

Piotr SIERPUTOWSKI

Janusz BŁAZEWICZ

Instytut Techniki Lotniczej

i Mechaniki Stosowanej

Politechnika Warszawska

OKREŚLANIE WARUNKÓW PRZEWIETRZALNOŚCI OBSZARÓW ZABUDOWANYCH NA PODSTAWIE BADAŃ MODELOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych związanych z problematyką naturalną wentylacji obszarów zabudowanych. Zastosowano dwie metody wizualizacji przepływów przyziemnych - metodę olejową oraz metodę erozji piasku. Wykorzystanie obu metod umożliwiło określenie charakterystyk pola prędkości przy opływie struktur o skomplikowanej konfiguracji. Uzyskane obrazy przepływów przyziemnych zawierają zarówno jakościowe, jak i ilościowe informacje niezbędne przy analizie warunków wentylacji naturalnej terenów zabudowanych.

1. WPROWADZENIE

Problematyka naturalnej wentylacji obszarów zabudowanych, zarówno w odniesieniu do zabudowy mieszkalnej, jak i przemysłowej, stanowi integralną część zagadnień inżynierii wiatru, związanych ze sprawami ochrony środowiska. W ostatnim okresie bezpośrednim stymulatorem badań aerodynamicznych w tym zakresie stało się rosnące zainteresowanie architektów, urbanistów i ekologów zagadnieniami prawidłowego projektowania struktur zabudowy w aspekcie ochrony środowiska i komfortu mieszkańców.

Przedstawione wyniki badań modelowych stanowią pewien fragment prac poświęconych problematyce efektów oddziaływania wiatru na pokrycia terenowe o różnej konfiguracji. Złożoność zjawisk związanych z przepływem wiatru oraz różnorodność czynników kształtujących przepływ, których modelowanie w warunkach laboratoryjnych jest niemożliwe, narzuca konieczność daleko idących uproszczeń. Jednak nawet stosunkowo najprostsze przypadki (ustalony przepływ wiatru przy stratyfikacji neutralnej) są trudne do ilościowej oceny z uwagi na trójwymiarowy charakter pola prędkości, turbulencję i silne zróżnicowanie lokalnych kierunków przepływu. Powyższa praca stanowi ilustrację możliwości jakościowej i ilościowej oceny przewietrzalności terenów zabudowanych oraz analizy lokalnych pól przepływu w oparciu o wykorzystanie odpowiednich technik wizualizacji. Stwierdzono,

że nawet w przypadku skomplikowanych układów geometrycznych zabudowy (np. osiedla mieszkaniowe) można wyróżnić w poszczególnych jej obszarach powtarzające się struktury przepływu, których interpretacja na podstawie wizualizacji przepływu przyziemnego jest stosunkowo prosta. Znajomość intensywności i charakteru przepływu w tych obszarach umożliwia zarówno jakościową, jak i ilościową ocenę całego pola przepływu, co jest szczególnie istotne z uwagi na fakt, że stopień przewietrzania jest odczuwalny właśnie w strefie przyziemnej, a więc w rejonie stanowiącym obiekt wizualizacji. Autorzy przeprowadzili badania modelowe w oparciu o zastosowanie dwóch metod wizualizacji przepływu przyziemnego - metody filmu olejowego oraz tzw. erozji piasku. Obie metody wzajemnie się uzupełniają dając w miarę pełny i dokładny obraz pola przepływu.

2. METODYKA BADAŃ MODELOWYCH

Znane trudności pełnego modelowania zjawisk towarzyszących przepływowi wiatru [3] zmuszają do zastosowania daleko idących uproszczeń. Dlatego sprawą istotną staje się określenie głównego tła, na którym uwidoczniają się wszystkie zjawiska, wpływające na przewietrzanie rozpatrywanego terenu. Tłem tym jest pole prędkości przy ziemi, otrzymane przy opływie wiatrem w warunkach ustalonych i neutralnej stratyfikacji termicznej. Jego znajomość daje możliwość stworzenia wymiernego obrazu przepływów, a wszelkie inne czynniki rzutujące na przebieg zjawisk mogą stanowić jedynie ilościową korektę tego obrazu. Wychodząc z powyższych założeń objektem zainteresowania autorów niniejszej pracy stała się wizualizacja przepływów przyziemnych, wywołanych opływem modeli zabudowy, umieszczonych na płaskiej powierzchni przy różnych kierunkach napływu ustalonego strumienia wiatru w jednorodnym polu temperatury. Skalę przestrzenną stosowanych modeli oraz zakres prędkości przepływu niezakłóconego dobrano w ten sposób, aby spełniony był warunek tzw. powierzchni aerodynamicznie chropowatej. Elementy chropowatości muszą "penetrować" podwarstwę laminarną, co zachodzi, gdy liczba Reynoldsa (oparta o skalę wysokości elementów pokrycia powierzchni) $Re > 70$. Zapewnia to jakościowe podobieństwo modelowanych przepływów.

W celu uzyskania obrazu powierzchniowych linii prądu wykorzystano metodę wizualizacji za pomocą filmu olejowego [5]. Metoda ta jest powszechnie znana, niemniej w przypadku badania opływu układów o skomplikowanej geometrii jej zastosowanie było dotychczas ograniczone. W trakcie realizacji omawianych badań w Zakładzie Aerodynamiki Politechniki Warszawskiej znaleziono optymalny skład mieszanki wizualizującej, umożliwiający jej stosowanie w bardzo szerokim zakresie opływów skomplikowanych konfiguracji. Jako "nośnik" zastosowano mieszaninę kilku rzadkich olejów, a znacznikiem była biel tytanowa, której równomierność rozprzodzenia poprawiała odpo-

wiedni emulgator. Stosowana mieszanka umożliwiała uzyskanie wyraźnych obrazów przepływu nawet wewnątrz zamkniętych "gniazd" budynków. Taj uży - cie umożliwiało też wizualizację opływu zabudowy z uwzględnieniem zadrzewienia. Dodatkowy efekt, który przyczynił się do poprawy ostrości uzyskiwanych obrazów powierzchniowych linii prądu, to częściowe odparowanie "nośnika" w trakcie badań wizualizacyjnych. Warto nadmienić, że regulowana czułość metody stwarza warunki do prowadzenia tego typu badań w szerszej skali, np. grupy kilku osiedli, czy też całych miast.

Metoda olejowa pozwala na uzyskanie obrazów przyziemnego pola przepływu, ale uzyskany wynik ma jedynie charakter jakościowy. Pozwala na określenie kierunków prędkości, znalezienie szczególnych stref pola prędkości, umożliwia również ogólną ocenę intensywności lokalnych przepływów. Na podstawie wizualizacji olejowej nie można jednak wyciągnąć żadnych wniosków ilościowych odnośnie do zmian prędkości przepływu w rozpatrywanych obszarach. W świetle powyższych stwierdzeń oraz w kontekście ewentualnych zastosowań niezbędne staje się takie ukierunkowanie metodyki badań, aby również relacje ilościowe zachodzące w analizowanym polu przepływu były określone. Możliwość tę daje równoczesne zastosowanie wizualizacji przy użyciu metody erozji (saltacji) piasku. Zjawisko saltacji piasku, stosunkowo jeszcze rzadko wykorzystywane do celów wizualizacji, opisano między innymi w pracach [1, 2, 4, 5]. Mając na uwadze czytelność efektu końcowego oraz łatwość końcowej oceny charakterystyk pola prędkości sposób realizacji badań przy wykorzystaniu metody erozji piasku został w dość istotny sposób zmodyfikowany. Wizualizację przeprowadzono przy użyciu piasku o różnych kolorach (niezmienione pozostały cechy fizykalne). Umożliwiło to uzyskanie obrazu zwizualizowanego przepływu w postaci barwnych map, na których kontury ograniczające obszary o różnych kolorach stanowią linie stałych i znanych stosunków lokalnej prędkości przepływu do prędkości strumienia niezakłóconego. Oprócz istotnych informacji ilościowych barwne obrazy przepływów przyziemnych stwarzają możliwość łatwej ich interpretacji nawet dla niefachowca. W szczególności odnosi się to do określenia obszarów najsilniej i najsłabiej przewietrzanych.

3. ANALIZA WARUNKÓW PRZEWIETRZANIA W OPARCIU O WYNIKI BADAŃ WIZUALIZACYJNYCH

Różnorodność form możliwych do analizy przypadków zabudowy (miejskiej jak i przemysłowej) wyklucza możliwości uogólnień na szerszą skalę: określenie najistotniejszych charakterystyk przewietrzania wymaga każdorazowo badań indywidualnych dla danego rozpatrywanego układu. Natomiast cechą wspólną dla nawet krańcowo różnych typów zabudowy jest występowanie przy ich opływie charakterystycznych lokalnych obszarów przepływu, w których przebiegające zjawiska kształtują lokalne warunki wentylacji.

Pragnąc więc ocenić stopień przewietrzalności w skali makro, to znaczy w skali całego rozpatrywanego terenu, należy w oparciu o strukturę pola przepływu określić lokalne warunki przewietrzania (w skali małego fragmentu analizowanego obszaru). Jakościowe charakterystyki stopnia przewietrzalności dla najbardziej typowych i najczęściej powtarzających się struktur pola przepływu zostały omówione w pracy [3]. Uogólniając można powiedzieć, że największy wpływ na końcową ocenę warunków wentylacji wiatrowej dla danego obszaru zabudowanego mają takie typowe formy struktur przepływu przyziemnego, jak: strefy spiętrzenia, strefy oderwań, obszary zastojów, linie rozdziału strumieni wiatru, zamknięte obszary zawirowań. Wykrycie tych charakterystycznych fragmentów pola przepływu oraz przybliżona znajomość zachodzących tam relacji ilościowych umożliwia opracowanie zarówno ogólnej, jak i szczegółowej charakterystyki przewietrzalności. Powyższy warunek jest spełniony w przypadku stosowania badań modelowych opartych o dwie, omówione uprzednio, metody wizualizacji. Metoda filmu olejowego, dająca obraz przepływu przyziemnego w formie powierzchniowych linii prądu, umożliwia wykrycie i zlokalizowanie wszelkich typowych struktur przepływu, mających największy wpływ na wentylację terenu. Z kolei wykorzystanie metody erozji piasku prowadzi do znalezienia związków ilościowych (pomiędzy prędkością lokalną a prędkością przepływu niezakłóconego) zachodzących w interesujących punktach całego pola przepływu.

Na fotografiach zamieszczonych na rys. 1-10 pokazano wyniki wizualizacji prostych elementów zabudowy, które bardzo często stanowią fragmenty większych obszarów zabudowanych. Zdjęcia czarno-białe stanowią ilustrację przepływów przyziemnych zwizualizowanych metodą olejową; zdjęcia barwne są obrazami przepływu uzyskanymi przy użyciu metody saltacji. Na zdjęciach kolorowych każda barwa posiada na swej granicy (obrysie) określony stosunek prędkości strumienia niezakłóconego (U) do lokalnej prędkości przepływu (U_0). Obszary czarne określają strefy o najniższych prędkościach przepływu - wartość $\frac{U}{U_0}$ dla obrysu obszarów czarnych średnio (dla wszystkich prezentowanych zdjęć) wynosi ok. 1,7. Kolor zielony obejmuje obszary, w których $\frac{U}{U_0} \approx 1,3$. Strefy o barwie niebieskiej określają lokalne pola przepływu, charakteryzujące się już silniejszą przewietrzalnością $\frac{U}{U_0} \approx 1$. Kolor czerwony pokazuje obszary silnie przewietrzane - $\frac{U}{U_0} \approx 0,7$. Najintensywniejsze przepływy mają miejsce w obrębie obszarów o barwie kremowo-białej ($\frac{U}{U_0} < 0,7$). Strefy te można zakwalifikować do grupy najmniej przewietrzanych. W przypadku zabudowy miejskiej są to miejsca uciążliwe dla mieszkańców.

Rys. 1-4 pokazują opływ pojedynczego budynku oraz dwóch budynków tworzących układ tzw. "zwężki". W obu przypadkach doskonale widoczne są te formy struktur przepływu, które w głównej mierze decydują o przewietrzalności w strefie przyziemnej. Wyraźne różnicowania, występujące zarówno w obrębie stref spiętrzenia, jak i stref oderwań, dają możliwość



Rys. 1. Obraz wizualizacji opływu pojedynczego budynku; metoda olejowa
Fig. 1. A picture of flow around visualisation for a detached building -
an oil technique



Rys. 2. Obraz wizualizacji opływu pojedynczego budynku; metoda erozji piasku

Fig. 2. A picture of flow around visualisation for a detached building - a sand erosion technique



Rys. 3. Obraz wizualizacji opływu zespołu dwóch budynków; metoda olejowa

Fig. 3. A picture of flow around visualisation for two buildings complex - an oil technique

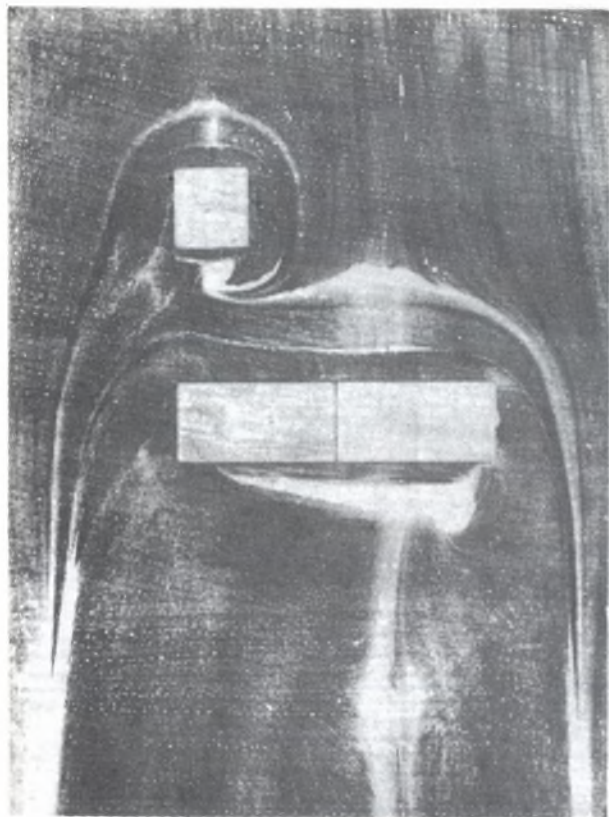


Rys. 4. Obraz wizualizacji opływu zespołu dwóch budynków; metoda erozji piasku

Fig. 4. A picture of flow around visualisation for two buildings complex a sand erosion technique

stosunkowo dokładnej oceny stopnia przewietrzalności poszczególnych fragmentów całego terenu. Zauważyć można obszary najsłabiej przewietrzane - strefy zastoju po stronie zawietrznej budynków oraz strefy słabego przepływu, będące wynikiem oddziaływania spiętrzenia na ścianach nawietrznych. Najsilniej wentylowane są obszary leżące w bezpośredniej bliskości bocznych krawędzi budynków od strony nawietrznej. Jest to związane z gwałtownym przyspieszeniem wychodzących ze strefy spiętrzenia mas powietrza i zmianą ich kierunku prędkości.

Na rys. 5-10 pokazano opływ dwóch budynków o różnych konfiguracjach. Są to układy dość typowe dla pewnych form zabudowy przemysłowej: długi budynek, a w jego sąsiedztwie budynek mały.



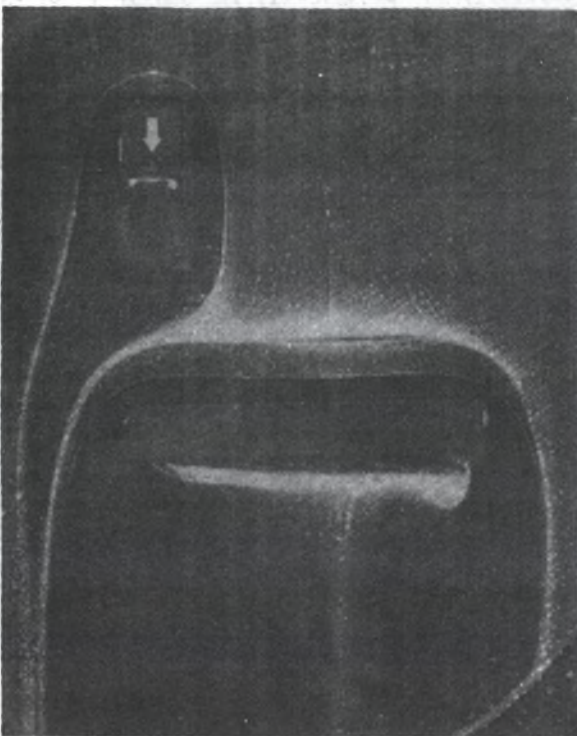
Rys. 5. Obraz wizualizacji opływu niesymetrycznego zespołu dwóch budynków; metoda olejowa

Fig. 5. A picture of flow around visualisation for nonsymmetric two buildings complex - anoil technique



Rys. 6. Obraz wizualizacji opływu niesymetrycznego zespołu dwóch budynków; metoda erozji piasku

Fig. 6. A picture of flow around visualisation for nonsymmetric two buildings complex - a sand erosion technique



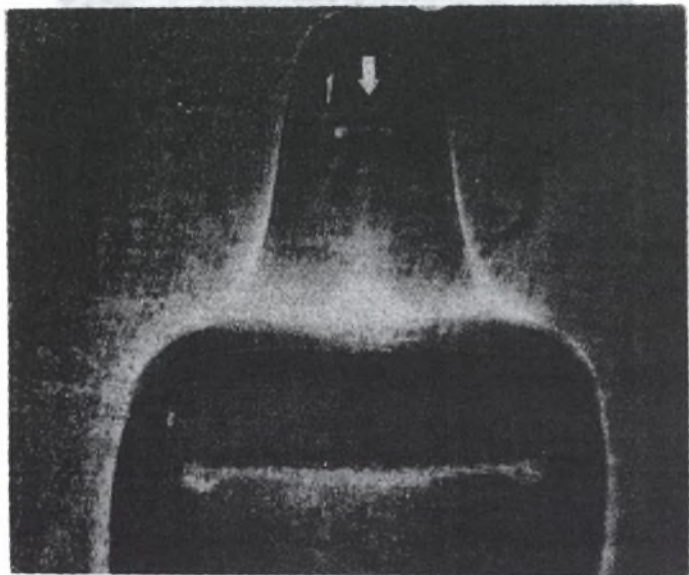
Rys. 7. Obraz wizualizacji opływu niesymetrycznego zespołu dwóch budynków; metoda olejowa

Fig. 7. A picture of flow around visualisation for nonsymmetric two building complex - anoil technique



Rys. 8. Obraz wizualizacji opływu niesymetrycznego zespołu dwóch budynków; metoda erozji piasku

Fig. 8. A picture of flow around visualisation for nonsymmetric two buildings complex - a sand erosion technique



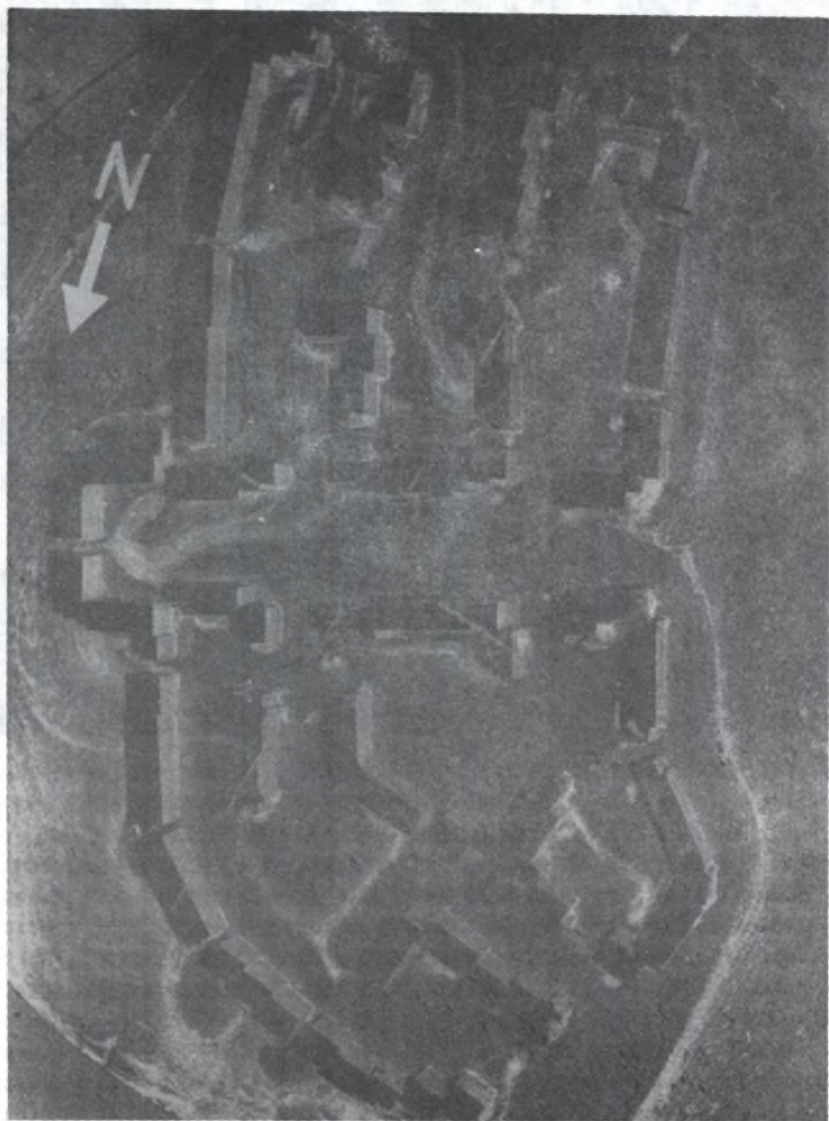
Rys. 9. Obraz wizualizacji opływu zespołu dwóch budynków; metoda olejowa

Fig. 9. A picture of flow around visualisation for two buildings complex - an oil technique

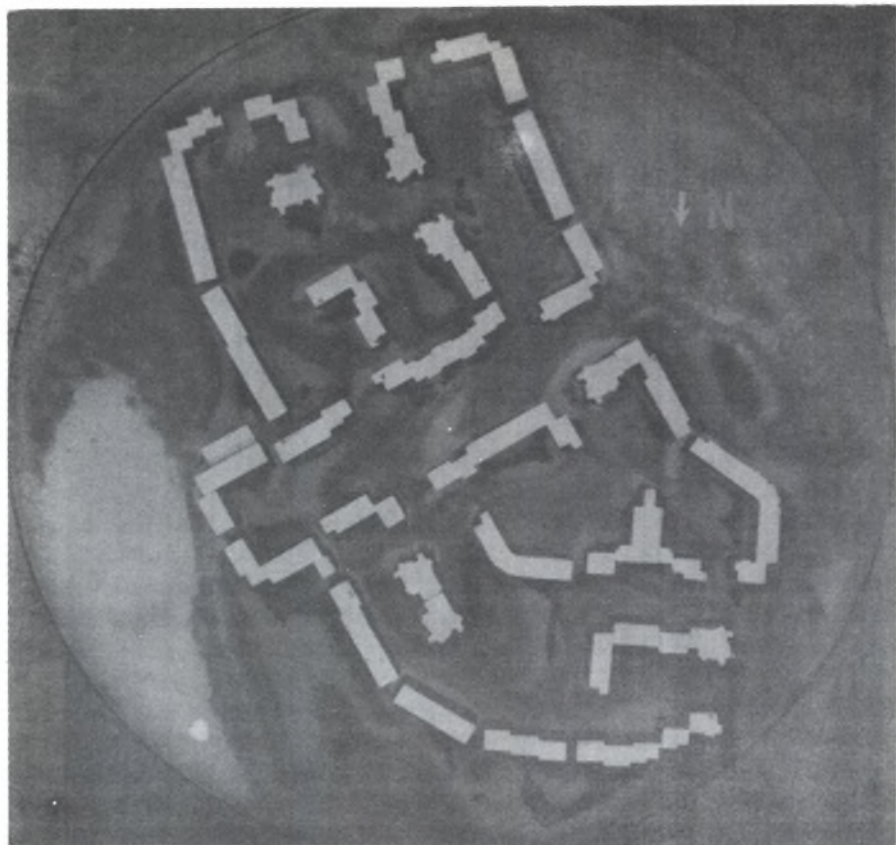


Rys. 10. Obraz wizualizacji opływu zespołu dwóch budynków; metoda erozji piasku

Fig. 10. A picture of flow around visualisation for two buildings complex - a sand erosion technique

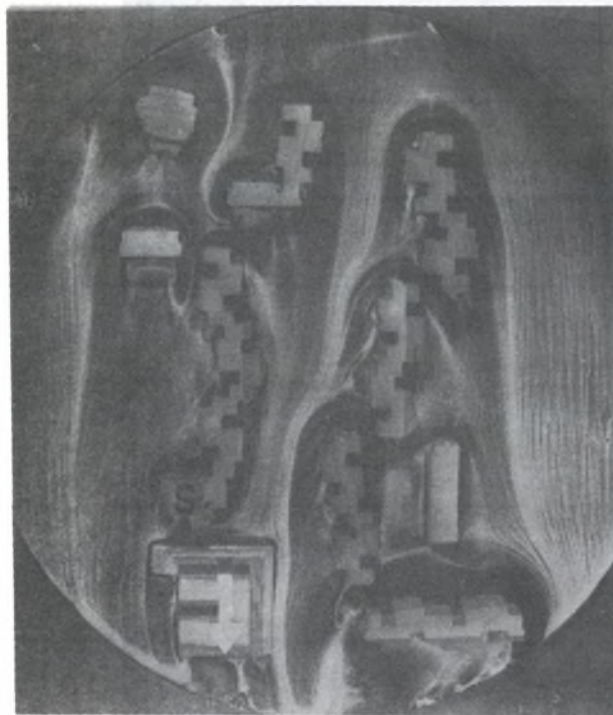


Rys. 11. Wizualizacja olejowa opływu modelu osiedla mieszkaniowego
Fig. 11. An oil visualisation of flow around the model of an urban
area



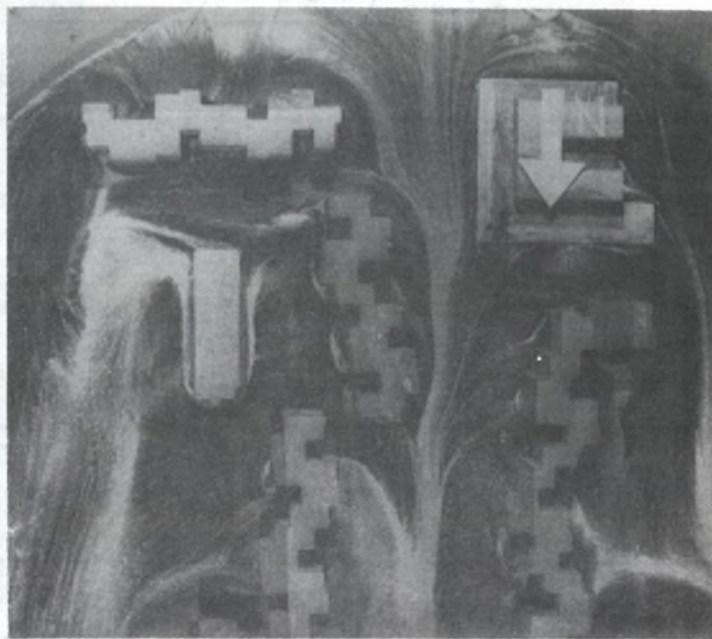
Rys. 12. Mapa prędkości dla osiedla z rys. 11; metoda erozji piasku
 Fig. 12. A velocity map for the urban area - a sand erosion technique

Porównując rys. 5, 6 oraz rys. 7, 8 wyraźnie widać wpływ odległości pomiędzy budynkami na strukturę pola opływu, a więc i na przewietrzalność terenu. Różnice jakościowe występują szczególnie w strefie spiętrzenia; zwiększenie odległości pomiędzy budynkami silnie zmienia kształt tej strefy przed budynkiem długim, inaczej również kształtują się relacje ilościowe. Na różnice w relacjach ilościowych (zdjęcia barwne) wpływ ma również fakt, że wraz ze wzrostem odległości pomiędzy budynkami zwiększono jednocześnie długość większego budynku, co w znacznym stopniu przyczyniło się do "rozbudowy" strefy spiętrzenia. Na uwagę zasługuje również fakt wystąpienia wyraźnej i długiej linii rozdziału po stronie zawietrznej układu budynków (rys. 5-8). Jest to efekt asymetrii badanych układów, który zanika w przypadku opływu symetrycznego - rys. 9, 10. Pojawienie się długich linii rozdziału wskazuje na możliwości gromadzenia się zanieczyszczeń w ich sąsiedztwie, a w przypadku opadów śniegu - zasp śnieżnych.



Rys. 13. Wizualizacja olejowa opływu modelu osiedla mieszkaniowego "Szwolężerów" w Warszawie

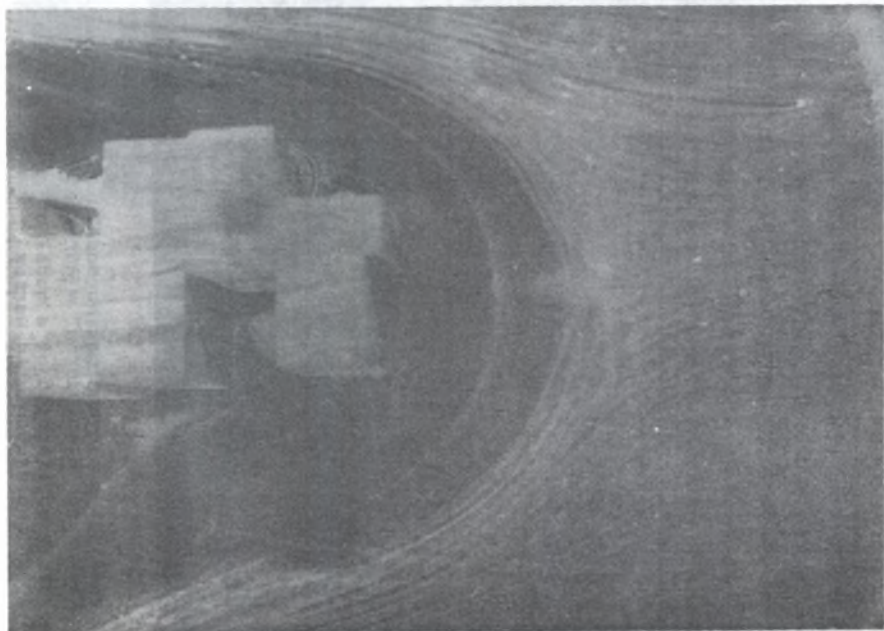
Fig. 13. An oil visualisation of a model of the urban area Szwolężerowie in Warsaw



Rys. 14. Fragment obrazu opływu osiedla z rys. 13; inny kierunek napływu wiatru

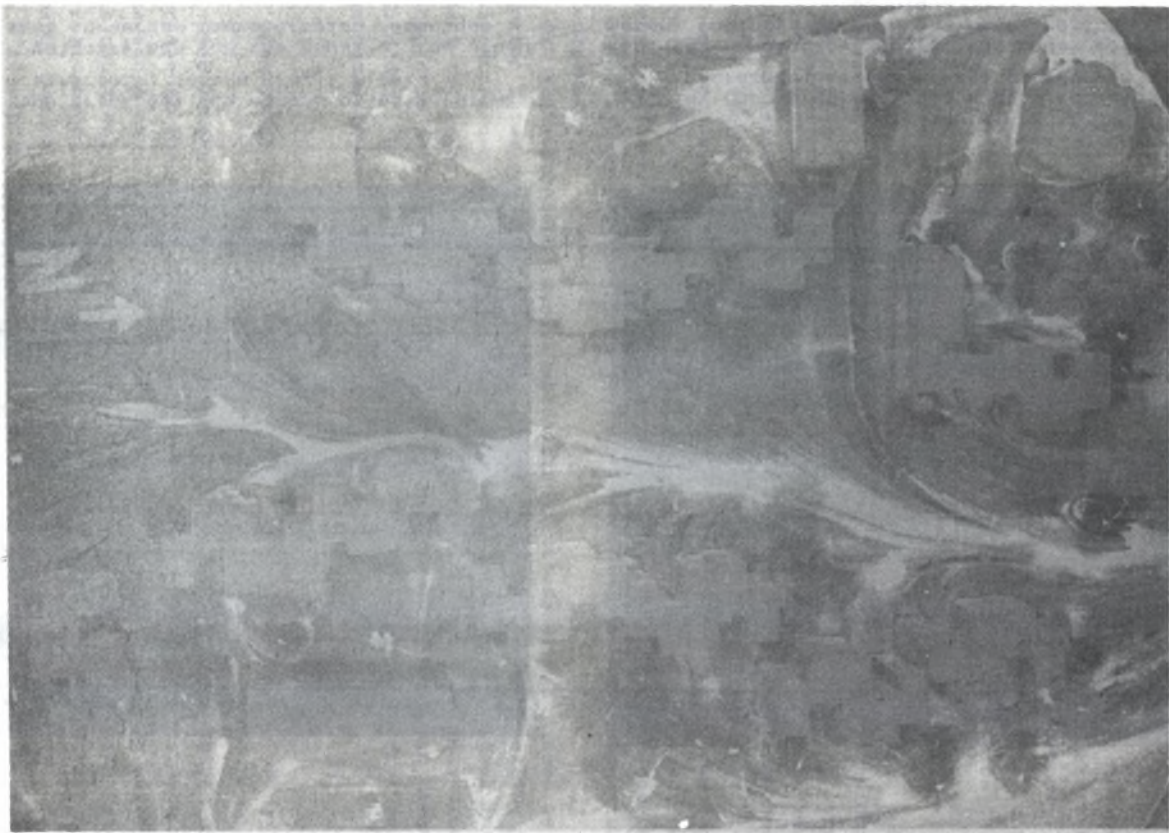
Fig. 14. A fragment of the picture of flow around the urban area Szwolężerowie, another wind direction

Znajomość struktur opływu oraz sposobów oceny stopnia przewietrzalności prostych układów budynków stanowi klucz do właściwej interpretacji zjawisk zachodzących w przypadku opływu skomplikowanych form zabudowy. Na rys. 11, 12 pokazano obrazy opływu osiedla mieszkaniowego. Zarówno w przypadku wizualizacji olejowej (rys. 11), jak i wizualizacji metodą saltacji piasku (rys. 12) uzyskane obrazy przepływów przyziemnych zawierają struktury charakterystyczne dla układów prostych, opisane powyżej. Występują strefy spiętrzenia, obszary oderwań, liczne zawirowania w obrębie krawędzi budynków oraz liczne strefy rozdziału będące w głównej mierze efektem trójwymiarowości przepływu. Analizę wentylacji takiego układu należy przeprowadzić w oparciu o właściwą interpretację poszczególnych struktur opływu (obrazy powierzchniowych linii prądu) oraz znajomości pewnych związków ilościowych (barwne mapy prędkości). W przypadku potrzeby szybkiego określenia obszarów najsilniej i najsłabiej przewietrzanych szczególnie wygodne jest posługiwanie się barwnymi obrazami przepływu - wynikami wizualizacji metodą erozji piasku. Z kolei mając na uwadze np. poprawę istniejących warunków wentylacji wiatrowej niezbędna jest znajomość poszczególnych struktur przepływu, kształtujących przewietrzalność badanego terenu. Informacji tych dostarcza wizualizacja olejowa. Na rys. 13, 14 pokazano

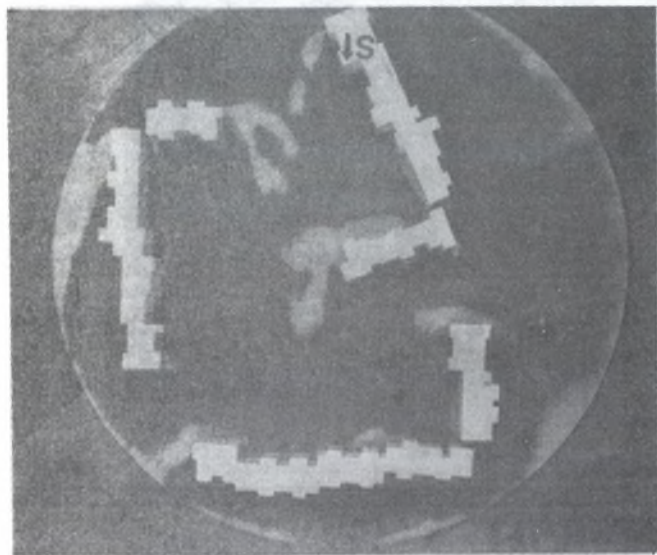


Rys. 15. Fragment obrazu opływu osiedla z rys. 13

Fig. 15. A fragment of the picture of flow around for the urban area Szwoleżerowie



Rys. 16. Fragment obrazu opływu osiedla z rys. 13 z symulowanym zadrzewieniem
Fig. 16. A fragment of the picture of flow around with the simulated tree zone



Rys. 17. Mapa prędkości dla modelu osiedla "Stawki" w Warszawie; metoda erozji piasku

Fig. 17. A velocity map for the model of the urban area Stawki in Warsaw, sand erosion technique



Rys. 18. Mapa prędkości dla modelu cementowni Górazdze; metoda erozji piasku

Fig. 18. A velocity map for the model of the cement factory Górazdze - a sand erosion technique

obrazy powierzchniowych linii prądu, uzyskane przy badaniach opływu osiedla mieszkaniowego, dla różnych kierunków napływu wiatru. Dysponując takimi obrazami przepływu i znając ich właściwą interpretację, możliwe jest działanie mające na celu wywołanie zmian w z góry założonym kierunku (np. poprawa przewietrzalności).

Na rys. 15 przedstawiono odpowiednio powiększony fragment opływu modelu rzeczywistego osiedla. Pomimo znacznego zróżnicowania w geometrii budynku w stosunku do stanowiących punkt wyjścia układów prostych (rys. 1-10), kształt i jakościowy charakter strefy spiętrzenia jest w zasadzie identyczny, a więc analiza metod wywołania jakościowych i ilościowych zmian w takim lokalnym fragmencie pola przepływu może być przeprowadzona na podstawie modelu uproszczonego.

Wykorzystana metoda wizualizacji olejowej charakteryzuje się dużą czułością. Fakt ten umożliwił przeprowadzenie badań wpływu zadrzewienia na opływ osiedla o skomplikowanej geometrii. Efekty zadrzewienia symulowano przez zastosowanie odpowiednich elementów przepuszczalnych. Uzyskany obraz opływu pokazano na rys. 16. Okazało się, że odpowiednie usytuowanie drzew może w istotny sposób poprawić warunki przewietrzalności, szczególnie w obszarach zamkniętych stref oderwań. W skali całego rozpatrywanego terenu zadrzewienie spełnia również rolę turbulizatora. Zwiększenie stopnia turbulencji penetrujących strumień wiatru wpływa intensyfikująco na zachodzące zjawiska dyfuzji, co jest korzystne w aspekcie transportu zanieczyszczeń.

Jak już wspomniano, wyniki wizualizacji metodą erozji piasku są stosunkowo łatwe do szybkiej interpretacji. Na ich podstawie możliwe jest charakteryzowanie poszczególnych fragmentów terenu pod względem intensywności istniejących tam przepływów. Ilustracją powyższego stwierdzenia są fotografie pokazane na rys. 17, 18. Rys. 17 przedstawia opływ cementowni "Góraźdże". W obu przypadkach ogólna ocena stopnia przewietrzalności nie nastręcza trudności.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Proponowana przez autorów metoda badań modelowych, mających na celu określenie warunków przewietrzalności obszarów zabudowanych, wykorzystuje wzajemnie uzupełniające się techniki wizualizacji. Stosowane metody: olejowa i saltacji piasku dają w miarę pełny i dokładny obraz przepływu przyziemnego, umożliwiając dokonanie oceny stopnia przewietrzalności całego badanego terenu oraz jego poszczególnych fragmentów.

W celu prawidłowej interpretacji wyników uzyskiwanych podczas badań opływu układów skomplikowanych geometrycznie, niezbędna jest znajomość struktur przepływu charakterystycznych dla opływu pojedynczych układów prostych.

Obrazy opływu zależą w bardzo dużym stopniu od konfiguracji geometrycznej rozpatrywanej zabudowy, co sprawia trudności z uogólnianiem otrzymywanych wyników.

W oparciu o wyniki wizualizacji opływów możliwe jest opracowanie układów optymalnych z uwagi na ich przewietrzalność.

Proponowany sposób prowadzenia badań modelowych jest od strony technicznej stosunkowo prosty, nie wymaga skomplikowanego oprzyrządowania, a koszty używanych materiałów nie są wysokie.

LITERATURA

- [1] Baranek W.J.: General Rules for the Determination of Wind Environment. Proceedings of the Fifth Int. Conf. Wind Engineering, Fort Collins 1979 ss. 225-234.
- [2] Borges A.R.J., Saraiva J.A.G.: Erosion Technique for Assessing Ground Level Winds, jw., ss. 235-243.
- [3] Ostrowski J., Sierputowski P.: Badania modelowe opływu wiatrem zabudowy osiedli mieszkaniowych na przykładzie zespołu osiedli w Białołęce Dworskiej w Warszawie. Człowiek i Środowisko 4/1982, ss. 351-370.
- [4] Owen, P.R.: "Saltation of Uniform Grains in Air". Journal of Fluid Mechanics, 20, 225 (1964).
- [5] Sierputowski P., Błazewicz J.: "Badania modelowe opływu wiatrem fragmentów zabudowy miejskiej o skomplikowanej konfiguracji geometrycznej". Wysłane do druku w Mechanice Teoretycznej i Stosowanej.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ПРОВЕТРИВАЕМОСТИ ЗАСТРОЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ПО МОДЕЛЬНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

Р е з ю м е

В работе представлены результаты экспериментальных исследований по проблематике естественной вентиляции застроенных пространств.

Применены два метода визуализации пригрунтовых потоков – маслянный метод и метод эрозии песка. Использование обоих методов дало возможность определения характеристик поля скорости при обтекании структур со сложной формой. Полученные картины при грунтовых потоков дают как и качественную так и количественную информацию, необходимую во время анализа условий естественной вентиляции застроенных пространств.

DEFINITION OF NATURAL VENTILATION OF URBAN AREAS
USING MODEL INVESTIGATIONS

S u m m a r y

The paper contains the results of experimental investigations due to the natural ventilation of urban areas. Two methods of the flow visualisation have been applied - oil streak visualisation and sand erosion technics. Basing on the both methods it turned out to be possible to determine the ground-level flows characteristics, that appear at the flows over the structures of complicated configuration. The obtained pictures of ground-level flows contain the qualitative and quantitative informations necessary for the analysis of wind ventilation in the case of urban areas.