

DANE NIEZBĘDNE DO KOMPLEKSOWEJ DIAGNOSTYKI, OPTYMALIZACJI I FUNKCJONALNEGO PROJEKTOWANIA

układów pneumatycznych dostosowanych do potrzeb przedsiębiorców wdrażających produkcję 4.0

Wraz ze wzrostem kosztów utrzymania ruchu niezbędne są działania optymalizujące zużycie energii i wydłużające niezawodność działania mechanizmów. Przewymiarowanie układów pneumatycznych powoduje wyższe koszty eksploatacyjne. Zdaniem autora, w połowie 2022 roku podczas kryzysu energetycznego wśród użytkowników systemów wykorzystujących powietrze narasta świadomość, że nie wystarczy tylko uproszczona analiza pracy sprężarki lub pompy próżniowej. Niezbędne jest kompleksowe podejście optymalizacyjne.

dr inż. Paweł Knast, adiunkt

Akademia Kaliska im. Prezydenta Stanisława Wojciechowskiego, Wydział Politechniczny, Katedra Mechaniki i Budowy Maszyn

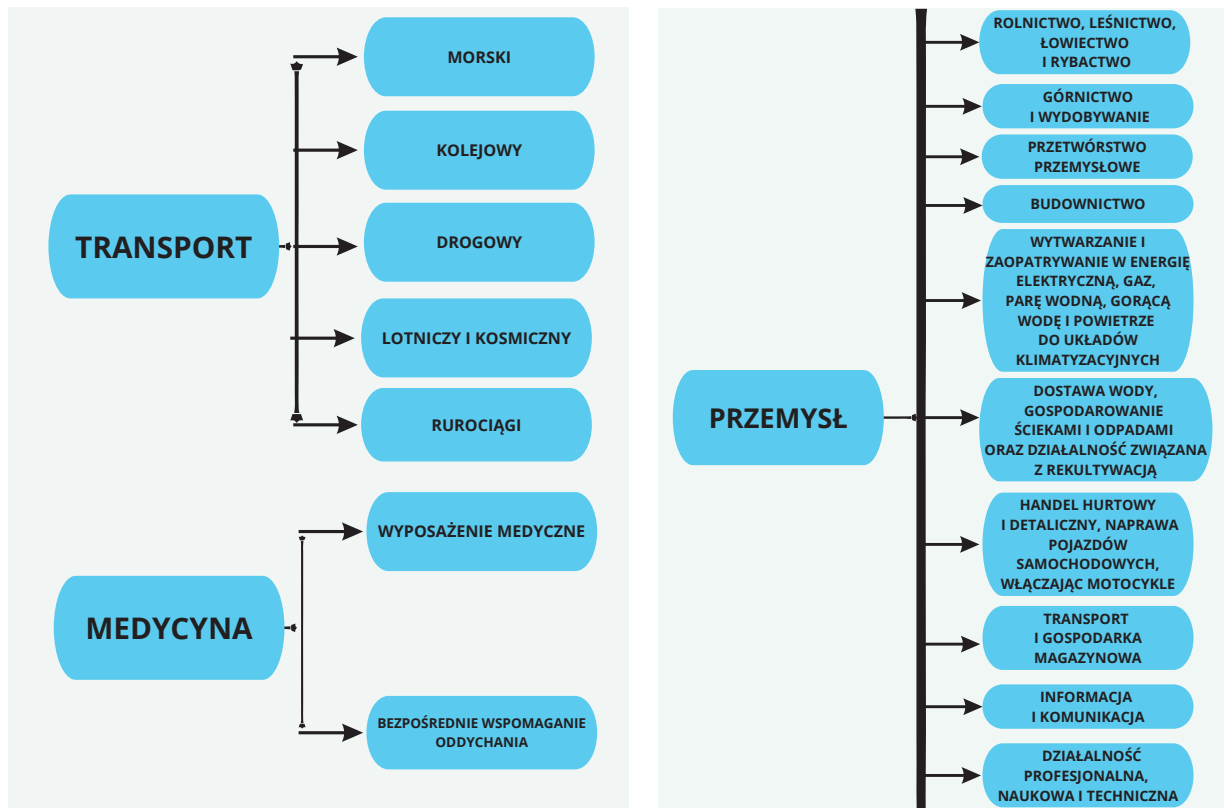
Inżynieria mechaniczna to bardzo obszer-
na dziedzina nauki, w której pneumatyka
stanowi dużą podgrupę mechanizmów
napędzanych przez gazy o różnym stopniu
sprężenia. W XX i na początku XXI wieku pneu-
matyka przyczyniła się do rozwoju automatyza-
cji i robotyzacji. Dzięki kompaktowej budowie
i skatalogowaniu wielu rozwiązań technicznych
skomplikowane mechanizmy stały się bardziej
powszechne i znacznie tańsze.

Kamienie milowe rozwoju współczesnej pneumatyki

Zalety układów pneumatycznych dostrzegli już starożytni naukowcy, między innymi Hero z Aleksandrii [1], który przedstawił kilka koncepcji wykorzystania wiatru i stworzył turbinę parową. Niemiecki fizyk Otto von Guericke [2] wynalazł pompę próżniową w 1650 r. Kilka lat później francuski matematyk Blaise Pascal opracował w 1653 r. prawo Pascala, które opublikowano w 1663 r. [3]. Kolejny rozwój pneumatyki i hydrauliki zawdzięczamy Danielowi Bernoulliemu, który w 1738 r. opracował równanie, znane powszechnie jako równanie

Bernoulliego, publikując je w książce pt. *Hydrodynamika* [4]. Za prekursora transportu pneumatycznego uważany jest William Murdoch, który w 1799 r. opracował pneumatyczny system przesyłania wiadomości [5]. Joseph Louis Gay-Lussac opisał zachowanie gazu doskonałego podczas zmiany jego stanu, znane od 1801 r. jako przemiana izobaryczna [6]. Do podobnego wniosku w tym samym roku doszedł Jacques Charles, który sformułował prawo objętości opisujące zachowanie się gazu po podgrzaniu [7]. W 1834 r. Benoit Paul Émile Clapeyron opracował równanie stanu opisujące związek pomiędzy temperaturą, ciśnieniem i objętością gazu doskonałego [8, 9].

Osiągnięcia na polu rozwoju technologii pneumatycznych zostały wykorzystane do budowy systemu pneumatycznego transportu przesyłek w 1853 r. Wówczas Josiah Latimer Clark zainstalował pneumatyczny układ przesyłania wiadomości łączący Londyńską Giełdę Papierów Wartościowych z biurami Electric Telegraph Company. Rozbudowana sieć transportu pneumatycznego została zbudowana w Paryżu, działała w latach 1866-1984 [10]. Na przestrzeni lat koncepcja wykorzystania sprężonego powietrza



