

# Stanowisko dydaktyczne do badania połączeń wentylatorów

The didactic station to studies connections ventilators

PAWEŁ PIETKIEWICZ  
TOMASZ WANKEWYCZ \*

Materiały z XX SKWPIE, Jurata 2016 r.  
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.176

W artykule przedstawiono wyniki prac nad projektem i wykonaniem stanowiska dydaktycznego do badania parametrów pracy wentylatorów w różnych układach. Stanowisko wykorzystywane jest do zajęć dydaktycznych w ramach laboratorium z przedmiotu mechanika płynów w Katedrze Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie. Zaprezentowano koncepcję rozwiązania konstrukcji, pokazano i omówiono końcowy efekt prac oraz przytoczono przykładowe wyniki przeprowadzonych pomiarów.

**SŁOWA KLUCZOWE:** wentylator, mechanika płynów, stanowisko dydaktyczne

*The results of works were introduced in the present work over project and the realization of didactic station to the investigation of the work parameters of ventilators in various configurations. The position is used to lectures within the laboratory from object of the mechanic of liquids in The Cathedral Mechanics and Bases Construction Machines at The University of Warmia and Mazury in Olsztyn. Introduce the conception of the solution of the construction in the article, show and talk over the final effect of works and quote the example results of conducted measurements.*

**KEYWORDS:** ventilator, mechanic of liquid, didactic station

W przypadku współpracy kilku wentylatorów o podobnej charakterystyce można stosować połączenia szeregowe lub równoległe, uzyskując tym samym efekt poprawy wybranego parametru pracy układu. Przy większej liczbie wentylatorów można rozważać połączenia mieszane. Z uwagi na szerokie zastosowanie systemów wentylacyjnych temat ten jest jednym z zagadnień omawianych podczas zajęć z przedmiotu mechanika płynów, realizowanego w Katedrze Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn UWM w Olsztynie. Dotychczas zajęcia te prowadzone były z wykorzystaniem stanowiska zbudowanego ok. 40 lat temu. Wymagało ono dużej liczby czynności przygotowawczych podczas przeprowadzania ćwiczeń oraz było źródłem uciążliwego hałasu podczas działania.

## Założenia projektowe

Po zapoznaniu się z procedurą realizacji zajęć dydaktycznych dotyczących badania połączeń wentylatorów oraz mając na uwadze ograniczony czas trwania zajęć, opracowano następujące założenia projektowe:

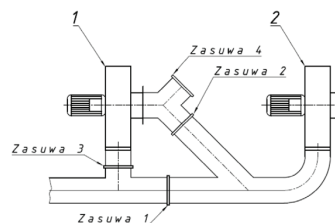
- ograniczenie czasu wykonywania ćwiczenia do maksymalnie 50 minut;
- spełnienie wymagań dyrektywy maszynowej 2006/42/WE, w szczególności w zakresie uruchamiania i awaryjnego zatrzymywania pracy stanowiska;
- spełnienie wymagań rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn;
- ograniczenie hałasu generowanego przez stanowisko podczas pracy.

## Koncepcje budowy stanowiska

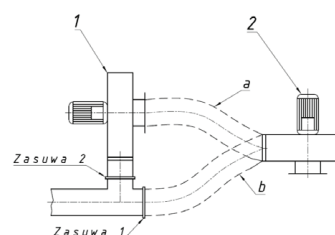
Opracowano trzy koncepcje budowy stanowiska. We wszystkich koncepcjach zrezygnowano z połączeń kołnierzych na rzecz połączeń mufowo-nyplowych oraz różnego rodzaju opasek i szybkozłączy. Pozwala to znacznie skrócić czas przebrajania stanowiska na inną konfigurację połączeń wentylatorów. Założono, że we wszystkich przypadkach układ elektryczny zostanie oparty na stycznikach i zaprojektowany według obowiązujących przepisów.

Koncepcja pierwsza (rys. 1) zakłada, że wentylatory są przymocowane do podstawy na stałe. Układ rur jest niezmienny. Poszczególne konfiguracje uzyskuje się, sterując zasuwami gilotynowymi. Takie rozwiązanie powoduje maksymalne skrócenie czasu niezbędnego do wykonania ćwiczenia przez studentów oraz sprowadza pracę fizyczną przy tym stanowisku tylko do podnoszenia lub opuszczania poszczególnych zasuw. Badanie samodzielnie pracującego wentylatora oznaczonego na rys. 1 jako 1 wymaga otwarcia zasuw trzeciej i czwartej oraz zamknięcia drugiej i pierwszej. Badanie wentylatora opisanego jako 2 polega na otwarciu zasuw pierwszej oraz zamknięciu pozostałych. Połączenie równoległe realizowane jest poprzez zamknięcie zasuw drugiej i otwarcie pozostałych. W połączeniu szeregowym zamknięte pozostają zasuw pierwsza i czwarta, a otwarte druga oraz trzecia. Brak konieczności przenoszenia elementów stanowiska poprawia ergonomię oraz minimalizuje ryzyko ich uszkodzenia. Rozwiązanie generuje jednak spory spadek ciśnienia oraz jest szacunkowo droższe od pozostałych.

