

MODELOWANIE NUMERYCZNE OPŁYWU BUDYNKÓW. WPŁYW ZJAWISKA KONWEKCJI NA POLE PRZEPŁYWU

mgr inż. **Karol ŚWIDERSKI**
Instytut Lotnictwa

W artykule przedstawiono metodykę określenia pola przepływu w otoczeniu budynków z wykorzystaniem komercyjnego pakietu Ansys Fluent®. Rozpatrywane były różne przypadki obliczeniowe, na które składają się: orientacja budynku lub budynków względem kierunku wiatru oraz prędkość wiatru. Przedstawiono również wyniki modelowania opływu budynku z uwzględnieniem konwekcji (przypadek pożaru).

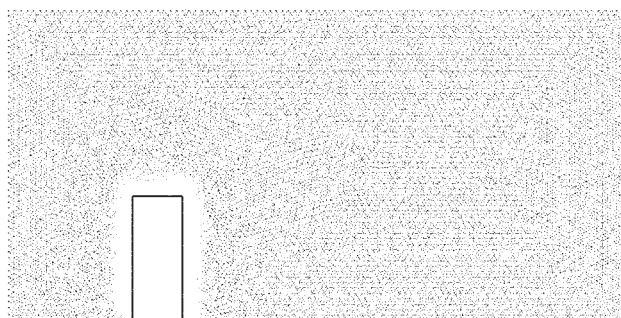
1. WSTĘP

Znajomość przepływu powietrza wokół wysokich budynków jest niezbędna w przypadku planowania akcji antyterrorystycznych, ratunkowych itp., z wykorzystaniem śmigłowców w otoczeniu budynku. Z punktu widzenia aerodynamiki istotne znaczenie ma geometria opływającego ciała. Pole wiatru w okolicy wysokich budynków silnie zależy od interferencji aerodynamicznej pomiędzy wieżowcami. Do oceny tego pola skutecznym narzędziem są symulacje numeryczne przepływu niestacjonarnego w makroskali, z wykorzystaniem dwurównaniowego modelu turbulencji k -epsilon standard oraz modelu gazu doskonałego. Modelowanie takie pozwala ocenić również zjawiska konwekcji na pole przepływu wokół budynku, jaka zachodzi w wyniku różnicy temperatur między budynkiem a otoczeniem, jak np. w przypadku pożaru wewnątrz budynku.

2. MODELOWANIE DWUWYMIAROWE

Badano opływy dwuwymiarowe budynku o wymiarach $40 \times 20 \times 100$ m (x, y, z). Przeprowadzono symulacje w dwóch płaszczyznach przekroju budynku: $y = 10$ oraz $z = 50$. W przypadku symulacji dwuwymiarowej wybór płaszczyzny przecięcia budynku ma charakter umowny. W obu przypadkach wykorzystany został ten sam model numeryczny:

- solver rozprężony,
- model turbulencji k -epsilon standard,
- dyskretyzacja równań bilansowych (masy, pędu, energii) metodą I-rzędu upwind (pod prąd),
- przepływ ściśliwy, niestacjonarny,
- warunki otoczenia normalne,
- prędkość napływu wiatru 20 m/s,
- kierunek i zwrot wiatru zgodny z osią x ,
- siatka niestrukturalna trójkątna zagęszczona w okolicy opływanej bryły (rys. 1÷2); w trójwymiarze minimalny rozmiar siatki około 0,5 m.



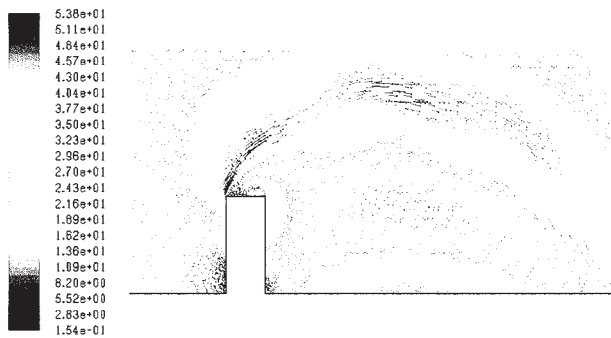
Rys. 1. Siatka obliczeniowa ($y = 10$)



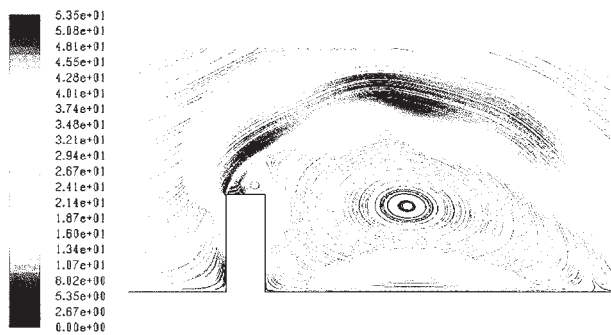
Rys. 2. Siatka obliczeniowa ($z = 50$)

Poniżej przedstawiono wyniki dla stanu stacjonarnego przepływu (około 120 s symulacji).

