



Wpływ kierunku i prędkości wiatru na parametry pracy wywiewzaka grawitacyjnego S-160

Adam Deska¹, Adam Rubnikowicz²

STRESZCZENIE:

Prezentowane są wyniki badań parametrów pracy wywiewzaka typu S-160, kolejnej konstrukcji spośród dotychczas przebadanych. Pomiary przeprowadzono dla nawiewu strugi powietrza w płaszczyźnie poziomej. Zmianie podlegały takie parametry fizyczne, jak: prędkość nawiewu strugi powietrza w obrębie badanego wywiewzaka oraz stopień rozszczelnienia modelu pomieszczenia. Przedstawiono schematy rysunkowe wywiewzaka, zakres przeprowadzonych testów, a także schemat stanowiska do badań nasad kominowych. Opisano metodologię pomiarów.

SŁOWA KLUCZOWE:

wentylacja grawitacyjna; wentylacja naturalna; wywiewzaki

1. Wstęp

Stosowanie urządzeń w postaci zakończeń przewodów wentylacji grawitacyjnej, nazywanych wywiewzakami czy nasadami kominowymi, ma na celu poprawę efektywności jej działania. Wywiewzaki dzięki ciśnieniu dynamicznemu wiatru wytwarzają dodatkową wartość ciśnienia czynnego w przewodzie wentylacyjnym. Urządzenia te wciąż mają szerokie zastosowanie w budownictwie wielorodzinnym (bloki, wieżowce), gdzie utrudnione jest stosowanie wentylacji mechanicznej. W przypadku tych obiektów wentylacja grawitacyjna często nie działa właściwie i nie spełnia wymagań dotyczących ilości powietrza wentylacyjnego zawartych w polskich i europejskich normach [1]. Przyczynami wadliwego jej działania mogą być niestabilne warunki atmosferyczne, podwyższona szczelność stolarki okiennej i drzwiowej oraz wysokie straty ciśnienia w przewodzie wentylacji grawitacyjnej w stosunku do grawitacyjnego ciśnienia czynnego. W szczególności dotyczy to mieszkań położonych na najwyższych kondygnacjach. Problem ten występuje zwłaszcza w okresie letnim z powodu niewielkiej różnicy gęstości powietrza między środowiskiem wewnętrznym i zewnętrznym. Dlatego wentylacja naturalna najlepiej działa w porze zimowej, kiedy dąży się do maksymalnego zredukowania strat ciepła w budynku. W okresie grzewczym różnica temperatur powietrza między środowiskiem wewnętrznym a zewnętrznym jest najwyższa, natomiast prawidłowe funkcjonowanie wentylacji naturalnej jest konieczne zwłaszcza w porze letniej, kiedy warunki atmosferyczne dla jej prawidłowej pracy są najmniej korzystne. W literaturze można znaleźć także opracowania dotyczące modelowania pracy wież wiatrowych oraz ich współpracy z systemami chłodzenia lub ogrzewania powietrza wentylacyjnego. Zasada działania tych systemów opiera się na wentylacji naturalnej przy udziale wiatru [2].

Badania aerodynamiczne wywiewzaka typu S-160 zostały przeprowadzone przy nawiewie strugi powietrza działającej w płaszczyźnie poziomej. Zmianom podlegały takie parametry

¹ Politechnika Łódzka, Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych, al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, e-mail: adam.deska@p.lodz.pl, orcid id: 0000-0001-5566-0450

² Politechnika Łódzka, Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych, al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, e-mail: adam.rubnikowicz@p.lodz.pl, orcid id: 0000-0002-8185-2293