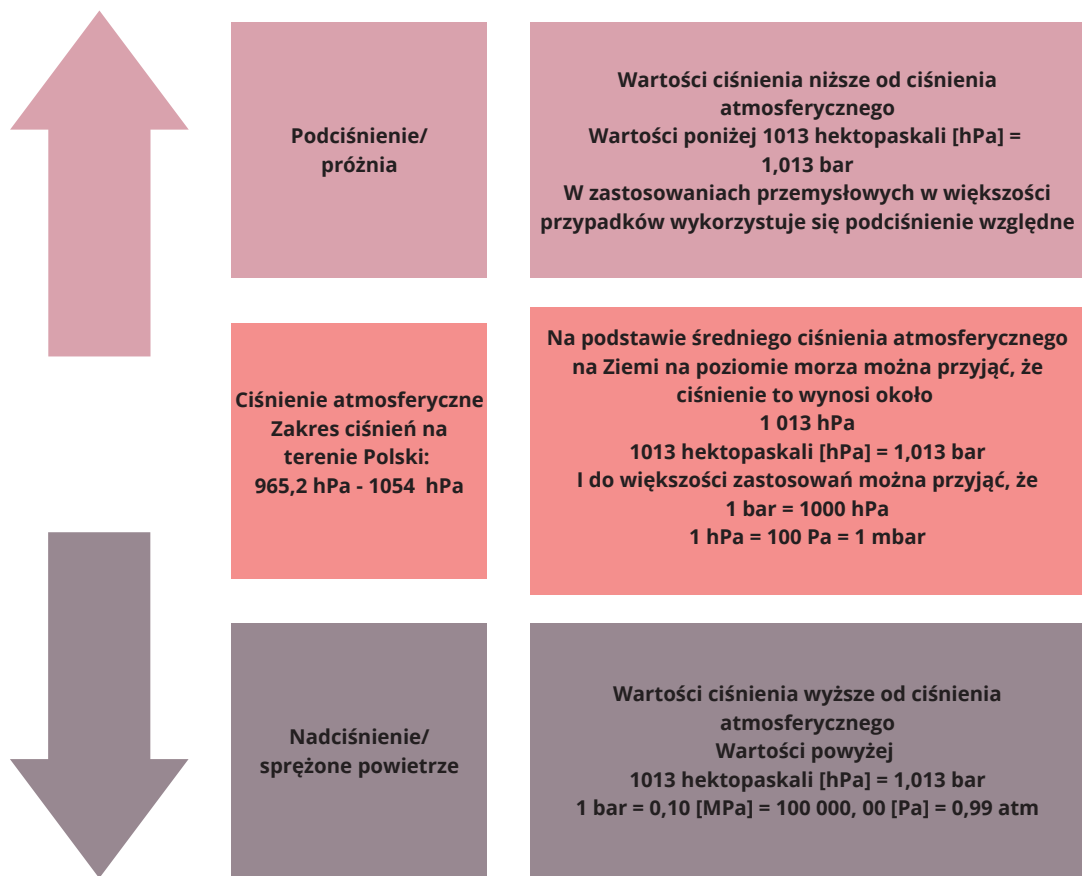
Rys. 1. Podział systemów pneumatycznych w zależności od branży

obejmowała między innymi konstrukcję lokomotyw, co zostało opisane przez T. Teramota i A. Kurokiego w artykule *Compressed-air locomotives. History of pneumatics technology* [11] z Duplo Corp. i Musashi Inst. of Technology, Faculty of Engineering z Tokyo. Na uwagę zasługuje projekt z 1864 r., nazwany *Crystal Palace Pneumatic Railway* – była to eksperymentalna kolej pneumatyczna, która kursowała w Crystal Palace Park w południowym Londynie [12]. Od 1876 r. sprężone powietrze było wykorzystywane do napędu tramwajów w Paryżu i następnie w innych miastach francuskich, ponadto pomysł ten był wykorzystany w Bernie w Szwajcarii i USA [13]. Rozwój narzędzi pneumatycznych został zapoczątkowany w 1871 r. przez Samuela Ingersolla, który wynalazł wiertarkę pneumatyczną. W 1930 r. David Roos z firmy Atlas Copco opracował wysokowydajny lekki kompresor typu łopatkowego [14]. Patrik Danielsson i Alf Lysholma opracowali sprężarkę śrubową dla firmy Atlas Copco, która w 1958 r. została zmodyfikowana przez Iwana Åkermana jako wersja bezolejowa. Do rozwoju i upowszechnienia pneumatyki miały przyczynić się między innymi firmy: Norgen [15] (rok powstania: 1862), Festo [16] (rok założenia: 1925), SMC (rok zało-

