wykrycie większego spadku ciśnienia. Wymiana elementów w takim momencie jest równoznaczna z dużą oszczędnością energii.

Dobrym zwyczajem jest wymiana elementów filtra w równych odstępach czasu. Pozwala to zminimalizować straty energii oraz zapewnia zawsze dobrą jakość dostarczanego powietrza.

Aby zapewnić właściwy poziom czystości powietrza wystarczy dokonywać okresowej konserwacji filtra - ulepszenie należy stosować tylko jeżeli wymaga tego konkretne zastosowanie.

SPADEK CIŚNIENIA

Filtr 2" o przepływie 400 l/s @ 7 bar
nowy - spadek ciśnienia = 0,15 bar
po 2 latach – wzrost o 0,4 bar
Dodatkowe 0,25 bar odpowiada zapotrzebowaniu na energię równemu 1,8 KWh

Potencjalna oszczędność:

Dla 2500 godzin pracy:

1,8 x 2 500 KWh przy £0,045 za KWh dodatkowy koszt = £202,50

Koszt rozwiązania problemu:

Wymiana elementu filtra = £57,00

1/2 godziny pracy przy £15,00 za godz. = £7,50

Oszczędności

£202,50

Koszty

£ 64,50

Oszczędności netto

£ 138,00

Jak bezpieczeństwo jest związane z Energią?

Montaż urządzeń pociąga za sobą koszty także ze względu na bezpieczeństwo. Zastosowanie niektórych rozwiązań pozwala na zwrot kosztów związany z oszczędnością energii.

Istnieje kilka dokumentów zajmujących się tematyką bezpieczeństwa systemów sprężonego powietrza oraz komponentów pneumatycznych. Niektóre z nich są normami międzynarodowymi, inne natomiast nie mając podstaw prawnych, ale zawierają szereg porad przygotowanych przez czołowe organizacje zajmujące się bezpieczeństwem oraz instalacjami hydraulicznymi.

BS EN 983 - WYCIEKI

„Wycieki (wewnętrzne lub zewnętrzne) nie powinny stanowić zagrożenia”.

W systemach, gdzie ciśnienie powietrza używane jest do przenoszenia obciążenia (np. w prasach, przy hamowaniu lub zaciskaniu,) wyciek może być traktowany jako potencjalna przyczyna niebezpieczeństwa.

BS EN 983 - FILTRACJA

„Kontrolowanie stanu filtra. Jeżeli zepsucie filtra może być przyczyną niebezpieczeństwa, należy to wyraźnie zaznaczyć”.

Zablokowanie filtra, będące przyczyną zmniejszenia ciśnienia, może w przypadku przenoszenia obciążeń mieć skutki podobne do wycieku.

O konieczności wymiany filtra informują wskaźniki spadku ciśnienia. Wymiana ta, poza zapewnieniem bezpieczeństwa, pozwala także na minimalizację kosztów energii przez utrzymanie akceptowalnych wartości spadków ciśnienia.

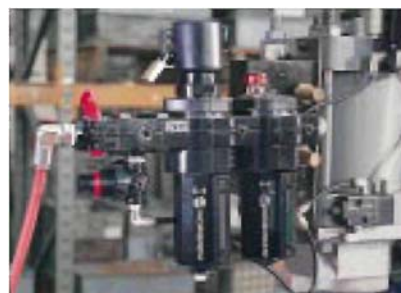
BS EN 983 – ZABEZPIECZENIA PRZED NIEPOWOŁANYM DOSTĘPEM

„Urządzenia kontroli ciśnienia oraz przepływu oraz ich wyposażenie powinny być montowane z odpowiednimi zabezpieczeniami, dzięki którym dokonywanie zmian ciśnienia oraz przepływu jest bezpieczne.”

Najczęściej ciśnienie w urządzeniach zwiększane jest w celu wzrostu szybkości realizacji procesu. Jednak zazwyczaj w systemie istnieje szereg innych czynników ograniczających, dlatego podniesienie ciśnienia wpływa na zwiększenie poboru powietrza.

W niektórych przypadkach większe ciśnienie może być przyczyną niebezpieczeństwa, (np. zaciski pneumatyczne). Siła zacisku jest obliczana jest dla konkretnego komponentu, każde zwiększenie jej wartości może spowodować zniszczenie elementu (może rozpaść się lub eksplodować).