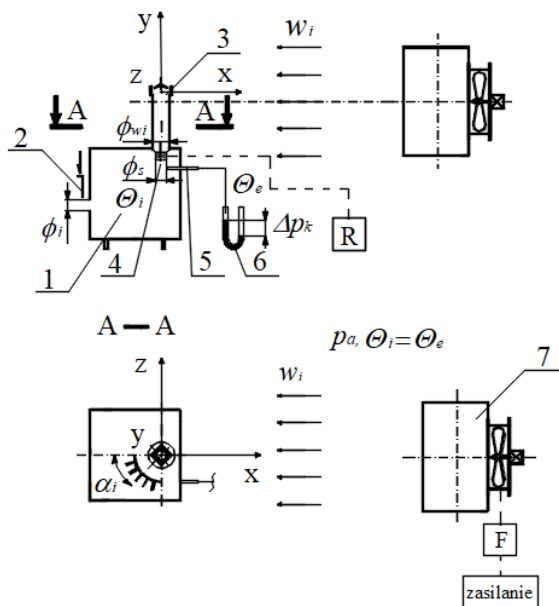
fizyczne, jak: prędkość nawiewanej strugi powietrza czy poziom rozszczelnienia modelu pomieszczenia. Regulacja poziomu rozszczelnienia komory miała zasymulować proces infiltracji powietrza przez nieszczelności w jej obudowie (rys. 1). Poziom infiltracji powietrza ustalano za pomocą specjalnych przesłon regulacyjnych umieszczonych w ścianie komory badawczej od jej zawietrznej strony. Był to obszar stanowiska niepodlegający zakłóceniom wynikającym z działania strugi powietrza. Podczas badań zastosowano także przesłonę „zero” pozwalającą zapewnić szczelność modelowego pomieszczenia. Przesłony zostały wykonane w taki sposób, aby stosunek pola powierzchni otworów w nich wykonanych do pola powierzchni przekroju poprzecznego dużej sondy anemometry skrzydełkowego, która była zlokalizowana u podstawy wywiewnika, stanowił zależność: $(\phi_i / \phi_s)^2 \in (0,0-2,0)$.

Badania wywiewnika prowadzono, wykorzystując normy [3-5], własne prace badawcze oraz literaturę fachową [6, 7].

2. Stanowisko do badania wywiewników grawitacyjnych

Prezentowane wyniki badań wywiewnika zostały przeprowadzone dla różnych prędkości strugi powietrza w_i i wynosiły od 1 do 4,5 m/s. Podczas badań zapewniono warunki izotermiczne. Pozwoliło to na wyeliminowanie wpływu ciśnienia czynnego grawitacyjnego wynikającego z różnicy między ciężarami właściwymi powietrza, co mogłoby wpłynąć na pracę wywiewnika. Przedstawione wyniki badań wykonano dla różnych kątów α , które wynosiły: 0°, 15°, 30° i 45° w płaszczyźnie poziomej x-z, oraz dla stałej wartości kąta $\beta = 0^\circ$ ustawienia nawiewnika względem wywiewnika w płaszczyźnie pionowej x-y (rys. 1). Wartości kątów α dostosowano do konstrukcji badanego wywiewnika [4-6].

W ramach opracowania wyznaczono także wartości współczynnika oporów miejscowych wywiewnika ξ . Badania współczynnika oporów miejscowych prowadzono w funkcji przepływu strumienia objętości powietrza wentylacyjnego \dot{V} w gardzieli wywiewnika, także w warunkach izotermicznych [4-7].



Rys. 1. Schemat stanowiska do badania wywiewników

Objaśnienia do rysunku 1:

1 – modelowe pomieszczenie,

2 – przesłony służące do regulacji ilości powietrza infiltrującego do modelu pomieszczenia,

- 3 – badany wywietrzak,
- 4 – sonda mikroanemometru skrzydełkowego wraz z cyfrowym urządzeniem rejestrującym R,
- 5 – sonda do pomiaru ciśnienia statycznego,
- 6 – miernik ciśnienia,
- 7 – nawiewnik powietrza na wywietrzak wyposażony w prostownicę strugi powietrza i falownik F.

Oznaczenia:

p_a – ciśnienie atmosferyczne [Pa],

Δp_k – ciśnienie różnicowe [Pa],

w_i – prędkość strugi powietrza nawiewanego na wywietrzak [m/s],

θ_e – temperatura powietrza w obrębie stanowiska badawczego [°C],

θ_i – temperatura powietrza panująca w modelowym pomieszczeniu [°C].

Oznaczenia dodatkowe:

R – rejestrator cyfrowy sondy mikroanemometru skrzydełkowego,

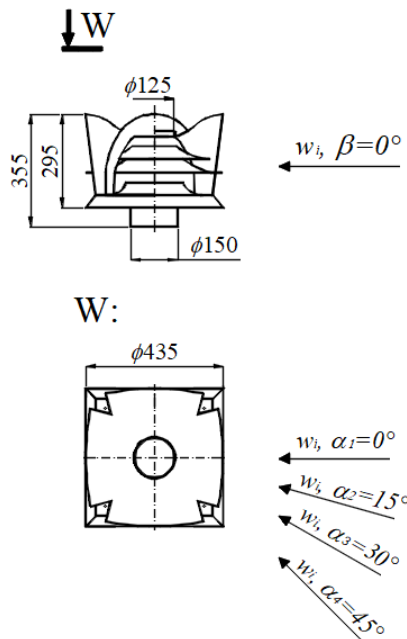
α – kąt orientacji wywietrzaka w płaszczyźnie poziomej x-z [°],

ϕ_i – średnica otworu wykonanego w przesłonie regulacyjnej [mm],

ϕ_s – średnica dużej sondy anemometru skrzydełkowego [mm],

ϕ_{wi} – średnica przewodu u podstawy badanego wywietrzaka (wlotu) [mm].

Schemat wywietrzaka typu S-160 oraz zakres kątów α , dla których realizowano nawiew powietrza w płaszczyznach poziomej i pionowej – kąt β , przedstawiono na rysunku 2.

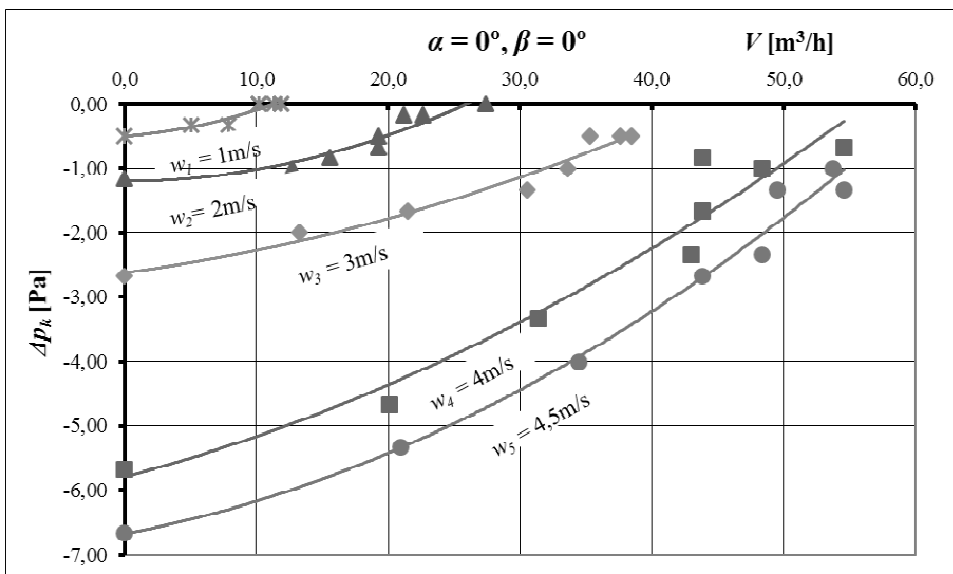


Rys. 2. Schemat wywietrzaka typu S-160 i zakresy regulowanych kątów nawiewu strugi powietrza

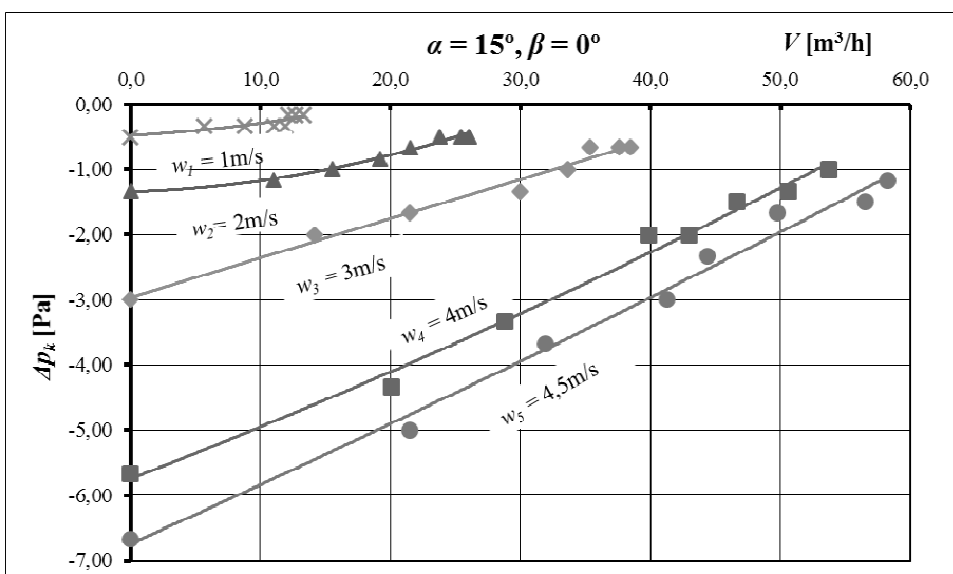
3. Opracowanie wyników badań

Zaprezentowane wyniki badań w formie charakterystyk (rys. 3-6) zostały skonstruowane w oparciu o pomiary aerodynamiczne wywietrzaka typu S-160. Przedstawione funkcje opisane są równaniem $f(\dot{V}) = \Delta p_k$, zgodnie z wykazem oznaczeń:

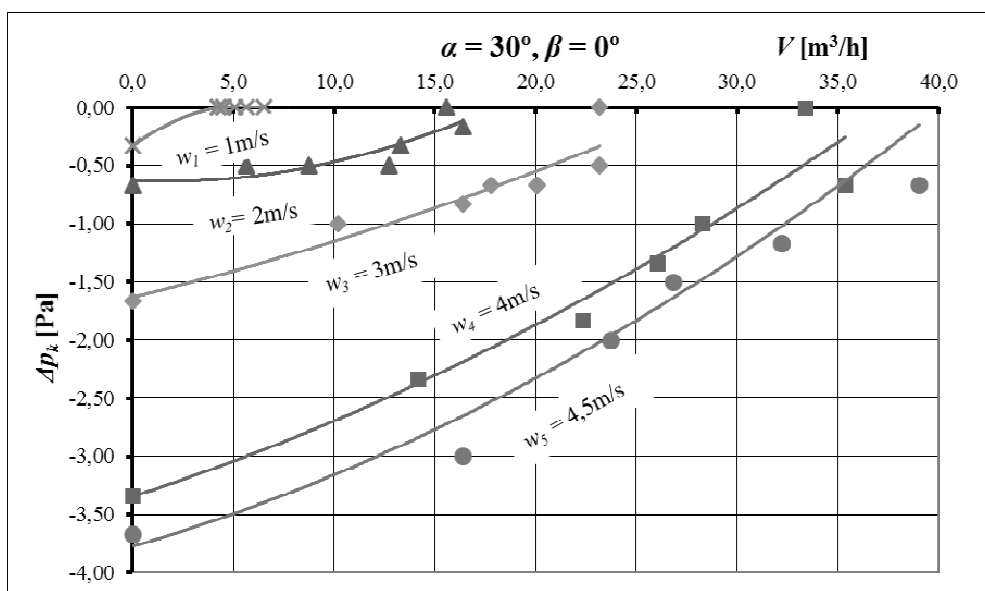
- \dot{V} – strumień objętości powietrza wpływający do wywiewacza z modelu pomieszczenia [m^3/h],
- Δp_k – podciśnienie rejestrowane w pomieszczeniu modelowym [Pa],
- α – kąt, pod którym realizowano nawiew strugi powietrza na wywiewczak w płaszczyźnie poziomej [$^\circ$],
- β – kąt, pod którym realizowano nawiew strugi powietrza na wywiewczak w płaszczyźnie pionowej [$^\circ$].



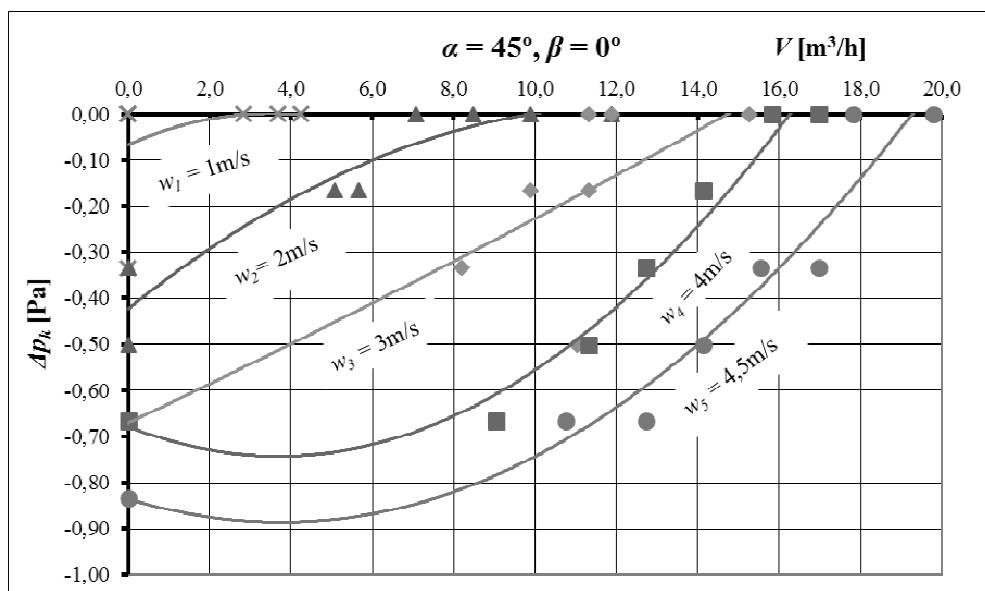
Rys. 3. Charakterystyki aerodynamiczne pracy wywiewacza typu S-160 w funkcji $f(\dot{V}) = \Delta p_k$ dla nawiewu powietrza pod kątem $\alpha = 0^\circ$



Rys. 4. Charakterystyki aerodynamiczne pracy wywiewacza typu S-160 w funkcji $f(\dot{V}) = \Delta p_k$ dla nawiewu powietrza pod kątem $\alpha = 15^\circ$

