

**СЕКЦИЯ 4. НОВЕЙШИЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПОДВОДНОГО ИЗУЧЕНИЯ ШЕЛЬФА АРКТИКИ
И ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ**

Литература

1. ГОСТ 5272-68 Коррозия металлов. Термины.
2. ИЗОФЛЕКС И МЕРЗЛОТА. URL: http://journal.plastic-pipes.ru/sites/default/files/journal/2010/05/journal_pp_2010-2_64-66. Дата обращения 08.06.16.
3. ВСН 013-88 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов в условиях вечной мерзлоты.
4. СНиП III-42-80* Магистральные трубопроводы.
5. ВСН 003-88 Строительство и проектирование трубопроводов из пластмассовых труб.
6. Географический портал. URL: <http://geo-site.ru/index.php/2011-01-09-16-50-20/68-2011-01-05-09-18-30/561-vechnaya-merzlota.html>. Дата обращения 06.06.16.
7. Технология композитов. URL: <http://tk.perm.ru>. Дата обращения 07.06.2016.
8. Справка отказов от ведущего специалиста ООО «Норд Империял», 15.02.2016.
9. СТО ЛУКОЙЛ 1.19.3–2013 Трубопроводы промысловые из альтернативных материалов в нефтегазодобывающих организациях Группы «ЛУКОЙЛ».

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТРУБОПРОВОДНОГО
ТРАНСПОРТА УГЛЕВОДОРОДОВ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

А.В. Поликарпов, В.Н. Манжай

Научный руководитель профессор В.Н. Манжай

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия*

После растворения в турбулентном потоке полимера большой молекулярной массы ($M_r > 1 \cdot 10^5$) происходит не только увеличение вязкости жидкости, но также и увеличение скорости течения более вязкого полимерного раствора по сравнению со скоростью течения исходного маловязкого растворителя. За свою непредсказуемость и парадоксальность это явление получило название эффекта снижения гидродинамического сопротивления или эффекта Томса [1]. Установлено, что присутствие полимерных макромолекул в турбулентном потоке приводит к уменьшению коэффициента гидродинамического сопротивления (λ), входящего в

уравнение Дарси – Вейсбаха $\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{4\pi^2 \cdot R_w^5} \cdot \rho \cdot Q^2$, в соответствие с которым

наблюдается либо увеличение объёмной скорости течения при заданном перепаде давления ($\Delta P = \text{const}$), либо уменьшение потерь давления на трение при постоянном объёмном расходе ($Q = \text{const}$). Экспериментально определено [2], что коэффициенты гидродинамического сопротивления полимерных растворов тем меньше, чем выше их концентрация и чем больше молекулярная масса полимерного образца. Такая закономерность наблюдается при турбулентном течении как водорастворимых, так и нефтерастворимых полимеров.

При транспорте нефти с противотурбулентными добавками по трубопроводам происходит одновременное уменьшение потерь давления на трение и увеличение объёмного расхода. Поэтому величину эффекта снижения гидродинамического сопротивления (эффекта Томса), характеризующую процент уменьшения энергетических затрат ($DR, \%$) на перекачку полимерных растворов (p) по сравнению с исходным растворителем (s), рассчитывают по формуле

$$DR, \% = \frac{\lambda_s - \lambda_p}{\lambda_s} \cdot 100\% \quad (1)$$

В последнюю четверть века для интенсификации перекачки жидких углеводородов активно применяют высокомолекулярные полимеры, при введении которых в ничтожно малом количестве (5 – 10 г/м³) в поток нефти происходит увеличение скорости её течения на 20 – 30%. Сейчас противотурбулентные присадки в промышленных масштабах используют в регионах мира с относительно мягким климатом, поэтому актуальной задачей является теоретическое и экспериментальное обоснование применения таких присадок в зонах с отрицательной среднегодовой температурой.

Из обыденной практики известно, что при понижении температуры вязкость жидкостей увеличивается и, следовательно, их текучесть уменьшается. Но парадоксальность эффекта Томса проявилась и в этих условиях. Оказалось, что при понижении температуры наблюдается также и уменьшение коэффициента гидродинамического сопротивления (рис. 1) и, следовательно, в соответствии с формулой (1) происходит рост эффекта (DR), т.е. увеличение энергосбережения. Но широко применяемая формула (1) не отражает полной функциональной зависимости эффекта Томса от внешних условий, в частности, в явном виде не показывает влияния температуры (T) на скорость течения полимерного раствора.

