

Tomasz Pałczyński<sup>1)</sup>

## SYMULACJE JEDNOWYMIAROWYCH PRZEPŁYWÓW PULSACYJNYCH W PRZEWODACH W OPARCIU O METODĘ CHARAKTERYSTYK

**Streszczenie.** W pracy omówiono podstawowe informacje związane z koncepcją wykorzystania metody charakterystyk w modelowaniu przepływów w przewodach zasilanych pulsacyjnie. W dalszej części pracy zaprezentowano technologię opracowania modelu symulacyjnego. W końcowej części pracy przedstawiono przykładowe wyniki badań numerycznych, odniesione do badań eksperymentalnych, uzyskując potwierdzenie słuszności przyjętej koncepcji. Opisano główne zalety zaproponowanej koncepcji badań symulacyjnych a także kierunki dalszych badań.

**Słowa kluczowe:** jednowymiarowe modelowanie zjawisk pulsacyjnych w przewodach, symulacje, Matlab Simulink, metoda charakterystyk.

### WSTĘP

Maszyny objętościowe pracujące w sposób cykliczny są często źródłem wymuszeń pulsacyjnych, których reprezentantem jest silnik spalinowy o ZI czy ZS. Częstość pulsacji a także wymiary geometryczne przewodów, zasilanych w taki sposób, silnie determinują pracę takich układów (dolotowych i wylotowych). Występujące podczas pracy zjawiska rezonansowe mogą, o ile są kontrolowane, w znaczący sposób poprawić efektywność pracy układów zasilanych pulsacyjnie (dynamiczne doładowanie, pulsacyjnie zasilanie turbozespołów). W zależności od przyjętych uproszczeń, opracowywane modele symulacyjne można podzielić trzy zasadnicze podgrupy:

- 1) Zerowymiarowe. Podstawowe równania: zasada zachowania masy, zasada zachowania energii; właściwości modeli: modele przydatne dla krótkich przewodów, nieuwzględniające zjawisk dynamicznych, obliczenia quasi stacjonarne.
- 2) Jednowymiarowe. Podstawowe równania: zasada zachowania masy, pędu i momentu, energii; właściwości modeli: modele przydatne do obliczeń przewodów dolotowych i wylotowych o zmiennym przekroju, czasowy i jednowymiarowy opis procesów.
- 3) Wielowymiarowe. Podstawowe równania: zasada zachowania pędu i momentu, masy i energii; Właściwości modeli: umożliwiają dwu i trójwymiarowe określenie przepływu z uwzględnieniem turbulencji, czasochłonne i kosztowne.

---

<sup>1)</sup> Zakład Metrologii Przepływów, Instytut Maszyn Przepływowych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Łódzka, e-mail: tomasz.palczynski@p.lodz.pl

Jak z przedstawionego podziału wynika, metody jednowymiarowe posiadają dwa zasadnicze ograniczenia w stosunku do wielowymiarowych: liczba wymiarów, możliwość uwzględnienia turbulencji. Do podstawowych zalet metod jednowymiarowych należy zaliczyć: prostotę modeli, szybkość obliczeń, w wielu przypadkach wystarczająca „jednowymiarowa” rozdzielczość uzyskanych wyników.

## PODSTAWY TEORETYCZNE METODY CHARAKTERYSTYK

Poniżej przedstawiono podstawowe zależności służące do opisu matematycznego zjawisk przepływowych w oparciu o trzy główne zasady mechaniki:

Zasada zachowania masy

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \text{div}(\rho u) = 0 \quad (1)$$

Zasada zachowania pędu i momentu:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \rho F + \text{div} S \quad (2)$$

Zasada zachowania energii:

$$\rho \frac{d}{dt} \left( T c_v + \frac{u^2}{2} \right) = \rho F u + \rho q + \text{div}(\Gamma \text{grad} T) + \text{div}(S u) \quad (3)$$

