

Jan Kędzierzawski, Rafał Kaczyński

Wentylatory stosowane w tramwajowych zespołach wentylacyjnych

W artykule przedstawiono historię rozwoju konstrukcji wentylatorów, stosowanych w tramwajowych zespołach wentylacyjnych*, przeznaczonych do chłodzenia rozrusznika i silników trakcyjnych, opracowanych w Instytucie Techniki Ciepłej, a produkowanych przez fabryki wentylatorów oraz Zakład Produkcji Doświadczalnej ITC.

W latach 60. na podstawie badań przeprowadzonych w Instytucie Elektrotechniki w Warszawie – dysponującym oryginalnymi tramwajowymi kanałami doprowadzającymi powietrze do silników trakcyjnych i na rozrusznik – została opracowana w Instytucie Techniki Ciepłej w Łodzi konstrukcja zmodernizowanych wentylatorów typu GC-149 napędzanych przetwornicą dynamiczną prądu stałego.

Przy opracowywaniu nowego wentylatora zmodernizowany został przez Instytut kształt kanałów dolotowych do rozrusznika i silników trakcyjnych, co pozwoliło na wymianę niskosprawnego wentylatora promieniowego z wirnikiem bębnowym oznaczonego KONSTAL na wysokosprawnego wentylatora promieniowego z łopatkami odchylonymi do tyłu oznaczony ITC-GC-149, który został przyjęty do produkcji seryjnej, ponieważ spełniał ówczesne żądane warunki chłodzenia i zużycia mocy (wówczas bez ograniczeń emitowanego poziomu dźwięku). Pierwsze wentylatory GC-149 produkowała seryjnie Fabryka Wentylatorów OWENT w Olkuszu, a następnie Zakłady KLIMATOR pod oznaczeniem GC-150.

Następnym rozwiązaniem konstrukcyjnym, opracowanym w połowie lat 90. i produkowanym przez Zakład Produkcji Doświadczalnej Instytutu, jest wentylator WP-30/71 napędzany silnikiem prądu przemiennego, współpracującym z umieszczoną w wagonie tramwaju przetwornicą częstotliwości pozwalającą na pracę wentylatora w zakresie częstotliwości $f = 36\text{--}40$ Hz. Konstrukcja wentylatora wymagała dodatkowego łożyskowania, ponieważ napęd z silnika przekazywany był za pośrednictwem sprzęgła na dodatkowo ułożyskowane koło wirnikowe.

Obecnie producenci i użytkownicy tramwajów stawiają przed konstruktorami wymagania dotyczące opracowania wentylatora, który wraz z przetwornicą częstotliwości umieszczoną w komorze wentylacyjnej tramwaju (wentylatory po obu stronach przetwornicy) powinien spełniać podwyższone wymagania akustyczne. Strumienie objętości powietrza chłodzącego silniki i rozrusznik mogą być zbliżone do uzyskiwanych w latach 60., natomiast poziom emitowanego dźwięku w odległości 1 m od tramwaju powinien spełniać warunek $L_{WA} \approx 70$ dB.

Rozwiązaniem konstrukcyjnym, spełniającym postawione wymagania, jest wentylator WP-30/71-Z/B (z kołem wirnikowym bębnowym) opracowany w ramach realizacji projektu celowego dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

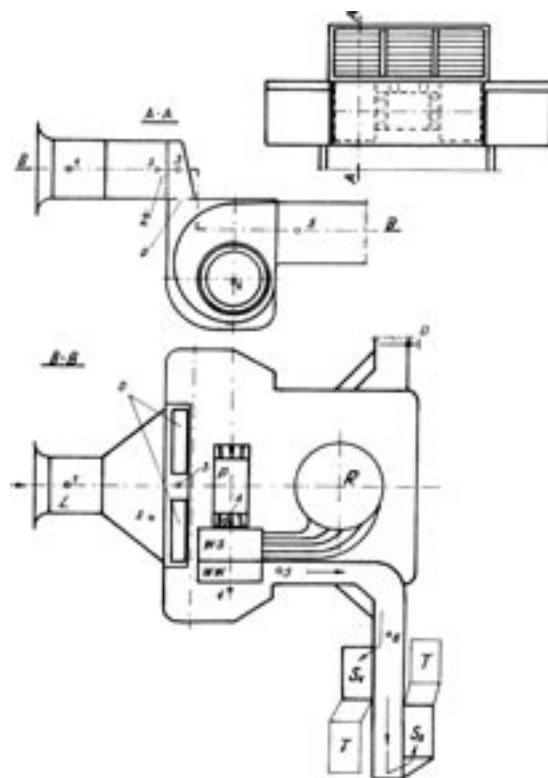
Żądane parametry

Przeznaczeniem wentylatorów stosowanych w zespołach wentylacyjnych tramwaju jest skuteczne chłodzenie rozrusznika i silników trakcyjnych tramwaju. Obecnie dodatkowym parametrem stawianym zespołom wentylacyjnym jest niski poziom emitowanego przez wentylatory dźwięku.

Dla żądanego strumienia objętości powietrza chłodzącego należy pokonać opory przepływu przez kanały rozrusznika oraz kanały silników trakcyjnych, tzn. że wentylatory powinny mieć odpowiednie spiętrzenie. Ponieważ moc zainstalowanego wentylatora zależy od iloczynu strumienia objętości i spiętrzenia oraz sprawności wentylatora, ważne jest aby wentylator miał do pokonania jak najmniejsze opory przepływu przez kanały przy maksymalnie wysokiej jego sprawności.

Parametry przepływowe

Mając na uwadze konieczność zmniejszenia zapotrzebowania na spiętrzenie i moc wentylatora, zmodyfikowano w latach 60. układ wlotowy do komory wentylacyjnej, wprowadzając ściankę dzielącą



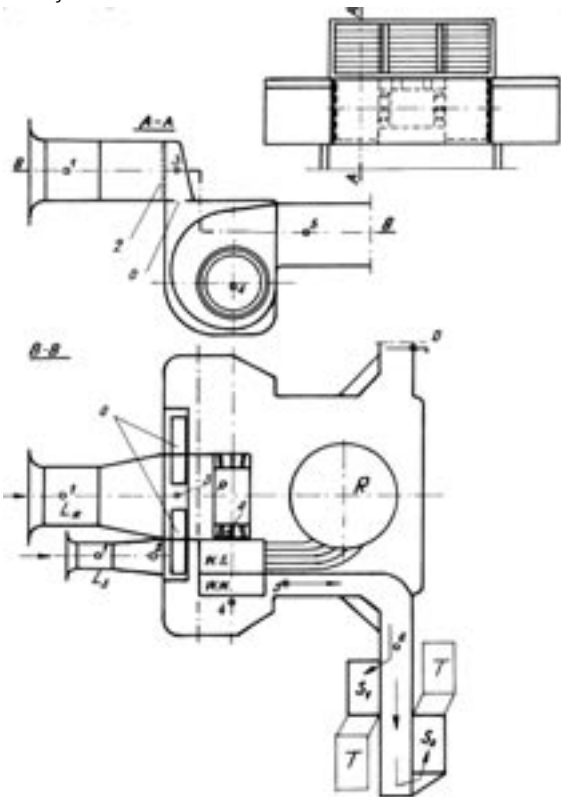
Rys. 1. Schemat stoiska do pomiaru strumienia objętości i oporów przepływu bez rozdzielnika w komorze wentylacyjnej [1]
 O - okna wlotowe, Ż - żaluzja, WS - wentylator szeroki, WW - wentylator wąski, L - Lemiskata, T - walec Thomasa, D - dławienie, P - przetwornica, R - rozrusznik, S₁ i S₂ - silniki tramwajowe