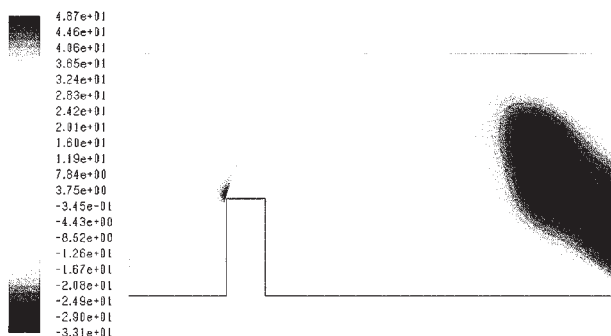
1.1. Wyniki dla przekroju płaszczyzną $y = 10$



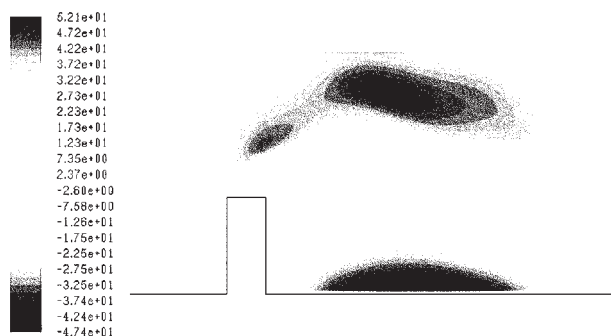
Rys. 3. Wektory prędkości wypadkowej (m/s)



Rys. 4. Linie prądu względem prędkości wypadkowej (m/s)

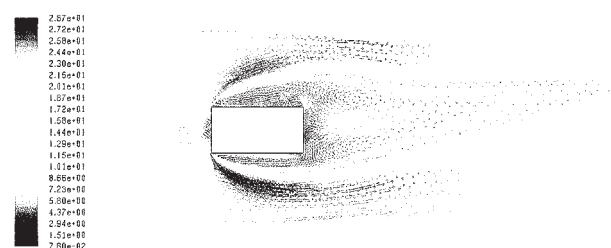


Rys. 5. Pole prędkości pionowej (m/s)

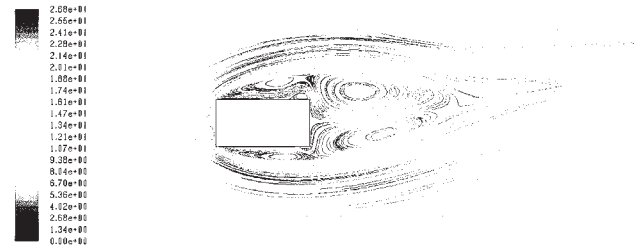


Rys. 6. Pole prędkości poziomej (m/s)

1.2. Wyniki dla przekroju płaszczyzną $z = 50$



Rys. 7. Wektory prędkości wypadkowej (m/s)

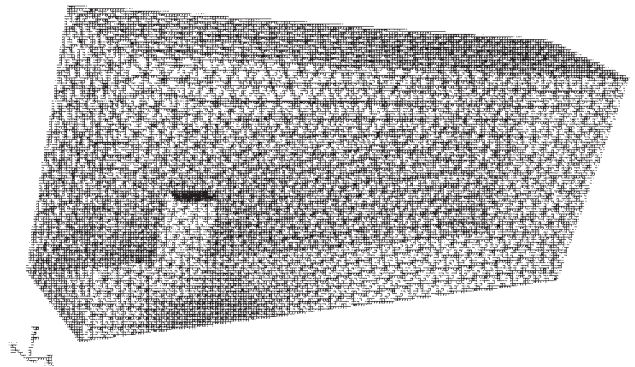


Rys. 8. Linie prądu względem prędkości wypadkowej (m/s)