Według koncepcji drugiej wentylatory również pozostają nieruchome. Zmiana połączenia realizowana jest za pomocą dwóch przepustnic gilotynowych oraz ręcznego przekładania odcinka rury elastycznej. Badanie wentylatora oznaczonego na rys. 2 jako 1 wymaga otwarcia zasuw drugiej, zamknięcia pierwszej oraz zdjęcia przewodu elastycznego oznaczonego jako *a*. Wentylator 2 bada się, podłączając przewód *b*, otwierając zasuwę pierwszą oraz zamykając drugą. Połączenie równoległe uzyskuje się, otwierając obie zasuw oraz przypinając przewód *b*. Układ szeregowy realizuje się, podłączając przewód *a* oraz zamykając zasuwę pierwszą, drugą pozostawiając otwartą. Koncepcja ta, tak jak pierwsza, ogranicza

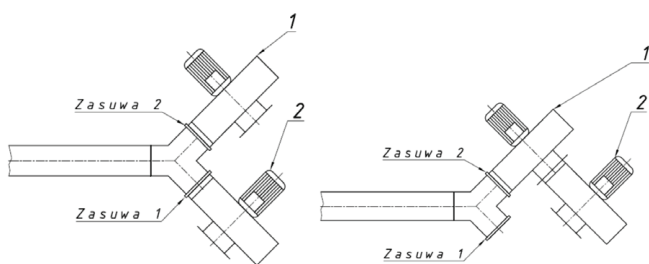


Rys. 1. Koncepcja pierwsza budowy stanowiska

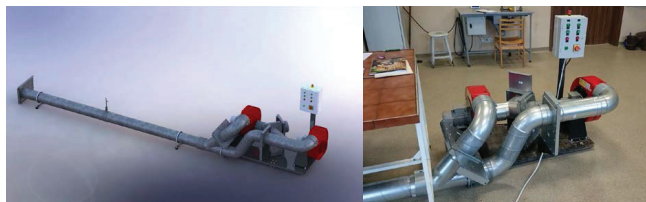


Rys. 2. Koncepcja druga budowy stanowiska

\* Dr inż. Paweł Pietkiewicz (papiet@uwm.edu.pl) – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Wydział Nauk Technicznych



Rys. 3. Koncepcja trzecia budowy stanowiska (po lewej – połączenie równoległe, po prawej – połączenie szeregowe)



Rys. 4. Model (z lewej) i widok (z prawej) budowanego stanowiska

czasochłonność, jednak wymaga dodatkowych czynności związanych z przełączeniem przewodów elastycznych. Istnieje możliwość uszkodzenia elastycznych przewodów na skutek ich częstego odkształcania. Dzięki ograniczeniu liczby elementów ten wariant jest tańszy od pierwszego.

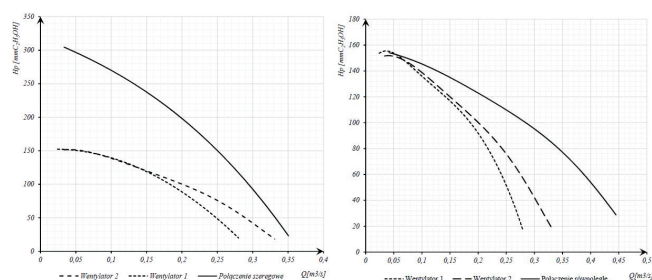
Rozwiązanie trzecie oparte jest na pomysły budowy starego stanowiska. Wentylatory przymocowane są do podstawy za pomocą nagwintowanych trzpieni z nakrętkami motylkowymi. Badanie wentylatora oznaczonego na rys. 3 (po lewej) jako 1 wymaga zamknięcia zasuw pierwszej oraz otwarcia drugiej. Dla wyznaczenia charakterystyki wentylatora oznaczonego jako 2 zasawa druga pozostaje zamknięta, a pierwsza otwarta. Połączenie równoległe realizowane jest przez otwarcie obu zasuw. Połączenie szeregowe zostało przedstawione po prawej stronie rys. 3. Wymaga ono przestawienia wentylatorów, zamknięcia zasuw pierwszej oraz otwarcia drugiej. Wariant ten jest najtańszy i najprostszy w wykonaniu, jednak najbardziej problematyczny w obsłudze. Układ ten zapewnia najmniejsze straty.