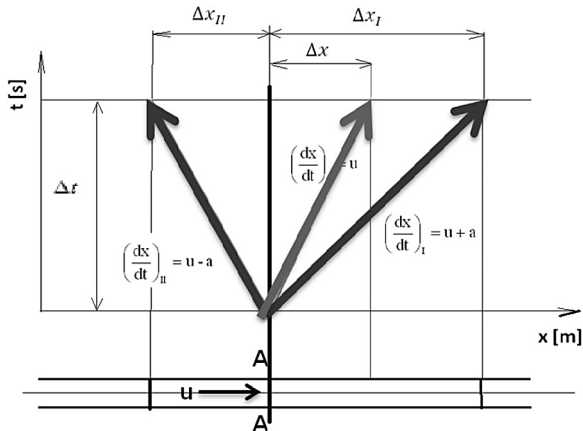
gdzie:  $t$  – czas,  $\rho$  – gęstość płynu,  $T$  – temperatura,  $S$  – tensor naprężeń,  $\Gamma$  – przewodność cieplna,  $u(u_x, u_y, u_z)$  – prędkość płynu,  $F(F_x, F_y, F_z)$  – siła masowa dla jednostki masy,  $c_v$  – ciepło właściwe przy stałej objętości,  $q$  – wydajność jednostkowa wewnętrznego źródła ciepła.

Początkowo, metody jednowymiarowe stosowały przeważnie uproszczenia, które silnie ograniczały zakres ich zastosowań. Wśród nich należy przede wszystkim wymienić: pomijanie tarcia i wymiany ciepła a także stałość przekroju analizowanego przewodu.

Obecnie są rozwijane metody jednowymiarowe opierają się na rozwinięciach propozycji Seiferta (metoda PROMO, THEMOS) [2, 3, 4].

Wyprowadzone na ich podstawie równania stanowią układ niejednorodnych quasi-liniowych równań różniczkowych, pozwalających na badanie przebiegu zjawisk falowych w układzie dolotowym z uwzględnieniem wymiany ciepła z otoczeniem, tarcia gazu o ścianki kanału oraz zmiany pola powierzchni przekroju przewodu. Do ich rozwiązania jest wykorzystywana metoda różnic skończonych. Uzyskane wyniki są bardzo zbliżone do wyników badań stanowiskowych i umożliwiają dobór układu dolotowego (np. dla potrzeb doładowania dynamicznego). Metoda ta jest szczególnie szeroko stosowana w przypadku obliczeń układów dolotowych z indywidualnymi rurami dolotowymi.

Drugim, silnie rozwijanym nurtem w obszarze obliczeń jednowymiarowych przepływów pulsacyjnych jest zastosowanie zmodyfikowanych metod opartych na metodzie charakterystyk.



Rys. 1. Ogólna koncepcja charakterystyk w płaszczyźnie fizycznej [8]

Przedstawione powyżej równania zachowania można sprowadzić do cząstkowego nieliniowego równania typu hiperbolicznego zawierającego dwie zmienne  $x$  i  $t$ . Z teorii równań różniczkowych wiadomo, że istnieją krzywe charakterystyczne rozwiązania, określone równaniami charakterystycznymi spełniającymi to równanie. Charakterystyki w płaszczyźnie  $x-t$  są to linie rozchodzenia się słabych zaburzeń względem nieruchomego układu współrzędnych. Dla zwrotu zgodnego z kierunkiem osi  $x$  prędkość przyjmuje wartości dodatnie. Rysunek 1 przedstawia przebieg rozchodzenia się słabego zaburzenia (tzw. akustycznego) zainicjowanego w przekroju A-A poruszającym się z prędkością  $u < a$  w przewodzie wypełnionym gazem. Po czasie  $\Delta t$  zaburzenie przemieszcza się o  $\Delta x_I$  zgodnie z kierunkiem osi  $x$  z prędkością (fala rozrzedzeniowa):

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_I = u + a \tag{4}$$

i o  $\Delta x_I$  przeciwnie do kierunku osi  $x$  z prędkością (fala zagęszczeniowa)

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_{II} = u - a \tag{5}$$

Element gazu znajdujący się w chwili początkowej w przekroju A-A przesunie się po czasie  $\Delta t$  o odcinek  $\Delta x$ , ponieważ porusza się z prędkością:

$$\left(\frac{dx}{dt}\right) = u \tag{6}$$

Przedstawione równanie jest często nazywane równaniem linii ruchu elementu gazu.