2. MODELOWANIE TRÓJWYMIAROWE

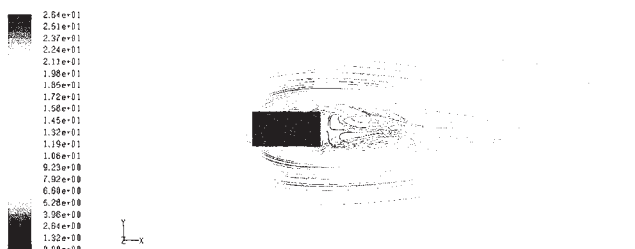
Dla uprzednio przedstawionego budynku przeprowadzono symulacje trójwymiarowe opływu przy tych samych warunkach obliczeniowych. Badano wpływ wysokości budynku na pole prędkości przepływu, w szczególności na powstające gradienty prędkości. Rozważane były następujące przypadki:

- budynek o wysokości 100 m,
- budynek o wysokości 200 m,
- budynek o wysokości 300 m,
- budynek o wysokości 600 m.

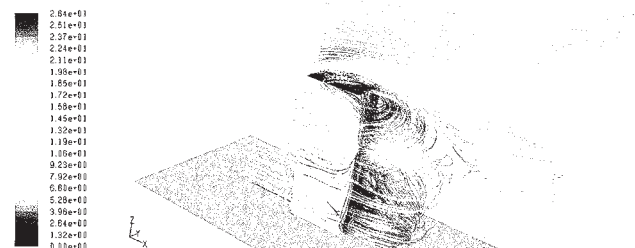


Rys. 9. Przykład siatki dla budynku o $h = 100$ m (ok. 1 mln komórek)

2.1. Symulacje opływu budynku o wysokości 100 m

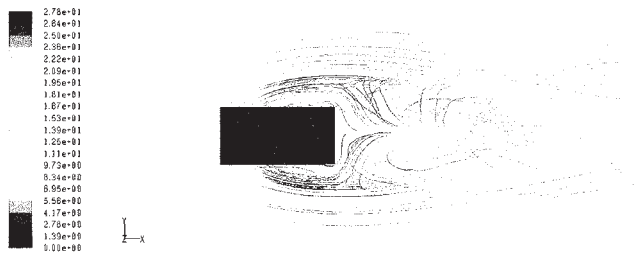


Rys. 10. Linie prądu względem prędkości (m/s); $z = 50$



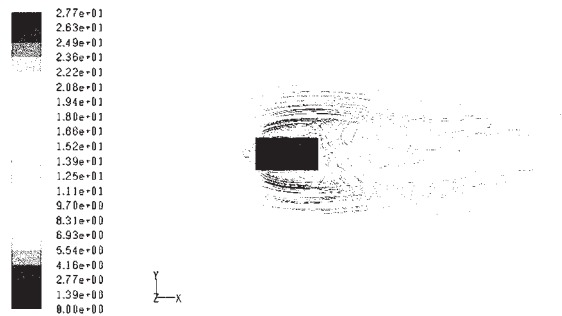
Rys. 11. Linie prądu względem prędkości (m/s); $y = 10$

2.2. Symulacje opływu budynku o wysokości 200 m



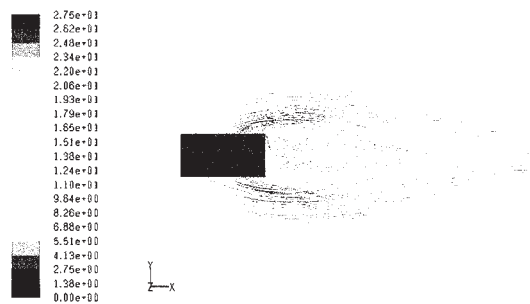
Rys. 12. Linie prądu względem prędkości (m/s); $z = 100$