Regulatory mogą być zabezpieczone prostymi zamykanymi osłonami, co pozwoli na zapewnienie bezpieczeństwa systemów. Zawory odcinające z możliwością blokady pozwolą uniknąć przypadkowego wyłączenia dostawy powietrza do systemu lub włączenia powietrza podczas konserwacji, tym eliminując potencjalne zagrożenie.



Rys. 10.
Użycie osłony zabezpieczającej na filtrze/regulatorze.

BS EN 983 – ZAWORY WOLNEGO NAPEŁNIANIA I SPUSTU

Urządzenia powinny być zaprojektowane w ten sposób, aby przy ich uruchomieniu, komponenty ruchome osiągały swoje pozycje robocze w bezpieczny sposób. Musi także istnieć sposób bardzo szybkiego uwolnienia powietrza z instalacji w ściśle określonym momencie.

Obie te funkcje jednocześnie, mogą spełniać zawory wolnego napełniania i spustu. Dodatkową korzyścią jest możliwość sterowania zaworów tym samym sygnałem, co umożliwia odłączenie instalacji, gdy urządzenie nie jest używane. Pozwala to uniknąć upływu zbędnego upływu powietrza.

HSG 39 – UŻYTKOWANIE PISTOLETÓW PNEUMATYCZNYCH

„Pistolety pneumatyczne połączone bezpośrednio z węzłem zasilającym mogą być bardzo niebezpieczne jeżeli nie są poprzedzone regulatorem, którego zadaniem jest zmniejszanie normalnej wartości ciśnienia zasilania 80 psi.”

Pistolety pneumatyczne są bardzo popularne w przemyśle i mimo znajomości ich obsługi, użytkownicy nie zdają sobie sprawy z istnienia związanych z nimi zagrożeń. Dla przykładu, przy ciśnieniu 0,4 bar możliwe jest przecięcie skóry i dostanie się powietrza do krwiobiegu.

Pistolety pneumatyczne obsługiwane są przy maksymalnej wartości ciśnienia w układzie, niekiedy są to nawet urządzenia „domowej produkcji”. Takie postępowanie jest bardzo niebezpieczne przy okazji traci się ogromne ilości powietrza.

Dobrym pomysłem jest wykorzystanie pistoletu z bocznymi odpowietrzeniami, dzięki czemu unika się narastania ciśnienia w przypadku zablokowania dyszy.

BS 6005 - 1997 BEZPIECZEŃSTWO OSŁON POLIWĘGLANOWYCH

Poliwęglan jest powszechnie stosowany do czasz filtrów, regulatorów i smarownic filtrów, oferując przy tym wspaniałą widoczność zawartości wykonanego z niego elementu. Przy używaniu czaszy w środowisku przemysłowym niezbędne jest zachowanie szczególnej ostrożności. Zgodnie z treścią norm:

A.4.1.2 „Czasze, które wyglądają na zniszczone, pęknięte lub zmatowione powinny zostać wymienione”.

A.4.1.3 „Wymiany wymagają także czasze zanieczyszczone farbą; nie powinny być one czyszczone”.

A.4.1.4 „Wszystkie czasze, których okres użytkowania wynosi więcej niż 10 lat powinny zostać wymienione, nawet jeśli ich stan, zgodnie z punktem A.4.1.2, jest akceptowalny”.

Sama wymiana czasz nie prowadzi bezpośrednio do oszczędności energii. Czynność ta powinna być jednym z etapów większego planu konserwacji, uwzględniającego także sprawdzenie stanu elementów filtra oraz zaworów spustowych w celu zmniejszenia spadku ciśnienia oraz wycieków.

Filtry są konserwowane przeważnie w sposób nieprawidłowy, dlatego należy mieć świadomość negatywnych skutków ich zaniedbywania.



Rys. 11.
Filtr powietrza używany
w lakierni samochodowej

ZASILANIE – ODŁĄCZENIE OD ŹRÓDŁA

Zarządzenie 19 „Każdy pracownik powinien upewnić się, czy operowane przez niego urządzenie posiada możliwość odłączenia od źródła zasilania”.

Pomocne przy tym mogą być różnego rodzaju zawory:

>>zawory kulowe

>>zawory odcinające w jednostkach FRL

>>elektryczne zawory sterujące

>>pneumatyczne zawory sterujące



Rys. 12.