Podobne rozumowanie można przedstawić w płaszczyźnie stanu a-u. Otrzymujemy wtedy następujące dwa równania tzw. niezmienniki Riemana:

$$\alpha = a - \frac{\kappa - 1}{2} u \quad \beta = a + \frac{\kappa - 1}{2} u \quad (7)$$

lub definiując stosunek prędkości dźwięku do prędkości dźwięku w spoczynku (indeks 0):

$$\left( \frac{a}{a_0} \right)_{II,I} = 1 \pm \frac{\kappa - 1}{2} \frac{u}{a_0} \quad (8)$$

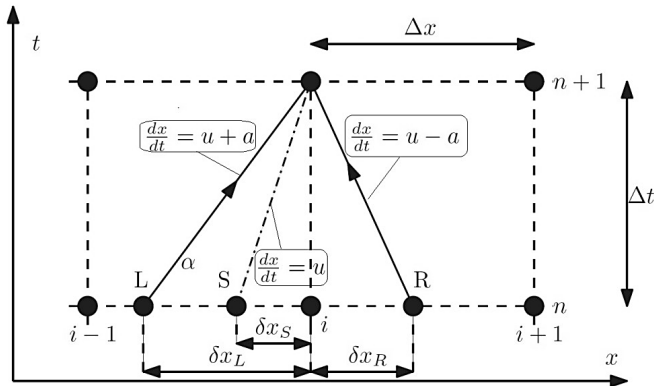
Przyjmując wartość ciśnienia, gęstości i temperatury w spoczynku tj.  $p_0, \rho_0, T_0$  można określić wartości chwilowe ciśnienia, gęstości i temperatury odpowiadające fali rozrzedzeniowej i zagęszczeniowej:

$$\frac{p}{p_0} = \left( \frac{a}{a_0} \right)^{\frac{2\kappa}{\kappa-1}} \quad \frac{\rho}{\rho_0} = \left( \frac{a}{a_0} \right)^{\frac{2}{\kappa-1}} \quad \frac{T}{T_0} = \left( \frac{a}{a_0} \right)^2 \quad (9)$$

## MODEL SYMULACYJNY

### Koncepcja rozwiązania numerycznego

Model symulacyjny opracowano w oparciu o powyżej przedstawioną koncepcję rozwiązania numerycznego (rys. 2).



Rys. 2. Koncepcja rozwiązania numerycznego dla charakterystyk w płaszczyźnie x-t [9]

W poniższym wyprowadzeniu użyto bezwymiarowej notacji wprowadzonej w pracach Benson'a [6], jak poniżej:

$$A = \frac{a}{a_{ref}} ; U = \frac{u}{a_{ref}} \quad (10)$$

gdzie:  $a_{ref}$  – oznacza prędkość referencyjną, zwykle przyjmowaną jako prędkość dźwięku w danym przekroju dla cząstek będących w spoczynku.

W pierwszym przybliżeniu, zwykle pomija się wpływ wymiany ciepła a także tarcia na ściankach a przepływ jest traktowany jako izentropowy. W związku z tym, niezmienniki Riemana można zdefiniować jak poniżej:

$$\begin{aligned} \beta &= A_i^{n+1} - \frac{\kappa-1}{2} * U_i^{n+1} = A_R^n - \frac{\kappa-1}{2} U_R^n \\ \beta &= A_i^{n+1} - \frac{\kappa-1}{2} * U_i^{n+1} = A_L^n + \frac{\kappa-1}{2} U_L^n \end{aligned} \quad (11)$$

Dla przepływu izentropowego można także określić następujące współzależności dla węzłów S i ( $i, n+1$ ):

$$\frac{p_S^n}{(\rho_S^n)^\kappa} = \frac{p_i^{n+1}}{(\rho_i^{n+1})^\kappa} \quad (12)$$

Przyjmując  $\delta x_L, \delta x_R, \delta x_S$  zgodnie z rysunkiem 2 można określić stan termodynamiczny węzłów L,R i S jako liniową interpolację. Ostatecznie można określić  $\rho_i^{n+1}, u_i^{n+1}$ , i  $p_i^{n+1}$ . Przy definiowaniu każdego zadania numerycznego kluczowe znaczenia odgrywają warunki brzegowe i początkowe, zostały one szczegółowo omówione w pracy [9]. Dla tak przyjętej koncepcji numerycznej modelowanego zjawiska istnieje możliwość łatwej rozbudowy o bloki związane z przewodzeniem ciepła i tarciami na ściankach.

