

$$C_y = \frac{\pi}{5} \alpha \lambda \quad (14)$$

где  $\alpha$  – угол атаки (угол входа основного потока на границу каверны);  $\lambda$  – удлинение каверны определяемое как отношение площади ее горизонтальной проекции к квадрату длины каверны.

Как показали результаты численных расчетов, представленные на рисунке 2 с ростом расстояния от границы каверны до верхней стенки канала, подъемная сила на внешний контур полости увеличивается.

#### Список литературы

1. Международная конвенция MARPOL 73/78.
2. О.М.Яхно, А.Д.Коваль, Л.И.Пищенко, В.П.Паскалов, Н.Н.Яске. Кавитация в переработке нефти. Київ: Світ, 1999. – 263 с.
3. Ермошкин Н.Г., Калугин В.Н., Корнилов С.В., Кулешов И.Н. Судовые установки очистки нефтесодержащих вод. Одесса: Феникс. – 44 с.
4. И.Т. Егоров, Ю.М. Садовников, И.И. Исаев, М.А. Басин. Искусственная кавитация. –Л.: Изд-во Судостроение, 1971. – 283 с.

УДК 678.057

Д.В.Костюк, А.А.Беспалов студ., Д.Д.Рябинин канд.техн.наук  
НТУ Украины «Киевский политехнический институт» г.Киев, Украина

### ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАДИУСА ДЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КАНАЛОВ ПРИ ТЕЧЕНИИ УДАРОПРОЧНОГО ПОЛИСТИРОЛА

---

*Полистирол широко використовується в промисловості, при його обробці зустрічається багато випадків течії розплаву в каналах не круглого перерізу. В даній статті досліджуються особливості течії полістиролу в прямокутних каналах різних геометричних розмірів, оцінюється допустимість використання гідравлічного радіусу при розрахунках характеристик каналів.*

*Polystyrene is widely used in industry, at its treatment are many cases of flow of fusion in channels nonround-form. In this article are probed the features of flow of polystyrene in the rectangular channels of different geometrical sizes, estimated acceptability of use of hydraulic radius for calculations of channels characteristics.*

---

#### ВСТУПЛЕНИЕ

Повышенная механическая прочность и эластичность ударопрочного полистирола, способность выдерживать значительные ударные нагрузки без разрушения, высокие диэлектрические свойства, химическая стойкость, слабое воздействие, оказываемое на него минеральными маслами, обуславливают широкое применение изделий из ударопрочного полистирола, а также развитие промышленности переработки этого материала с использованием современного оборудования. Для успешного решения этих задач крайне важно знание особенностей реологического поведения полистирола в

вязкотекучем состоянии и изучение условий возникновения и действия специфических эффектов при течении расплава полистирола в формующих каналах с целью их учета при расчете и профилировании.

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

При течении ударопрочного полистирола в формующих каналах были установлены специфические реологические эффекты, приводящие к неинвариантности его кривых течения размеров поперечного сечения каналов [4, 5, 6, 7]. Характер неинвариантности кривых течения ударопрочного полистирола типичен для полимеров, течение которых в каналах сопровождается эффективным скольжением. Для исследуемого полимера эффективное скольжение в канале является следствием развивающейся межструктурной пластификации, приводящей к проскальзыванию агрегатов надмолекулярной структуры в объемных слоях потока и аномального поведения полимера на границе со стенкой вследствие образования на стенке низкомолекулярного слоя из обрывков цепей и пластификаторов, входящих в состав полимера [1, 2, 3, 4]. Пристенное скольжение по слою смазки является основным способом перемещения, например, расплава поливинилхлорида по каналу, а для полистирола этот эффект проявляется совместно с проскальзыванием в объемных слоях потока. Визуальное наблюдение показало, что торец выдавливаемого образца полистирола имеет выпуклость, характерную для большинства полимерных материалов, что указывает на развитие профиля скоростей в поперечном сечении потока и локализацию преимущественных деформаций в его центральных областях. Однако выпуклость трансформируется в периферийных областях торца в небольшой выступ, что указывает на аномальное поведение полимера в пристенной области канала и на наличие особого механизма течения. Образование пристенного аномального слоя при течении полистирола также подтверждается тем фактом, что при извлечении застывшего образца полимера из канала на его стенках была обнаружена тонкая пленка материала. При исследовании также было установлено, что давление в расплаве ударопрочного полистирола неодинаково передается по направлениям и имеет место эффект выхода [4].

