ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1988

Seria: INŻYNIERIA SANITARNA z. 29 Nr kol. 1000

Kazimierz MACZEK
Leszek KASPROWICZ
Kazimierz WOJTAS

Instytut Inżynierii Sanitarnej
i Ochrony Środowiska
Politechnika Krakowska

BADANIA PORÓWNAWCZE TŁUMIKÓW AKUSTYCZNYCH PRODUKOWANYCH PRZEZ ZAKŁADY "KLIMOR"

Streszczenie. Tłumiki akustyczne są bardzo ważnym elementem każdej instalacji klimatyzacyjnej. Szczególnie wysokie wymagania stawiane są przed producentami tych urządzeń przeznaczonych dla obiektów specjalnych, jak: szpitale, hotele, sale koncertowe itp. W polskich warunkach obiekty takie są wyposażone w tłumiki importowane ze znanej firmy "Trox". Autorzy opracowania podjęli się przebadania prototypów dwóch typów tłumików produkcji polskich zakładów "Klimor" w Gdyni - tłumika kulisowego i kanałowego. W ramach pracy powstało oryginalne stanowisko badawcze na bazie rzeczywistego układu wentylacyjnego. Na stanowisku tym testowano wymienione wyżej tłumiki w różnych układach konfiguracyjnych w celu określenia rzeczywistych charakterystyk ich skuteczności tłumienia. Wyniki badań porównano z charakterystykami tłumików firmy "Trox" o podobnej budowie. Na podstawie przeprowadzonych prac można stwierdzić, że z badanych tłumików tłumik kulisowy charakteryzował się niedostateczną skutecznością tłumienia w zakresie częstotliwości 250-500 Hz, natomiast tłumik kanałowy posiada niską skuteczność tłumienia w całym zakresie częstotliwości (63-8000 Hz) i może być stosowany jedynie jako tłumik dodatkowy montowany przed elementami nawiewającymi powietrze do pomieszczenia (kratki, anemostaty).

1. WSTĘP

Układy klimatyzacyjne z pełnym uzdatnieniem parametrów powietrza dla lata i zimy są obecnie dość często stosowane, szczególnie w obiektach przeznaczonych do zbiorowego przebywania w nich ludzi, jak kinach, salach widowiskowych, muzeach, szpitalach itp.

Bardzo ważnym elementem wyposażenia każdego układu klimatyzacyjno-wentylacyjnego są tłumiki akustyczne, które zabezpieczają przed hałasem rozprzestrzeniającym się z zespołów (bloków) wentylacyjnych. Podstawowym źródłem hałasu w instalacji klimatyzacyjno-wentylacyjnej jest bowiem wentylator często zblokowany z centralą klimatyzacyjną, który wytwarza dwa rodzaje dźwięków:

A. Pierwotne (aerodynamiczne), które powstają przy przepływie burzliwym na skutek wirowych zaburzeń przepływu pomiędzy łopatkami wentylatora a jego korpusem. Charakter i wielkość tego hałasu jest uzależniona nie tylko od budowy, ale również od parametrów pracy wentylatora (jak spręż, liczba obrotów itp.). Ten rodzaj hałasu jest najbardziej uciążliwy w zakresie częstotliwości 500÷2000 Hz.

B. Wtórne, spowodowane drgającymi częściami maszyny, źle wyważonym wirnikiem, wadliwymi łożyskami itp. Hałas ten jest najbardziej odczuwalny w zakresie niskich częstotliwości (30÷250 Hz).

Źródłem hałasu, oprócz wentylatora, mogą być również pozostałe elementy układu, jak np.: elementy centrali oraz elementy sieci nawiewno-wywiewnej (trójniki, kolanka, kratki nawiewne itp.), w których hałas powstaje na skutek zaburzeń przy przepływie powietrza.

Do oceny hałasu, jego wielkości i uciążliwości dla otoczenia służę pewne wskaźniki, między innymi poziom ciśnienia akustycznego "L" wyrażany w decybelach [d B]:

$$L = 20 \log \frac{P}{Po} \quad [dB],$$

gdzie:

P - ciśnienie akustyczne,

Po - ciśnienie akustyczne "progu słyszalności",

$Po = 2 \cdot 10^{-5}$ [Pa].