W toku przeprowadzenia procedury oceny i porównania koncepcji, do realizacji wybrano koncepcję pierwszą. Na rys. 4 przedstawiono model stanowiska, jaki opracowano w trakcie procesu projektowego. Zdecydowano się na zastosowanie dwóch wentylatorów promieniowych o mocy 0,55 kW i wydatku maksymalnym 1900 m<sup>3</sup>/h o oznaczeniu WPA-5-E-3-N-S wraz z dedykowanymi stojakami oraz króćcem przyłączeniowym montowanym na kanale ssącym maszyny. Pomiar prędkości przepływu powietrza w osi przewodu wylotowego realizowany jest metodą pośrednią poprzez pomiar ciśnienia dynamicznego wytwarzanego przez strugę przepływającego powietrza, za pomocą rurki Prandtla połączonej z manometrami cieczowymi. Regulacja prędkości przepływu powietrza przez układ odbywa się poprzez dławienie przepływu zasuwą na końcu kanału wylotowego. Zaplanowano 16 położeń przysłony gilotynowej.

### Wyniki testów stanowiska

Gotowe stanowisko zostało przetestowane. Przeprowadzono pomiary według procedury przewidzianej dla ćwiczeń laboratoryjnych ze studentami realizującymi przedmiot mechanika płynów. Manometr cieczowy różnicowy, wykorzystywany do pomiarów, został wypełniony alkoholem etylowym. Otrzymane wyniki pomiarów dotyczących wysokości podnoszenia odpowiadającej ciśnieniu statycznemu wytwarzanemu przez wentylatory oraz ich połączenia przedstawione zostaną zatem w jednostce słupa cieczy mmC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH.

Na wykresach zamieszczonych na rys. 5. widoczne są charakterystyki pracy wentylatorów w różnych układach otrzymane podczas badań testowych.



Rys. 5. Graficzna interpretacja wyników badań przeprowadzonych na stanowisku. Z lewej – połączenie szeregowe, z prawej – połączenie równoległe

Przy minimalnym natężeniu przepływu charakterystyki obu wentylatorów pokrywają się. Charakterystyki te różnią się nieco po przekroczeniu natężenia przepływu 0,15 m<sup>3</sup>/h. Należy jednak zauważyć, że przewód wylotowy wentylatora 2 (rys. 1) posiada sumarycznie większą długość niż wentylator 1, co może generować większe straty przepływu w przypadku wentylatora 2.

W przypadku połączenia szeregowego, którego charakterystykę zamieszczono po lewej stronie na rys. 5, widoczne jest podwojenie ciśnienia podnoszonego układu wentylatorów w stosunku do każdego z nich. Podobna tendencja utrzymuje się także przy wyższych wartościach natężenia przepływu.

Z prawej strony na rys. 5 widoczna jest charakterystyka połączenia równoległego wentylatorów, zestawiona z krzywymi dotyczącymi każdego z nich osobno. W tym wypadku widoczne jest wyraźne zwiększenie wydatku układu wentylatorów w porównaniu do wydatku każdego z nich osobno, przy czym wydatek mierzony w przypadku połączenia wentylatorów jest nieco niższy niż suma wydatków każdego z nich osobno.

### Podsumowanie

Przeprowadzona rzetelna analiza działania dotychczas użytkowanego stanowiska dydaktycznego oraz prace projektowe i konstrukcyjne dotyczące nowego pozwoliły na gruntowną modernizację urządzenia służącego do badania połączeń wentylatorów osiowo-promieniowych podczas zajęć dydaktycznych. Uzyskano odpowiedni czas wykonywania ćwiczenia (ok. 45 minut) przy jednoczesnej redukcji liczby czynności przygotowawczych mających na celu zmianę konfiguracji połączeń wentylatorów oraz wyeliminowano konieczność dźwigania ciężkich elementów stanowiska i potrzebę kilkakrotnego ich montażu na płycie montażowej w trakcie ćwiczeń dydaktycznych z każdą grupą. Umożliwiło to zwiększenie ponad dwukrotnie liczby tzw. punktów pomiarowych, a więc zwiększenie dokładności pomiarów i uzyskanie bardziej precyzyjnych charakterystyk pracy. Zastosowanie nowych wentylatorów pozwoliło na skuteczne wyeliminowanie uciążliwego hałasu. Projekt i realizacja układu elektrycznego zwiększyły bezpieczeństwo i ergonomię użytkowania stanowiska. Zbudowane stanowisko zostało przekazane do użytkowania na przełomie lat 2015/2016 i jest wykorzystywane podczas realizacji zajęć w Katedrze Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn UWM w Olsztynie.

### LITERATURA

1. Nałęcz T. „Laboratorium z mechaniki płynów”. Olsztyn, GRYF, 2010.
2. Technika łączeniowa SIRIUS. 2013. Siemens Polska. [www.automatyka.siemens.pl](http://www.automatyka.siemens.pl).
3. Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE.
4. PN-EN 12237:2005. Wentylacja budynków. Sieć przewodów. Wytrzymałość i szczelność przewodów z blachy o przekroju kołowym.
5. PN-EN 60204-1:2010. Bezpieczeństwo maszyn. Wyposażenie elektryczne maszyn. Część 1: Wymagania ogólne.
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy.