

ROBERT SIKORA, EMIL SASIMOWSKI

Politechnika Lubelska

Katedra Procesów Polimerowych

ul. Nadbystrzycka 36, 20-950 Lublin

## Przepływ poprzeczny tworzywa w ślimakowym układzie uplastyczniającym<sup>\*)</sup>

### POLYMER CROSS FLOW IN THE SCREW-BASED PLASTICATING SYSTEM

**Summary** — In reference to the comparison of polymer flow velocity along the helical channel in the screw-based plasticating system in dependence on kinematical model used, which was presented in previous publications [1] and [2], further comparative studies on these models for cross flow were executed. Studies were carried out in rectangular and helical coordinate systems for both previously compared models that is for the model with rotating barrel and the model with rotating screw (Fig. 1—4). It has been stated that polymer cross flow velocity and its distribution are different in both models and both coordinate systems (Fig. 5—10). Drag cross flow velocity (the barrel rotates) is higher than redrag polymer flow velocity (the screw rotates) which is caused by different barrel and screw peripheral speeds. In rectangular and helical coordinate systems the highest values of drag (redrag) flow velocities are the same for helical channels of different depths. The distributions of both drag and redrag flow velocities computed in rectangular coordinate system are different than computed in helical coordinate system. The distribution of pressure cross flow velocity computed in rectangular system is different than in helical coordinate system.

**Key words:** plasticating systems, polymer flows, kinematical model with rotating barrel, kinematical model with rotating screw, rectangular and helical coordinate systems.

W poprzednich publikacjach [1, 2] przedstawiliśmy przegląd piśmiennictwa oraz wyniki badań porównawczych dotyczących przepływu tworzywa wzdłuż kanału śrubowego (przepływu wzdłużnego) w ślimakowym układzie uplastyczniającym w zależności od rozwiązania kinematycznego układu. Pierwsza z tych publikacji obejmowała analizę porównawczą z zastosowaniem układu współrzędnych prostokątnych, podczas gdy w drugiej wykorzystaliśmy układ współrzędnych wg [3, 4]. Obecna praca ma natomiast na celu analizę przepływu tworzywa w poprzek kanału śrubowego (tj. przepływu poprzecznego) w obu porównywanych poprzednio modelach, czyli w modelu z obracającym się cylindrem i w modelu z obracającym się ślimakiem, w stosowanych poprzednio układach współrzędnych.

Sposób podejścia do problemu oraz wyznaczenie prędkości przepływu poprzecznego tworzywa w wy-

branych miejscach w kanale śrubowym na podstawie równania Naviera — Stokesa z wykorzystaniem układu współrzędnych prostokątnych jest znany i podawany w wielu publikacjach, np. [5—7]. W zdecydowanej większości przypadków przedstawionych w literaturze prędkość przepływu poprzecznego dotyczy modelu z obracającym się cylindrem, dlatego w celach porównawczych przeprowadziliśmy badania zarówno tego modelu, jak i modelu z obracającym się ślimakiem.

### WARUNKI BADAŃ

Warunki badań były takie same, jak przedstawione w obydwu poprzednich opracowaniach [1, 2]. W prostokątnym oraz w śrubowym układzie współrzędnych przyjęto dwa modele kinematyczne ślimakowego układu uplastyczniającego, w których ruch obrotowy jednostajny wykonuje cylinder, a ślimak pozostaje nieruchomy, bądź ruch taki wykonuje ślimak, natomiast nieruchomy jest cylinder.

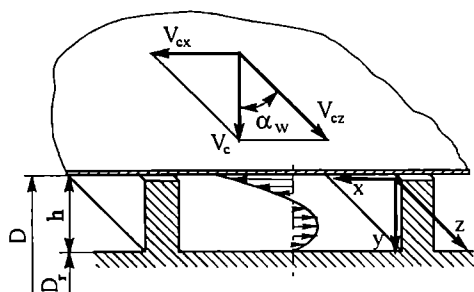
<sup>\*)</sup> Treść artykułu stanowiła temat wykładu wygłoszonego w ramach V Profesorskich Warsztatów Naukowych "Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych", Toruń, 6—9 czerwca 2000 r.

Ślimak ma kanał śrubowy ciągły, wypełniony w całości plastycznym lub ciekłym tworzywem — płynem niutonowskim. Przepływ w kanale śrubowym ma charakter izotermiczny, ustalony i laminarny. Na przepływie nie oddziałują powierzchnie boczne (czynna i bierna) kanału śrubowego, czyli przepływ odbywa się w stosownej odległości od tych powierzchni.

#### UKŁAD WSPÓRZĘDNYCH PROSTOKĄTNYCH

##### Model z obracającym się cylindrem

Rysunek 1 przedstawia przekrój poprzeczny rozwiniętego na płaszczyznę kanału śrubowego ślimakowego układu uplastyczniającego z obracającym się cylindrem;



Rys. 1. Przekrój poprzeczny rozwiniętego na płaszczyznę kanału śrubowego ślimakowego układu uplastyczniającego z obracającym się cylindrem; objaśnienia w tekście  
Fig. 1. Cross section of the helical channel, developed on the plane, of a screw based plasticating system when the barrel executes a rotary motion; explanations in the text

na rysunku naniesiono potrzebne wielkości kinematyczne i geometryczne. Prędkość obwodowa  $V_c$  cylindra o średnicy wewnętrznej  $D$ , związana z prędkością obrotową cylindra  $v$ , rozkłada się na dwie składowe prędkości: składową  $V_{cx}$  prostopadłą do linii śrubowej kanału oraz składową  $V_{cz}$  styczną do linii śrubowej kanału. Wektory  $V_c$  oraz  $V_{cz}$  tworzą pomiędzy sobą kąt  $\alpha_w$ , zwany umownym kątem pochylenia linii śrubowej kanału przy powierzchni wewnętrznej cylindra. Można więc zapisać, że:

$$\frac{d^2 v_x}{dy^2} = \frac{1}{\eta} \left( \frac{dp}{dx} \right) \quad (1)$$

gdzie:  $v_x$  — prędkość przepływu poprzecznego tworzywa,  $\eta$  — lepkość dynamiczna tworzywa,  $p$  — ciśnienie tworzywa.