Hałas jest pewnym nieuporządkowanym zbiorem dźwięków rozprzestrzeniającym się w powietrzu (otoczeniu) w postaci fal o pewnej częstotliwości i energii. Można więc wykorzystać podstawowe prawa fizyki i ograniczać poziom hałasu przedostającego się wraz z powietrzem do pomieszczenia klimatyzowanego stosując zabiegi skierowane na pochłanianie energii fal akustycznych. Zjawisko to nazywane jest potocznie tłumieniem. Tłumienie hałasu w instalacji klimatyzacyjno-wentylacyjnej dokonuje się poprzez tzw. tłumienie własne, polegające na rozpraszaniu energii w poszczególnych elementach układu jak również w samym pomieszczeniu, do którego jest nawiewane powietrze. Ponieważ ten rodzaj tłumienia jest z reguły niewystarczający, aby hałas docierający do słuchacza nie przekraczał dopuszczalnych norm, należy umieścić w instalacji dodatkowe elementy tłumiące, tzw. tłumiki akustyczne, w których zostaje wytracana niepożądana nadwyżka energii hałasu. Tłumiki akustyczne wykorzystywane do celów wentylacyjno-klimatyzacyjnych można podzielić na 2 podstawowe grupy:

1) Tłumiki absorpcyjne, w których energia dźwięku pochłaniana jest przez materiał dźwiękochłonny. Zdolność tłumięca takiego tłumika jest proporcjonalna do powierzchni pochłaniającej "Ap" i wyraża się wzorem:

$$D = L_1 - L_2 = 1{,}5 \cdot \alpha \frac{A_p}{A_w},$$

gdzie:

A_w - swobodny przekrój poprzeczny $[m^2]$,

α - współczynnik pochłaniania danego materiału dźwiękochłonnego.

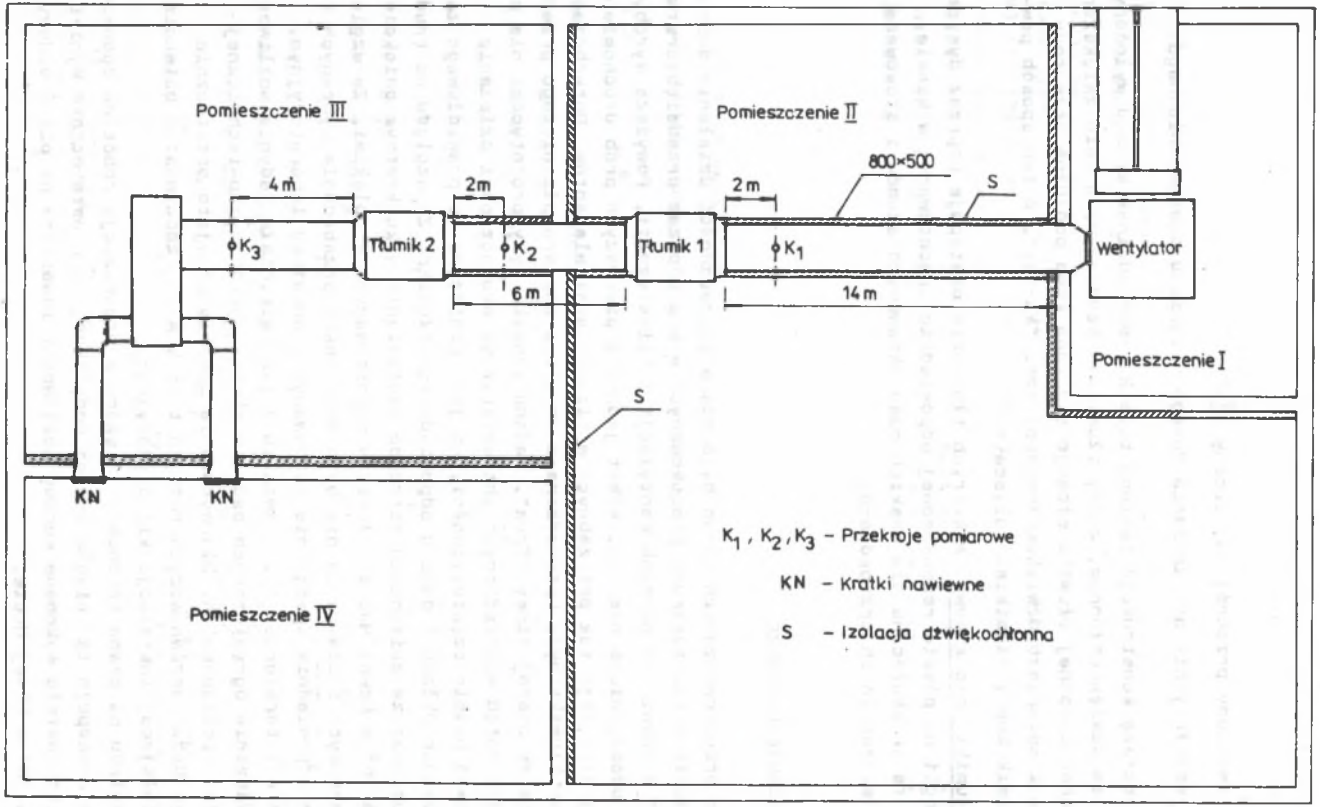
Najprostszą konstrukcją takiego tłumika jest odcinek kanału wyłożony materiałem dźwiękochłonnym, zwany tłumikiem kanałowym. W celu zwiększenia powierzchni chłonnej tłumika stosuje się dodatkowe podłużne przegrody wykonane z materiału dźwiękochłonnego, tzw. "kulisy". W ten sposób powstał tłumik zwany tłumikiem kulisowym.