* Tramwajowy zespół wentylacyjny składa się zawsze z dwóch wentylatorów podających powietrze chłodzące na rozrusznik i silniki trakcyjne.

cią kanał wlotowy od żaluzji poprzez otwory kieszeni wlotowej aż do komory przetwornicy.

Zastosowanie podziału w komorze wentylacyjnej pozwoliło na uzyskanie żądanych wartości strumieni objętości powietrza chłodzącego rozrusznik i silniki trakcyjne przy obniżonych oporach przepływu, a zatem i żądanego spiętrzenia wentylatora.

Schemat stoiska z komorą wentylacyjną przed modernizacją, bez podziału przedstawiono na rysunku 1, natomiast z podziałem na rysunku 2. Pomiary przeprowadzono na tramwaju, wykorzystując do pomiarów strumieni objętości walce Thomasa. Charakterystyki oporów uzyskane z pomiarów kanałów bez rozdziału i z rozdziałem dla tych samych wartości strumieni objętości podawanych na rozrusznik przedstawiono na rysunku 3, a dla silników na rysunku 4.



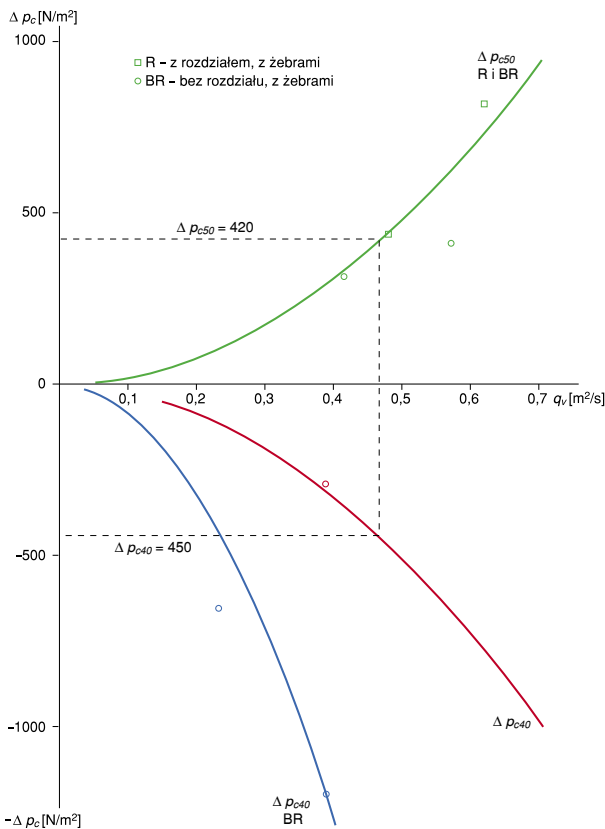
Rys. 2. Schemat stoiska do pomiaru strumienia objętości i oporów przepływu z zastosowaniem rozdziału w komorze wentylacyjnej [1]

Ż - żaluzja, WS - wirnik szeroki, WW - wirnik wąski, L.R. - Lemiskata rozrusznika, L.S. - Lemiskata silnika, T - walec Thomasa, D - dławienie zasuwą, P - przetwornica, R - rozrusznik, S_1 i S_2 - silniki tramwajowe, O - okno wlotowe, 1-6 - punkty pomiarowe

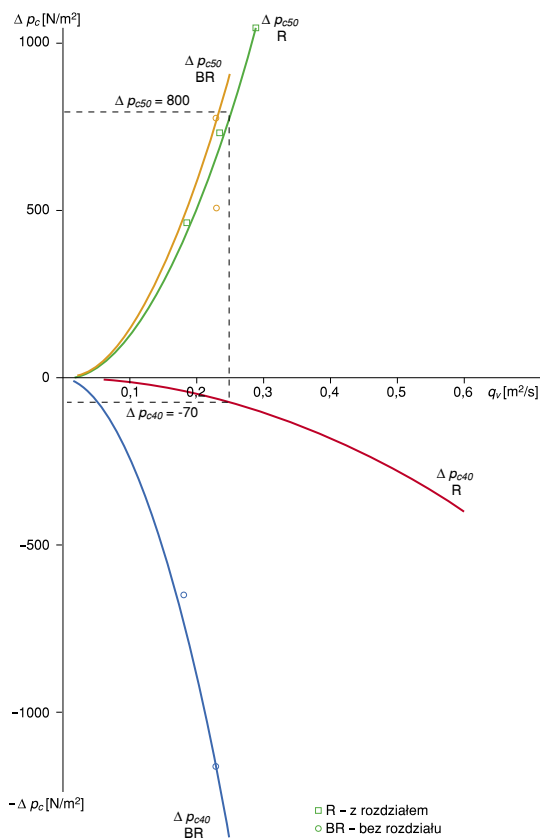
Uzyskane wyniki (po zastosowaniu rozdziału w komorze wentylacyjnej) pozwoliły na wyznaczenie parametrów spiętrzenia i strumienia objętości, jakimi powinien charakteryzować się wentylator GC-149 dla części koła wirnikowego podającego powietrze na rozrusznik oraz dla części koła wirnikowego podającego powietrze na silniki.

Porównanie wartości parametrów uzyskanych bez rozdziału na wlocie do komory wentylacyjnej tramwaju i z rozdziałem przedstawiono w tabelicy 1.

Przedstawione na rysunku 5 porównanie schematów aerodynamicznych i wartości przepływowych, uzyskiwanych przez prototyp wentylatora GC-149 i wentylator KONSTAL, dotyczy różnych wartości strumieni objętości chłodzącego powietrza.