Całkując dwukrotnie zależność (1) z uwzględnieniem warunków brzegowych oraz zakładając, że cylinder i ślimak współdziałają szczelnie, otrzymuje się równanie opisujące prędkość przepływu tworzywa  $v_x$  w poprzek kanału śrubowego na dowolnej jego głębokości  $y$ . Warunki brzegowe są następujące: na powierzchni rdzenia

ślimaka, gdzie  $y = h$  ( $h$  — głębokość kanału), prędkość przepływu tworzywa względem ślimaka wynosi  $v_x = 0$ , natomiast na powierzchni wewnętrznej cylindra, gdzie  $y = 0$ , prędkość przepływu tworzywa wynosi  $v_x = V_{cx}$ . Gdy założy się, że  $dp/dx \neq 0$ , poszukiwane równanie opisujące prędkość przepływu poprzecznego tworzywa przybiera następującą postać:

$$v_x = V_{cx} \left( \frac{h-y}{h} \right) + \frac{y^2 - hy}{2\eta} \left( \frac{dp}{dx} \right) \quad (2)$$

W równaniu (2) pierwszy człon opisuje prędkość przepływu poprzecznego wleczonego  $v_w$ , a człon drugi — prędkość przepływu poprzecznego ciśnieniowego  $v_c$ :

$$v_x = v_w + v_c \quad (3)$$

Równaniu różniczkowemu (2) można nadać postać bardziej dogodną do zastosowań. W tym celu najpierw wprowadza się prędkość obrotową cylindra:

$$V_{cx} = V_c \sin \alpha_w = \pi D v \sin \alpha_w \quad (4)$$

Uwzględniając zerową wartość natężenia przepływu przypadającą na jednostkową szerokość kanału, co można zapisać następująco:

$$\int_0^h v_x dy = 0 \quad (5)$$

otrzymuje się zależność

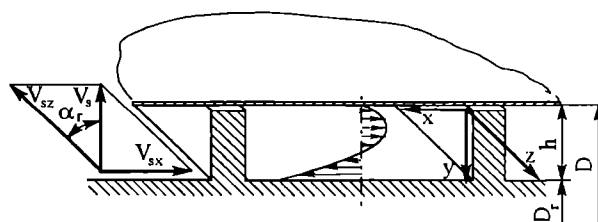
$$\frac{dp}{dx} = 6 \frac{V_{cx} \eta}{h^2} \quad (6)$$

Po podstawieniu wzorów (4) oraz (6) równanie (2) przybiera postać:

$$v_x = \pi D v \sin \alpha_w \left( \frac{h-y}{h} \right) + \frac{3\pi D v \sin \alpha_w y (y-h)}{h^2} \quad (7)$$

##### Model z obracającym się ślimakiem

Rysunek 2 przedstawia przekrój poprzeczny rozwiniętego na płaszczyznę kanału śrubowego ślimakowego układu uplastyczniającego z obracającym się ślimakiem; na rysunku naniesiono potrzebne wielkości kinematyczne



Rys. 2. Przekrój poprzeczny rozwiniętego na płaszczyznę kanału śrubowego ślimakowego układu uplastyczniającego z obracającym się ślimakiem; objaśnienia w tekście  
Fig. 2. Cross section of the helical channel, developed on the plane, of a screw based plasticating system when the screw executes a rotary motion; explanations in the text

ne i geometryczne. Prędkość obwodową  $V_s$  ślimaka o średnicy rdzenia  $D_r$ , związaną z prędkością obrotową  $v$ , rozkłada się na składową  $V_{sz}$  styczną do linii śrubowej kanału oraz składową  $V_{sx}$  prostopadłą do linii śrubowej kanału. Pomiedzy wektorami  $V_s$  oraz  $V_{sz}$  występuje kąt  $\alpha_r$ , równy kątowi pochylenia linii śrubowej kanału przy rdzeniu ślimaka.

Podobnie jak poprzednio, całkuje się dwukrotnie zależność (1), ale w odniesieniu do innych warunków brzegowych, a mianowicie: na powierzchni rdzenia ślimaka, gdzie  $y = h$ , prędkość przepływu tworzywa względem cylindra  $v_x = V_{sx}$ , natomiast na powierzchni cylindra, gdzie  $y = 0$ , prędkość przepływu wynosi  $v_x = 0$ . Zakładając, że  $dp/dx \neq 0$ , otrzymuje się

$$v_x = \frac{V_{sx}y}{h} + \frac{y^2 - hy}{2\eta} \left( \frac{dp}{dx} \right) \quad (8)$$

W równaniu (8) pierwszy człon opisuje prędkość przepływu, który można nazwać umownie poprzecznym rewleczonym  $v_r$  (ze względu na to, że  $\bar{v}_x = -\bar{V}_{sx}$ ), a drugi człon opisuje prędkość przepływu poprzecznego ciśnieniowego w postaci identycznej, jak w równaniu (2):

$$v_x = v_r + v_c \quad (9)$$

Przekształcając równanie (8) uwzględnia się zależność

$$V_{sx} = V_s \sin \alpha_r = \pi D_r v \sin \alpha_r \quad (10)$$

gdzie:  $D_r$  — średnica rdzenia ślimaka.

Następnie, podobnie jak poprzednio, wyznacza się

$$\frac{dp}{dx} = 6 \frac{V_{sx} \eta}{h^2} \quad (11)$$

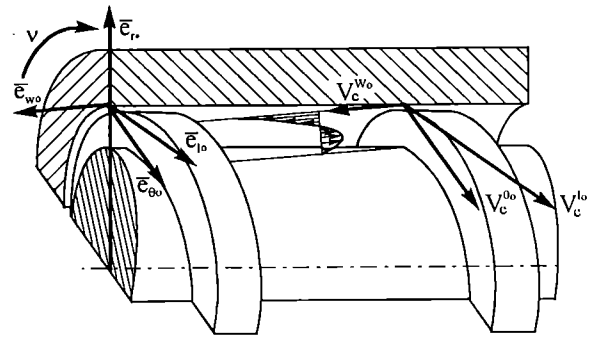
Po przekształceniu, równanie (8) przybiera postać:

$$v_x = \frac{\pi D_r v y \sin \alpha_r}{h} + \frac{3\pi D_r v \sin \alpha_r y (y - h)}{h^2} \quad (12)$$

## UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH ŚRUBOWYCH

### Model z obracającym się cylindrem

Na rys. 3 przedstawiono schemat układu uplastyczniającego w przypadku obracającego się cylindra; naniesiono tam także potrzebne wielkości kinematyczne oraz geometryczne ( $\bar{e}_r$ ,  $\bar{e}_{w_0}$ ,  $\bar{e}_{o_0}$  oraz  $\bar{e}_{i_0}$  stanowią wektory bazy układu śrubowego). Rozkład prędkości obwodowej cylindra  $V_c^{o_0}$  jest analogiczny, jak w modelu z obracającym się cylindrem w prostokątnym układzie współrzędnych. Składowa  $V_c^{i_0}$  jest styczna do linii śrubowej kanału, natomiast składowa  $V_c^{w_0}$  jest prostopadła do linii śrubowej kanału. Wektory  $V_c^{o_0}$  oraz  $V_c^{i_0}$  tworzą pomiędzy sobą kąt  $\alpha_w$ , zwany umownym kątem pochylenia linii śrubowej kanału przy powierzchni wewnętrznej cylindra. Uzyskuje się następującą zależność opisującą prędkość przepływu tworzywa w kierunku poprzecznym kanału śrubowego:



Rys. 3. Schemat ślimakowego układu uplastyczniającego w przypadku, gdy ruch obrotowy wykonuje cylinder — przekrój wzdłużny; objaśnienia w tekście

Fig. 3. Scheme of a screw-based plasticating system in the case when the barrel executes a rotary motion — longitudinal section; explanations in the text

$$v^{w_0}(r) = K[2(B - A + E) \ln y + (B - A)y^2 + (A - C - E) \frac{1}{y^2} + F] \frac{y}{\sqrt{x}} \quad (13)$$

Sposób wyznaczenia tego równania oraz występujących w nim stałych  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$  i  $F$  w odniesieniu do następujących warunków brzegowych:

$$V_c^{w_0} = 2\pi v r \sin \alpha_w; \quad V_s^{w_0} = 0 \quad (14)$$

został przedstawiony w pracy [2].

Ostatecznie, równanie opisujące prędkość przepływu poprzecznego przybiera postać:

$$v^{w_0} = U_w^{w_0} V_c^{w_0} - U_c^{w_0} \left( \frac{h^2}{2\eta_c \sqrt{x_c}} \frac{\Delta p}{L} \right) \quad (15)$$

gdzie:

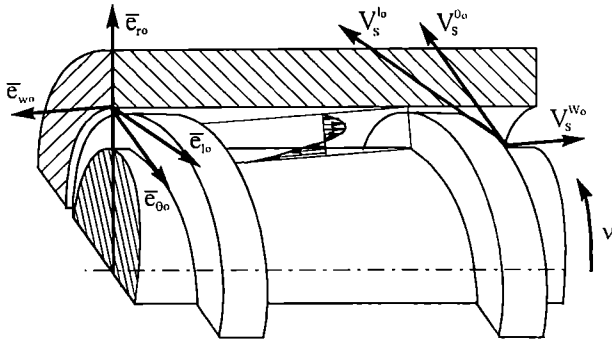
$$U_w^{w_0} = \frac{\sqrt{x_c}}{M} \left[ 2(B_w + E_w) \ln y + B_w y^2 - (C_w + E_w) \frac{1}{y^2} + F_w \right] \frac{y}{\sqrt{x}} \quad (16)$$

$$U_c^{w_0} = \frac{\sqrt{x_c}}{2M(y_c - y_s)^2} [2(B_c + E_c + M) \ln y + (B_c + M)y^2 - (C_c + E_c + M) \frac{1}{y^2} + F_c] \frac{y}{\sqrt{x}} \quad (17)$$

Pierwszy człon w równaniu (15) opisuje prędkość przepływu poprzecznego wleczonego, natomiast drugi — prędkość przepływu poprzecznego ciśnieniowego. Sposób wyznaczania stałej  $M$  występującej w równaniach (16) i (17) również był omówiony w [2].

### Model z obracającym się ślimakiem

Schemat ślimakowego układu uplastyczniającego z obracającym się ślimakiem, przedstawia rys. 4, gdzie naniesiono też odpowiednie wielkości geometryczne i kinematyczne. Rozkład prędkości obwodowej ślimaka  $V_s^{o_0}$  jest analogiczny do rozkładu prędkości w modelu z obracającym się ślimakiem opisanym w prostokątnym



Rys. 4. Schemat ślimakowego układu uplastyczniającego w przypadku, gdy ruch obrotowy wykonuje ślimak — przekrój wzdłużny; objaśnienia w tekście

Fig. 4. Scheme of a screw-based plasticating system in the case when the screw executes a rotary motion — longitudinal section; explanations in the text

układzie współrzędnych. Prędkość obwodową  $V_s^{o_0}$  ślimaka z rdzeniem średnicy  $D_r$ , związaną z prędkością obrotową  $v$ , rozkłada się na składową  $V_s^{l_0}$  styczną do linii śrubowej kanału oraz składową  $V_s^{w_0}$  prostopadłą do linii śrubowej kanału. Pomiedzy wektorami  $V_s^{o_0}$  oraz  $V_s^{l_0}$  występuje kąt  $\alpha_r$  równy kątowi pochylenia linii śrubowej kanału przy rdzeniu ślimaka.

Jak poprzednio, otrzymuje się zależność analogiczną do równania (13), opisującą prędkość przepływu tworzywa w poprzek kanału śrubowego. Ze względu na odmienne warunki brzegowe

$$V_c^{w_0} = 0; \quad V_s^{w_0} = 2\pi v r_s \sin \alpha_r \quad (18)$$

inne są jednak wartości stałych  $B, C, D, E$  i  $F$  występujących w tym równaniu, podczas gdy stała  $A$  nie ulega zmianie. Tak więc

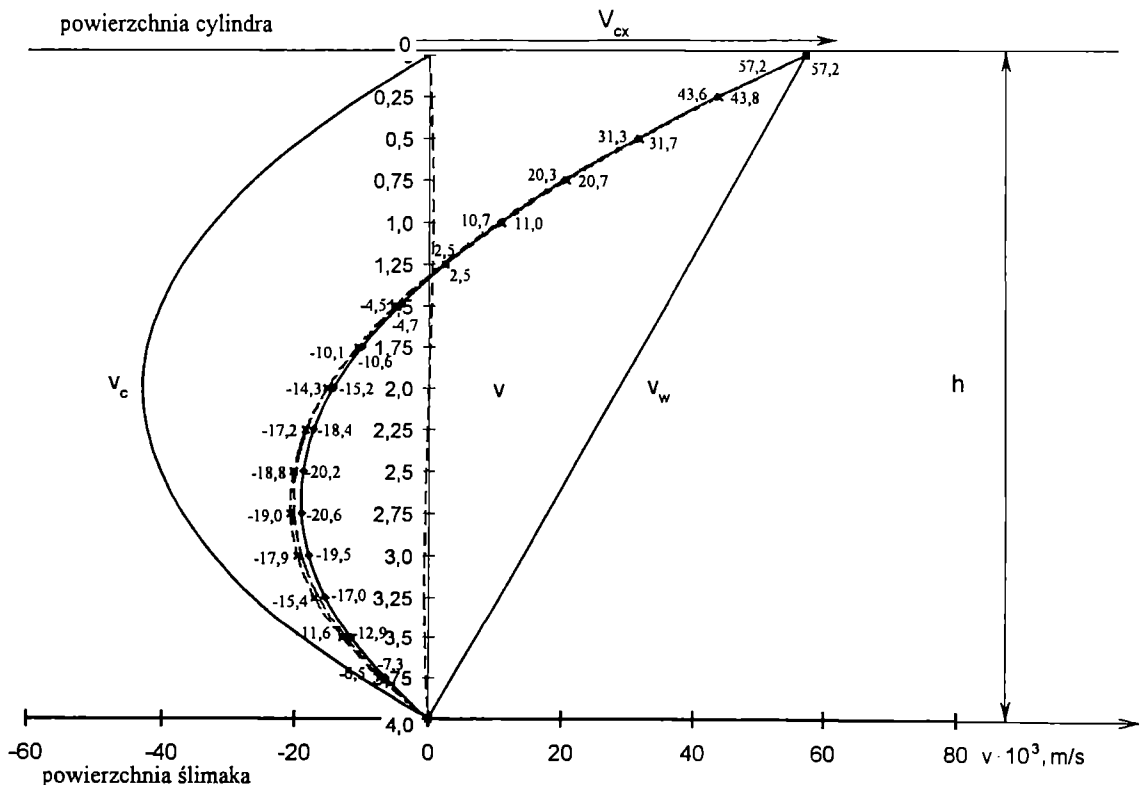
$$v^{w_0} = U_r^{w_0} V_s^{w_0} - U_c^{w_0} \left( \frac{h^2}{2\eta_s \sqrt{x_s}} \frac{\Delta p}{L} \right) \quad (19)$$

gdzie:

$$U_r^{w_0} = \frac{\sqrt{x_r}}{M} \left[ 2(B_r + E_r) \ln y + B_r y^2 - (C_r + E_r) \frac{1}{y^2} + F_r \right] \frac{y}{\sqrt{x}} \quad (20)$$

$$U_c^{w_0} = \frac{\sqrt{x_r}}{2M(y_c - y_s)^2} [2(B_c + E_c + M) \ln y + (B_c + M)y^2 - (C_c + E_c + M) \frac{1}{y^2} + F_c] \frac{y}{\sqrt{x}} \quad (21)$$

Pierwszy człon w równaniu (19) opisuje prędkość przepływu poprzecznego rewleczonego (ze względu na to, że  $\vec{v}^{w_0} = -\vec{V}_s^{w_0}$ ), natomiast drugi — prędkość przepływu poprzecznego ciśnieniowego.



Rys. 5. Wykresy rozkładu prędkości przepływu tworzywa ( $V$ ) w poprzek kanału śrubowego do weryfikacji obliczeniowej, gdy ruch obrotowy wykonuje cylinder oraz  $h = 4$  mm; linie ciągłe — układ prostokątny, linie przerywane — układ śrubowy  
 Fig. 5. Graphs of the distribution of polymer flow velocity ( $V$ ) across the helical channel for computational verification, when the barrel executes a rotary motion and  $h = 4$  mm; full lines — rectangular system, broken lines — helical system

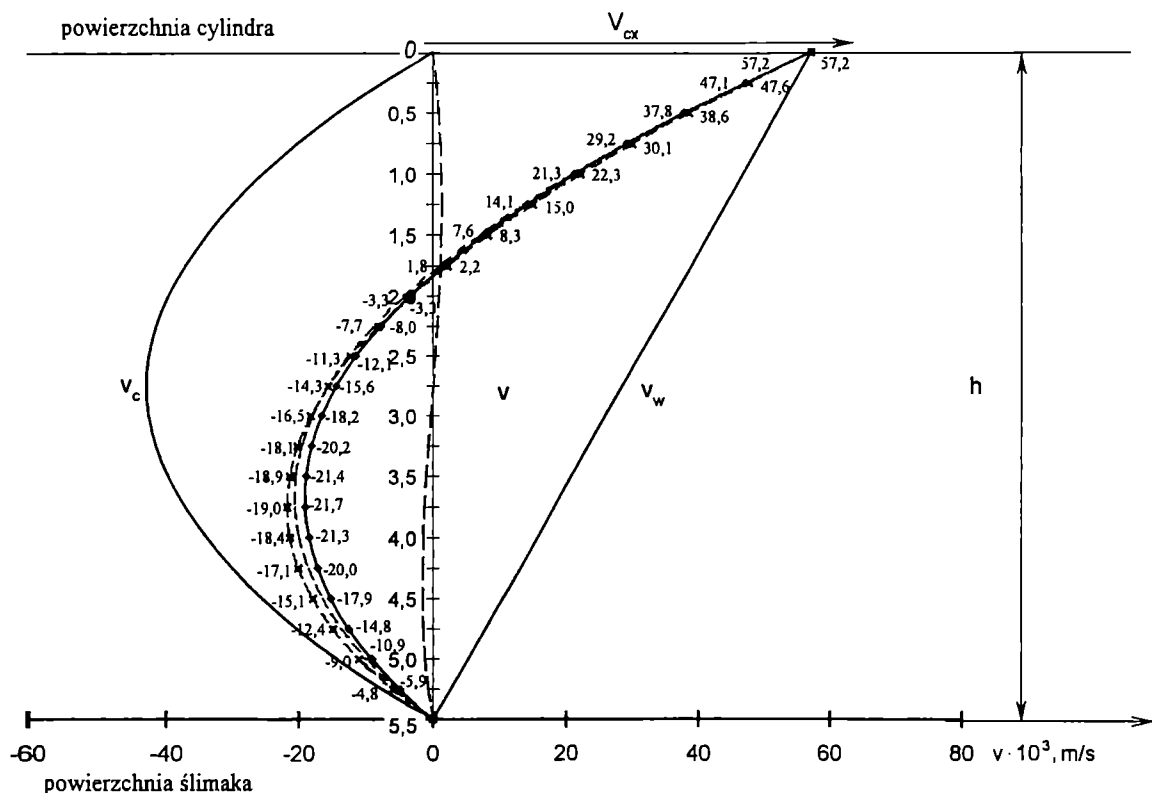
## WERYFIKACJA OBLICZENIOWA

Weryfikacja obliczeniowa została sporządzona na przykładzie będącym odpowiednikiem procesu rzeczywistego w odniesieniu do pięciu różnych głębokości kanału ślimaka z zakresu  $(0,05-0,15) D$ . W układzie ślimakowym jest uplastyczniany PE-LD o nazwie handlowej "Lupolen 1800 M"; w strefie dozowania panuje temp.  $150^{\circ}\text{C}$ ; ciśnienie w końcu strefy dozowania wynosi  $p_2 = 19,4 \text{ MPa}$ , a prędkość obrotowa cylindra lub ślimaka  $v = 1,0 \text{ s}^{-1}$ . Elementy geometryczne strefy dozowania mają następujące wartości: średnica wewnętrzna cylindra  $D = 60 \text{ mm}$ , długość strefy  $L = 4,5 D$ , skok linii śrubowej  $t = D$ , głębokość kanału na końcu strefy dozo-

stały dla przykładu pokazane na rys. 5—7, natomiast rozkłady prędkości przepływu tworzywa w modelu z obracającym się ślimakiem dotyczące kanałów o takich samych wartościach głębokości w obu tych układach współrzędnych przedstawiają rys. 8—10.

## PORÓWNANIE MODELI

Na podstawie przeanalizowania prędkości przepływu poprzecznego tworzywa w kanale śrubowym ślimakowego układu uplastyczniającego w odniesieniu do dwóch modeli kinematycznych — z obracającym się cylindrem albo z obracającym się ślimakiem — zweryfi-



Rys. 6. Wykresy rozkładu prędkości przepływu tworzywa ( $V$ ) w poprzek kanału śrubowego do weryfikacji obliczeniowej, gdy ruch obrotowy wykonuje cylinder oraz  $h = 5,5 \text{ mm}$ ; linie ciągłe i przerywane jak na rys. 5

Fig. 6. Graphs of the distribution of polymer flow velocity ( $V$ ) across the helical channel for computational verification, when the barrel executes a rotary motion and  $h = 5.5 \text{ mm}$ ; full lines and broken lines — as in Fig. 5

wania  $h_2 = 3; 4; 5,5; 7$  i  $9 \text{ mm}$ , a na początku tej strefy  $h_1 = 2,5 h_2$ . Należy wyznaczyć prędkość poszczególnych przepływów tworzywa w poprzek kanału ślimaka.

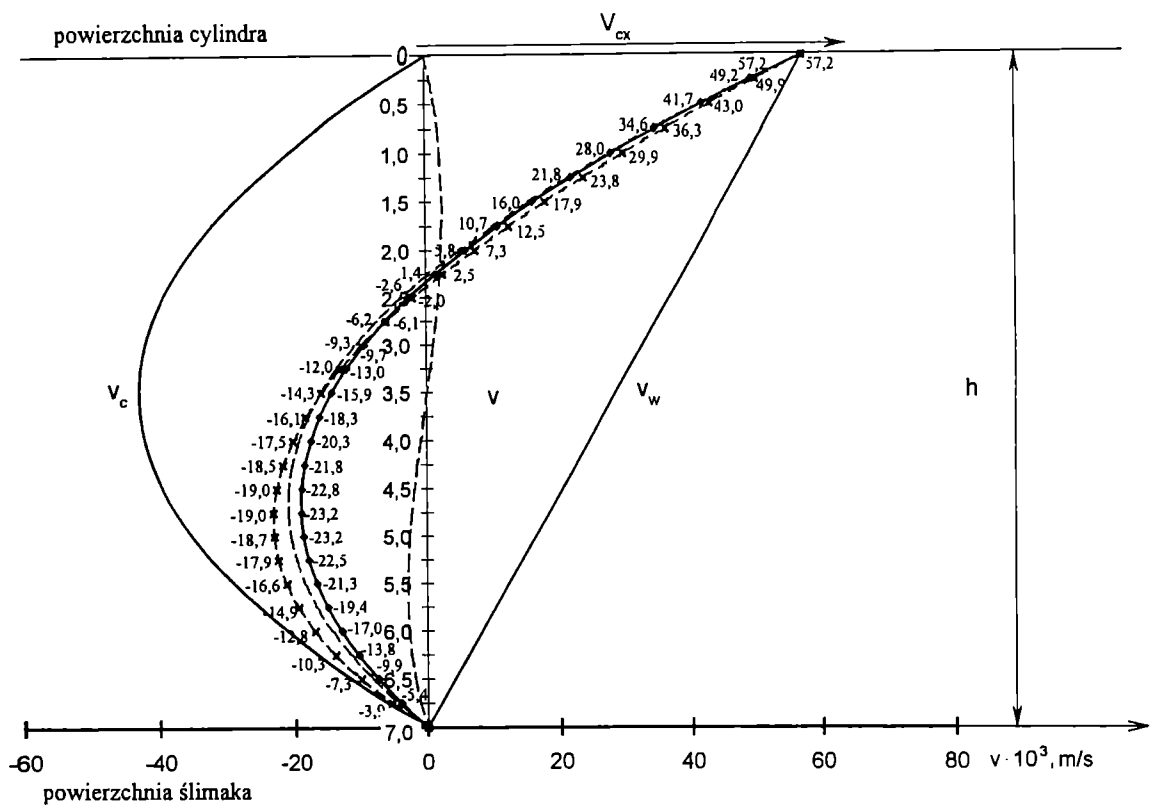
Sposób wyznaczenia oraz wartości liczbowe takich wielkości jak  $\alpha_w$ ,  $\alpha_r$ ,  $\Delta p$ ,  $\eta_c$  oraz  $\eta_s$  potrzebnych do skorzystania ze wzorów (7), (12), (15) i (19) przedstawiono w pracy [2].