2.3. Symulacje opływu budynku o wysokości 300 m



Rys. 13. Linie prądu względem prędkości (m/s); $z = 150$

2.4. Symulacje opływu budynku o wysokości 600 m

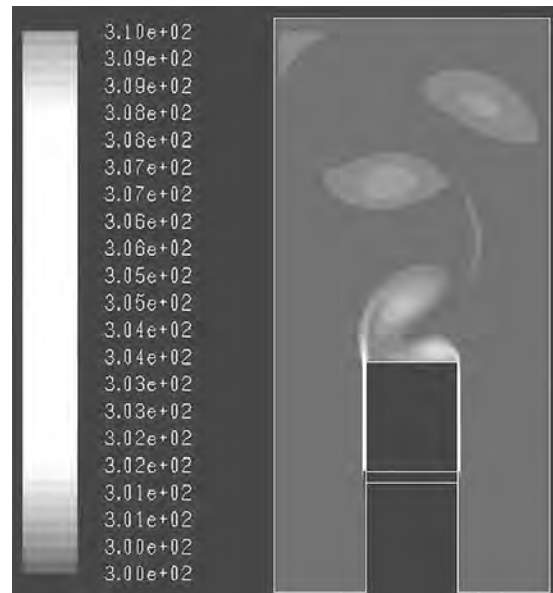


Rys. 14. Linie prądu względem prędkości (m/s); $z = 300$

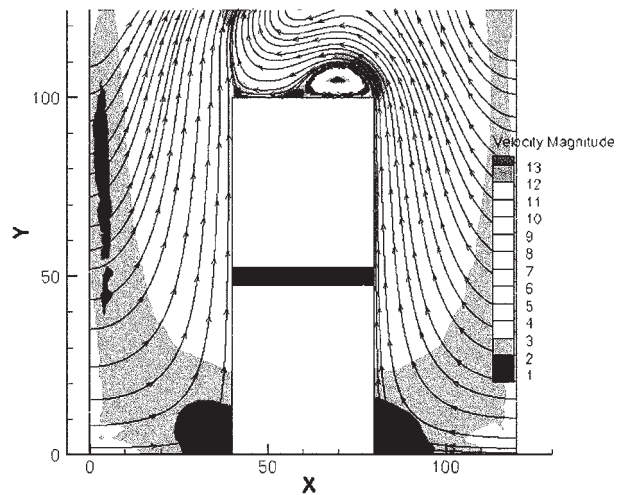
3. MODELOWANIE OPLÝWU BUDYNKU Z UWZGLĘDNIENIEM KONWEKCJI (PRZYPADK POŻARU)

Założono takie same warunki otoczenia, bez wiatru. Dodatkowo wprowadzono źródło temperatury w postaci nagrzanej do 1000C ściany (w połowie wysokości budynku). Zastosowano również model DO-Discrete Ordinates radiacji.