Rys. 3. Charakterystyka oporów przepływu przez kanał rozrusznika po stronie ssania i tłoczenia (koło wirnikowe szerokie) z rozdziałem R i bez rozdziału BR [1]



Rys. 4. Charakterystyka oporów przepływu przez kanał rozrusznika po stronie ssania i tłoczenia (koło wirnikowe wąskie) z rozdziałem R i bez rozdziału BR [1]

Tablica 1

Porównanie wartości parametrów uzyskanych bez rozdziela na wlocie do komory wentylacyjnej tramwaju

Układ	Rozrusznik $q_{VR} = 0,46 \text{ m}^3/\text{s}$	Silniki $q_{VS} = 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$
Rozdzielony	$420 + 450 = 870 \text{ Pa}$	$800 + 700 = 870 \text{ Pa}$
Nierozdzielony	$420 + 1280 = 1700 \text{ Pa}$	$900 + 1400 = 2300 \text{ Pa}$

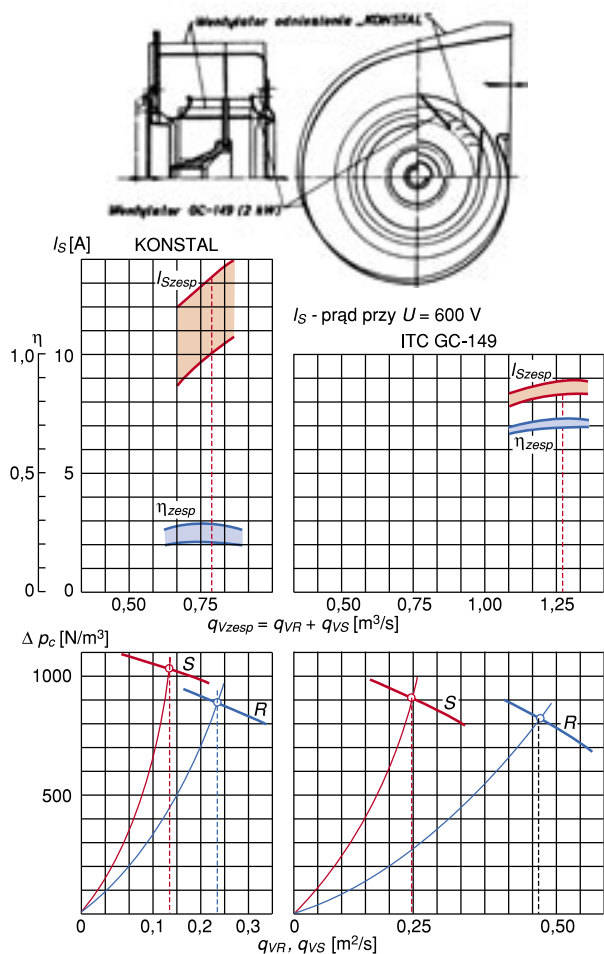
Zastosowanie w rozwiązaniu konstrukcyjnym Instytutu rozdzielenia powietrza na wlocie do komory wentylacyjnej wraz z dodatkowym podziałem w obudowie spiralnej dało w eksploatacji bardzo korzystne wyniki.

Na podstawie przedstawionych wyników pomiarów, zapewniających skuteczne chłodzenie rozrusznika i silników trakcyjnych opracowano w Instytucie Techniki Ciepłej *Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru (WTWO) wentylatorów GC-149 dla KONSTAL - Chorzów* – Zakładu odbierającego wentylatory od ich producenta OWENTU w Olkuszku.

Przeprowadzona próba wyrobu dla pierwszej partii 10 szt. wentylatorów GC-149 [3] pozwoliła na określenie (uśrednionych) wartości parametrów przepływowych, z uwzględnieniem pola błędów wykonania i niepewności pomiarowych (rys. 6).

Do dalszych rozwiązań konstrukcyjnych przyjęto następujące, minimalne wartości parametrów wymaganych dla prawidłowego chłodzenia rozrusznika i silników trakcyjnych:

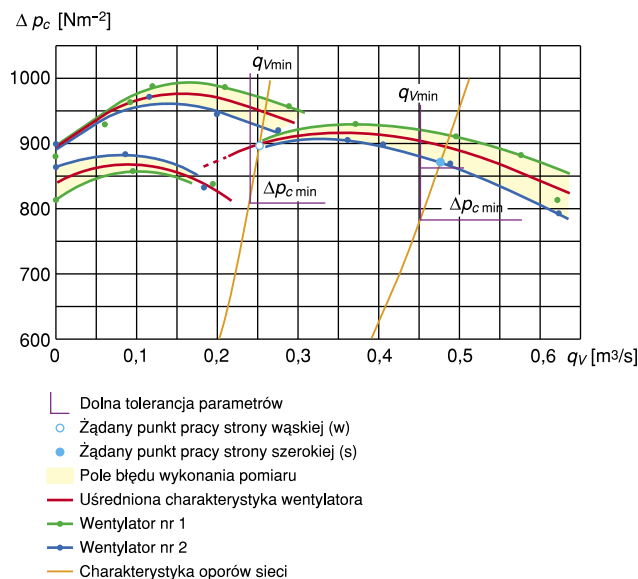
- do chłodzenia rozrusznika: $q_{VR} = 0,44 \text{ m}^3/\text{s}$ przy $\Delta p_c = 785 \text{ Pa}$;



Rys. 5. Porównanie schematów aerodynamicznych i wartości przepływowych uzyskiwanych przez wentylator KONSTAL i zmodernizowany wentylator GC-149 [4]

- do chłodzenia silników: $q_{VS} = 0,23 \text{ m}^3/\text{s}$ przy $\Delta p_c = 810 \text{ Pa}$.

Dla wszystkich rozpatrywanych rozwiązań konstrukcyjnych wentylatorów ITC i innych wentylatorów parabole oporów wyznaczone są dla wymienionych parametrów.



Rys. 6. Wyniki pomiarów charakterystyk uśrednionych wartości napięcia oraz strumieni objętości części szerokiej i wąskiej wentylatora GC-149 [3]

Parametry akustyczne

W latach 60. przy napędzie wentylatorów przetwornicą dynamiczną poziom emitowanego dźwięku nie był określany wymaganiami i wartość mierzona przy kratce wlotowej tramwaju wynosiła $L_{WA} = 95,6 \text{ dB}$.

Obecnie zakłady eksploatujące tramwaje z zespołami wentylacyjnymi oraz producenci tramwajów mają indywidualne wymagania odnośnie emitowanego przez wentylatory dźwięku:

- Tramwaje Warszawskie wymagają, aby poziom emitowanego dźwięku mierzony w odległości 3 m od tramwaju na wysokości 1 m od główki szyny odpowiadał wartości $L_{WA} \leq 70 \text{ dB}$;
- producent tramwajów KONSTAL - Chorzów wymaga, aby poziom emitowanego dźwięku odpowiadał wartości $L_{WA} \leq 70 \text{ dB}$ w odległości 1 m od tramwaju na wysokości 1 m od główki szyny.