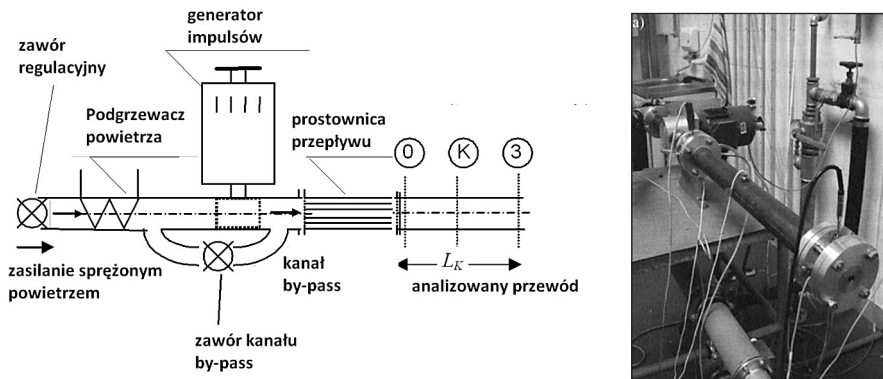
## Referencyjne stanowisko pomiarowe

Stanowisko pomiarowe, jest wynikiem kilku projektów badawczo rozwojowych prowadzonych w Zakładzie Metrologii Instytutu Maszyn Przepływowych PŁ szczegółowo opisanych w pracach Olczyka [7] i innych pracowników Instytutu. Na prezentowanym stanowisku przeprowadzono analizę niestacjonarnych zjawisk przepływowych w przewodach zasilanych pulsacyjnie. Badania przeprowadzono dla przewodów o dwóch długościach ( $L_K = 544$  m i  $L_D = 2 \times 0,544$  m) stanowiących długości rezonansowe tych przewodów. Ponadto, przewody badano w trzech wariantach ich zakończenia: całkowicie otwarty, ze zbiornikiem, z dyszą i z turbozespołem. Stanowisko przedstawiono na rysunku 3, składa się ono z następujących elementów:

zawór regulacyjny, kanał „by-pass” wraz zaworem, podgrzewacz powietrza, prostownica przepływu, badany przewód.

Do podstawowych parametrów wybranego przepływu jako referencyjnego do badań symulacyjnych można zaliczyć:

- zakres badanych częstości pulsacji  $f = (0 \div 200)$  [Hz];
- średnica analizowanego przekroju  $D_p = 4210^{-3}$  [m];
- długość przewodu  $L_p = 0,544$  [m] Średnica dyszy  $D_n = 10 \cdot 10^{-3}$  [m]. Dysza jest zamontowana na końcu przewodu tuż za przekrojem kontrolnym “3”;
- założona średnia temperatura przepływu  $T = 313,15$  [K];
- średnia prędkość przepływu  $u \approx 20$  [m/s];
- średnie ciśnienie  $p = 115000$  [Pa]



Rys. 3. Schemat ideowy stanowiska pomiarowego (po lewej) i jego widok (po prawej) [7]:  
0, K, 3 – przekroje kontrolne

Pomiary wartości średnich i chwilowych ciśnienia, temperatury i strumienia masy przeprowadzono w przekrojach 0 i 3 a w przekroju K, umieszczonym w połowie długości przewodu, dodatkowo wykonywano pomiary wartości chwilowych ciśnienia. Układ pomiarowy składał się z następujących elementów:

- piezorezystancyjny czujnik ciśnienia: Endevco 8510C-15 i 8510C-50,
- czujniki pomiaru temperatury CCT i strumienia masy CTA.

Wyniki badań eksperymentalnych poddano obróbce FFT a ich szczegółowa analiza została przedstawiona w pracach Olczyka [7].

