

УДК 678.057

# ПОШУК КРИВОЇ ТЕЧІЇ УДАРОМІЦНОГО ПОЛІСТИРОЛУ, НЕІНВАРІАНТНОЇ ВІДНОСНО ГІДРАВЛІЧНОГО РАДІУСУ КАНАЛУ 8×32ММ

*В статті запропоновано метод пошуку кривих течій полімерів, неінваріантних відносно гідравлічного радіусу каналу, зокрема каналу 8×32 мм, для можливості використання віскозиметричних даних при розрахунку некруглих каналів*

*Ключові слова: полістирол, гідравлічний радіус, канали некруглої форми, крива течії*

*В статье предложен метод поиска кривых течения полимеров, неинвариантных относительно гидравлического радиуса канала, в частности канала 8×32 мм, для возможности использования вискозиметрических данных при расчетах некруглых каналов*

*Ключевые слова: полистирол, гидравлический радиус, каналы некруглой формы, кривая течения*

*In article the method of the curves current polymers is offered, not invariant concerning hydraulic radius of the channel, in particular in channel 8×32 mm, for use possibility the viscosimetry data is offered at calculations of not round channels*

*Key words: polystyrene, hydraulic radius, nonround-form channels, flow curve*

**В.І. Сівецький**

Кандидат технічних наук, професор\*  
Контактний тел.: (044) 454-92-77, 050-440-98-95

**Д.Д. Рябінін**

Кандидат технічних наук, доцент\*\*  
Контактний тел.: 096-440-22-32

**О.Л. Сокольський**

Кандидат технічних наук, доцент\*  
\*Кафедра хімічного, полімерного та силікатного  
машинобудування\*\*\*

Національний технічний університет України „Київський  
політехнічний інститут”  
Контактний тел.: (044) 454-92-77, 066-218-64-76  
E-mail: sokolkiev@ukr.net

**С.А. Кривко**

Аспірант\*\*  
\*\*Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і  
механотроніки\*\*\*  
Контактний тел.: 093-346-37-22  
E-mail: kryvkosergii@gmail.com

**Наді Амір\*\*\***

Контактний тел.: 063-372-88-55  
\*\*\*Національний технічний університет України  
„Київський політехнічний інститут”  
пр. Перемоги, 37, корпус 19, м. Київ, 03056

## 1. Вступ

В наш час продукти хімічної промисловості широко використовуються у різних областях людської діяльності, зокрема, в промисловості та науці. Для за-

безпечення постійно-зростаючого попиту на таку продукцію за світових тенденцій до підвищення енергоефективності та якості продукції, постає питання про проектування вискоєфективного обладнання переробної промисловості. Значна увага при проектуванні

приділяється розрахунку параметрів потоку розплаву в каналах некруглої форми, що можуть бути зведені до каналів круглої форми.

Використання гідравлічного радіусу при розрахунку каналів як способу переходу від каналів прямокутного поперечного перерізу до круглих каналів при течії розплавів полімерів приводить до кривих течії, які неінваріантні відносно гідравлічного радіусу каналу [3]. Для пошуку кривих течії розплаву полімеру, які неінваріантні відносно гідравлічного радіусу каналу запропоновано використовувати поряд з гідравлічним радіусом реологічну змінну, яку умовно називають реологічним радіусом і яка залежить від реологічних властивостей неньютонівських рідин [2]. Розрахунок прямокутних каналів при течії розплавів полімерів являє значний практичний інтерес у зв'язку із розповсюдженням таких каналів у обладнанні для виготовлення виробів із полімерів та інших процесах хімічної технології [3].

## 2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для випадків течії розплавів полімерів в круглих і плоскощільних каналах в роботі [1] запропонований метод визначення швидкості ковзання і істинної кривої течії полімерів за неінваріантними реологічними характеристиками. Цей метод дозволяє визначити залежність швидкості ковзання на стінках круглого і плоскощільного каналів від напруження зсуву і істинну криву течії за неінваріантними відносно поперечних розмірів каналів залежностями ефективного градієнту швидкості від напруження зсуву, які були отримані звичайними методами, що дозволяє урахувувати специфічні властивості матеріалу типу композицій на основі ПВХ.