Wentylatory stosowane w tramwajach

Wentylator oryginalny KONSTAL

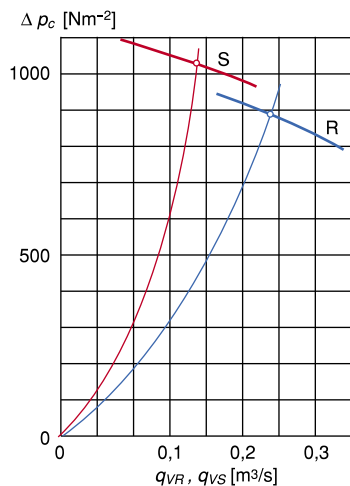
Był to wentylator promieniowy z kotłem wirnikowym bębnowym zawieszonym na czopie wału przetwornicy dynamicznej obracającego się z prędkością $n = 2650 \text{ 1/min}$ (rys. 5).

Charakteryzował się wysokimi wartościami napiężeń, ale za małymi wartościami strumieni objętości powietrza chłodzącymi rozrusznik i silniki trakcyjne, co doprowadziło w eksploatacji (w latach 60.) do palenia się taśm rozrusznika i uzwojeń silników trakcyjnych, z jednoczesnym przekroczeniem mocy znamionowej przetwornicy dynamicznej [4].

Parametry wentylatora w żądanym punkcie pracy wynosiły:

- na rozrusznik: $q_{VR} = 0,24 \text{ m}^3/\text{s}$ przy $\Delta p_c = 900 \text{ Pa}$;
- na silniki: $q_{VS} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ przy $\Delta p_c = 1050 \text{ Pa}$.

Moc pobierana przez wentylator $N = 3,9$ kW, przy niskiej sprawności $\eta \approx 30\%$ i poziomie emitowanego dźwięku przy wlocie do kratki tramwaju $L_{WA} = 95,6$ dB.



Rys. 7. Charakterystyka wentylatora KONSTAL [4]

Wentylatory Instytutu Techniki Ciepłej

■ Stanowisko pomiarowe

Wszystkie wentylatory opracowane w Instytucie, a następnie produkowane przez OWENT w Olkuszu i przez KLIMATOR w Świebodzicach oraz przez Zakład Doświadczalny Instytutu Techniki Ciepłej w Łodzi były badane na specjalnie przystosowanym do tego celu stanowisku pomiarowym, pozwalającym na wyznaczenie charakterystyki dwustrumieniowego wentylatora tramwajowego. Stanowisko wykorzystywane w latach 60. dostosowano obecnie do najnowszej normy [11].

Na stanowisku (rys. 8) wyznacza się oddzielnie parametry powietrza przeznaczanego do chłodzenia rozrusznika i oddzielnie powietrza przeznaczanego do chłodzenia silników trakcyjnych. W optymalnych punktach pracy wentylatorów przeprowadzane są pomiary akustyczne zgodnie z obowiązującą normą (rys. 9) [12].

Pomiar strumienia objętości odbywał się za pomocą klasycznych zwężek pomiarowych Venturiego. Zmiana obciążenia wentylatora była realizowana urządzeniami dławiącymi zamontowanymi na wylotach z rurociągów pomiarowych.

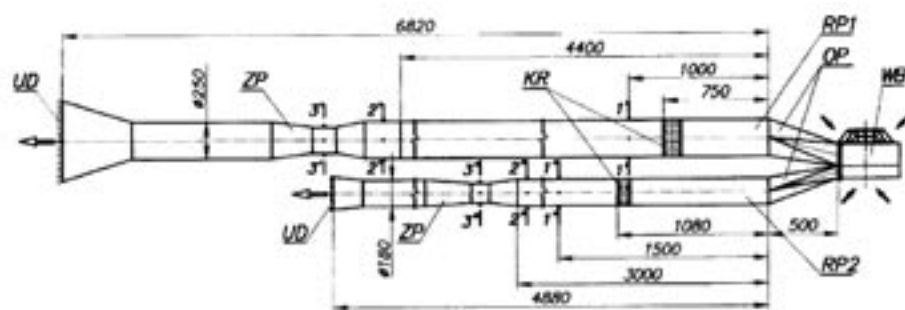
■ Wentylator GC-149

Wentylator GC-149 zastąpił wentylator KONSTAL i był seryjnie produkowany od końca lat 60. do początku lat 90. Wentylator miał koło wirnikowe promieniowe z łopatkami odchylonymi do tyłu i osiągał sprawności $\eta \geq 70\%$. Dzięki wysokiej sprawności moc pobierana przez wentylatory była niższa, co pozwoliło na bezawaryjną pracę przetwornicy dynamicznej. Charakterystykę wentylatora GC-149 przedstawiono na rysunku 10.

Parametry wentylatora w żądanym punkcie pracy wyniosły:

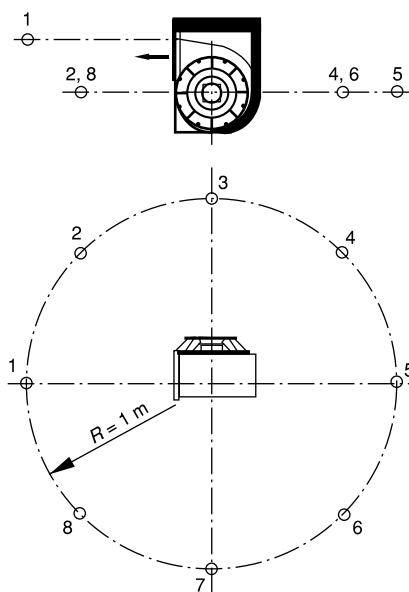
- na rozrusznik: $q_{VR} = 0,45$ m³/s przy $\Delta p_c = 870$ Pa;
- na silniki: $q_{VS} = 0,25$ m³/s przy $\Delta p_c = 870-900$ Pa.

Moc pobierana przez jeden wentylator $N = 1,5$ kW, a poziom emitowanego dźwięku przy wlocie do kratki tramwaju $L_{WA} = 89,4$ dB.