2) Tłumiki rezonansowe, w których tłumienie następuje poprzez dysypację energii na płycie rezonansowej odpowiednio zamontowanej w kanale. Tłumiki te są skuteczne dla wąskich pasm oktawowych szumów i stosowane są tylko w szczególnych przypadkach.

2. ZADANIE BADAWCZE

Celem przeprowadzonych badań była ocena skuteczności działania dwóch typów tłumików akustycznych produkowanych w kraju przez przedsiębiorstwo "Klimor" w Gdyni dla potrzeb wentylacji i klimatyzacji. Powyższe wyroby zostały udostępnione nam jako efekt jednej z pierwszych prób uruchomienia rodzimej produkcji tak potrzebnych w klimatyzacji elementów. Dotychczas tego typu tłumiki były sprowadzane z drugiego obszaru płatniczego przede wszystkim ze znanej firmy "Trox". Badane tłumiki były prototypami nie mającymi jak dotąd sporządzonych charakterystyk skuteczności działania w oktawowym paśmie częstotliwości, co jest konieczne do prawidłowego zaprojektowania układu i doboru odpowiedniego tłumika. Ze względu na trudności gospodarcze zaistniała potrzeba zastąpienia w konkretnym obiekcie, szpitala "B" w Nowej Hucie, tłumików importowanych - polskimi. Ze względów finansowych i czasowych nie było możliwości przebadania wybranych tłumików na odpowiednim specjalnie zbudowanym stanowisku laboratoryjnym, opisanym w literaturze [1]. W związku z tym zaistniała jedynie możliwość przeprowadzenia ograniczonych badań w skali laboratoryjno-technicznej w warunkach poligonowych. Dla wykonania zadania przyjęto ostatecznie koncepcje badań porównawczych różnych tłumików na rzeczywistym obiekcie przy działającej instalacji klimatyzacyjnej.

Ze względu na pewne trudności związane z organizacją robót na budowie szpitala koncepcja ta uległa pewnej modyfikacji i w ostatecznym wyniku stanowisko zostało wykonane według możliwości inwestora na placu budowy szpitala "B" w Nowej Hucie.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego
Fig. 1. Schema of measurement stand

3. STANOWISKO POMIAROWE I METODYKA BADAŃ

3.1. Opis stanowiska pomiarowego

Stanowisko przedstawione na rysunku 1 zbudowane zostało według następujących założeń:

1) Cztery pomieszczenia, w których znajdowały poszczególne elementy stanowiska, były odizolowane od siebie dźwiękochłonną warstwą wełny mineralnej.