3.1. Symulacje dwuwymiarowe



Rys. 15. Pole temperatury (K); $y = 10$

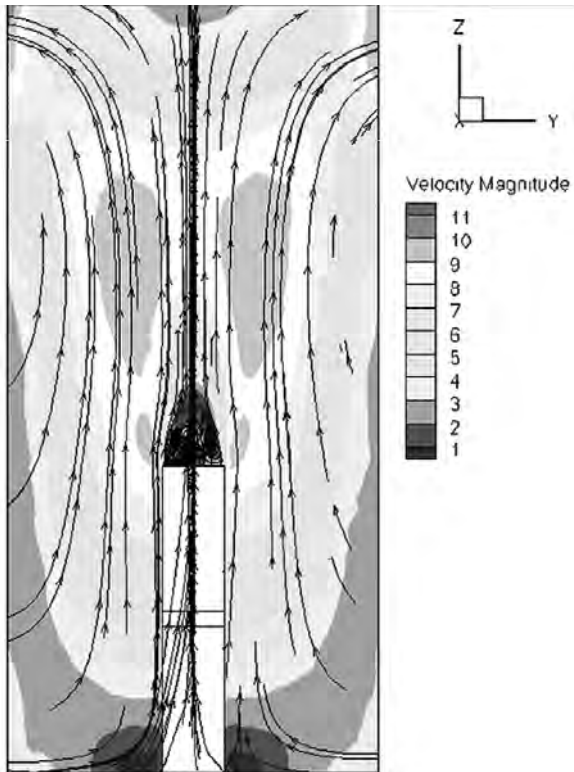


Rys. 16. Pole prędkości i linie prądu wokół budynku; $y = 10$

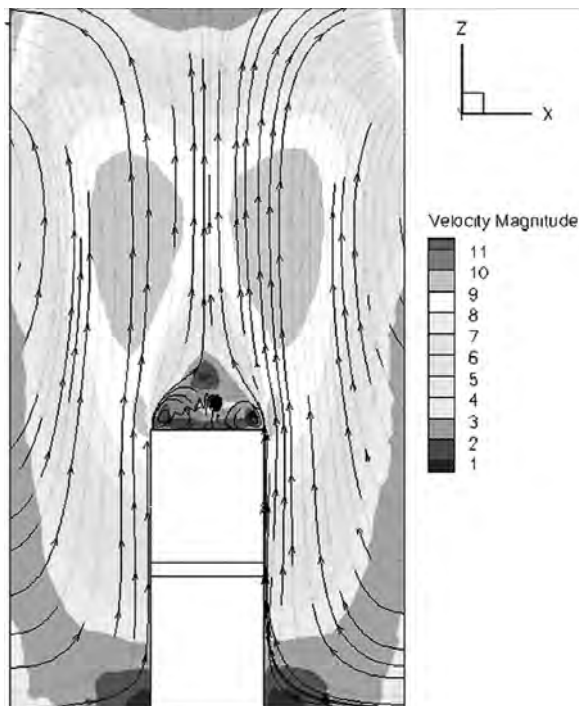


Rys. 17. Pole prędkości (m/s); $y = 10$

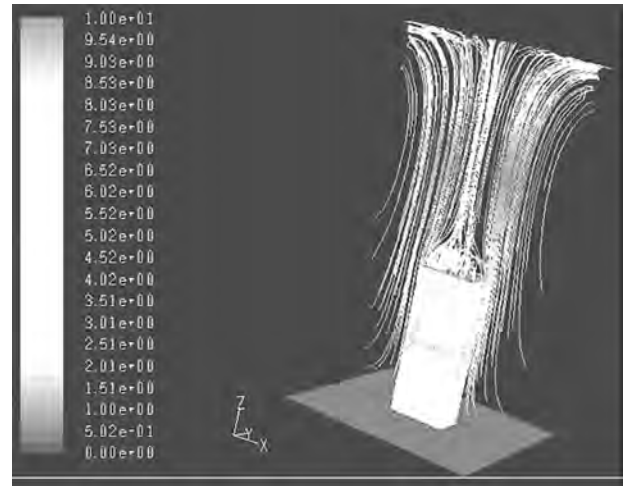
3.2. Symulacje trójwymiarowe



Rys. 18. Pole prędkości (m/s); $x = 20$



Rys. 19. Pole prędkości (m/s); $y = 10$



Rys. 20. Linie prądu względem prędkości (m/s); $y = 10$

4. WNIOSKI

Przeprowadzone symulacje numeryczne pozwoliły uzyskać jakościowe i ilościowe wyniki badanych zagadnień. Ich poprawność została potwierdzona eksperymentalnie dla opływu „budynku” w mniejszej skali (szafa). Szczególnie istotnym wynikiem jest obraz pola prędkości wokół opływającego budynku. Jego znajomość jest cennym prerekwizytem w przypadku planowania przelotu śmigłowca w otoczeniu budynku.

W przypadku przeprowadzonych symulacji dwuwymiarowych można mówić o analizie jakościowej – uzyskane wartości przyrostów (gradientów) prędkości w wyniku przyspieszenia strug powietrza opływającego budynek są względnie duże. W przypadku symulacji trójwymiarowych zmiany prędkości są nieco mniejsze i można mówić tu o wynikach w sensie ilościowym i jakościowym. Badania eksperymentalne prowadzone w Instytucie Lotnictwa w Zakładzie Aerodynamiki potwierdziły zgodność uzyskanych wyników trójwymiarowych symulacji komputerowych z wynikami badań tunelowych.

Niezwykle ciekawym i ważnym wynikiem symulacji jest obraz pola prędkości w przypadku pożaru budynku, pozwala to bowiem na orientację o wielkości zaburzenia bardzo trudnym do uzyskania innymi metodami.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczo-rozwojowego MNiSW Nr R 00 033 02.

K. Swiderski

NUMERICAL INVESTIGATIONS ON THE FLOW
FIELD GENERATION IN BUILDING
SURROUNDINGS. AN INFLUENCE
OF CONVECTION ON THE FLOW FIELD

Summary

In this paper the methodology of describing the flow field in a near of buildings is presented. In order to perform computational simulations a commercial software Ansys Fluent® has been used. Especially, the results of simulations of the flow field with convection and radiation taken into account (in case of fire) are presented.

К. Свицерски

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ОБТЕКАНИЯ ЗДАНИЙ. ВЛИЯНИЕ
КОНВЕКЦИИ НА ПОЛЕ ТЕЧЕНИЯ

Резюме

В статье представлен метод определения поля течения в окружении зданий с использованием коммерческого пакета Ansys Fluent. Рассмотрены были разные вычислительные случаи, которые включают в себя: ориентацию здания или зданий относительно направления ветра и скорости ветра. Представлено также результаты моделирования поля течения в окружении здания с учетом конвекции (в случае пожара).