### Budowa modelu symulacyjnego

Na podstawie zaprezentowanej koncepcji modelu numerycznego opracowano model symulacyjny przewodu zasilanego pulsacyjnie na stanowisku badawczym IMP PŁ.

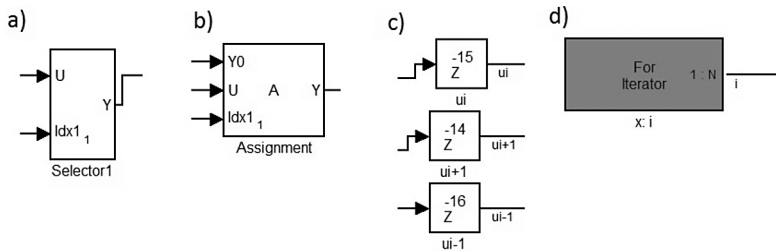
Algorytm opracowano w środowisku Matlab Simulink, zgodnie z przyjętymi poniżej założeniami:

1. W modelu nie uwzględniono przewodzenia ciepła i zjawiska tarcia na ściankach przewodu. Jednakże, w modelu umieszczono człony związane z powyższymi zjawiskami z wartościami niwelującymi wpływ tych bloków na wyniki badań symulacyjnych.
2. W modelu prowadzona jest iteracja dla dwóch zmiennych tj. czasu i długości przewodu. Uwzględniając warunek Courant'a Lewy'ego przyjęto dla całego zakresu analizowanych częstości pulsacji następujące ilości iteracji: dla czasu 200 i dla długości przewodu 15. Warunek ten wynika w kąta nachylenia charakterystyki fali zagęszczeniowej w stosunku do osi OX. Dla dwustu iteracji możliwe jest obserwowanie przebiegu zmienności analizowanych wielkości, co najmniej dla pełnego okresy tych zmian. Wraz ze wzrostem częstości pulsacji zwiększa się liczba obserwowanych punktów wyników symulacji w dziedzinie czasu.
3. Iteracje prowadzone są zgodnie z przyjętą koncepcją rozwiązania numerycznego, tzn. dla stałej wartości poziomu czasu wyznaczone są wartości analizowanych parametrów w kolejnych węzłach od pierwszego ( $L=0$ ) do piętnastego ( $L=15$ ). Po osiągnięciu ostatniego węzła z danego poziomu czasu następuje przejście do kolejnego poziomu czasu i proces powtarza się.
4. Model symulacyjny umożliwia wprowadzenie jako warunków początkowych wyników badań eksperymentalnych. Wyniki te wprowadzono dla: osi czasu (warunki początkowe dla przekroju kontrolnego w całej dziedzinie czasu); osi przemieszczenia (warunki początkowe dla całej długości przewodu dla chwili  $t=0$ , wprowadzono parametry gazu w spoczynku). W celu dodatkowego przyspieszenia procesu symulacji, wprowadzono dane eksperymentalnie po FFT;
5. Warunki brzegowe dla  $x=L$  i całej dziedziny czasu, związane z wprowadzeniem na końcu przewodu dyszy. Wynikają one z zasady zachowania masy, energii i linii prądu w dyszy, z uwzględnienia tzw. współczynnika zmiany przekroju, będącego ilorazem pola przekroju dyszy do pola przekroju przewodu;
6. Model symulacyjny umożliwia łatwe porównanie wyników badań symulacyjnych z danymi eksperymentalnymi, czyli dla przekrojów kontrolnych 0,K,3 (patrz 3).

### Wybrane operacje programowe zastosowane przy budowie modelu:

1. Budowa modelu iteracyjnego w Simulinku, czyli przy użyciu programowania obiektowego. Takie podejście umożliwia użytkownikom Simulinka budowę modeli iteracyjnych.
2. Budowa modelu z podwójną iteracją wymaga wstawienia pierwszego bloku iteracyjnego, w tym przypadku „for” (rysunek 4c), a następnie wstawienia drugiego takiego samego bloku wewnątrz pierwszego. Czas jest odliczany do dwustu iteracji jako blok zewnętrzny, natomiast położenie „x” jest odliczane do 15 jako podblok „subsystem”. Parametry okna dialogowego pętli „for” dla zmiennej  $x$  przedstawiono na rysunku 5d.