Zawór odcinający blokowany

Rozwiązania te przynoszą dodatkową korzyść polegającą na tym, iż w przypadku wycieku powietrza w kierunku niższego ciśnienia, nie będzie ono stale pobierane ze źródła.

BEZPIECZNIK POWIETRZNY

Pewien wpływ na oszczędność energii mają także bezpieczniki powietrzne. Zadaniem tych urządzeń jest uniknięcie dynamicznych ruchów węża pod wpływem pozostałości wysokiego ciśnienia w przypadku jego pęknięcia. Bezpiecznik redukuje wypływ powietrza tak, aby do atmosfery wydostała się bardzo mała jego ilość. Eliminuje się w ten sposób możliwość zranienia węzłem oraz minimalizuje straty energii.

W sytuacjach, gdy ani zawór odcinający ani bezpieczniki powietrzne nie są zamontowane, może okazać się konieczne opróżnienie instalacji przed naprawą usterki, tracąc tym samym całe zmagazynowane w układzie powietrze.

ENERGIA I BEZPIECZEŃSTWO

- 18 pistoletów pneumatycznych z otworem 4 mm, zasilane ciśnieniem 7 bar.
 - Pistolety pneumatyczne ustawione na mniejszą wartość ciśnienia wg tabeli przepływu kryzy:
 - > Przepływ przez otwór 4 mm przy 7 bar = 19 l/s
 - > Przepływ przez otwór 4 mm przy 2 bar = 7 l/s
 - > Potencjalna oszczędność powietrza na pistolet = przy użyciu pistoletu 12 l/s przez 300 godzin w roku (około 10 minut na godzinę)
- Średnia wartość oszczędności = $(300/1200) \times 12 = 1,4$ l/s
Łącznie dla 18 pistoletów = 25 l/s

Potencjalna oszczędność:

$$0,4 \times 2\,500 \times 25 \times £0.045 = £1\,125.00$$

Koszt rozwiązania problemu:

18 regulatorów	= £306.00
1/2 godziny pracy na zamocowanie każdego z nich	= £135.00
W sumie	= £441.00

Oszczędności

£1 125.00

Koszt

£441.00

Oszczędności netto

£648.00

Tylko 5% energii wejściowej pozostaje w powietrzu po jego sprężeniu. Przyczyną jest fakt, że kompresor oddaje ciepło do układu chłodzenia.

Większość generatorów sprężonego powietrza składa się z kompresora, systemu przygotowania oraz układu sterowania. Każdy element stanowiska kompresora oraz proces instalacji i konserwacji mają znaczący wpływ na wydajność energetyczną.

ROZMIAR I KONFIGURACJA KOMPRESORA

Rozmiar oraz konfiguracja kompresora ma iznaczenie dla efektywnego wykorzystania energii.

Normalnym zjawiskiem jest wykorzystanie jak największej i najwydajniejszej maszyny spełniającej główną rolę w systemie, do której są dołączane i odłączane pozostałe urządzenia.

W nowoczesnych instalacjach używa się kompresorów rotacyjnych łopatkowych oraz kompresorów śrubowych. W przypadku użycia powietrza wyższej jakości przy większej pojemności, stosuje się sprężarkę bezolejową śrubową lub odśrodkową, o największej wydajności. W wielu maszynach nadal używa się tego typu rozwiązań. Maszyny te są bardzo wydajne oraz zapewniają wspianiałą kontrolę przy niepełnym obciążeniu.

Napędy o regulowanej prędkości stają się popularne w takim samym stopniu jak dwustopniowe sprężarki olejowe.

INSTALACJA

Wszystkie kompresory muszą być odpowiednio chłodzone. Powietrze na wejściu powinno być jak najchłodniejsze i być pobierane bezpośrednio z zacienionego miejsca na zewnątrz. Zmniejszenie temperatury na wejściu o 4°C to wzrost wydajności o 1%. Prosty sposób na sprawdzenie stanu kompresora jest pomiar różnicy

temperatur powietrza między jednostką chłodzącą a wylotem chłodnicy końcowej. Dla kompresorów z chłodzeniem powietrznym wartość ta nie powinna przekraczać 15°C a dla kompresorów z chłodzeniem wodnym wartość nie powinna przekraczać 10°C. Jeżeli różnica temperatur jest większa, nastąpi spadek wydajności urządzenia.

