

Krzysztof J. JESIONEK, Jan JEDRYSZEK,
Ryszard WYSZYŃSKI

Politechnika Wrocławska

OBLICZENIA AERODYNAMICZNE WENTYLATORA OSIOWEGO W SYSTEMIE OPERACYJNYM

Streszczenie. W pracy przedstawiono sposób wspomagania komputerowego procesu projektowania wentylatora osiowego. Obliczenia aerodynamiczne wykonywane są pod kontrolą systemu operacyjnego według odpowiedniego programu napisanego w języku algorytmicznym. W trakcie realizacji procesu obliczeniowego projektant ma możliwość ingerencji oraz wprowadzania na bieżąco swoich decyzji za pośrednictwem konsoli dalekopisowej. Zaproponowana metoda komputerowego wspomagania procesu projektowania charakteryzuje się szeregiem zalet zarówno w porównaniu z obliczaniem w sposób konwencjonalny jak i z obliczaniem w sposób wsadowy.

1. Wprowadzenie

Działania projektowe realizowane przez projektantów i systemy projektujące mogą być interpretowane jako rodzaj procesów, gdzie procesem nazywamy zachowanie się pewnego układu w pewnym przedziale czasu, przy czym stan układu, tj. wektor opisujący jego własności, może być różny dla różnych chwil rozpatrywanego przedziału [6]. Ponieważ zmiana stanu nazywa się zdarzeniem, proces składa się zatem z sekwencji zdarzeń lub nawet serii działań składowych. Wytworem procesu projektowania są rozwiązania projektowe spełniające określone zbiory wymagań [1].

Analiza procesu projektowania pozwala wyróżnić następujące jego cechy strukturalne:

- etapowość,
- nieciągłość,
- elementy analizy, syntezy i oceny,
- cykle iteracyjne.

Wymienione właściwości pozwalają na zautomatyzowanie (przy pomocy komputera) wszelkich operacji w oparciu o model matematyczny i model logiczny [5].

2. Wspomaganie komputerowe

Klasyczna metoda przetwarzania wsadowego czy partowego (batch processing) wiąże się z opracowaniem programu, na podstawie którego komputer realizuje proces obliczeniowy, wykluczając w zasadzie możliwości interwencji projektanta, któremu pozostaje jedynie dostarczenie danych i odbiór po określonym czasie wyników. Metoda taka traktuje najczęściej komputer jako bardzo szybki, precyzyjny kalkulator i umożliwia wykonanie określonych obliczeń w układzie jednowariantowym, pomijając inne możliwości maszyny cyfrowej takie jak, analizę większej liczby wariantów, optymalizację rozwiązań projektowych oraz przechowywanie różnego rodzaju informacji o analogicznych rozwiązaniach. Wydatne zwiększenie efektywności działania układu hardware-software-lifeware możliwe jest podczas współpracy projektanta z komputerem w trybie bezpośrednim (on-line). Metoda taka umożliwia zmniejszenie czasochłonności rozwiązania danego problemu projektowego sformułowanego w sensie ogólnym oraz przede wszystkim skrócenie czasu oczekiwania na wyniki obliczeń. Jest to o tyle ważne, gdyż, jak wynika z badań amerykańskich [6], podstawowym składnikiem całkowitego kosztu pracy w procesie projektowania jest koszt oczekiwania na wyniki obliczeń dochodzący do około 60% całości kosztów.

Przy zadaniach uruchamianych w trybie on-line użytkownik jest natychmiast informowany o zdarzeniach na każdym etapie przebiegu programu, co umożliwia podjęcie odpowiednich decyzji. Ważne to jest szczególnie przy projektowaniu z większą liczbą wariantów, gdzie określony jest zbiór rozwiązań dopuszczalnych; unika się wtedy niepotrzebnego wykonania wielu obliczeń szczegółowych.

