

В случае, если полимерные детали подвержены действию напряжений от вибраций, то долговечность можно определить

$$t_j [ \sigma (t) ] = A \exp(-\alpha \sigma_j) = A \exp(-\alpha V_j \omega_j \frac{E}{C} \cos \omega_j t),$$

где  $V_j$  — амплитуда колебаний  $j$ -й частоты;  $\omega_j$  —  $j$ -я угловая частота;  $C$  — скорость распространения звука в материале.

Индекс  $j$  соответствует определенной составляющей из спектра вибраций. Для расчета необходимо знать амплитудно-частотную характеристику машины или прибора. Из этой характеристики выбираются амплитуды и частоты наиболее существенных составляющих, для каждой из которых определяется критерий и подсчитывается сумма интегралов

$$\sum_j \int_0^{t_B} \frac{dt}{A \exp(-\alpha V_j \omega_j \frac{E}{C} \cos \omega_j t)} \leq 1, \quad (2)$$

где  $t_B$  — время действия вибраций на деталь.

Решение интеграла  $I_j$  (2) возможно по формуле (полное решение интеграла приведено в [3])

$$I_j = 2\pi \left[ \frac{1}{A\omega_j} + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{(\alpha V_j \omega_j C \rho)^{2m}}{(2m!!)^2} \right],$$

где  $\rho$  — плотность материала детали.

Так как ряд быстро сходится, то достаточно брать  $m = 4$ .

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. С т е п а н о в Р.Д., Ш л е н с к и й О.Ф. Введение в механику полимеров. — Саратов, 1975.
2. Справочник машиностроителя. — М., 1955, т. 3.
3. К у з н е ц о в В.П., Л е м б о в и ч Н.Б. Долговечность деталей из полимеров при действии вибрационных нагрузок. — В сб.: Приборостроение. — Мн., 1979, вып. 2.

УДК 532.135

А.К.ПАНОВ

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ ПРИ ТЕЧЕНИИ РАСПЛАВА ПОЛИЭТИЛЕНА В ПРИЗМАТИЧЕСКИХ КАНАЛАХ

Целью настоящей работы является представление экспериментальных данных по потерям давления на начальном участке и по всей длине призматических каналов при течении расплава полиэтилена.

Полученные экспериментальные данные по потерям давления на начальном участке и по всей длине сложного профиля позволяют решить вопрос о длине начального участка, установить длину участка развитого течения и определить величину потерь давления непосредственно на выходе из канала.

Определение потерь на начальном участке даст возможность получить соотношения между реологическими свойствами расплавов полимеров и геометрическими параметрами резервуара, а также формирующего канала.

Опыты проводились на призматических каналах: с поперечным сечением в виде треугольника с углом при вершине  $15^{\circ}$ ;  $45^{\circ}$ ;  $60^{\circ}$ ;  $90^{\circ}$ ; с-квадратным, крестообразным поперечными сечениями, для которых постоянной величиной были  $d_3 = 4,2$  мм и  $L/d_3 = 38$ . Кроме того, в опытах использовали канал круглого поперечного сечения диаметром 4,2 мм с соотношением  $L/d = 38$ .

Экспериментальное определение потерь давления на начальном участке и по длине основывалось на измерении нормальных напряжений, возникающих от деформации стенки канала тензометрическим методом, сущность которого заключалась в следующем: предварительно на исследуемый канал наклеивались тензометрические датчики типа 2ПК-5-100ГБ, сопротивление которых составляет 10100–10124 Ом. Для торирования тензометрических датчиков была разработана экспериментальная установка, показанная на рис. 1, основными элементами которой являются: тензометрическая станция ИД-70 1, поршневой манометр давления МП-250 3, тензометрические датчики 8, рабочий цилиндр 5 с вентилями 4 и канал 6.

Исследуемый канал с наклеенными тензометрическими датчиками устанавливался в рабочий цилиндр и закреплялся герметично с помощью гайки 9, после чего заглушался торцевой гайкой 7. Торирование производилось моторным маслом М-16 при давлении от 0 до  $250$  кгс/см<sup>2</sup>, создаваемым поршневым манометром давления МП-250. Регистрация показаний давления осуществлялась с помощью двух образцовых манометров 2. С помощью тензометрической станции ИД-70 измерялись статические деформации, возникающие в стенке канала.

Полученные данные были обработаны в виде торировочных графиков в координатах давления (кгс/см<sup>2</sup>) и напряжения (мВ), что позволяло быстро определить потери давления по длине канала.

Экспериментальные исследования распределения давлений при течении расплавов полимеров в призматических каналах проводились на опытной установке, состоящей из экструдера с червяком диаметром 40 мм и длиной 640 мм. Схема соединения исследуемого канала с тензометрическими датчиками к экструдеру показана на рис. 2.