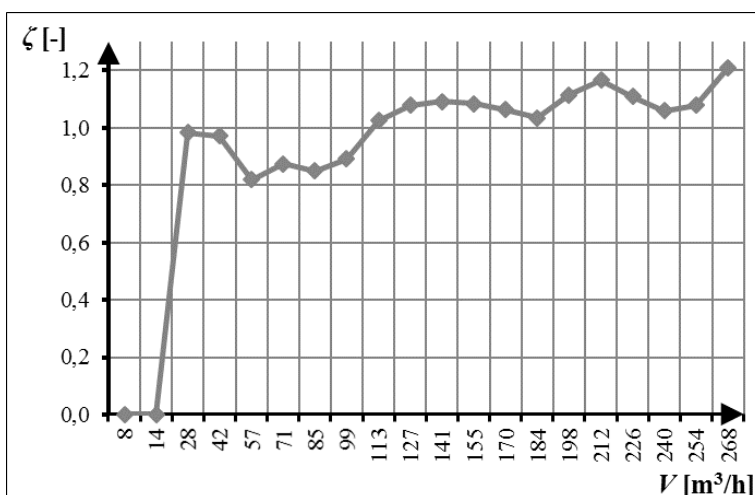


Rys. 5. Charakterystyki aerodynamiczne pracy wentylatora typu S-160 w funkcji $f(\dot{V}) = \Delta p_k$ dla nawiewu powietrza pod kątem $\alpha = 30^\circ$



Rys. 6. Charakterystyki aerodynamiczne pracy wentylatora typu S-160 w funkcji $f(\dot{V}) = \Delta p_k$ dla nawiewu powietrza pod kątem $\alpha = 45^\circ$

Wyniki pomiarów współczynnika oporów miejscowych wentylatora typu S-160 przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Współczynnik strat miejscowych wywiewnika typu S-160 w funkcji strumienia objętości powietrza $\xi = f(V)$

4. Wnioski i podsumowanie

Analiza wyników badań wywiewnika typu S-160 doprowadziła do sformułowania następujących wniosków:

- Orientacja wywiewnika względem kierunku wiatru działającego w płaszczyźnie poziomej oraz prędkość wiatru w_i wykazują wpływ na wielkość wytwarzanego przez wywiewnik podciśnienia oraz wpływają na wielkość strumienia objętości powietrza wypływającego z modelowego pomieszczenia.
 - Wywiewnik największe wartości podciśnienia $\Delta p_k \approx 6,7$ Pa wytwarzał dla prędkości powietrza wynoszącej $w_i = 4,5$ m/s, dla kąta nawiewu $\alpha = 0^\circ$ oraz $\alpha = 15^\circ$. Strumień objętości powietrza dla kąta $\alpha = 0^\circ$ i $\alpha = 15^\circ$ przy prędkości wiatru $w_i = 4,5$ m/s osiągał wartość odpowiednio $\dot{V} \approx 54$ m³/h i $\dot{V} \approx 58$ m³/h przy największym rozszczelnieniu komory badawczej.
 - W przypadku ustawienia nawiewnika względem wywiewnika pod kątem nawiewu wynoszącym $\alpha = 30^\circ$ oraz dla prędkości strugi powietrza wentylacyjnego $w_i = 4,5$ m/s wywiewnik wytwarzał maksymalną wartość podciśnienia wynoszącą $\Delta p_k \approx 3,7$ Pa, natomiast maksymalna otrzymana wartość strumienia objętości powietrza wentylacyjnego dla tego samego kąta nawiewu i tej samej prędkości strugi powietrza w_i wyniosła $\dot{V} = 39$ m³/h.
 - Ustawienie nawiewnika względem wywiewnika pod kątem nawiewu wynoszącym $\alpha = 45^\circ$ i zadanie prędkości strugi powietrza wentylacyjnego $w_i = 4,5$ m/s spowodowały, iż wywiewnik wytwarzał maksymalną wartość podciśnienia wynoszącą $\Delta p_k \approx 0,8$ Pa, natomiast najwyższa zarejestrowana wartość strumienia objętości powietrza odciąganego przez wywiewnik dla tego samego kąta nawiewu i tej samej prędkości strugi powietrza w_i wyniosła $\dot{V} = 20$ m³/h.
- Średnia wartość współczynnika strat miejscowych dla ustalonego zakresu badanych strumieni przepływu strumienia objętości powietrza przez gardziel badanego wywiewnika wyniosła $\xi_w \approx 0,9$ (rys. 7).