Prędkość powietrza dla wszystkich zasilających urządzeń nie powinna przekraczać 6 m/s. Przy wszystkich połączeniach należy stosować trójniki skośne oraz kolanka o dużym promieniu.

We wszystkich punktach gromadzenia kroplin powinny znaleźć się odkraplacze z elektronicznymi czujnikami.

ODPROWADZANIE CIEPŁA

Ciepło wytracane podczas kompresji może być używane do ogrzewania otoczenia, wody pitnej lub przemysłowej. Takie rozwiązania pozwolą zapewnić dużą oszczędność energii.

KONSERWACJA

Sposób konserwacji kompresorów wpływa na efektywność procesu generacji sprężonego powietrza. (serwis zawsze zgodny z instrukcjami producenta).

Niestosowanie się do zaleceń może skutkować zmniejszeniem żywotności maszyny. Wartością typową dla urządzeń olejowych jest 24000 godzin, natomiast dla bezolejowych – 40000 godzin.

Należy regularnie sprawdzać ciśnienie chłodnicy tłoka dwustopniowego oraz kompresora śrubowego. Wartość ta powinna wynosić około 2 do 2,5 bar przy ciśnieniu zasilania 7 bar.) Odchylenie od tego poziomu oznacza niestabilność systemu oraz słabą wydajność.

W podobny sposób należy sprawdzać spadek ciśnienia na systemie oddzielania oleju. Należy używać tylko

oryginalnych części zapasowych

STEROWANIE

W przypadku użycia kilku kompresorów różnych typów i rozmiarów, konieczna jest instalacja układu sterowania w celu zapewnienia różnych potrzeb na zapotrzebowanie powietrza. Pozwoli to na optymalizację zasilania instalacji i spełnienie wymagań przy jednoczesnej maksymalnej wydajności.

PRZYGOTOWANIE

Przygotuj powietrze zgodnie z jego minimalnymi wymaganiami. Osuszacze chłodzące o punkcie rosy +3°C oraz filtry pozwalają na oszczędność rzędu 3%. Osuszacze o punkcie rosy -40°C zmniejszają kosztów od 8 do 15%. Wysoką wydajność można osiągnąć stosując osuszacz membranowych oraz osuszacz z ogrzewaniem lub bez o punkcie rosy co najmniej -40°C. Należy stosować czujniki punktu rosy.

Spadek ciśnienia w systemach przygotowania powietrza nie powinien przekraczać 0,5 bar. Rozmiar filtra powinien być zawsze dobrany w sposób zapewniający maksymalny możliwy przepływ. Należy pamiętać o regularnej konserwacji filtrów.

CIŚNIENIE ROBOCZE

Należy ustawić minimalną akceptowalną wartość ciśnienia roboczego i upewnić się, że w przypadku używanej instalacji spadek ciśnienia systemu przy ełnym obciążeniu nie przekracza 0,5 bar.

Jeżeli jest to możliwe, należy Redukcja wartości tej o 1 bar pozwala na ograniczenie

zmniejszyć ciśnienie zasilania. p kosztów kompresji powietrza o 7%. Zmniejszenie ciśnienia wiąże się także ze zmniejszeniem zapotrzebowania powietrza. Zmiana ciśnienia z 8 bar na 7 bar skutkuje zmniejszeniem zapotrzebowania o około 12%.

Autorem tego rozdziału jest Eric Harding, pracownik firmy Air Technology Ltd.

Rys. 13.

TABELA PRZEPŁYWU KRYZY

Rozmiar Kryzy (otwór)	litry/sek. - ANR (dm ³ /s)				
(mm)	2 bar	4 bar	6 bar	7 bar	8 bar
0,2	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
0,3	0,04	0,05	0,10	0,11	0,12
0,5	0,11	0,19	0,26	0,30	0,39
1,0	0,45	0,73	1,05	1,20	1,35
1,5	1,02	1,70	2,37	2,69	3,05
2,0	1,81	3,05	4,20	4,80	5,40
3,0	4,00	6,77	9,46	10,81	12,16
4,0	7,27	12,04	16,82	19,16	21,67
5,0	11,35	18,83	26,32	30,00	33,82
6,0	16,34	27,16	37,82	43,32	48,65
8,0	29,16	48,15	67,30	76,90	86,50
10,0	43,32	75,30	105,10	120,10	135,10
15,0	102,10	169,90	236,60	269,90	304,00