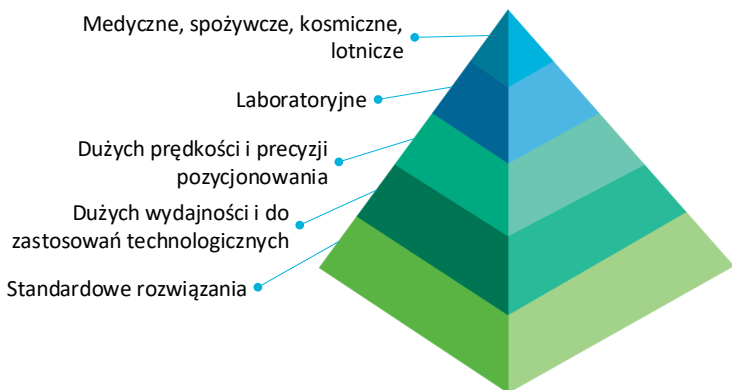
żenia: 1959) [17], a także Charlie Bimba, który opracował siłownik pneumatyczny Original Line w 1957 r. [18]. Siłowniki pneumatyczne zostały użyte po raz pierwszy w sprzęcie wojskowym używanym podczas II wojny światowej. Lata sześćdziesiąte XX wieku to początek rozwoju pneumatycznych urządzeń sterujących i kontroli przepływu oraz ciśnienia. Wyżej wymienione osiągnięcia w znaczącym stopniu przyczyniły się do szybkiego rozwoju i upowszechnienia rozwiązań pneumatycznych.

Podział systemów pneumatycznych

Autor pracy projektuje, uruchamia i konserwuje układy pneumatyczne od 1993 roku dla różnych branż przemysłowych. W zależności od specyfiki zakładu i jego historii układy pneumatyczne pełnią różną funkcję technologiczną. Ułożenie instalacji pneumatycznych wynika z ukształtowania hal produkcyjnych i ich późniejszej rozbudowy. W zakładach wybudowanych bezpośrednio po zakończeniu II wojny światowej liczba rur/tras instalacji pneumatycznych jest bardzo rozbudowana. Dlatego w przypadku układów pneumatycznych nie można przenieść bezkrytycznie rozwiązań sprawdzających się w innej fabryce. ►



Rys. 2. Podział systemów pneumatycznych w zależności od wartości ciśnienia



Rys. 3. Podział systemów pneumatycznych w zależności od zaawansowania technologii

► W celu uporządkowania zagadnień związanych z zastosowaniem pneumatyki autor niniejszej pracy dokonał podziału systemów pneumatycznych w zależności od:

1. branży (rys. 1),
2. stosowanego ciśnienia (rys. 2),
3. stopnia zaawansowania technologii (rys. 3).

By uporządkować obszary zastosowania pneumatyki, przygotowano rys. 1. Zapropionowany

podział wykorzystuje rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie zmiany rozporządzenia zmieniającego rozporządzenie w sprawie Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD) [19]. Podział ma na celu zrozumienie terminologii technicznych dla osób „nietechnicznych”. Rys. 2 klasyfikuje omawiane systemy na podciśnieniowe i pracujące w obszarze nadciśnienia.

Specyficznym obszarem zastosowania pneumatyki są branże medyczna i spożywcza, które muszą posiadać między innymi certyfikat NSF (National Sanitary Foundation [20]) dotyczący zawartości środków smarnych w gazie (badanie zawartości substancji smarnych w gazach) i spełniać wymagania dyrektywy ciśnieniowej PED [21]. W przypadku zastosowania systemów sprężonego powietrza w kontakcie z wodą pitną niezbędne jest uzyskanie certyfikatu KTW-BWGL [22], np. w instytucie TTR [23] (Testing Training & Research), który jest akredytowany zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 [24].

Sprężone powietrze stosowane w szpitalach musi spełniać rygorystyczne wymogi prawne,

higieniczne oraz związane z bezpieczeństwem pacjentów. Powietrze dostarczane do respiratorów i aparatów anestetycznych oraz do innych urządzeń musi być przygotowane zgodnie ze specyfikacją wymogów szpitala. Instalacje pneumatyczne muszą spełniać wymogi normy PN-EN ISO 7396-1:2016-07/A1:2019-03 [25] i dyrektywy 93/42/EWG [26] oraz być wyposażone w system pracy awaryjnej.