3. System operacyjny

W małych zestawach maszynowych operator i egzekutor (program sterujący przepływem informacji przez komputer) są w stanie zorganizować pracę maszyny w wystarczająco efektywny sposób. Przy dużych zestawach, gdzie egzekutor umożliwia pracę wieloprogramową, praca operatora jest czasochłonna, co nie pozwala na pełne wykorzystanie systemu komputerowego. Umożliwia to dopiero system operacyjny.

Z punktu widzenia projektanta najbardziej atrakcyjną właściwością systemu operacyjnego jest dostarczenie dodatkowych możliwości osiągalnych w normalnych warunkach pracy. Można tu wymienić np. obliczenia realizowane w systemie wielodostępnym MOP (Multiple On-Line Programming) lub też zdalne przetwarzanie wsadowe (Remote Batch Processing). MOP daje potrzebnej liczbie abonentów możliwość jednoczesnego zdalnego wprowadzania informacji do systemu, wykonywanie programów oraz otrzymywanie wyników. Istotną własnością systemu MOP jest możliwość interwencji (break-in). Za

pomocą specjalnego sygnału użytkownik MOP-u może wstrzymać operacje aktualnie wykonywane w swoim zadaniu, przerwać je i ponownie przywrócić system do stanu gotowości. Użytkownik może także interweniować przed, podczas lub po realizacji komendy a także w trakcie przebiegu programu. Może także kontynuować swoje zadanie od punktu, w którym nastąpiła interwencja.

Właściwości te umożliwiają konwersację z komputerem za pośrednictwem odpowiedniego systemu operacyjnego jak np.:

- MINIMOP (Mini Multiple On-Line Programming) [2],
- GEORG 3 z podsystemem MOP [9, 10 i 12].

GEORG 3 jest systemem operacyjnym organizującym przetwarzanie wsadowe, zdalne przetwarzanie danych oraz wielodostępność. Przeznaczony jest on dla dużych konfiguracji maszyn cyfrowych np. ODRA 1305. W przypadku stosowania MOP-u niezbędne jest co najmniej 96 K słów pamięci operacyjnej. Jako urządzenia końcowe stosowane są monitory dalekopisowe ICL 7071/2, drukarki mozaikowe, zdalne monitory ekranowe ICL 7181/2 lub urządzenia funkcjonalnie im równoważne.

4. Projektowanie wentylatorów

Projektowanie wentylatorów ze wspomaganie komputerowym znajduje się jeszcze w stadium wyjściowym. O ile istnieje pewien skromny dorobek odnośnie wykorzystania elektronicznej techniki obliczeniowej w procesie projektowania, to dotyczy on głównie metody przetwarzania wsadowego, np. [4].

Niewielki dotychczasowy dorobek w tej dziedzinie może tłumaczyć fakt, iż obliczenia przepływowe związane z projektowaniem wentylatora należą do zagadnień dość skomplikowanych. Istniejące modele matematyczne aerodynamiki maszyn tej klasy są jeszcze dalekie od doskonałości i wszystkie znane metody projektowe opierają się w większym lub mniejszym stopniu na wynikach badań eksperymentalnych. Wiąże się to z koniecznością korzystania z całego szeregu wykresów lub tabel w procesie tworzenia nowej konstrukcji. Wszystkie te elementy znacznie komplikują i rozszerzają program komputerowy szczególnie dla przetwarzania wsadowego.

Wydaje się więc, że rozwój metod projektowych ze wspomaganie komputerowym pójdzie raczej w kierunku wykorzystania systemów operacyjnych umożliwiających realizację procesu projektowania w trybie konwersacyjnym. Ten sposób przetwarzania jest szczególnie przydatny dla zadań, które wykonywane są w małych etapach i pomiędzy którymi wymagana jest interwencja projektanta. W tym wypadku możliwe jest prowadzenie obliczeń aerodynamicznych i wytrzymałościowych w oparciu o uproszczone algorytmy. Programy komputerowe mogą być wtedy napisane przez programistę, od którego nie wymaga się najwyższych kwalifikacji.

Podstawy projektowania wentylatorów opisane są szczegółowo w pracy [11].