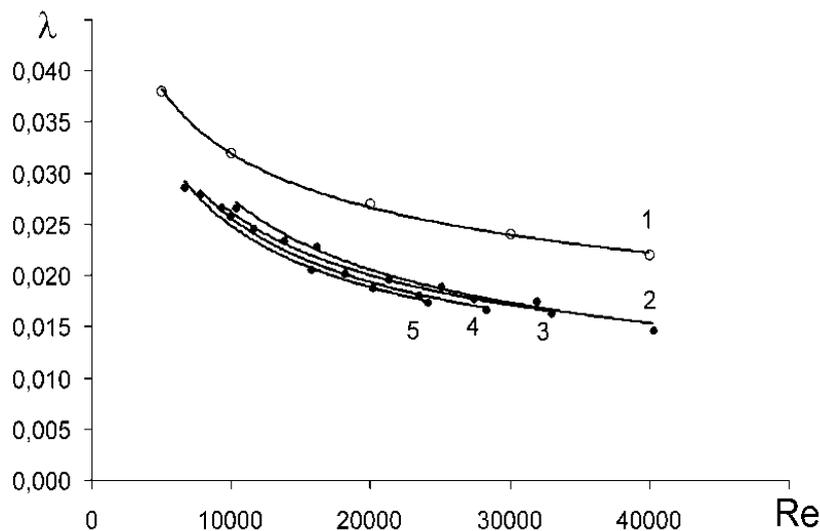


Рис. 1. Зависимость коэффициента сопротивления (λ) от числа Рейнольдса:
1 – кривая Блазиуса для чистого растворителя (толуола) $\lambda_{\text{тип.}} = 0,3164 / \text{Re}^{0,25}$;
раствор полимера в бензине ($C = 10 \text{ г/м}^3$) при различных температурах:
2 – $T = 323 \text{ K}$; 3 – $T = 308 \text{ K}$; 4 – $T = 293 \text{ K}$; 5 – $T = 283 \text{ K}$

После проведения теоретических исследований получено уравнение (2), описывающее зависимость приращение объёмной скорости турбулентного течения растворов полимеров (ΔQ) от гидродинамических параметров течения и физико-химических характеристик полимеров

$$\Delta Q = \pi R_w^2 \cdot \psi \cdot \tau_w \cdot \left(\frac{M \cdot [\eta]}{\rho \cdot R} \right)^{1/2} \cdot \left(\frac{1}{T} \right)^{1/2} \quad (2)$$

СЕКЦИЯ 4. НОВЕЙШИЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОДВОДНОГО ИЗУЧЕНИЯ ШЕЛЬФА АРКТИКИ И ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

где $\Delta Q = Q_p - Q_s$ – величина приращения объёмного расхода полимерного раствора (Q_p) по сравнению с объёмным расходом растворителя (Q_s) при одинаковых значениях напряжений сдвига; $\psi = \frac{[\eta] \cdot C}{1 + [\eta] \cdot C}$ – объёмная доля полимерных

клубков в растворе, зависящая от $[\eta]$ – характеристической вязкости и концентрации полимерного раствора (C); $\tau_w = \frac{\Delta P}{2L} \cdot R_w$ – напряжение сдвига на стенке трубы, зависящее от перепада давления (ΔP) в цилиндрическом канале, длина и радиус которого (L) и (R_w); ρ – плотность растворителя; M – молярная масса образца полимера; R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура.

Из уравнения (2) следует, что при уменьшении температуры должна увеличиваться объёмная скорость турбулентного течения полимерного раствора. Таким образом, теоретические исследования и их экспериментальное подтверждение (рис. 1) свидетельствуют о перспективности применения энергосберегающей технологии трубопроводного транспорта жидких углеводородов с полимерными добавками.

Литература

1. В. А. Toms. Proceeding International Congress on Rheology. 1949. Vol.2, p. 135–141.
2. М.М. Гареев, Ю.В. Лисин, В.Н. Манжай, А.М. Шаммазов. Противотурбулентные присадки для снижения гидравлического сопротивления трубопроводов. С.-Пб.: Недра, 2013, 228 с.

ДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ С ЕГО УПРУГОЗАКРЕПЛЕННОЙ СТЕНКОЙ

А.А. Попова, Е.В. Попова

Научный руководитель профессор Д.В. Кондратов

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия*

Рассмотрим динамику взаимодействия сильновязкой жидкости в кольцевом канале, с внутренней стенкой, обладающей упругой податливостью. Стенка – это жесткий цилиндр, имеющий упругую связь и совершающий гармонические колебания в горизонтальной плоскости под действием гармонически изменяющейся силы $F = F_m \sin(\omega t)$, где F_m – амплитуда возмущения, ω – частота колебаний, t – время. Данная модель может быть использована для упрощенного описания упругих свойств внутреннего цилиндра. Для этого жесткость упругой связи и приведенную массу цилиндра определим по методу приведенной массы [2]. Расположим декартову систему координат и связанную с ней цилиндрическую систему координат в центре канала (рис.1). Амплитуда колебаний стенки z_m принимается значительно меньшей, чем толщина слоя жидкости в канале δ . Длина канала ℓ , радиус внутреннего цилиндра $R \gg \delta$. На правом торце канала имеет место свободное истечение в ту же жидкость с постоянным давлением p_0 , на левом – отсутствие торцевого истечения, т.е. $\partial p / \partial x = 0$ [3].

Уравнения движения внутренней стенки канала (цилиндра) имеет вид

$$m\ddot{z} + n\dot{z} = N + F, \quad (1)$$