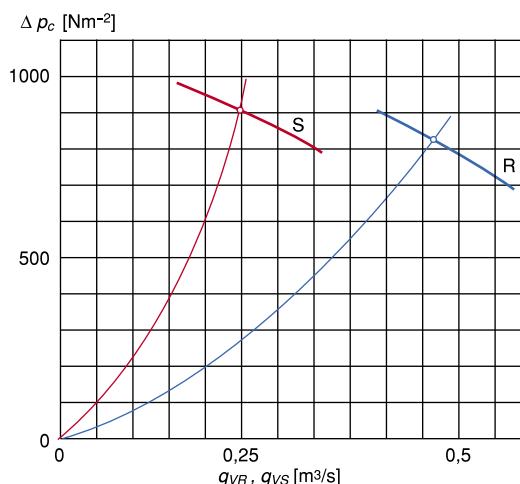


Rys. 8. Schemat stanowiska pomiarowego [3, 5, 8, 9, 10]

WB - badany wentylator, KR - kratki prostujące, ZP - zwężki pomiarowe, RP1 - rurociąg pomiarowy $\varnothing 250$, RP2 - rurociąg pomiarowy $\varnothing 180$, 1'-1', 2'-2', 3'-3', 1''-1'', 2''-2'', 3''-3'' - płaszczyzny pomiarowe



Rys. 9. Schemat rozmieszczenia punktów pomiaru hałasu [3, 5, 8, 9, 10]



Rys. 10. Charakterystyka wentylatora GC-149 [4]

■ Wentylator WP-30/71

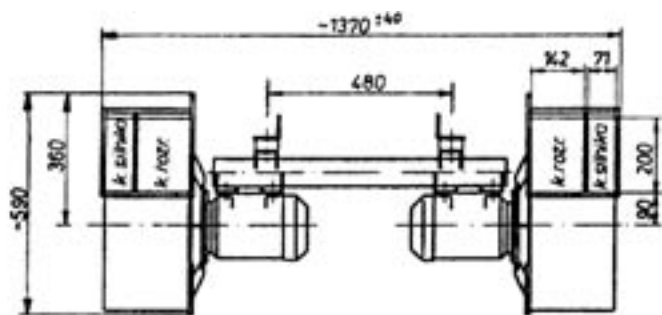
Zgodnie z wymaganiami producenta tramwajów (początek lat 90.) wentylator został przystosowany do napędu silnikiem prądu przemiennego. Silniki sterowane były przetwornicą statyczną umieszczoną w wagonie tramwaju (poza komorą wentylacyjną).

Schemat zespołu wentylacyjnego z wentylatorami WP-30/71 przedstawiono na rysunku 11, a charakterystyki wentylatora WP-30/71 na rysunku 12.

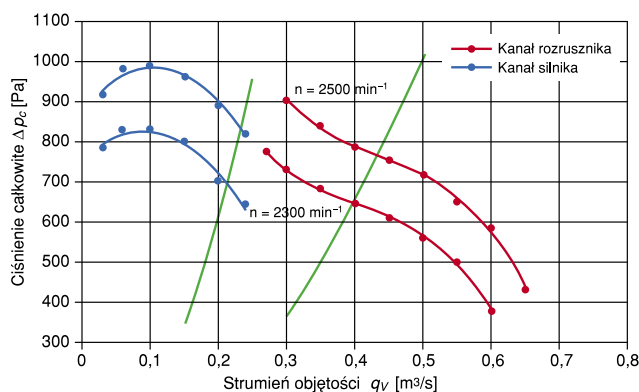
Wentylator wymagał bardzo dużej pracochłonności wykonawczej, ze względu na konieczność przeniesienia napędu z silnika (za pośrednictwem sprzęgła) na dodatkowo ułożyskowany wałek, na którym zawieszono było koło wirnikowe. Po pokonaniu problemów technologicznych wyprodukowano wentylatory WP-30/71 w liczbie ok. 600 szt. (~300 zespołów), pracując do dnia dzisiejszego.

■ Wentylatory WP-30/71-Z

Najnowsze wymagania producentów i eksploatorów tramwajów, dotyczące parametrów aeroakustycznych wentylatorów tworzących zespoły wentylacyjne, zintensyfikowały w ITC prace badawczo-konstrukcyjne, mające na celu uruchomienie produkcji wen-



Rys. 11. Schemat zespołu wentylacyjnego 2xWP-30/71 [5]



Rys. 12. Charakterystyki wentylatora WP-30/71 dla prędkości obrotowych $n = 2300 \text{ min}^{-1}$ i $n = 2500 \text{ min}^{-1}$ [5]

tylatora do zintegrowanego zespołu wentylacyjnego oznaczonego symbolem Z, spełniającego podwyższone wymagania aeroakustyczne (przy stałej częstotliwości $f = 50 \text{ Hz}$ zasilania silników wentylatorów).

Zastosowane rozwiązanie konstrukcyjne, polegające na umieszczeniu silnika napędowego wewnątrz wieńca łopatkowego wirnika wentylatora, wyeliminowało wiele elementów przenoszących napęd z silnika na wirnik (dodatkowy układ łożyskowania z tuleją i sprzęgłem). Nowe rozwiązanie konstrukcyjne pozwoliło na zmniejszenie materiało- i pracochłonności wykonania nowego zespołu wentylacyjnego przy jednoczesnym zwiększeniu pewności ruchowej.

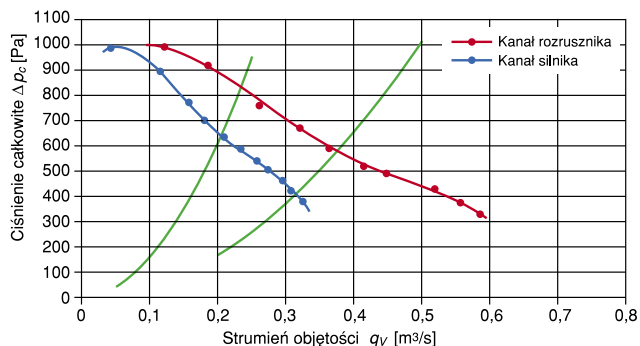
Schemat zintegrowanego zespołu wentylacyjnego przedstawiono na rysunku 13.

W ramach prac badawczo-modernizacyjnych (dofinansowanych przez Komitet Badań Naukowych) zaprojektowano i przebadano 6 kół wirnikowych, z których do produkcji przez Zakład Produkcji Doświadczalnej Instytutu przyjęto trzy. Koła te różnią się kinematyką wieńca łopatkowego, a zatem i osiąganymi parametrami aeroakustycznymi.

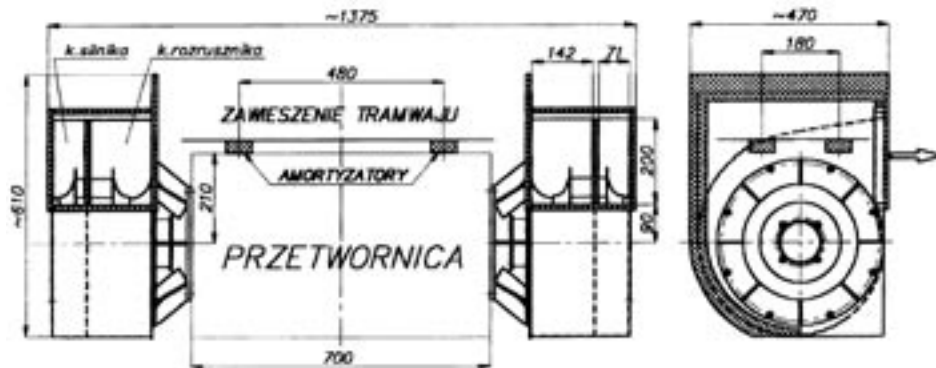
Wentylatory z kołami wirnikowymi, oznaczone symbolami Z, mogą być stosowane zamiennie do zespołów $2 \times \text{WP-30/71}$.