Учитывая существенную сложность учета раздельного влияния на сопротивление потока полистирола каждого из факторов, определяющих механизм движения ударопрочного полистирола в каналах, из-за отсутствия развитых аналитических методов описания такого типа течения, условно будем считать, что влияние всей совокупности факторов проявляется как эффективное скольжение полимера по твердой стенке канала. Такой подход к рассмотрению реологических характеристик ударопрочного полистирола может быть оправдан тем, что позволяет обеспечить решение практически важной задачи правильного определения сопротивления каналов в зависимости от расхода при расчете рабочих органов перерабатывающего оборудования, например, каналов головок экструдеров.

Широко распространенным элементом конструкций, образующих каналы головок экструдеров, являются прямоугольные каналы. В настоящей статье объектом исследования выбраны прямоугольные каналы промышленных размеров ширина  $B$

которых составляла 3,2 см, а высота Н для разных каналов равнялась 0,2 см , 0,4 см , 0,8 см , 1,6 см и 3,2 см, охватывая случаи от плоскощелевого канала, используемого для вискозиметрических исследований в качестве плоской щели, до квадратного канала. Условные обозначения каналов 2×32, 4×32, 8×32, 16×32, 32×32, имея в виду линейную размерность в мм. Естественно имели место незначительные технологические отклонения от основных размеров, которые были учтены при определении гидравлических радиусов  $R_{\Gamma}$  каналов, которые соответственно составляли:  $R_{\Gamma_{2 \times 32}} = 0,0942$  см ;  $R_{\Gamma_{4 \times 32}} = 0,176$  см ;  $R_{\Gamma_{8 \times 32}} = 0,323$  см ;  $R_{\Gamma_{16 \times 32}} = 0,53$  см  $R_{\Gamma_{32 \times 32}} = 0,799$  см. Величина гидравлического радиуса определялась по формуле:

$$R_{\Gamma} = \frac{S}{\chi} \quad (1)$$

где  $S$  – площадь “живого” сечения канала,  $\chi$  - смоченный периметр канала.

Величина гидравлического радиуса  $R_{\Gamma}$  в дальнейшем использовалась для определения консистентных переменных Рейнера  $\tau_{R_{\Gamma}}$  и  $\Gamma_{R_{\Gamma}}$  в предположении, что гидравлическое сопротивление прямоугольных каналов эквивалентно гидравлическому сопротивлению круглых каналов с размерами, равными указанным выше гидравлическим радиусам [8].

При этом среднее по периметру напряжение трения или иначе напряжение сдвига на стенке канала определялось как

$$\tau_{R_{\Gamma}} = \frac{\Delta P \cdot R_{\Gamma}}{L} \quad (2)$$

где  $\Delta P$  - перепад давления на участке канала длиной  $L$ .

Величина эффективного градиента скорости вычислялась по формуле

$$\Gamma_{R_{\Gamma}} = \frac{Q}{2\pi R_{\Gamma}^3} \quad (3)$$

где  $Q$  – объемный расход.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вискозиметрический эксперимент по изучению течения ударопрочного полистирола в прямоугольных каналах проводился по методике проведения вискозиметрических исследований для круглых каналов. В результате с использованием формул (1), (2) и (3) были определены консистентные кривые течения для прямоугольных каналов 2×32, 4×32, 8×32, 16×32, 32×32 и температур 150°С и 190°С. Консистентные кривые течения были построены в двойных логарифмических координатах и совмещены на одном поле графиков для каждой из исследуемых температур. Для температур  $T = 150^{\circ}\text{C}$  и  $T = 190^{\circ}\text{C}$  консистентные кривые течения показаны на рис.1 и рис 2.