2) W pomieszczeniu I znajdował się wentylator CSM-9 (z regulacją wydajności strumienia powietrza za pomocą przepustnic umieszczonych na ssaniu).

3) Powietrze czerpane było z zewnątrz dwoma przewodami ssawnymi znajdującymi się w pomieszczeniu I.

4) Rurociąg tłoczny (800 x 500) miał długość 14 m. Został on obłożony z zewnątrz warstwą wełny mineralnej po to, aby ograniczyć do minimum hałas przedostający się z rurociągu do pomieszczenia.

5) Na końcu odcinka rurociągu tłocznego w pomieszczeniu II zamontowany był pierwszy z badanych tłumików.

6) W pomieszczeniu III, w odległości 6 m za pierwszym tłumikiem, znajdował się drugi tłumik.

7) Powietrze przetłaczane przez układ tłumiący było nawiewane poprzez kratki nawiewne do pomieszczenia IV.

8) Przekroje pomiarowe K1, K2, K3 znajdowały się w odległości 2 m przed oraz 4 m za badanym tłumikiem.

9) Przedstawiona powyżej lokalizacja badanych tłumików podyktowana była następującymi względami:

a) Odległość tłumika od wentylatora gwarantowała możliwie jak największe wyrównanie strugi strumienia powietrza.

b) Taka lokalizacja tłumików w maksymalnym stopniu odzwierciedla ich usytuowanie w rzeczywistym układzie klimatyzacyjnym.

c) Szeregowy układ dwu tłumików wynikał z faktu, iż zjawisko tłumienia nie jest opisywane funkcją liniową i zwiększanie długości tłumika poza pewną, optymalną wartość krytyczną jest nieefektywne z punktu widzenia efektu użytecznego. Ponieważ w obiektach o dużych wymaganiach akustycznych (jak np. szpitale) zastosowanie jednego tłumika jest niewystarczające, dlatego stosuje się z reguły dwa tłumiki w układzie szeregowym.

d) Oznaczenia na rysunku 1: "Tłumik 1", "Tłumik 2", symbolizują jedynie miejsca, w których montowano zamiennie badane tłumiki w celu określenia ich zdolności tłumienia na różnych poziomach ciśnienia akustycznego oraz wyboru optymalnego dla danego układu klimatyzacyjnego zestawu dwu tłumików.

e) "Tłumik 2" znajdował się w "Pomieszczeniu III" ze względu na niską wartość tzw. tła szumów, które w pewnym przypadku przy zbyt dużej jego wartości mogłoby zakłócić wyniki pomiarów.

3.2. Opis prowadzonych badań

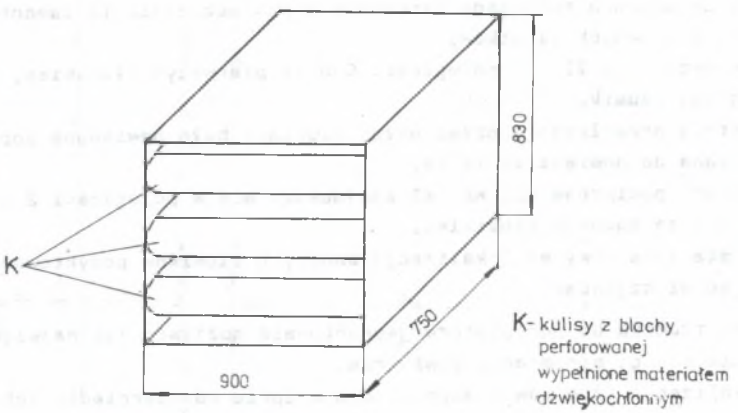
W celu określenia skuteczności tłumika dokonywano pomiarów poziomu ciśnienia aksutycznego w kanale w przekrojach pomiarowych przed i za tłumikiem (układem tłumików).