Wyniki obliczeń prędkości przepływu poprzecznego tworzywa w modelu z obracającym się cylindrem w przypadku  $0 \leq y \leq$  kolejno:  $4; 5,5$  i  $7 \text{ mm}$  uzyskane w układzie współrzędnych śrubowych i prostokątnych zo-

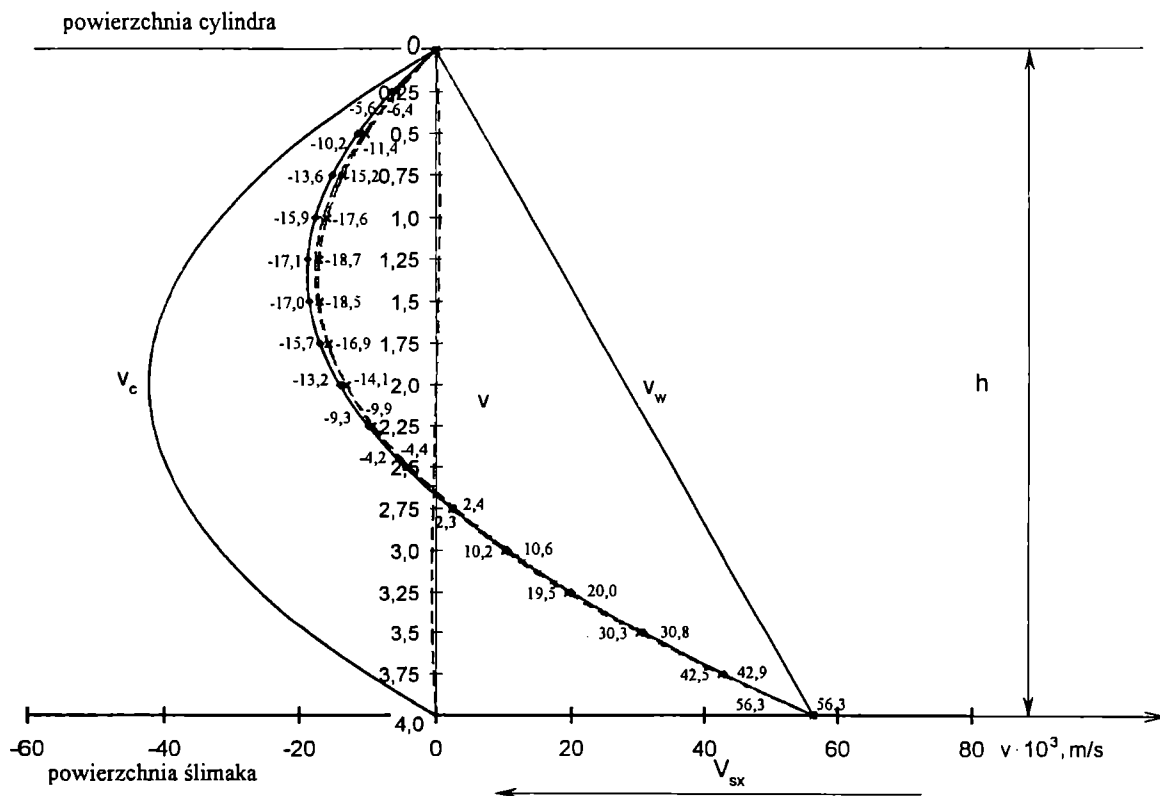
kowanych obliczeniowo w układzie współrzędnych prostokątnych oraz śrubowych w jednakowych warunkach, można sformułować następujące wnioski dotyczące porównania wartości tych prędkości odniesionych do strefy dozowania układu uplastyczniającego:

— Prędkość przepływu poprzecznego tworzywa oraz jej rozkład w modelach z obracającym się cylindrem lub ślimakiem jest różny w przypadku obydwu układów współrzędnych.