Rys. 14 **KLASY CZYSTOŚCI POWIETRZA ISO 8573**

Klasy Czystości	Cząstki Brodu	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)	—

Rys.15 **WYDAJNOŚĆ KOMPRESORA**

Konfiguracja	Wydajność litry / sek.	Określona Moc Kw ^e /50 l/s	Wydajność (częściowe Obciążenie)
Tłok smarowy	2 – 25	24	Dobra
	25 – 250	20	Dobra
	250 – 1000	17	Doskonała
Tłok bezsmarowy	2 – 25	26	Dobra
	25 – 250	22	Dobra
	250 – 1000	19	Doskonała
Smarowana olejowo łopatką obrotowa oraz śruba	2 – 25	24	Słaba
	25 – 250	22	Dostateczna
	250 – 1 000	19	Dostateczna lub dobra
Bezołejowy wirnik uzębiony oraz śruba	25 – 25	20,5	Dobra
	250 – 100	18	Dobra
	1000 – 2000	18	Dobra
Bezołejowy wirnik odśrodkowy	250 – 1000	21	Dobra
	1000 – 2000	18	Doskonała
	Powyżej 2000	17	Doskonała

Rys. 16

**ZAŁECANE 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
Przenoszenie, produkty granulowane	2	4
Przenoszenie, produkty proszkowe	1	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.

**STRATY TARCIOWE INSTALACJI RUROWYCH W
ODNIESIENIU DO RURY PROSTEJ W METRACH**

	8 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm
Trójnik (równoprzelotowy)	0,15	0,15	0,21	0,34	0,46	0,55	0,67	0,92
Trójnik (boczny)	0,76	0,76	1,01	1,28	1,62	2,14	2,47	3,18
Kolanko 90°	0,43	0,43	0,52	0,64	0,79	1,07	1,25	1,59
Kolanko 45°	0,15	0,15	0,24	0,30	0,38	0,49	0,58	0,73
Zawór kulowy*	0,01	0,03	0,09	0,12	0,15	0,22	—	—

* Samoodpowietrzanie – całkowite otwarcie

Rys. 18

**MAKSYMALNY ZALECANY PRZEPŁYW* DLA RUR STALOWYCH
WG ISO 65**

Wartość ciśnienia w barach	Średnica Nominalna Rury - mm										
	6	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80
	Przybliżony Rozmiar Połączenia Rurowego - cale										
	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3
0,4	0,3	0,6	1,4	2,6	4	7	15	25	45	69	120
1,0	0,5	1,2	2,8	4,9	7	14	28	45	80	130	230
1,6	0,8	1,7	3,8	7,1	11	20	40	60	120	185	330
2,5	1,1	2,5	5,5	10,2	15	28	57	85	170	265	470
4,0	1,7	3,7	8,3	15,4	23	44	89	135	260	410	725
6,3	2,5	5,7	12,6	23,4	35	65	133	200	390	620	14085
8,0	3,1	7,1	15,8	29,3	44	83	168	255	490	780	14375
10,0	3,9	8,8	19,5	36,2	54	102	208	315	605	965	14695

*Wartość przepływu powietrza podawana jest w dm³/s dla ciśnienia standardowego 1013 mbar.

Uwagi ogólne Wartości przepływu wyrażone przez spadek ciśnienia (DP) kształtują się następująco:

10 % zadanej wartości ciśnienia na 30 metrów rury dla średnicy nominalnej 6-15 mm

5% zadanej wartości ciśnienia na 30 metrów rury dla średnicy nominalnej 20-80 mm

Rys. 19

DODATKOWY KOSZT ZWIĄZANY Z PRZYGOTOWANIEM POWIETRZA

Punkt rosy °C	Typ Osuszacza	Filtracja	Dodatkowy Koszt	Wstępny Koszt
Typowy 10	Membranowy	Wstępna	10 - 15%	Niski
3	Chłodzący	Standardowa	3%	Średni
-40	Bez ogrzewania	Wstępna I wtóra	8 - 15%	Wysoki
-40	Z ogrzewaniem	Wstępna I wtóra	10 - 15%	Wysoki
-70	Bez ogrzewania	Wstępna I wtóra	15 - 21%	Wysoki

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.