W przypadku urządzeń do innych gałęzi przemysłu projektowane układy pneumatyczne muszą spełniać wymogi norm: PN-EN ISO 4414:2011, PN-ISO 6430:1995, PN-ISO 5782-1:2000, PN-ISO 4393:1998, PN-ISO 6743-11:2014-10, PN-ISO 6537:1995, PN-ISO 6430:1995, PN-ISO 5784-3:1994, PN-ISO 5784-2:1994, PN-ISO 5784-1:1994, PN-ISO 5782-2:2000, PN-ISO 5782-1:2000, PN-ISO 4399:2000, PN-ISO 2944:2005, PN-ISO 11727:2001, PN-EN 741+A1:2011, PN-EN 60873-2:2004, PN-EN 60873-1:2004, PN-EN 3631:2014-12, PN-EN 3630:2008, PN-EN 15807:2021-08, PN-EN 15714-3:2010, PN-EN 13597:2003, PN-EN 10305-6:2016-06, PN-EN ISO 9170-1:2020-12, PN-EN ISO 9170-

2:2010, PN-EN ISO 11197:2020-04, PN-EN ISO 7396-2:2011 [27-54].

Wymienione normy potwierdzają, że proces projektowania układów pneumatycznych i utrzymywanie ich w sprawności wymagają wysokich kwalifikacji personelu. Dlatego wraz ze wzrostem kosztów produkcji, w tym energii, temat prawidłowej diagnostyki i optymalizacji układów pneumatycznych jest niezmiernie istotny dla funkcjonowania przedsiębiorców.

Diagnostyka i wytyczne do projektowania systemów pneumatycznych

Na podstawie branżowych portali internetowych i czasopism można stwierdzić, że obecnie diagnostyka istniejących układów pneumatycznych koncentruje się na wykrywaniu i rejestracji zużycia sprężonego powietrza oraz na wskazywaniu nieszczelności, a także na pomiarze spadku ciśnienia między sprężarką i punktem odbioru powietrza. Spotyka się także informacje o systemach rejestracji maksymalnych poziomów ciśnienia.

reklama

TOOLEX

Międzynarodowe Targi Obrabiarek, Narzędzi i Technologii Obróbki TOOLEX

ZAREJESTRUJ SWÓJ UDZIAŁ

4-6 października 2022 r.

Międzynarodowe Centrum Kongresowe w Katowicach

ZAPRASZAMY NA TARGI W NOWEJ ODSŁONIE

WWW.TOOLEX.PL



Rys. 4. Kompleksowa diagnostyka systemów pneumatycznych

► Z punktu widzenia projektanta, utrzymania ruchu i analizy kosztów oraz funkcjonalności działania systemu w dotychczasowej praktyce przemysłowej pomija się szereg bardzo istotnych kwestii technologicznych. Dlatego w celu uzupełnienia procedury optymalizacji układów pneumatycznych została przedstawiona „kompleksowa koncepcja diagnostyczno-projektowa”, która jest zaprezentowana na rys. 4. Jest to autorskie opracowanie prezentujące wielokryterialną analizę diagnostyczną mającą na celu przygotowanie przedsiębiorstw do zarządzania układami pneumatyki w kontekście technologii i zużycia energii.

Wnioski

Audyty sprężonego powietrza polegające na badaniu wydajności sprężarek i częstotliwości ich załączania oraz wyłączenia wraz z testem szczel-

ności elementów układu pneumatycznego mogą być nieprecyzyjne w wielu gałęziach przemysłu, transportu i zastosowaniach medycznych. Zaawansowane procesy technologiczne wymagają bardziej szczegółowego podejścia projektowego i dużej kultury technicznej w obszarze utrzymania ruchu. Zdaniem autora tylko kompleksowa analiza wymogów technologicznych i dostosowanie do nich system pneumatycznego mogą przynieść spodziewany skutek optymalizacyjny. Nowe kompleksowe podejście zaprezentowane na rys. 4 wymaga dużej wiedzy i zaangażowania, które może przełożyć się na sukces przedsiębiorstw, laboratoriów i zakładów opieki medycznej. W przemyśle 4.0 nie da się używać prostych narzędzi stosowanych z powodzeniem w XX wieku. □

Piśmiennictwo dostępne w redakcji.