Материалом исследования служил отечественный полиэтилен высокого давления марки 15802-020 ГОСТ 16337-70 с индексом текучести расплава 1,5...2,0/10 мин. Опыты проводились в широком диапазоне давлений от 20 до  $140$  кгс/см<sup>2</sup> при температуре  $130^{\circ}$  и  $150^{\circ}$ С.

Канал 6 устанавливался в соединительную головку 4 и закреплялся гайкой 5. Включались нагревательные элементы 3 материального цилиндра 2 и соединительной головки 4. Температура расплава перед входом в резервуар и выходом из канала измерялась термопарами 8 (хромель-копель), регулировалась и регистрировалась потенциометром ЭПР-09М3. Скорость нагрева каждого нагревательного элемента регулировалась автотрансформаторами, а сила тока контролировалась амперметрами. При достижении заданной температуры она поддерживалась с точностью  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , включался в работу нагнетательный червяк 1, с помощью которого расплав полиэтилена подавался в исследуемый канал. Регистрация давления перед входом в канал осуществлялась образцовым манометром 10. Манометр подсоединялся через датчик поршневого типа, заполненный силиконовым маслом.

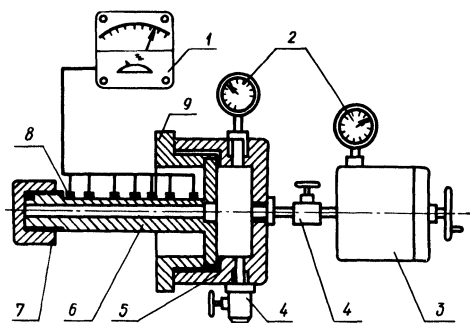


Рис. 1. Установка торирования тензометрических датчиков.

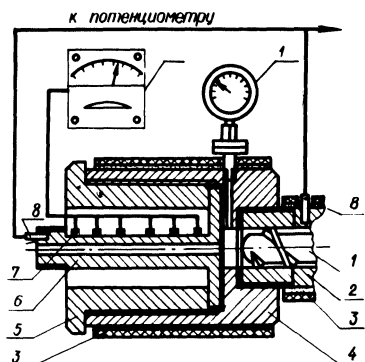


Рис. 2. Экспериментальная установка для исследования распределения давлений.

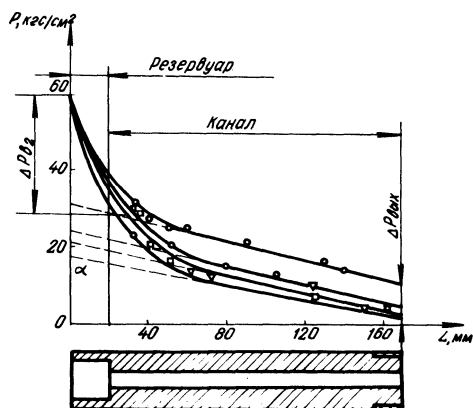


Рис. 3. Графики распределения давления в каналах при течении расплава полиэтилена при температуре  $150^{\circ}\text{C}$ :

1 — канал кругового сечения; 2 — канал квадратного сечения; 3 — канал крестообразного сечения; 4 — канал треугольного сечения с углом при вершине  $90^{\circ}$ .

При достижении ламинарного установившегося изотермического режима течения снимались показания потерь давления по длине канала, отградуированные в мВ, и регистрировались с помощью тензометрических датчиков 7 и тензометрической станции 9.

На рис. 3 представлены графики распределения осевого давления для расплава полиэтилена при  $T=150^{\circ}\text{C}$  в каналах круглого, треугольного, квадратного и крестообразного сечений.

Анализ результатов исследований показал, что основными факторами, влияющими на потери давления в начальном участке, являются давление, создаваемое перед входом в канал, и геометрическая форма сечения канала.

Полученные экспериментальные данные по потерям давления на начальном участке круглого канала хорошо согласуются с теорией [1].

$$\Delta P_{\text{вх}} = C \dot{\gamma}^d,$$

где  $C, d$  – характеристики материалов;  $\dot{\gamma}$  – скорость сдвига.

Из рис. 3 видно, что если прямолинейную часть распределения давлений по длине канала экстраполировать до входа в канал и выхода из него, то, очевидно, что графическим способом можно определить потери давления на начальном участке и остаточное давление на выходе из канала.

Так, для приведенных случаев потери давления на входе составляют: для круглого канала  $\Delta P_{\text{вх}}=31$  кгс/см<sup>2</sup>; для канала крестообразного сечения  $\Delta P_{\text{вх}}=37,5$  кгс/см<sup>2</sup>; для канала квадратного сечения  $\Delta P_{\text{вх}}=41$  кгс/см<sup>2</sup>; для канала треугольного сечения с учетом при вершине  $90^{\circ}$   $\Delta P_{\text{вх}}=45$  кгс/см<sup>2</sup>, при этом созданное давление перед входом в канал было  $P = 60$  кгс/см<sup>2</sup>.