Charakterystykę wentylatora oznaczonego WP-30/71-Z/2 przedstawiono na rysunku 14, a wentylatora WP-30/71-Z/5 na rysunku 15 dla prędkości obrotowej $n = 2400 \text{ 1/min}$ oraz na rysunku 16 dla prędkości obrotowej $n = 2870 \text{ 1/min}$. Wentylatory Z/2 oraz Z/5 charakteryzują się jednak podwyższoną wartością emitowanego dźwięku.

Wentylator z trzecim kołem wirnikowym (bębnowym), oznaczony WP-30/71-Z/B, spełnia wszystkie wymagania stawiane



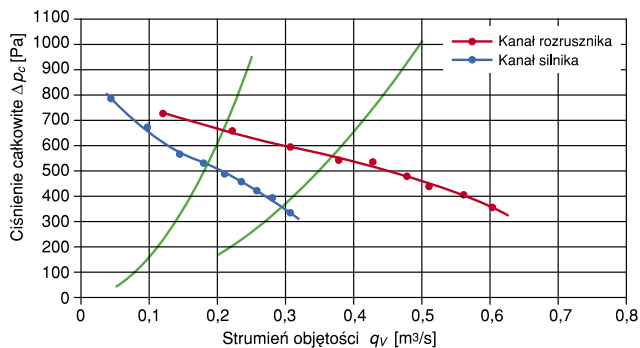
Rys. 14. Charakterystyki wentylatora WP-30/71-Z/2 dla prędkości obrotowej $n = 2400 \text{ min}^{-1}$



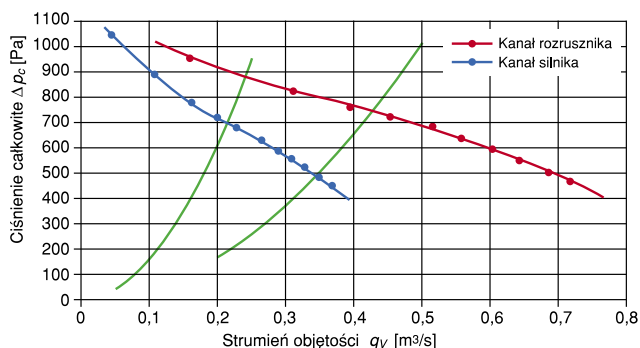
Rys. 13. Schemat zintegrowanego zespołu wentylacyjnego 2xWP-30/71-Z z przetwornicą umieszczoną między wentylatorami [6-10]

obecnie przez użytkowników i producentów taboru tramwajowego. Charakterystykę wentylatora WP-30/71-Z/B przedstawiono na rysunku 17.

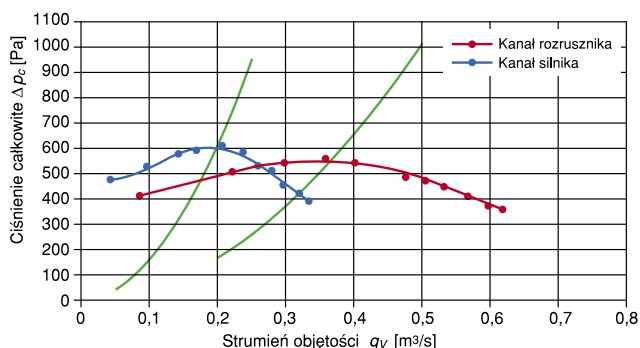
Znamionowe punkty pracy trzech wymienionych wentylatorów, wyznaczone przez punkty przecięcia charakterystyk ciśnienia całkowitego z charakterystykami oporów (charakterystyki oporów dla wszystkich porównywanych wentylatorów przechodzą przez parametry wentylatora GC-149) przedstawiono w tabelicy 2.



Rys. 15. Charakterystyki wentylatora WP-30/71-Z/5 dla prędkości obrotowej $n = 2400 \text{ min}^{-1}$



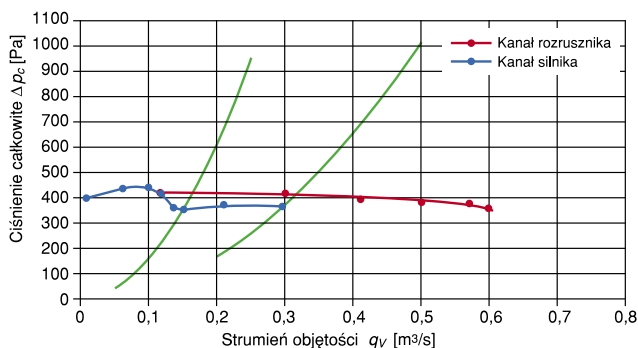
Rys. 16. Charakterystyki wentylatora WP-30/71-Z/5 dla prędkości obrotowej $n = 2780 \text{ min}^{-1}$



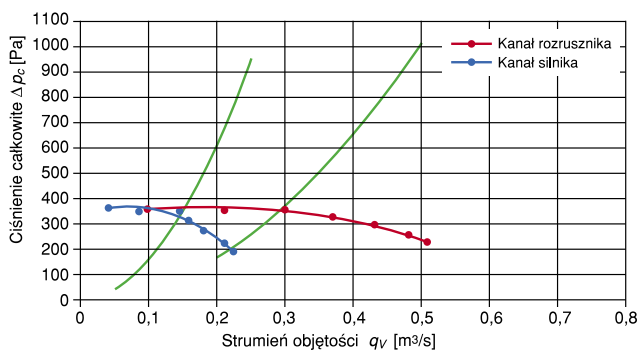
Rys. 17. Charakterystyki wentylatora WP-30/71-Z/B dla prędkości obrotowej $n = 1380 \text{ min}^{-1}$

Inne wentylatory

Eksploatory tramwajów dostarczyli do Instytutu dwa wentylatory promieniowe dwustrumieniowe z kołami wirnikowymi bębnowymi o średnicach zewnętrznych $D_z = 225 \text{ mm}$ i $D_z = 250 \text{ mm}$, które zostały zbadane na tym samym stanowisku pomiarowym, na którym były badane wentylatory wyprodukowane przez Instytut. Charakterystykę wentylatora o $D_z = 225 \text{ mm}$ przedstawiono na rysunku 18, a charakterystykę wentylatora o $D_z = 250 \text{ mm}$ na rysunku 19.