W każdym przekroju znajdowały się 4 punkty pomiarowe, w których umieszczony był mikrofon w specjalnej obudowie eliminującej wpływ przepływającego powietrza na odczytywane wartości

Rozmieszczenie przekrojów pomiarowych zaznaczono na rysunku 1.

Mikrofon, produkcji znanej firmy "Brüel-Kjaër", był podłączony poprzez filtr oktawowy z miernikiem poziomu natężenia dźwięku tej firmy. Poziom natężenia dźwięku mierzono w pasmach oktawowych 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz oraz z wykorzystaniem krzywej korekcyjnej "A" (dB/A)).

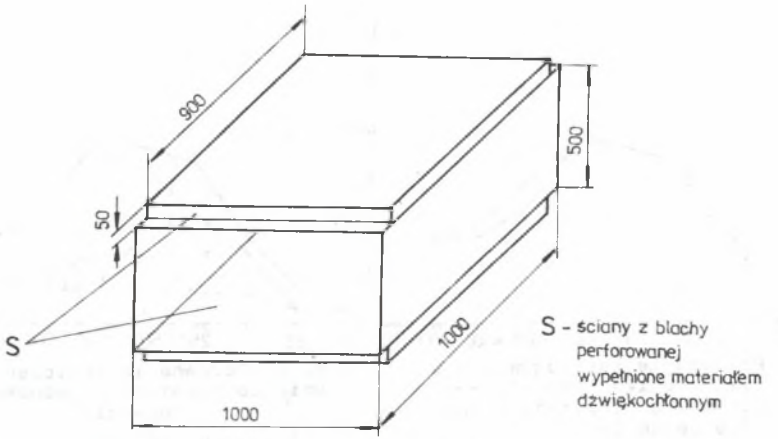
Tłumik przedstawiony na rysunku 2 został zbudowany w formie odpowiadającej tłumikowi kulisowemu, w którym do kanału o przekroju 830 x 900 mm



Rys. 2. Budowa tłumika kulisowego
Fig. 2. Structure of the wings silencer

i długości 750 mm wstawiono 3 kulisy o szerokości 175 mm, wykonane z blachy perforowanej o grubości 1,5 mm i srednicy otworów 3,5 mm. Stopień perforacji $a = A_o/A_c$ zdefiniowany jako stosunek sumy pól powierzchni otworów A_o do całkowitej powierzchni blachy A_c (łącznie z powierzchnią otworów), wynosił 0,33. Kulisy były wypełnione materiałem pochłaniającym dźwięk. Krawędzie kulis z jednej strony są zaokrąglone w celu zmniejszenia oporów przepływu powietrza, z drugiej zaś płaskie, aby umożliwić dokręcenie następnego modułu.

Tłumik wg rysunku 3 zbudowany został w formie tłumika kanałowego o przekroju 300 x 1000 i długości 1000 mm. Przeciwległe ściany tłumika wy-



Rys. 3. Budowa tłumika kanałowego
Fig. 3. Structure of channel silencer

konane są z blachy perforowanej o średnicy otworów 3,5 mm oraz o stopniu perforacji a = 0.33. Ściany te wypełnione są materiałem tłumącym o grubości 50 mm.

W celu wybrania optymalnego układu tłumiącego przeprowadzono badanie dla kilkunastu zestawień układów tłumiących. Jednak do celów porównawczych przyjęto szczegółowe badania tłumików krajowych i wyniki badań sprawdzających tłumik "Trox" o następujących gabarytach:

1) tłumik kulisowy o długości 1500 mm,
2) tłumik kanałowy o długości 2000 mm,
3) tłumik "Trox" o wymiarach 1160 x 800 x 1500.