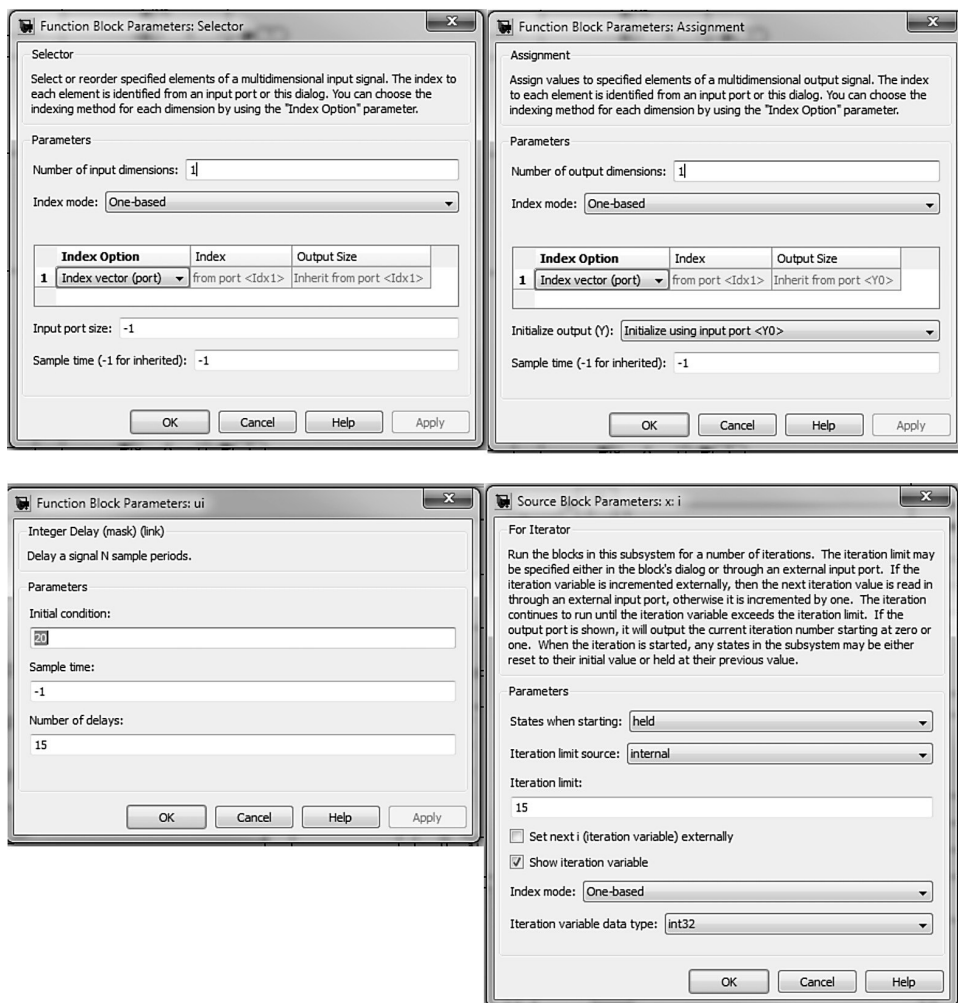
3. Wymagane dane wejściowe, w tym przypadku warunki początkowe wprowadzono w postaci macierzy do przestrzeni roboczej, tzw. „workspace” a następnie wprowadzono do modelu przy użyciu bloku „from workspace”. Dane wejściowe były wprowadzone w postaci kombinacji liniowej funkcji sinus i cosinus zgodnie z zasadami FFT. Ważne jest aby komplet wczytanych macierzy do przestrzeni roboczej zapisać w postaci jednego pliku z rozszerzeniem „mat”. W ten sposób przy kolejnym uruchomieniu nie ma konieczności wczytywania poszczególnych macierzy a jedynie jednego pliku. Pliki modelu symulacyjnego o rozszerzeniu „mdl” i zapisanych macierzy przestrzeni roboczej powinny umieszczać się w tym samym folderze.
4. Sposób rozwiązywania modelu należy ustawić na wersję dyskretną, gdyż model będzie wyznaczał wartości w taki właśnie sposób.