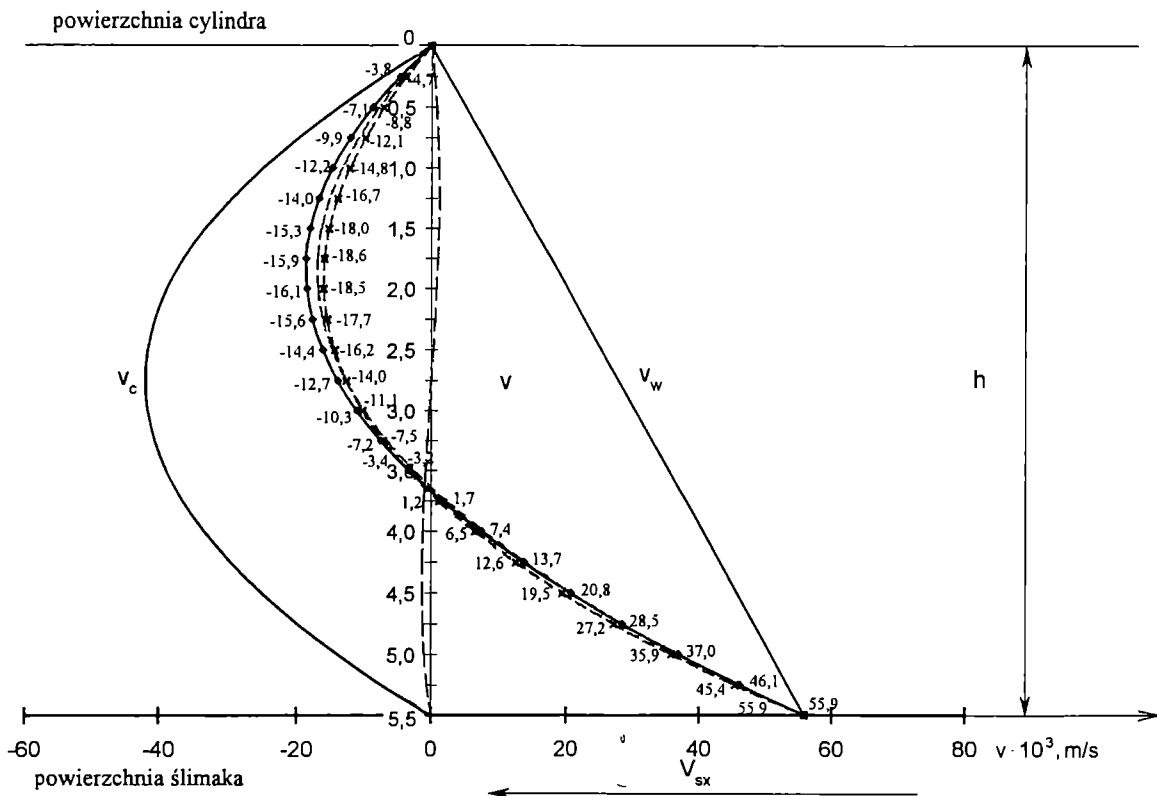
— Prędkość przepływu poprzecznego wleczonego (obraca się cylinder) jest większy od prędkości prze-



Rys. 7. Wykresy rozkładu prędkości przepływu tworzywa ( $V$ ) w poprzek kanału śrubowego do weryfikacji obliczeniowej, gdy ruch obrotowy wykonuje cylinder oraz  $h = 7$  mm; linie ciągłe i przerywane jak na rys. 5  
 Fig. 7. Graphs of the distribution of polymer flow velocity ( $V$ ) across the helical channel for computational verification, when the barrel executes a rotary motion and  $h = 7$  mm; full lines and broken lines — as in Fig. 5

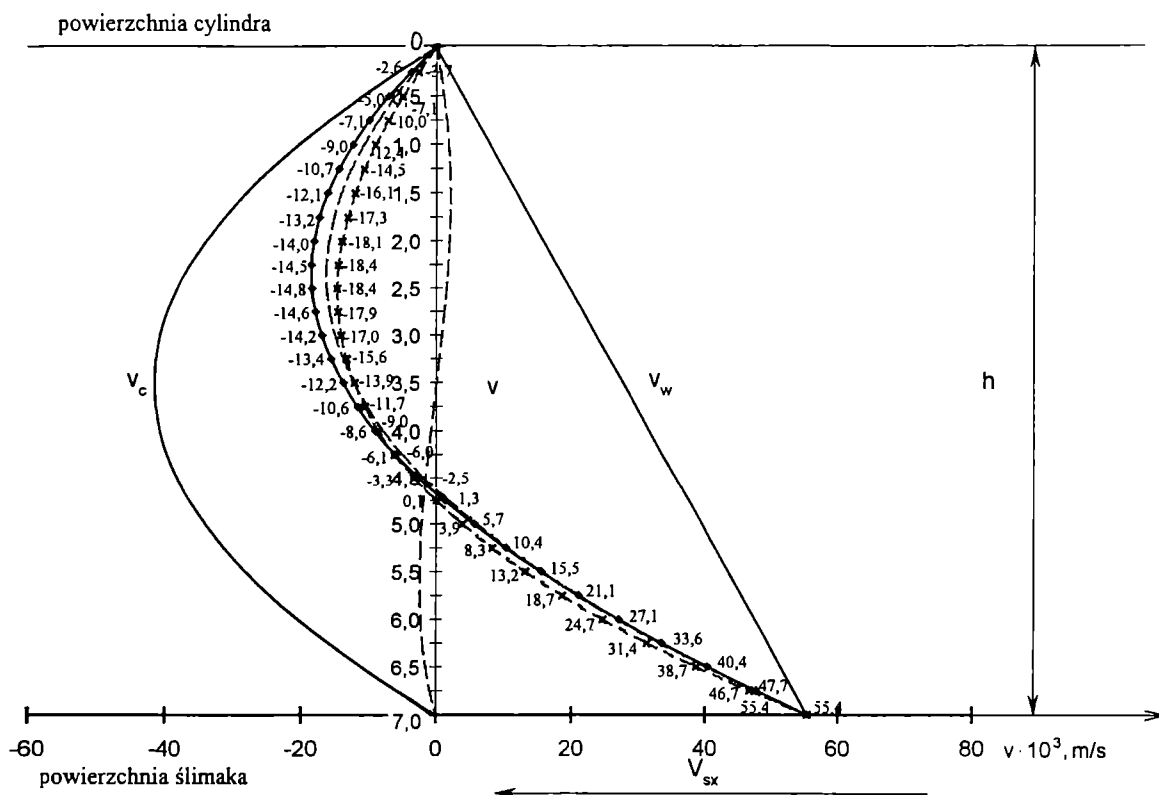


Rys. 8. Wykresy rozkładu prędkości przepływu tworzywa ( $V$ ) w poprzek kanału śrubowego do weryfikacji obliczeniowej, gdy ruch obrotowy wykonuje ślimak oraz  $h = 4$  mm; linie ciągłe i przerywane jak na rys. 5  
 Fig. 8. Graphs of the distribution of polymer flow velocity ( $V$ ) across the helical channel for computational verification, when the screw executes a rotary motion and  $h = 4$  mm; full lines and broken lines — as in Fig. 5