Для каналів з прямокутним поперечним перерізом в роботі [3] встановлено неінваріантність кривих течії розплавів полімерів відносно гідравлічного радіусу каналу, отримані співвідношення, які дозволяють визначити уточнений радіус каналу  $R_R$ , який умовно названо реологічним. Розміри досліджуваних каналів були вибрані сумірними із промисловими. Висоту прямокутних каналів було вибрано 2 мм, 4 мм, 6 мм, 8 мм, 16мм та 32 мм, а ширина залишається сталою і дорівнює 32 мм.

## 3. Формулювання цілей статті

Нерозв'язана раніше частина загальної проблеми є застосування реологічного радіусу каналу  $R_R$  для пошуку кривих течії полімерів, неінваріантних відносно гідравлічного радіусу каналу. Зокрема, це необхідно для забезпечення можливості використання даних капілярної віскозиметрії при гідравлічному розрахунку каналів з некруглим поперечним перерізом.

Метою статті є застосування алгоритму розв'язання задачі пошуку кривих течії полімерів, неінваріантних відносно гідравлічного радіусу каналу.

Вирішення планується у два етапи. На першому етапі з використанням гідравлічного радіусу  $R_{Гіх32}$  отримаємо криві течії полімерів, неінваріантні відносно гідравлічного радіусу каналів. Другий етап

проводиться з використанням реологічного радіусу каналу  $R_{Rіх32}$  і завершується пошуком кривих течії, неінваріантних відносно гідравлічного радіусу каналів.

## 4. Виклад основного матеріалу дослідження

На першому етапі для розрахунку гідравлічного радіусу  $R_{Гіх32}$ , напруження зсуву на стінці каналу  $\tau_{R_{Гіх32}}$  та ефективного градієнту зсуву  $\Gamma_{R_{Гіх32}}$  використаємо такі співвідношення [2]

$$R_{Гіх32} = \frac{S_{іх32}}{\chi_{іх32}}, \quad (1)$$

$$\tau_{R_{Гіх32}} = \frac{\Delta P_{іх32} \cdot R_{Гіх32}}{L_{іх32}}, \quad (2)$$

$$\Gamma_{R_{Гіх32}} = \frac{Q_{іх32}}{2\pi \cdot R_{Гіх32}^3}, \quad (3)$$

де  $S_{іх32}$  – площа нормального перерізу труби;  $\chi_{іх32}$  – змочений периметр;  $\Delta P_{іх32}$  – перепад тиску на трубі довжиною  $L_{іх32}$ ;  $Q_{іх32}$  – об'ємна витрата.

На другому етапі використаємо співвідношення наведені у роботі [2]. Алгоритм вирішення задачі складається із наступних операцій.

1. З використанням співвідношення (1) для гідравлічного радіусу  $R_{Гіх32}$  із співвідношення (3) визначаємо ефективний градієнт швидкості  $\Gamma_{R_{Гіх32}}$ .

2. З використанням ефективного градієнту швидкості  $\Gamma_{R_{Гіх32}}$ , визначеного за рівнянням (3), на кривій течії каналу  $2 \times 32$  знаходимо величину напруження зсуву  $\tau_x$ .

3. Знаходимо напруження зсуву на стінці  $i$ -го каналу, враховуючи, що  $\tau_{R_{Гіх32}} = \tau_{R_{Rіх32}}$

$$\tau_{R_{Гіх32}} = \tau_x \left( \frac{R_{Гіх32}}{R_{Rіх32}} \right)^{3n}, \quad (4)$$

де  $n$  – індекс течії.

4. Відмічаємо величину напруження зсуву  $\tau_{R_{Гіх32}} = \tau_{R_{Rіх32}}$  на кривій течії каналу  $2 \times 32$ .

5. Величину ефективного градієнту швидкості  $\Gamma_{R_{Rіх32}}$  визначаємо за допомогою кривої течії  $2 \times 32$  і перевіряємо її величину за співвідношенням роботи [2]:

$$\Gamma_{R_{Rіх32}} = \Gamma_{R_{Гіх32}} \sqrt[n]{\frac{\tau_{R_{Гіх32}}}{\tau_x}}. \quad (5)$$

6. Шукана точка консистентної кривої течії  $i$ -го каналу знаходиться як точка перетину прямих, одна з яких перпендикулярна до осі ефективних градієнтів швидкості у точці  $\Gamma_{R_{іх32}}$ , а друга пряма перпендикулярна до осі напружень зсуву у точці  $\tau_{R_{Гіх32}}$ .

В табл. 1 наведені розрахункові дані для пошуку кривої течії розплаву удароміцного полістиролу, неінваріантної відносно гідравлічного радіусу каналу  $8 \times 32$ .