**Rys. 4.** Widok wybranych bloków użytych w budowie modelu symulacyjnego  
 Blok selekcji, b – blok przypisania, c – blok opóźnienia, d – blok iteracji pętli „for”

5. Zastosowano dwa bloki selektor („selector” – rysunek 4a) i przypisania („assignment” – rysunek 4b) w celu wybrania a następnie przyporządkowania kolejnym numerom iteracji kolejnych wyników. Ze względu na „zagnieżdżenie” jednej pętli „for” w drugiej przy zwykłym wyeksportowaniu wyników pomiaru do macierzy wyniki z drugiego wiersza otrzymują numerację rozpoczynającą się od numeru ostatniego wyrazu w wierszu poprzednim. Blok selektor odpowiedzialny jest za „wyłowienie” z potoku wyników tych związanych z danym krokiem iteracyjnym (czasowym lub pozycji). Blok przypisania odpowiedzialny jest przypisanie wcześniej wyselekcjonowanych w funkcji danego kroku iteracji wyników kolejnym wartościom iteracji. Dzięki tej operacji możliwa jest budowa macierzy o wymiarach 15 x 200, która zawiera wartość analizowanego parametru przepływu w dziedzinie x-t, otrzymujemy mapę trójwymiarową, np. rysunek 6. Parametry okna dialogowego dla bloku selektor przedstawia rysunek 5a a dla bloku przypisania przedstawia rysunek 5b.
6. Podczas wyznaczania wartości danego parametru na poziomie n+1 potrzebujemy znać wartość tego parametru na poziomie n, co sprowadza się do odczytu wartości sprzed piętnastu kroków iteracji. W tym celu zastosowano blok opóźnienia („delay”, rysunek 4c). Parametry okna dialogowego dla przykładowego bloku opóźnienia przedstawia rysunek 5c.

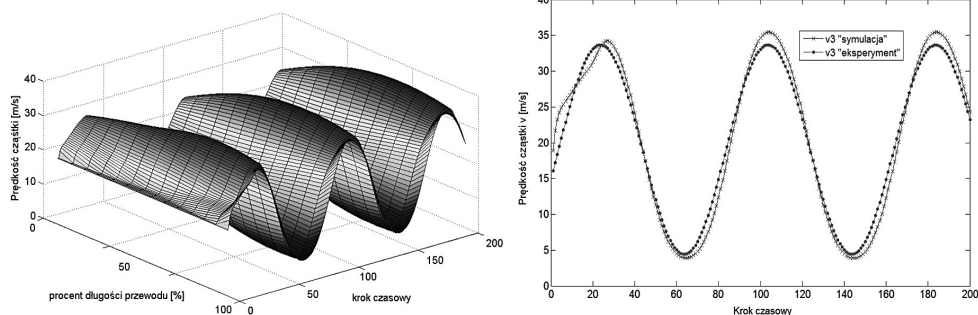




Rys. 5. Parametry okna dialogowego wybranych bloków

## Przykładowe wyniki badań symulacyjnych

Dzięki zastosowaniu bloków selekcji i przypisania, możliwe jest łatwe generowanie trójwymiarowych wykresów analizowanych parametrów przepływu w dziedzinie płaszczyzny x-t. Przykładowo, na rysunku 6 po lewej stronie przedstawiono przebieg zmienności prędkości cząstki w dziedzinie płaszczyzny fizycznej x-t dla częstości pulsacji 200 Hz. Dla przekroju „3” na rysunku 6 (po stronie prawej) przedstawiono porównanie wyników badań symulacyjnych z eksperymentalnymi. Uzyskano dużą zgodność, potwierdzającą zasadność przejętej koncepcji budowy modelu symulacyjnego.