Rys. 9. Wykresy rozkładu prędkości przepływu tworzywa ( $V$ ) w poprzek kanału śrubowego do weryfikacji obliczeniowej, gdy ruch obrotowy wykonuje ślimak oraz  $h = 5,5 \text{ mm}$ ; linie ciągłe i przerywane jak na rys. 5

Fig. 9. Graphs of the distribution of polymer flow velocity ( $V$ ) across the helical channel for computational verification, when the screw executes a rotary motion and  $h = 5,5 \text{ mm}$ ; full lines and broken lines — as in Fig. 5



Rys. 10. Wykresy rozkładu prędkości przepływu tworzywa ( $V$ ) w poprzek kanału śrubowego do weryfikacji obliczeniowej, gdy ruch obrotowy wykonuje ślimak oraz  $h = 7 \text{ mm}$ ; linie ciągłe i przerywane jak na rys. 5

Fig. 10. Graphs of the distribution of polymer flow velocity ( $V$ ) across the helical channel for computational verification, when the screw executes a rotary motion and  $h = 7 \text{ mm}$ ; full lines and broken lines — as in Fig. 5

plywu rewlezonego (obraca się ślimak); jest to spowodowane niejednakową prędkością obwodową cylindra i ślimaka. W rozpatrywanym przykładzie obliczeniowym w przypadku wartości maksymalnych dotyczących poszczególnych głębokości kanału różnica wynosi 1,0% gdy  $h = 3$  mm, 1,5% gdy  $h = 4$  mm, 2,3% gdy  $h = 5,5$  mm, 3,2% gdy  $h = 7$  mm oraz 4,7% gdy  $h = 9$  mm.

— W układzie współrzędnych prostokątnych i śrubowych największe wartości prędkości przepływu poprzecznego wlezonego (rewlezonego) są takie same w kanałach śrubowych o danej głębokości.

— Rozkład prędkości przepływu zarówno wlezonego, jak i rewlezonego wyznaczony w układzie współrzędnych prostokątnych jest odmienny od rozkładu wyznaczonego w układzie współrzędnych śrubowych.

— Rozkład prędkości przepływu poprzecznego ciśnieniowego w układzie prostokątnym jest inny niż w układzie współrzędnych śrubowych.

Obecnie prowadzi się badania funkcji powierzchni

bocznych kanału śrubowego ślimakowego układu uplastyczniającego, a ich wyniki autorzy postarają się przedstawić w kolejnej publikacji z tego cyklu.

#### LITERATURA

1. Sikora R., Sasimowski E.: *Polimery* 1999, **44**, 600.
2. Sikora R., Sasimowski E.: *Polimery* 2000, **45**, 141.
3. Yu Q., P., Hu G. H.: *J. Non-Newtonian Fluid Mechanics* 1997, **69**, 155.
4. Yu Q., P., Hu G. H.: *Polym. Eng. Sci.* 1998, **38**, 819.
5. Meskat W.: *Kunststoffe* 1951, **41**, 417.
6. Tadmor Z., Gogos C. G.: "Principles of polymer processing", John Wiley & Sons, Nowy Jork-Brisbane-Chichester-Toronto 1979.
7. Sikora R.: "Przetwórstwo tworzyw wielko-cząsteczkowych", Wydawnictwo Edukacyjne, Warszawa 1993.

#### KALENDARZ IMPREZ

**2—3 kwietnia 2001 r.** Moguncja, Niemcy. Sesja dyskusyjna nt. nowych metod w analityce polimerów — "Diskussionstagung: Neue Methoden der Polymeranalytik".

Organizatorzy: Dechema e. V. + Max-Planck Institut fuer Polymer-forschung in Mainz.

Informacje: Dechema e. V., Tagungsgruppe, z. H. Kirsten Mueller, Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main. Tel.: 069-7564-242, fax: -304, e-mail: mueller@dechema.de, internet: <http://dechema.de/polymeranalytik>.

**3—4 kwietnia 2001 r.** Bruksela, Belgia. Międzynarodowa konferencja "RubberChem 2001".

Organizator: Rapra Technology Ltd.

Informacje: Janine Kitson, Conference Organizer, Rapra Technology Ltd., Shawbury, Shrewbury, Shropshire, UK, SY4 4NR. Tel.: +44(0) 1939 250 383, fax: +44(0) 1939 251 118, e-mail: [conferences@rapra.net](mailto:conferences@rapra.net), internet: <http://www.rapra.net>.

**14—16 maja 2001 r.** Warszawa, Polska. "Forum Chemiczne 2001".

Organizator: Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej.

Informacje: Dr inż. Irena Głuch, Forum Chemiczne 2001, Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny, ul.

Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa. Tel.: (48-22) 660-74-98, fax: (48-22) 660-74-08, e-mail: [forum@ch.pw.edu.pl](mailto:forum@ch.pw.edu.pl), internet: <http://www.ch.pw.edu.pl/forum/vadex/html>.

**1—5 lipca 2001 r.** Budapeszt, Węgry. Pierwsze Sympozjum Europejskiego Towarzystwa Wiedzy Kombinatoryjnej "First Symposium of the European Society for Combinatorial Science".

Organizatorzy: Dechema e. V. + Eotvos University, Dept. Organic Chemistry.

Informacje: Dr G. Dibó, Dept. Organic Chemistry, Eotvos University, P.O. Box 32, H-1518 Budapest 112. Fax: +36-1-372-2620.

**9—12 lipca 2001 r.** Praga, Czechy. XX Konferencja dyskusyjna: "Scattering methods for the investigation of polymers" w ramach praskich spotkań nt. polimerów: "2001 Prague Meetings on macromolecules" — 60. spotkanie.

Organizator: Institute of Macromolecular Chemistry, Academy of Sciences of the Czech Republic.

Informacje: P. M. M. Secretariat, Institute of Macromolecular Chemistry, Academy of Sciences of the Czech Republic, Heyrovského nám. 2, CZ-162 06 Praha 6, Czech Republic. Tel.: (4202) 20 403 332, fax: (4202) 367 981, e-mail: [sympo@imc.cas.cz](mailto:sympo@imc.cas.cz).

c.d. na str. 211