Остаточное давление на выходе указанных выше каналов соответственно равнялось  $p_{\text{вых}}=10,5$  кгс/см<sup>2</sup>; 5 кгс/см<sup>2</sup>; 3 кгс/см<sup>2</sup>; 1,5 кгс/см<sup>2</sup>. Эти данные наглядно показывают, что потери на входе в призматических каналах значительно больше, чем в каналах поперечного сечения, а соответственно остаточное давление на выходе меньше.

В табл. 1 приведены данные по распределению давления на начальном участке и по длине каналов круглого и треугольного сечений при течении расплава полиэтилена при температуре  $130^{\circ}\text{C}$  и  $150^{\circ}\text{C}$ .

Приведенные опытные данные по распределению давления по длине канала показывают, что температура оказывает влияние на распределение давлений по длине и на начальном участке и на выходе из формующей головки.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что потери на начальном участке и распределение давлений по всей длине призматических каналов имеет более сложный характер по сравнению с распределением давления в канале круглого сечения. Поэтому целесообразно изучать распределение давлений на начальном участке и по длине в призматических каналах при течении расплавов полимеров.

Таблица 1

Полиэтилен, T = 130°C								Полиэтилен, T = 150°C							Канал круглого сечения d = 4,2 мм
P*, кгс/см <sup>2</sup>	L <sub>1</sub> = = 10мм	L <sub>2</sub> = = 20мм	L <sub>3</sub> = = 30мм	L <sub>4</sub> = = 40мм	L <sub>5</sub> = = 70мм	L <sub>6</sub> = = 110мм	L <sub>7</sub> = = 120мм	L <sub>1</sub> = = 10мм	L <sub>2</sub> = = 20мм	L <sub>3</sub> = = 30мм	L <sub>4</sub> = = 40мм	L <sub>5</sub> = = 70мм	L <sub>6</sub> = = 110мм	L <sub>7</sub> = = 120мм	
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	
20	18	17	15	14,2	13	12,6	12	16	15	14	13,5	13	12	11	
40	45	24	22	20,5	19	18	16,5	23	22	21	19	17	16	13,0	
60	32	30	28	26	24	20	19	31	28	27	26	23	18	14,5	
80	45	42	39	37	31	26,5	25,5	36	34	33,5	32	30	27	23	
100	55	48	39	35	31	29,5	28	44	40	39	34	30,5	28	25	
120	74	64	50	42,5	39	37	34	50	47	45	40	36	32,5	29	
130	80	67	61	56	50,5	45	39	57	54	51	50	47	43	41	

P*, кгс/см <sup>2</sup>	L <sub>1</sub> = 11 мм	L <sub>2</sub> = 21 мм	L <sub>3</sub> = 40 мм	L <sub>4</sub> = 50 мм	L <sub>5</sub> = 103 мм	L <sub>1</sub> = 11 мм	L <sub>2</sub> = 21 мм	L <sub>3</sub> = 40 мм	L <sub>4</sub> = 50 мм	L <sub>5</sub> = 103 мм	Канал треугольного сечения с углом при вершине 90°
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
20	15	13,5	12	11	10	12	9	8	7	6	
40	21	18	14	12,5	11,5	20	17	11	10	9	
60	32	20	14,8	14	13	29	19	13,5	12	10	
80	44	27	19,5	15	14	42	24	15	14	12	
100	57	35	28,5	17	15	54	32	20	16	14	
120	71	41	21	19	16	63	39	20	18	15	
140	86	47	29,5	25	18	80	42	23	20	17	

\*P — общее давление перед входом в канал.

Полученные экспериментальные данные имеют практический интерес для проектирования формующего инструмента сложного профиля с учетом давления на входе и выходе из канала, а также дают возможность точно определить длину начального участка формующей части мундштука.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Han C. Entrance Region Flow of Polymer Melts. — AIChE Journal, 1971, v. 17, N 6.

УДК 531.3+629.11.012.5

М.А.ЛЕВИН

**ПО ПОВОДУ СТАТЬИ Ю.А.ГУРВИЧА "ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО  
МОМЕНТА ПРИ БОКОВОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ДЕФОРМИРУЕМОГО КОЛЕСА".  
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА. МИНСК, 1978. ВЫП. 5**

В процессе редактирования сборника автор статьи [1] Ю.А.Гурвич без ведома редакционной коллегии и по недосмотру редакции включил дополнение, содержащее ряд ошибок.