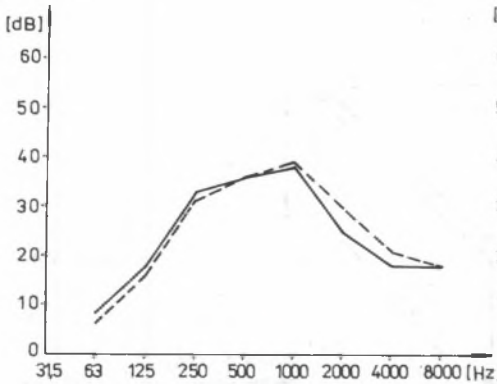
5. WYNIKI BADAŃ I WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonych pomiarów otrzymano charakterystyki skuteczności tłumienia oraz strat ciśnienia dla badanych tłumików, które przedstawiono na rysunkach 4, 5, 6, 7.

Analizując wyniki badań można wyciągnąć następujące wnioski:

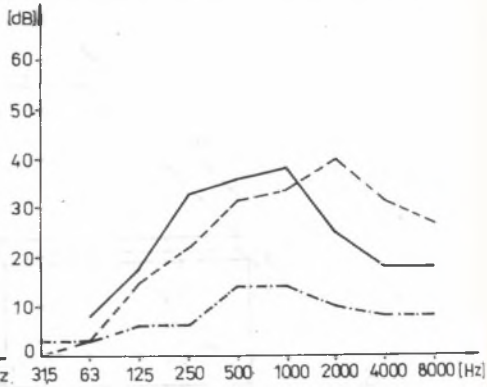
1. Tłumik kulisowy produkcji polskiej nie spełnia wymagań określonych dla pomieszczeń szpitalnych, szczególnie w zakresie niskich częstotliwości. Dotyczy to głównie skuteczności tłumienia w zakresie częstotliwości 250-500 Hz, przy których występuje najwyższy poziom hałasu wytwarzanego przez wentylator.

2. W zakresie częstotliwości 1000-2000 Hz charakterystyka tego tłumika jest porównywalna z charakterystyką tłumika firmy "Trox". W związku z tym



Rys. 4. Porównanie katalogowej charakterystyki tłumika "Troxa" (——) z charakterystyką otrzymaną w trakcie badań (— —)

Fig. 4. Comparison of the catalogue characteristic of silencer "Trox" with the one obtained durign the test

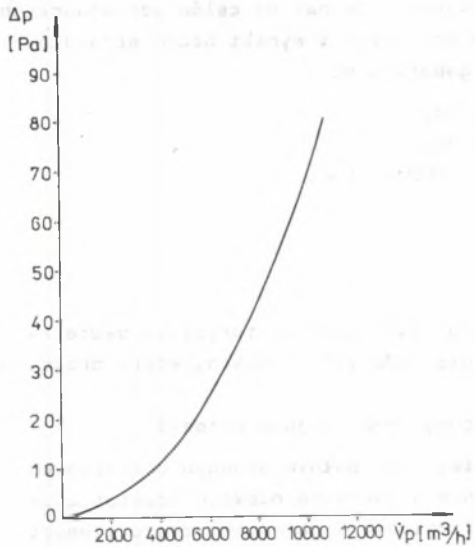


Rys. 5. Porównanie skutczeności tłumienia tłumików o jednakowej długości

(——) tłumik "Troxa"
(— —) tłumik kulisowy "Klimor"
(—·—) tłumik kanałowy "Klimor"

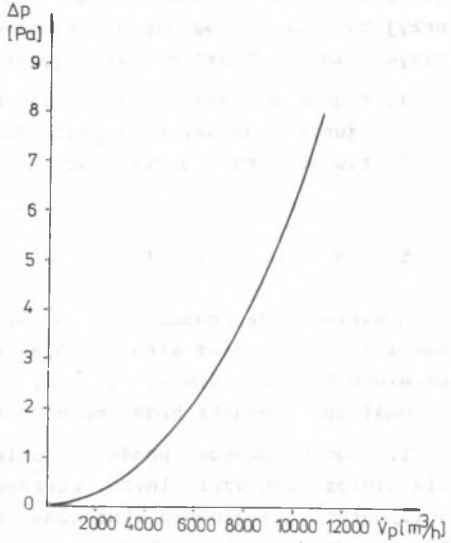
Fig. 5. Comparison of efficiency for the silencers of the same lenght