Консистентные кривые течения для температур 150 °С и 190 °С проявляют неинвариантность относительно гидравлических радиусов прямоугольных каналов.

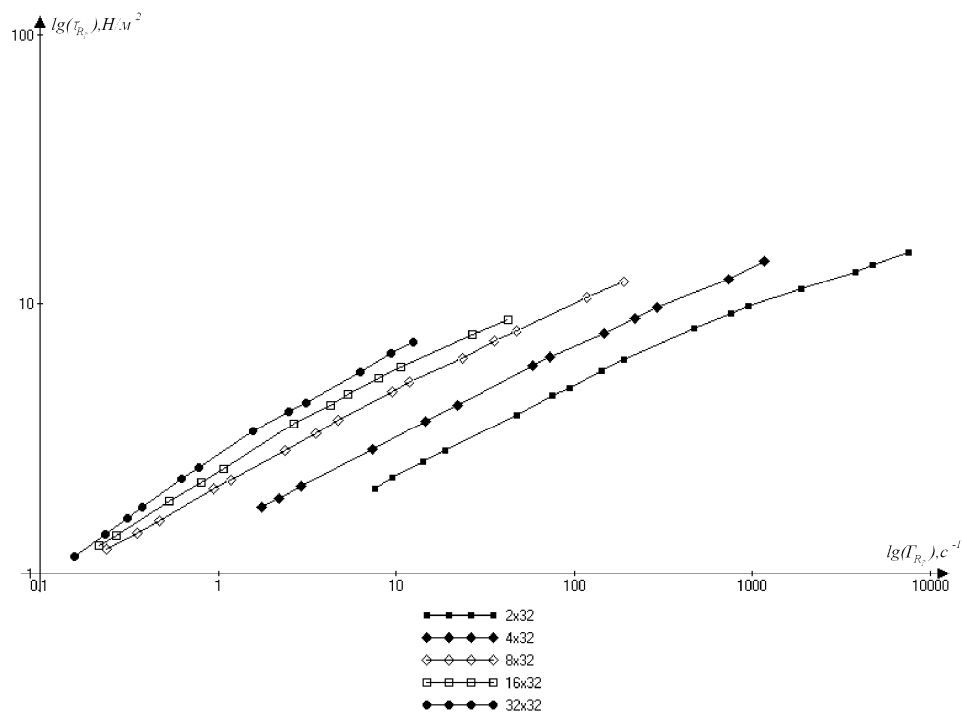


Рис.1 Консистентные кривые течения расплава ударпрочного полистирола УП-1ЛА при температуре  $T = 150 \text{ }^\circ\text{C}$