Rys. 18. Charakterystyki wentylatora o średnicy $D_z = 225 \text{ mm}$



Rys. 19. Charakterystyki wentylatora o średnicy $D_z = 250 \text{ mm}$

Tablica 2

Parametry zespołów wentylacyjnych 2×WP-30/71-Z

Parametr	Jedn.	Oznaczenie zespołu			
		2×WP-30/71-Z/2	2CWP-30/71-Z/5	2xWP-30/71-Z/B	
Znamionowy strumień objętości ($q_{VR} + q_{VS}$) q_V	[m³/s]	$2 \times (0,37 + 0,21) 1,16$	$2 \times (0,36 + 0,18) 1,08$	$2 \times (0,43 + 0,21) 1,28$	$2 \times (0,37 + 0,2) 1,14$
Znamionowe ciśnienie Dp_R/l	[Pa]	580/650	560/530	740/700	550/600
Moc znamionowa N_n	[kW]	$2 \times 0,55 = 1,1$	$2 \times 0,45 = 0,9$	$2 \times 0,75 = 1,5$	$2 \times 0,7 = 1,4$
Poziom dźwięku L_{WA}	[dB]	77	79	80	69
Typ silnika napędowego		STKg 80 2B/200 BESEL S.A.	SKh 71x-2Cl/200 BESEL S.A.	STKg 80x 4B/200 BESEL S.A.	
Moc silnika N_s	[kW]	$2 \times 0,9 = 1,8$	$2 \times 0,75 = 1,5$	$2 \times 0,75 = 1,5$	$2 \times 0,9 = 1,8$
Prędkość obrotowa silnika	[min⁻¹]	2400	2400	2780	1380
Napięcie zasilania silnika U_s	[V]		3×230 lub 3×400		
Wymiary zespołu	[mm]		1375×610×470		

q_{VR} – sumaryczny strumień objętości powietrza chłodzącego rozrusznik podawany z obydwu szerokich kanałów wentylatorów.

q_{VS} – sumaryczny strumień objętości powietrza chłodzącego silniki podawany z obydwu wąskich kanałów wentylatorów.

q_V – sumaryczny strumień objętości powietrza podawany na rozrusznik i silniki.

Δp_R – ciśnienie wentylatora chłodzącego rozrusznik.

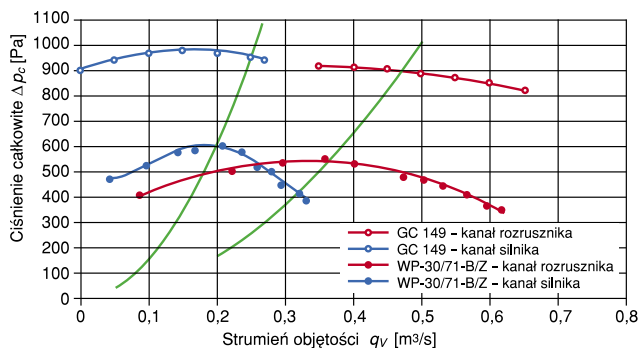
Δp_S – ciśnienie wentylatora chłodzącego silniki.

L_{WA} – poziom dźwięku A w odległości 1 m od wentylatora tramwaju na wysokości 1,6 m.

Porównanie charakterystyk wentylatorów zbadanych w IRC z wentylatorem Wp-30/71-Z/B

Wentylator GC-149

Porównanie charakterystyk wentylatora GC-149 współpracującego w latach 60. z przetwornicą dynamiczną z wentylatorem ostatniej generacji WP-30/71-Z/B przedstawiono na rysunku 20.



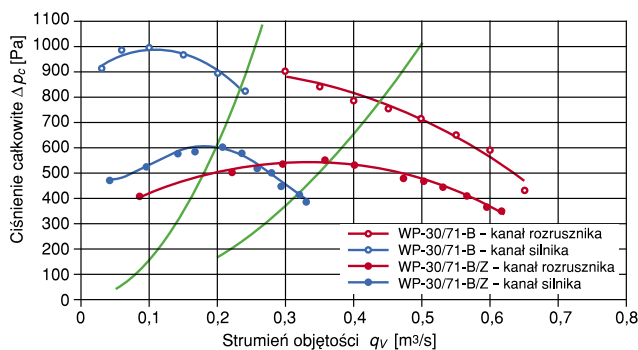
Rys. 20. Porównanie charakterystyk wentylatora GC-149 z wentylatorem WP-30/71-Z/B

Obecnie, ze względu na wzrost jakości stosowanych izolacji silników i rozrusznika (pod względem odporności na temperaturę), strumienie objętości powietrza chłodzącego mogą mieć wartości mniejsze od wyznaczonych dla wentylatora GC-149.

Wentylatory WP-30/71-Z/B sprawdzane są w warunkach ruchomych.

Wentylator WP-30/71

Porównanie charakterystyk wentylatora WP-30/71 (napędzane go silnikiem prądu przemiennego ułożyskowanego w czterech łożyskach ze sprzęgłem przenoszącym moment z silnika na koło wirnikowe) z wentylatorem WP-30/71-Z/B przedstawiono na rysunku 21.



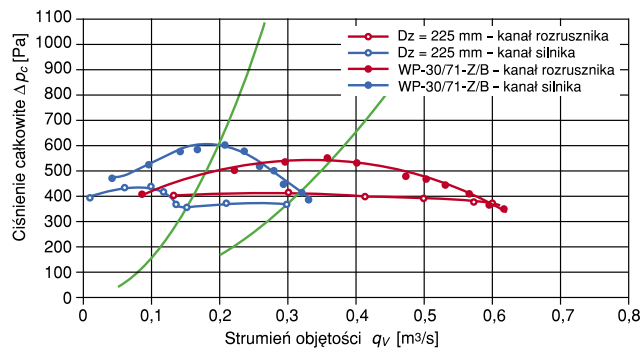
Rys. 21. Porównanie charakterystyk wentylatora WP-30/71 z wentylatorem WP-30/71-Z/B

Inne wentylatory

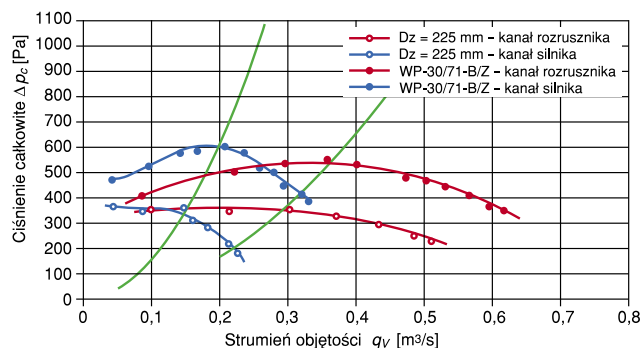
Porównanie charakterystyk wentylatora WP-30/71-Z/B z wentylatorami o średnicach zewnętrznych $D_z=225$ mm i $D_z=250$ mm, również eksploatowanych w tramwajowych zespołach wentylacyjnych przedstawiono na rysunkach 22 i 23.