(——) "Trox" silencer
(— —) wings silencer "Klimor"
(—·—) channel silencer "Klimor"



Rys. 6. Straty ciśnienia całkowitego dla tłumika kulisowego

Fig. 6. Entire pressure lesses for the wings silencer



Rys. 7. Straty ciśnienia całkowitego dla tłumika kanałowego

Fig. 7. Entire pressure lesses the channel silencer

tłumik ten może być wykorzystany w instalacjach przenoszących dźwięki o wysokich częstotliwościach i o mniej rygorystycznych wymaganiach dotyczących dopuszczalnego poziomu hałasu w pomieszczeniach.

3. Tłumik typu kanałowego wykazał niską skuteczność tłumienia w paśmie 250 Hz oraz 2000 Hz. W zakresie 500-1000 Hz skuteczność tłumienia można uznać za zadowalającą. Powyższy tłumik nie nadaje się jednak do stosowania w głównych układach tłumienia, natomiast można je zalecić do stosowania jako dodatkowe, montowane przed elementami nawiew powietrza do pomieszczenia (kratki- anemostaty).

4. Mniejsza skuteczność tłumika kulisowego w porównaniu z odpowiadającym tłumikiem "Trox" wynika między innymi z faktu, iż tłumik "Troxa" jest układem absorpcyjno-rezonansowym.

5. Porównywalność otrzymanej charakterystyki dla tłumika "Troxa" z charakterystyką z katalogu świadczy o poprawności metody zastosowanej w badaniach.

LITERATURA

[1] Kujawski W.: Zagadnienia akustyczne związane z projektowaniem klimatyzacji i wentylacji. "Ogrzewanie i wentylacja", zeszyt 8, "Arkady", Warszawa 1978.

[2] Malicki M.: Wentylacja i Klimatyzacja. PWN, Warszawa 1980.

[3] Katalog wyrobów firmy "Trox".

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АККУСТИЧЕСКИХ ГЛУШИТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИМЫХ ПРЕДПРИЯТИЕМ "КЛИМОР" В ГДЫНИ

Р е з ю м е

Аккустические глушители являются очень важным элементом каждой климатизационной установки. Особенно высокие требования ставятся тем производителям этих устройств, предназначенных для специальных объектов таких как: госпитали, гостинницы, концертные залы и т.д. В польских условиях эти объекты оснащены в импортные глушители фирмы "Трокс". Авторы настоящей разработки предприняли попытку обследования польских прототипов глушителей, производимых предприятиями "Климор" в Гдыни - канального и кулисного глушителей. Создан оригинальный опытный стенд. Обследованы указанные типы глушителей и результаты сравнены с глушителями фирмы "Трокс". Показано, что кулисный глушитель характеризовался недостаточными свойствами глушения в диапазоне частот 250-500 гц, а канальный глушитель - малой эффективностью глушения во всём диапазоне частот 63-8000 гц и может быть применён только в качестве дополнительного глушителя, монтированного перед элементами аэрирования.

COMPARATIVE TESTS ON THE ACOUSTIC SILENCERS
MADE BY THE FACTORY "KLIMOR", GDYNIA

S u m m a r y

The acoustic silencers play very important role in every air conditioning installation. Especially high requirements must be fulfilled by the producers of these parts destinated for hospitals, hotels, concert halls etc. In Poland such buildings are equipped with the acoustic silencers imported from the well-known factory "Trox", Austria. The authors of the paper have tested the prototypes of two different acoustic silencers produced by the Polish factory "Klimor", Gdynia: the duct silencer and the silencer with additional silencing packs. To achieve this task an original stand on the basis of the real ventilation system was built. The silencers mentioned above were tested on this stand in different configurations to find out the efficiency characteristics. The results have been compared with the characteristics of the similar Austrian silencers. The silencer with additional silencing packs has insufficient effectiveness in the range of 250-500 Hz. The duct silencer has low effectiveness in the whole range of frequency (63-8000 Hz), and may be applied only as an additional acoustic silencer just before the elements distributing air to a room.