Wyniki badań wskazują, że analizowany wywiewnik wytwarza dodatkowe wartości ciśnienia czynnego oraz strumienia objętości powietrza wentylacyjnego dla każdej z ustalonej prędkości strugi powietrza w_i . Wraz ze wzrostem prędkości strugi powietrza wywiewnik powodował zwiększenie strumienia objętości powietrza wentylacyjnego oraz ciśnienia czynnego. Najwyższe podciśnienia wytwarzał wywiewnik dla przesłony „zero” niezależnie od kąta nawiewu strugi

powietrza w płaszczyźnie poziomej. Średnia wartość współczynnika oporu miejscowego wywietrzaka wyniosła $\xi_w \approx 0,9$. Współczynnik ten nie powinien decydować o wyborze rodzaju i typoszeregu wywietrzaka, dlatego że w ciągu roku przykładowo dla obszaru miasta Łodzi okres bezwietrzny stanowi blisko 6% [8, 9]. Ponadto wartość tego współczynnika zależy od strumienia objętości powietrza wentylacyjnego przepływającego przez gardziel wywietrzaka i dla początkowych strumieni objętości powietrza wentylacyjnego przyjmuje on niższe wartości (rys. 7). Ponadto badania wykazały, że prezentowany wywietrzak dla zakresu kątów $\alpha \in (0-30^\circ)$ jest w stanie zapewnić podciśnienie pozwalające osiągnąć strumień objętości powietrza ponad $30 \text{ m}^3/\text{h}$, czyli wymaganą ilość powietrza wentylacyjnego dla pomieszczenia kuchni z oknem zewnętrznym z kuchenką elektryczną lub wydzielonego WC według [1, 4, 10].

Analizując wyniki dotychczas przeprowadzonych badań wywietrzaków, można stwierdzić, że prawidłowy ich dobór oraz montaż powinien uwzględniać lokalną różę wiatrów oraz ich otoczenie. Sąsiadujące budynki, geometria połąci dachowej czy wysokość i średnica przewodu wentylacyjnego mogą wpływać na pracę tych urządzeń. Wniosek ten dotyczy zwłaszcza wywietrzaków o konstrukcji anizotropowej, zatem podatnych na wpływ działania wiatru pod różnymi kątami w płaszczyźnie poziomej.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2002, Nr 75, poz. 609 z późniejszymi zmianami.
- [2] Hughes R., Calautit J., Ghani Saud A., The development of commercial wind towers for natural ventilation: A review, *Applied Energy* 2012, 92, 606-627.
- [3] PN-76/M.-34034. Rurociągi. Zasady obliczania strat ciśnienia.
- [4] PN-B-03430:1983/Az3:2000. Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania.
- [5] PN-EN 12238:2002. Wentylacja budynków – Elementy końcowe – Badania aerodynamiczne i wzorcowanie w zakresie zastosowań strumieniowego przepływu powietrza.
- [6] Baturin W.W., Elterman W.M., Wentylacja naturalna w zakładach przemysłowych, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1974.
- [7] Malicki M., Wentylacja i klimatyzacja, PWN, Warszawa 1980, 388-409.
- [8] Adamiak T., Deska A., Ocena stanu i perspektyw rozwoju nasad kominowych (wywietrzaków) w instalacjach wentylacyjnych – Część 1, *Instal* 2015, 12(368), 50-54.
- [9] Adamiak T., Deska A., Ocena stanu i perspektyw rozwoju nasad kominowych (wywietrzaków) w instalacjach wentylacyjnych – Część 2, *Instal* 2016, 1(369), 29-32.
- [10] Sabinak G.H., Wentylacja, Politechnika Łódzka, Łódź 2017, 61-65.

Influence of wind direction and velocity on the work parameters of the S-160 gravity chimney cap

ABSTRACT:

The presented study contains the test results on the operating parameters of the S-160 chimney cap, another construction from among those already tested. The measurements were carried out for the airflow in the horizontal plane. The following physical parameters were changed: airflow speed within the tested chimney cap and degree of leakage in the room model. The chimney cap drawing schemas, the range of the tests and schema of the test stand are presented. The research methodology is described.

KEYWORDS:

gravity ventilation; natural ventilation; chimney caps