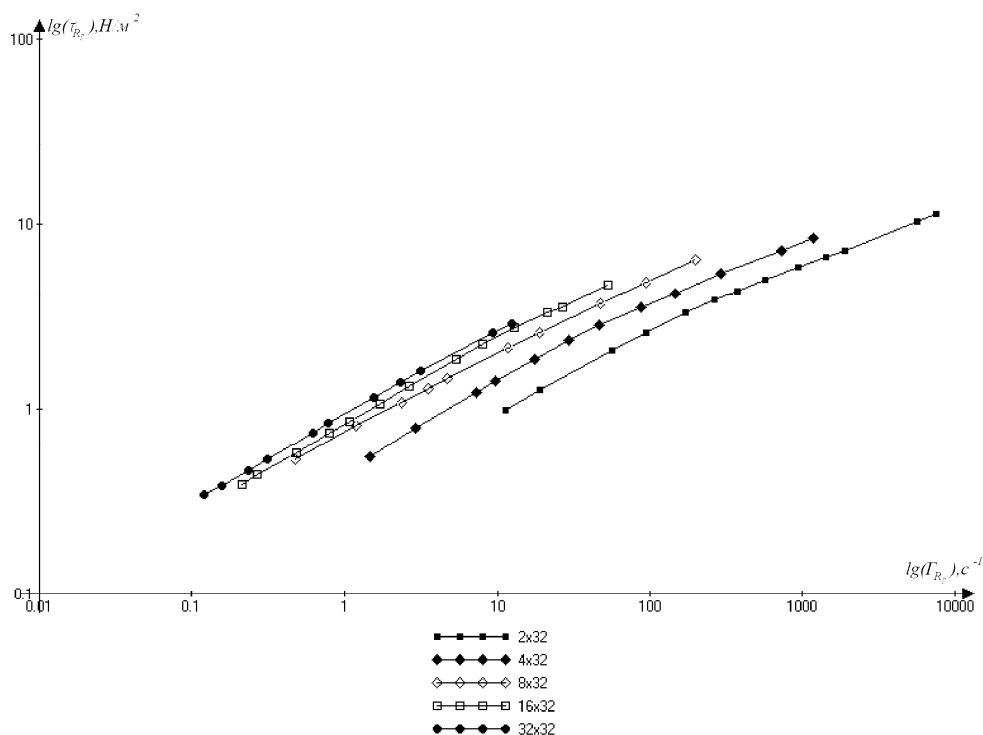


Рис.2 Консистентные кривые течения расплава ударпрочного полистирола УП-1ЛА при температуре  $T = 190 \text{ }^\circ\text{C}$

В случае течения расплава ударпрочного полистирола причиной неинвариантности кривых течения можно считать сложный механизм течения расплава, связанный с его структурными превращениями при деформировании и влияние прямоугольной формы исследуемых каналов. Сравнительная оценка консистентных кривых

течения также позволяет утверждать, что использование гидравлической аналогии равенства сопротивлений прямоугольных и круглых каналов с применением понятия гидравлического радиуса как способа приведения кривых течения полимера к инвариантному виду в условиях эффективного скольжения расплава ударопрочного полистирола не находит экспериментального подтверждения и нуждается в дополнительных изучении и оценке.

С этой точки зрения определенный практический интерес представляет оценка отклонения величины эффективного градиента скорости  $\Gamma_{R_f}$  для неинвариантных консистентных кривых течения, при одинаковой величине напряжения сдвига  $\tau_{R_f}$  на стенке каналов. Результаты сравнительной оценки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Оценка отклонения величины эффективного градиента скорости  $\Gamma_{R_f}$ , при одинаковой величине напряжения сдвига  $\tau_{R_f}$  на стенке каналов  $2 \times 32$  и  $32 \times 32$  ( $T = 150$  °С).

$\tau_{R_f}, \text{H} / \text{см}^2$	7	6	5	4	3	2,1
$\Gamma_{R_f, 2 \times 32}, \text{с}^{-1}$	270	160	98	54	23	7,6
$\Gamma_{R_f, 32 \times 32}, \text{с}^{-1}$	11,5	7,8	5,0	2,6	1,2	0,58
$\frac{\Gamma_{R_f, 2 \times 32}, \text{с}^{-1}}{\Gamma_{R_f, 32 \times 32}, \text{с}^{-1}}$	23,48	20,5	19,6	20,77	19,16	13,1

## ВЫВОД

Из таблиц следует, что использование величин гидравлических радиусов, рассчитанных по формуле (1) приводит к значительным ошибкам при определении эффективного градиента скорости для всех рассматриваемых каналов. Так, например, при течении расплава ударопрочного полистирола в канале  $32 \times 32$  и температуре  $150$  °С эффективный градиент скорости  $\Gamma_{R_f, 32 \times 32}$  оказался по величине в 19,6 раза меньше, чем эффективный градиент скорости  $\Gamma_{R_f, 2 \times 32}$ . При этом сравнение указанных величин проводилось при одинаковой величине напряжения сдвига на стенке канала  $\tau_{R_f} = 5$  Н/см<sup>2</sup> (таблица 1). Эффективные градиенты скорости  $\Gamma_{R_f, 16 \times 32}$ ,  $\Gamma_{R_f, 8 \times 32}$  и  $\Gamma_{R_f, 4 \times 32}$  меньше, чем эффективный градиент скорости  $\Gamma_{R_f, 2 \times 32}$  в 14–0, 14–7,6 и 4,6–2,5 раз соответственно, при значениях напряжения сдвига  $\tau_{R_f}$  9–2,1, 12,5–2,1 и 14,5–2,1 Н/см<sup>2</sup>.