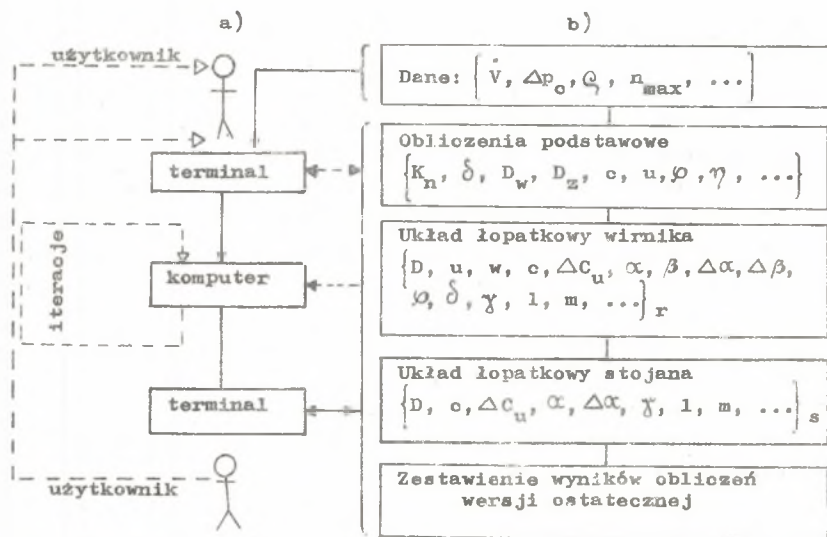
5. Obliczenia aerodynamiczne wentylatora

Obliczenia aerodynamiczne wentylatora osiowego realizującego określone zadania transportu i sprężania czynnika gazowego sprowadzają się w ogólnym przypadku do wyznaczenia geometrii układów łopatkowych wirnika i kierownicy oraz ukształtowania wlotu (konfuzora) i wylotu (dyfuzora). Charakterystyczne dla wentylatora osiowego jest to, że przeważająca większość obliczeń jest powtarzalna dla każdego przekroju obliczeniowego zawartego w przedziale domkniętym $\langle D_w, D_z \rangle$. Dokładność wyników zależy między innymi od liczby przyjętych przekrojów obliczeniowych.

W procesie projektowania znaczne fragmenty obliczeń wykonywać można różnymi sposobami. Obliczenie ułopatkowania realizującego wyznaczone wcześniej trójkąty prędkości przeprowadzić można metodami, np.:

- Weiniga,
- opartą na badaniach NACA,
- Howella.

Korzystne jest wykonanie obliczeń kilkoma metodami w celu ich konfrontacji, kontroli i ewentualnych wzajemnych uzupełnień.