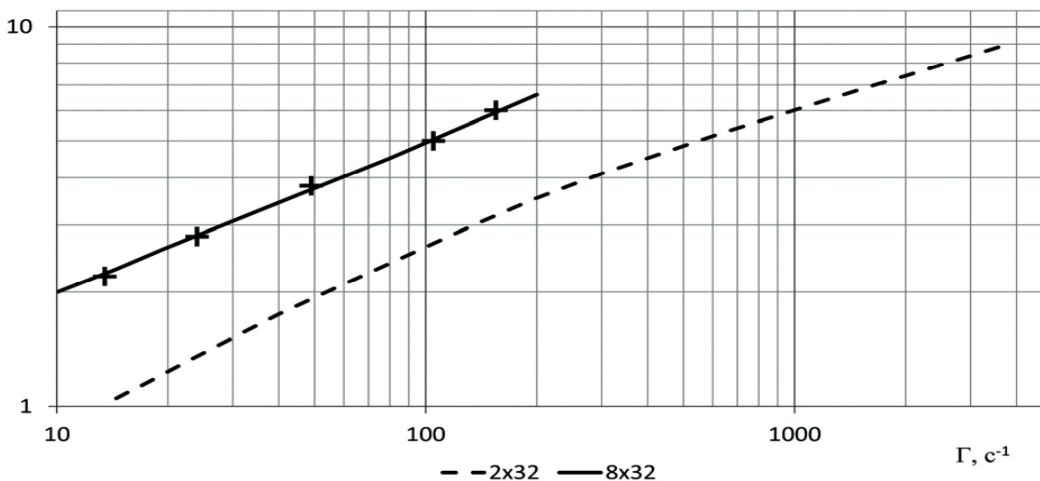
**Таблиця 1**

Параметри течії ударомічного полістиролу марки УП-1ЛА у каналі 8×32 за температури 190°C

Температура розплаву T, °C	Гідравлічний радіус R <sub>Г8×32</sub> см	Реологічний радіус R <sub>Р8×32</sub> см	$\tau_{R_{Г8×32}}$	$\tau_x$	$\Gamma_{R_{Г8×32}}$ с <sup>-1</sup>	$\Gamma_{R_{Р8×32}}$ с <sup>-1</sup>	n
190	0,323	0,1907	2,20	1,00	13,25	64,43	0,4986
	0,323	0,1974	2,82	1,35	24	105,3	0,4986
	0,323	0,2075	3,78	1,93	49	252,84	0,4040
	0,323	0,1943	5,00	2,70	105	482,81	0,4040
	0,323	0,1972	6,00	3,30	157	1113,1	0,3057

На рис. 1 пунктирною та суцільною лініями показані консистентні криві течії для каналів 2×32 та 8×32 за температур 190°C, отримані в результаті дослідів, які порівнюються із розрахунковими даними.

$\tau$ , Н/см<sup>2</sup>



**криві течії – суцільна та штрихова лінії розрахункові дані для 190°C - позначка «+»**

Рис. 1. Консистентні криві течії ударомічного полістиролу марки УП-1ЛА для каналів 2×32 та 8×32 за температури 190°C

**Висновки**

Наведений у статті метод пошуку кривих течії, неінваріантних відносно гідравлічного радіуса, дає змогу підвищення точності визначення реологічних характеристик розплаву ударомічного полістиролу і можливість використання результатів віскозиметричного експерименту для розрахунку опорів прямокутних каналів довільного перетину.

Перспективи подальших досліджень у цьому напрямку можуть бути направлені на виявлення впливу індексу течії на реологічні характеристики розплаву полімерів.

**Література**

1. Жданов Ю.А., Иванова Л.А., Рябинин Д.Д. Метод определения скорости скольжения и истинной кривой течения полимеров по неинвариантным реологическим характеристикам.- Респ. межв. научно-техн. сб. “Химическое машиностроение”, вып. 18. –К.: Техніка, 1973. - с. 50-57.
2. Рябинін Д.Д., Мотін А.М. Про реологічний аспект використання

поняття гідравлічного радіуса. Вестник Национального технического университета Украины “Киевский политехнический институт”. Машиностроение, вып.41. –К.: НТУУ «КПИ», 2001. - с. 55-59.

3. Сівецький В.І., Сахаров О.С., Сокольський О.Л., Рябинін Д.Д. Пристинні ефекти в процесах переробки полімерних матеріалів. –К.: НТУУ «КПІ», 2009. -140с.