Относительно влияния температуры на величины эффективных градиентов скорости, можно отметить, что повышение температуры приводит к уменьшению разницы в величинах реологических характеристик, определенных с помощью гидравлического радиуса для каналов  $4 \times 32$ ,  $8 \times 32$ ,  $16 \times 32$ ,  $32 \times 32$  и сравниваемых с реологическими характеристиками канала  $2 \times 32$ .

Кривые течения для каналов  $4 \times 32$ ,  $8 \times 32$ ,  $16 \times 32$ ,  $32 \times 32$  должны бы были накладываться на консистентную кривую течения для канала  $2 \times 32$ , если бы гидравлический радиус выполнял бы роль константы приведения и обеспечивал

равенство сопротивлений каналов с круглой и прямоугольной формой “живого” (поперечного) сечения.

#### Список литературы

1. Андрианов Г.П., Бакеев Ю.Ф., Козлов П.В. Структурная пластификация полимеров, - Высокомолекулярные соединения, 1971, 8(А), №2, с.266-276.
  2. Джагарова Е.Х. Реологические особенности некоторых полистирольных пластиков, - Пластические массы, 1971, №12, с.22-24.
  3. Инсарова Н.Н. Исследование потери устойчивости расплава полистирола поляризационно-оптическим методом, - Механика полимеров, 1969, №3, с.612-620.
  4. Рябинин Д.Д., Жданов Ю.А., Лотоцкий Ю.В. Особенности течения расплава ударопрочного полистирола в формирующих каналах, - Химическая технология, 1978, №4, с.43-47.
  5. Рябинин Д.Д., Жданов Ю.А., Лотоцкий Ю.В., Прихна Т.А. Течение ударопрочного полистирола в цилиндрических каналах, - Химическое машиностроение, 1979, вып.30, с.7-10.
  6. Рябинин Д.Д., Горбатов А.И., Полякова Л.А., О реологических характеристиках ударопрочного полистирола, - Рук. док. в УкрНИИНТИ, №2646- Ук.86, с.11.
  7. Рябинин Д.Д., Горбатов А.И., Мишалов В.Г., Реологические особенности течения аномально-вязкой жидкости в круглых цилиндрических каналах. - Рук. док. в УкрНИИНТИ, №6- Ук.88, с.11.
- Рябінін Д.Д., Мотін А.М. Про реологічний аспект використання поняття гідравлічного радіуса.- Вестник Национального технического университета Украины “Киевский политехнический институт”. Машиностроение, 2001, вып.41, с.55-59.

УДК 621.647.23

**А.Ф. Луговской, д-р.техн.наук, проф., Н.С. Шидловский, канд.техн.наук, доц.,  
И. А. Гришко, ас., С.О. Кравченко, магистр.  
НТУ Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина**

#### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИОННОЙ СТИРКИ**

---

*Досліджено зміну характеристик міцності різних тканин та якість видалення забруднень при пранні в машинах барабанного типу та при кавітаційному пранні в ультразвуковому полі малоамплітудного та високоамплітудного вібраційних приводів.*

*An investigation is changing strength characteristics of different fabrics and quality of the removal of impurities in the washing machines in the drum-type washing and cavitation in the field ultrasound small and highamplitude vibration actuators.*

---

Одной из проблем настоящего времени является ухудшение общей санитарно-эпидемиологической обстановки в мире. С проблемой обеспечения инфекционной безопасности населения сталкиваются как индустриально развитые страны, так и страны с низким уровнем социально-экономического развития. Специалистами отмечается как активизация известных инфекционных заболеваний, так и появление ранее неизвестных инфекций, а так же таких особо опасных, как СПИД, устойчивая форма туберкулеза, геморрагические лихорадки, новые особо опасные формы гриппа и т.п.

В зоне повышенного риска оказывается не только население, но и медицинские работники, выполняющие свои профессиональные обязанности.