Rys. 1. Obliczenia przepływowe wentylatora osiowego w trybie on-line

a - konwersacja przy pomocy np. dalekopisu, b - uproszczony schemat blokowy obliczeń. Oznaczenia: c - prędkość bezwzględna, l - długość cięciwy, m - liczba łopatek, n - prędkość obrotowa, p - ciśnienia, u - prędkość unoszenia, w - prędkość względna, D - średnica, K_n - wskaźnik szybkobieżności, V - strumień objętości, α - kąt (\bar{u}, \bar{c}) , β - kąt (\bar{u}, \bar{w}) , δ - wypełnienie wieńca, η - sprawność, γ - stosunek średnic, φ - wskaźnik prędkości, Δ - przyrost. Indeksy: c - całkowite, max - maksymalne, r - wirnik (rotor), s - stojan, u - składowa obwodowa, w - wewnętrzna, z - zewnętrzna

```

1.10 TYPE"OBLICZENIA AERODYNAMICZNE WENTYLATORA OSIOWEGO"
1.11 TYPE"                W SYSTEMIE OPERACYJNYM"
1.12 LINE
1.13 TYPE"                DANE WYJSCIOWE:"
1.15 DEMAND P AS"SPIETRZENIE CALKOWITE [N/M**2]"
1.17 DEMAND V AS"STRUMIEN OBJETOSCI      [M**3/S]"
1.21 DEMAND G AS"GESTOSC CZYNNIKA        [KG#/M**3]"
1.30 DEMAND N(1) AS"OBROTY N1="
1.31 DEMAND N(2) AS"OBROTY N2="
1.32 DEMAND N(3) AS"OBROTY N3="
1.40 DO PART 2

2.10 K=0.035*SQRT(V)/((P/G)**0.75)
2.11 W(1)=K*N(1)
2.12 W(2)=K*N(2)
2.13 W(3)=K*N(3)
2.15 DO PART 3

3.09 LINE
3.10 TYPE"WYROZNIKI SZYBKOBIEZNOSCI:"
3.11 TYPE W(1) IN FORM 1
3.12 TYPE W(2) IN FORM 1
3.13 TYPE W(3) IN FORM 1
3.16 TYPE"NA PODST. RYS.III-168[11] PRZYJETO WARTOSC WYROZNIKA KN"
3.162STOP
3.17 DEMAND S AS"                KN="
3.18 DEMAND R AS"                OBROTY N="
3.19 LINE
3.20 DO PART 7

5.10 LINE
5.12 TYPE"    PODSTAWOWE WYMIARY WENTYLATORA:"
5.14 X=Q*2**0.75/SQRT(PI)*SQRT(V)/(P/G)**0.25
5.15 TYPE X IN FORM 5
5.17 Y=X*T
5.18 TYPE Y IN FORM 6
5.20 Z=4*V/(PI*X*X*(1-T*T))
5.21 TYPE Z IN FORM 7
5.24 U=PI*Y*R/60
5.26 TYPE U IN FORM 18
5.28 F=Z/U
5.30 TYPE F IN FORM 20
5.32 DO PART 6

6.10 H=1+T
6.11 M=1/F-0.06*(2*T/H+(H+T*T)/(3*T*H)/(F*F))
6.12 M=M-0.058/2.5*(4*T/H+H/2*T/(F*F))
6.14 O=1/(F*S*T/SQRT(1-T*T))**(4/3)+1
6.16 M=M*F/O
6.17 TYPE M IN FORM 21
6.20 A=P/M/U/G
6.22 TYPE A IN FORM 22

7.10 TYPE"                UKLAD WENTYLATORA I ZALOZENIA PROJEKTOWE"
7.11 DEMAND A AS"KONFUZOR WLOTOWY?  "
7.12 DEMAND B AS"KIEROWNICA WSTEPNA?"
7.13 DEMAND C AS"KIEROWNICA KONCOWA?"
7.14 DEMAND D AS"DYFUZOR?          "
7.15 DEMAND E AS"KOLEKTOR?         "
7.16 Z=0
7.17 DO PART 8

```

Rys. 2. Program konwersacyjny w języku JEAN

OBLICZENIA AERODYNAMICZNE WENTYLATORA OSIOWEGO W SYSTEMIE OPERACYJNYM

DANE WYJSCIOWE:

SPIETRZENIE CALKOWITE [N/M**2]~1000
STRUMIEN OBJETOSCI [M**3/S]~ 10
GESTOSC CZYNNIKA [KG#/M**3]~ 1.2
OBROTY N1=-2950
OBROTY N2=-1450
OBROTY N3=- 960

WYROZNIKI SZYBKOBIEZNOSCI:

2.1051
1.0347
.6851

NA PODST. RYS.III-168[11] PRZYJETO WARTOSC WYROZNIKA KN
STOPPED AT STEP 3.162

~GO

KN=-1.035

OBROTY N=-1450

UKLAD WENTYLATORA I ZALOZENIA PROJEKTOWE

KONFUZOR WLOTOWY? -YES

KIEROWNICA WSTEPNA?-NO

KIEROWNICA KONCOWA?-YES

DYFUZOR? -YES

KOLEKTOR? -NO

WSP. STRAT KONFUZORA DZETAKF=-0.02

STOSUNEK PREDKOSCI C(K)/C(1)=-0.40

DLUGOSC WZGL. DYFUZORA L/D(1)=-1.00

NA PODST. RYS.III-146[11] PRZYJETO SPRAWNOSC DYFUZORA

STOPPED AT STEP 8.362

~GO

ETAD=-0.83

WSPOLCZYNNIK K= .233

OSZACUJ SPRAWNOSC STOPNIA ETAST=-0.76

WARTOSC DLA OSI Y= .842

NA PODST. RYS.III-177[11] STOSUNEK SREDNIC NI

STOPPED AT STEP 9.202

~GO

NI=-0.56

NA PODST. RYS.III-176[11] WARTOSC WIELKOSCI POMOCNICZEJ

STOPPED AT STEP 9.232

~GO

(DELTA/ETA**0.25)=-1.72

WSKAZNIK SREDNICY DELTA=1.606

PODSTAWOWE WYMIATY WENTYLATORA:

SREDNICA ZEWNETRZNA DZ= .897 M

SREDNICA WEWNETRZNA DW= .502 M

PREDKOSC OSIOWA C(Z)=23.061 M/S

PREDKOSC OBWODOWA U(W)= 38.13 M/S

WSKAZNIK PREDKOSCI FI(W)= .6048

SPRAWNOSC WENTYLATORA ETA= .8066

PRZYROST SKL.OBWOD. DELCU=27.096 M/S

Metoda projektowania bazująca na przetwarzaniu wsadowym, wiąże się z bardzo skomplikowanym programem, natomiast w wielodostępie program ten może być bardzo uproszczony z uwagi na dodatkowe możliwości dostarczone przez system operacyjny [10 i 12]. Zagadnienie polega tu na przekazaniu najbardziej komplikujących zadań logicznych i optymalizacyjnych użytkownikowi końcówki MOP-u [7] oraz realizacji tych problemów w trybie konwersacyjnym. Pozostałe fragmenty procesu obliczeniowego mogą być wykorzystywane np. w trybie zdalnego przetwarzania danych. Schemat realizacji procesu projektowania pod kontrolą systemu operacyjnego przedstawiono na rys. 1.

6. Program komputerowy i obliczenia

Realizację obliczeń w trybie konwersacyjnym umożliwia np. program napisany w języku Jean [8]. Przykład takiego programu przedstawiony został na rys. 2. Ze względu na ograniczoną objętość pracy zamieszczono jedynie sam początek programu. Z tych samych powodów na rys. 3 przedstawiono wynik konwersacji ograniczony jedynie do bloku "obliczenia podstawowe" (rys. 1).

Wszelkie informacje wprowadzane przez projektanta poprzedzone są poziomą strzałką skierowaną w lewo, rys. 3.

7. Podsumowanie

Przeprowadzając proces projektowania wentylatora osiowego według zaproponowanej metody uzyskuje się wysoki stopień indywidualizacji kontaktu projektanta z komputerem. W rezultacie czas, jaki upływa od momentu sformułowania problemu obliczeniowego przez projektanta do momentu uzyskania przez niego wyników, skraca się wielokrotnie w porównaniu z przetwarzaniem wsadowym.

Do zaprogramowania problemu wykorzystać można w systemie MINIMOP takie języki algorytmiczne jak FORTRAN i JEAN. Przy pracy pod kontrolą systemu GEORG 3 możliwości są większe, gdyż oprócz wymienionych w grę wchodzi jeszcze BASIC i konwersacyjna realizacja języka FORTRAN o nazwie FORCON.

Reasumując, najważniejsze zalety przedstawionego w pracy sposobu wykonywania obliczeń są następujące:

- znaczna oszczędność czasu na oprogramowaniu problemu obliczeniowego i uruchomieniu programu,
- możliwość ingerencji projektanta na każdym etapie obliczeń,
- krótszy okres oczekiwania na wyniki,
- możliwość wykonywania podczas pauz tzw. zadań drugoplanowych.

Na zakończenie należy też podkreślić, że koszt czasu pracy terminalu w systemie operacyjnym jest wielokrotnie niższy aniżeli koszt maszyny przy przetwarzaniu wsadowym.