Podsumowanie

Instytut Techniki Ciepłej od lat 60. zajmuje się opracowywaniem wentylatorów przystosowanych specjalnie do chłodzenia rozrusznika i silników trakcyjnych tramwaju. Spełniają one wysokie wy-



Rys. 22. Porównanie charakterystyk wentylatora WP-30/71-Z/B z wentylatorem o $D_z = 225$ mm



Rys. 23. Porównanie charakterystyk wentylatora WP-30/71-Z/B z wentylatorem o $D_z = 250$ mm

magania aeroakustyczne stawiane przez producentów i eksploatorów taboru tramwajowego, a zastosowanie podziału w komorze wentylacyjnej umożliwiło powiększenie strumieni objętości powietrza chłodzącego, przy jednoczesnym obniżeniu wartości ciśnienia wentylatora potrzebnego do pokonania oporów przepływu przez kanały.

W porównaniu z innymi wentylatorami stosowanymi w tramwajach, wentylatory Instytutu charakteryzują się wyższymi wartościami strumieni powietrza chłodzącego rozrusznik i silniki, niskim poziomem emitowanego dźwięku, gwarantują pewność ruchową i trwałość konstrukcji dostosowanej specjalnie do trudnych warunków pracy.

Należy podkreślić, że wentylator GC-149 był instalowany we wszystkich tramwajowych zespołach wentylacyjnych od lat 60. aż do opracowania przez Instytut w latach 90. konstrukcji wentylatora WP-30/71 napędzane go silnikiem prądu przemiennego. Zakład Produkcji Doświadczalnej wyprodukował tych wentylatorów ok. 600 szt., które są zainstalowane na 300 tramwajach.

Zakład Produkcji Doświadczalnej Instytutu jest przygotowany do produkcji najnowszej konstrukcji wentylatora WP-30/71-Z, szczególnie polecając koło wirnikowe Z/B spełniające wymagania przepływowe i bardzo rygorystyczne wymagania akustyczne dotyczące poziomu emitowanego dźwięku.

Z satysfakcją możemy stwierdzić, że zawsze potrafiliśmy sprostać trudnym wymaganiom stawianym przed konstrukcjami wentylatorów tramwajowych.

Literatura

- [1] Kędzierzawski J., Rębowski J.: *Opracowanie wentylatorów do tramwaju 13N*. Sprawozdanie ITC (niepublikowane), nr ewid. 1090. Łódź 1968.

- [2] Kędzierzawski J.: *Analiza techniczno-ekonomiczna wdrożonej do przemysłu pracy naukowo-badawczej. Opracowanie wentylatorów do tramwaju N13*. Sprawozdanie ITC (niepublikowane), nr ewid. 1347. Łódź 1968.
- [3] Rębowski J.: *Przeprowadzenie próby pełnej i niepełnej (wyrobu) dla pierwszej partii 10 sztuk wentylatorów GC-149*. Sprawozdanie ITC (niepublikowane). Łódź 1969.
- [4] Kędzierzawski J.: *Prace badawcze podstawą opracowania w ITC nowych konstrukcji wentylatorów promieniowych*. Prace ITC – wydanie specjalne. Łódź 1969.
- [5] Kędzierzawski J., Białasik K.: *Badania charakterystyk przepływowych zespołu wentylacyjnego 2×WP-30/7*. Sprawozdanie ITC (niepublikowane). Łódź 1996.
- [6] Kędzierzawski J.: *Uruchomienie produkcji zintegrowanego zespołu wentylacyjnego do tramwaju*. Sprawozdania ITC (niepublikowane), nr ewid. 7539. Łódź 2002.
- [7] Kędzierzawski J.: *Uruchomienie produkcji zintegrowanego zespołu wentylacyjnego do tramwaju*. Sprawozdania ITC (niepublikowane), nr ewid. 7554. Łódź 2002.
- [8] Kędzierzawski J., Kaczyński R.: *Uruchomienie produkcji zintegrowanego zespołu wentylacyjnego do tramwaju*. Sprawozdania ITC (niepublikowane), nr ewid. 7564. Łódź 2002.
- [9] Kędzierzawski J., Kaczyński R.: *Uruchomienie produkcji zintegrowanego zespołu wentylacyjnego do tramwaju*. Sprawozdania ITC (niepublikowane), nr ewid. 7565. Łódź 2002.
- [10] Kędzierzawski J., Kaczyński R.: *Uruchomienie produkcji zintegrowanego zespołu wentylacyjnego do tramwaju*. Sprawozdania ITC (niepublikowane), nr ewid. 7607. Łódź 2002.
- [11] PN ISO 5801. *Wentylatory przemysłowe. Badania charakterystyk na stoiskach znormalizowanych*. 1997.
- [12] PN-EN ISO 11201. *Akustyka. Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia*.

Autorzy

doc. dr inż. Jan Kędzierzawski

mgr inż. Rafał Kaczyński

Instytut Techniki Ciepłej Łódź

III Międzynarodowa Konferencja Naukowa**Telematyka Systemów Transportowych****Katowice-Ustroń, 13–15 listopada 2003 r.**

- Transportowe systemy zarządzania
- Inteligentne systemy transportowe
- Architektura ITS
- Usługi telematyki dla podróżnych,
- Wyposażenia pojazdów w środki telematyki
- Europejskie Programy Ramowe
- Sterowanie w systemach transportowych
- Urządzenia teletransmisji i telenawigacji
- Strategie wprowadzania rozwiązań telematyki transportu
- Systemy monitorowania ruchu
- Bezpieczeństwo w zarządzaniu i sterowaniu systemami transportowymi
- Symulacja systemów transportowych
- Standaryzacja telematycznych systemów transportowych
- Telematyka w usługach logistycznych
- Transport w kontekście wstąpienia nowych krajów do UE
- Ekonomia i polityka transportowa

Organizatorzy: Wydział Transportu Politechniki Śląskiej
Europejskie Centrum Doskonałości TRANSMEC
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej
Wydział Transportu Politechniki Radomskiej
Wojewódzki Ośrodek Ruchu Drogowego w Katowicach

Informacje: Renata Skowrońska
Politechnika Śląska, Wydział Transportu, 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8
tel./fax (32) 603 43 65
e-mail: sekretariat@tst-conference.org