**Rys. 6.** Przykładowy przebieg zmienności prędkości cząstki w dziedzinie  $x$ - $t$  (po lewej) i porównanie prędkości cząstki w przekroju „3” symulacji z eksperymentem (po prawej)

## PODSUMOWANIE

Do głównych zalet zaproponowanego modelu symulacyjnego można zaliczyć:

- Możliwość określenia wybranych parametrów przepływu w dziedzinie płaszczyzny fizycznej ( $x$ - $t$ ).
- Szybki i łatwo modyfikowalny model symulacyjny. Czas przeliczenia modelu dla jednej zadanej częstości pulsacji nie przekracza 30 sekund. Istnieje możliwość przeprowadzenia obliczeń dla kilku zadanych częstości pulsacji w trybie automatycznym. Modyfikacja warunków brzegowych odbywa się przez zmianę parametrów w łatwy sposób.
- Możliwość wprowadzenia warunków początkowych, parametrów analizowanego przewodu (zmiana długości i średnicy) spoza obszaru objętego badaniami eksperymentalnymi.

Kierunki dalszych prac:

- Uzupełnienie modelu symulacyjnego o bloki związane z przewodzeniem ciepła a także tarcie na ścianie przewodu.
- Rozbudowa modelu symulacyjnego o pozostałe warianty zakończenia przewodu (zbiornik, turbozespół) referencyjnego stanowiska badawczego, ze względu na posiadaną bazę danych eksperymentalnych.
- Przeprowadzenie badań symulacyjnych określających wpływ przyjmowanych warunków brzegowych, początkowych a także parametrów analizowanego przewodu na przebieg kluczowych parametrów przepływu w przekrojach „0” i „3” – identyfikacja zjawisk rezonansowych i ekstrapolacja analizowanych zjawisk poza obszar objęty eksperymentem.
- Integracja modelu eksperymentalnego z układem pomiarowym. Zastosowanie technologii HIL (Hardware in the Loop) może posłużyć jako narzędzie do optymalnego sterowania badanymi procesami ze względu na przyjęte kryteria.

- Uzupełnienie modelu o przyjazny interface użytkownika, umożliwia łatwiejszą aplikację stanowiska badawczego w proces dydaktyczny.

## LITERATURA

1. Rawski F, Szpica D. Symulacyjne metody badań układów dolotowych tłokowych silników spalinowych. Przegląd Mechaniczny Zeszyt 2/2005. Warszawa 2005.
2. Seifert H.: Ehfahrungen mit einen mathematischen Modell zur Simulation von Arbeitsverfahren in Verbrennungsmotoren. nr 7, 8 (T. I), nr 12 (T. II). MTZ, 1978.
3. Berndt R., Grigoriadis P., Nickel J., Abdelhamid S., Hagelstein D.: Erweiterte Darstellung und Extrapolation von Turbolader – Kennfeldern als Randbedingung der Motorprozesssimulation. ATL. Stuttgart 2003.
4. Engl G.: The modeling and numerical simulation of gas flow networks. Nimerische Matematik. Springer Verlag. 1996.
5. Brejaud P, Higelin P, Charlet A, Chamailard Y, Development and experimental validation of new one-dimensional valve boundary condition based on method of characteristics, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering August 4, 2011.
6. Benson S.R. The thermodynamics and Gas Dynamics of Internal Combustion Engine, Vol 1, volume 1, Clarendon Press. Oxford 1982.
7. Olczyk A. Analiza niestacjonarnych zjawisk przepływowych w przewodach zasilanych pulsacyjnie – Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Nr 1003, seria Rozprawy Naukowe, zeszyt 360, Łódź 2009.
8. Pałczyński T. Budowa jednowymiarowych modeli symulacyjnych zjawisk przepływowych w przewodach zasilanych pulsacyjnie, raport końcowy z grantu wewnętrznego finansowanego przez Dziekana Wydziału Mechanicznego PŁ w 2011 roku. Łódź 2011.

## SIMULATIONS OF 1-D PULSATING FLOW AT PIPES ACCORDING TO THE METHOD OF CHARACTERISTICS

### Abstract

At this paper there were presented basic information connected with concept of usage of Method of Characteristics at pipes with pulsating flow supplied modeling. At the next section of paper there were shown technology of simulation model building. Simulation results compared with experiment complained the wisdom of proposed conception. There were also presented the main advantages of described model and the next steps of research.

**Keywords:** one-dimensional pulsating phenomena in pipes modeling, simulations, Matlab Simulink, method of characteristics.