LITERATURA

- [1] Barański W., Kołodziej R.: Pojęcie zadania projektowego w technice. Politechnika Wrocławska, Prace Naukowe Instytutu Cybernetyki Technicznej nr 15, Seria: Studia i Materiały nr 13, "Metodologia i algorytmizacja projektowania", Wrocław 1975, ss. 3-19.
- [2] Battek J., Rudakowa B., Rudak B.: System MINIMOP. Politechnika Wrocławska, Seria: Biblioteka WASC, Wrocław 1975.
- [3] Bieniek G., Kołodziej W., Ostrowski J., Sobczyński W.: Wentylatory osiowe, WNT, Warszawa 1969.
- [4] Błońska I., Błoński J., Jesionek K., Sandecki A., Wyszynski R., Zabydyk J.: Obliczenia aerodynamiczne wentylatora osiowego z zastosowaniem elektronicznej maszyny cyfrowej. Politechnika Wrocławska, Prace Naukowe Instytutu Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów nr 7, Seria: Studia i Materiały nr 6, "Obliczenia i badania wentylatorów", Wrocław 1975, ss. 3-25.
- [5] Dietrych J.: Kryteria wspomaganie komputerowe w działaniach technicznych. SIMP Poznań, III Krajowy przegląd zastosowania techniki komputerowej w przemyśle maszynowym, Materiały Konferencyjne, Tom II, Część 1, Poznań, październik 1976, ss. 6-17.
- [6] Jeleniewski T., Sielicki A.: Metodologia i komputerowe wspomaganie projektowania technicznego. Politechnika Wrocławska, Seria: Biblioteka WASC, Wrocław 1975.
- [7] Jesionek K., Wyszynski R.: Obliczenia aerodynamiczne wentylatora promieniowego w systemie MINIMOP. Politechnika Wrocławska, Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów, Komunikat nr I-20/K-377/77, Wrocław 1977. Referat wygłoszony na Konferencji SYMKOM '77 zorganizowanej przez Instytut Maszyn Przepływowych Politechniki Łódzkiej, Tuszyn k. Łodzi, listopad 1977.
- [8] Orlicz K.: Język konwersacyjny Jean z elementami programowania w Fortranie. Politechnika Wrocławska, Seria: Biblioteka WASC, Wrocław 1977.
- [9] Surma T.: Przygotowanie opisu zadań systemu George 3. Politechnika Wrocławska, Seria: Biblioteka WASC, Wrocław 1977.
- [10] System operacyjny George-3. Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Komputerowych Systemów Automatyki i Pomiarów MERA-ELWRO, Oprogramowanie maszyn cyfrowych Odra serii 1300, Publikacja nr 1300203/1, Tom 1, Wrocław, maj 1977, Wyd. II.
- [11] Tuliszka E.: Sprężarki, dmuchawy i wentylatory. WNT, Warszawa 1976, Wyd. II.
- [12] Wprowadzenie do systemu George-3. Wrocławskie Zakłady Elektroniczne ELWRO, Oprogramowanie maszyn cyfrowych Odra serii 1300. Publikacja nr 1300201, Wrocław, grudzień 1973, Wyd. II.

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ОСЕВОГО ВЕНТИЛЯТОРА В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Р е з ю м е

В работе представлен способ поддержки при помощи компьютера процесса проектирования осевого вентилятора. Аэродинамический расчёт выполнен под контролем операционной системы по соответствующей программе, написанной на алгоритмическом языке. При осуществлении расчётного процесса проектант имеет возможность вмешиваться и вводить своевременно свои решения при помощи телеграфной консоли. Предлагаемый метод поддержки при помощи компьютера процесса проектирования отличается рядом преимуществ как по сравнению с расчётом обычным образом, так и с расчётом при помощи шихты.

AERODYNAMICAL CALCULATION OF AN AXIAL-FLOW FAN BY AN OPERATING SYSTEM

S u m m a r y

A method of calculation of the geometrical dimensions of the axial-flow fan by an operating system is presented.

During calculations, which are realized by an adequate computer program, the possibility of designer intervention by teletypewriter is provided for.

The method of calculation proposed makes possible fan design which optimally takes into account the transport and compression of gases.