

$$\begin{aligned} \text{Lag}[n, \alpha, x] &:= \frac{1}{n} * ((2 * (n-1) - \alpha + 1 - x) * \text{Lag}[n-1, \alpha, x] - (n-1 + \alpha) * \text{Lag}[n-2, \alpha, x]); \\ \text{Lag}[0, \alpha, x] &:= \text{LaguerreL}[0, \alpha, x]; \quad \text{Lag}[1, \alpha, x] := \text{LaguerreL}[1, \alpha, x]; \\ \text{Lag}[2, \alpha, x] &:= \text{LaguerreL}[2, \alpha, x]; \\ \text{Lagdyn}[n, \alpha, x] &:= \text{Lagdyn}[n, \alpha, x] = \\ &= \frac{1}{n} * ((2 * (n-1) + \alpha + 1 - x) * \text{Lagdyn}[n-1, \alpha, x] - (n-1 + \alpha) * \text{Lagdyn}[n-2, \alpha, x]); \\ \text{Lagdyn}[0, \alpha, x] &:= \text{LaguerreL}[0, \alpha, x]; \quad \text{Lagdyn}[1, \alpha, x] := \text{LaguerreL}[1, \alpha, x]; \\ \text{Lagdyn}[2, \alpha, x] &:= \text{LaguerreL}[2, \alpha, x]; \quad n := 25; \\ \{\text{Lag}[n, \alpha, x]; // \text{Timing}, \text{Lagdyn}[n, \alpha, x]; // \text{Timing}\} \\ \{7.982\text{Second}, \text{Null}\}, \{0.39\text{Second}, \text{Null}\} \end{aligned}$$

Из этого примера видно, что применение динамического программирования существенно экономит время расчетов.

Литература.

1. Давыдов А.С. Квантовая механика. – М.: Наука, 1973.
2. M. van Iersel, C.F.M. van der Burgh, and D.L.G. Bakker Techniques for solving bound state problems Preprint hep-ph/0010243.

СНИЖЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ РАСТВОРАМИ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛИМЕРОВ

А.В. Бородин

Научный руководитель – В.Г. Родненков

**Институт механики металлополимерных систем
им. В.А. Белого НАНБ**

Изложены результаты исследования эффективности снижения гидродинамического трения растворами синтетических каучуков, использованных в качестве антитурбулентных присадок к летному дизельному топливу. Показана зависимость антитурбулентной эффективности данных растворов от концентрации полимеров в исследуемой среде. Установлено явление деструкции полимерных добавок в турбулентном потоке. Предложены параметры для оценки возможности использования полимерных материалов в качестве антитурбулентных присадок.

Введение

Применение антитурбулентных добавок в трубопроводном транспорте дает возможность значительно (порядка 50% и выше) повысить производительность трубопроводов без привлечения больших объемов капиталовложений и дополнительных материало- и энергозатрат.

В связи с этим исследования, направленные на разработку недорогих и, вместе с тем, высокоэффективных специальных добавок к нефтепродуктам представляют значительный интерес.

Цели и задачи исследований

Целью исследований была оценка в лабораторных условиях способности высокомолекулярных эластомеров различных классов снижать гидродинамическое трение в турбулентном потоке.

Методика исследований и материалы.

Исследования проводились на специально разработанной установке — турбореометре, позволяющем измерять время протекания через трубку определенного диаметра известной объема исследуемой жидкости как с антитурбулентными добавками, так и без них.

Коэффициент снижения гидродинамического сопротивления или антитурбулентная эффективность добавки для таких установок рассчитываются по формуле

$$\psi = [1 - (t_2 / t_1)^2] * 100 \% \quad (1)$$

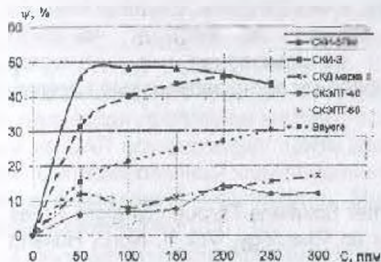
где t_1 - время истечения чистой жидкости; t_2 - время истечения раствора полимера.

В качестве антитурбулентных добавок использовались растворы следующих синтетических каучуков в толуоле: этилен-пропиленовые СКЭПТ-40 и СКЭПТ-60, бутадиеновый каучук СКД марки II, каучук фирмы Bayer PT 2070 Ticket 895 LOT 0008131, полиизопреновые каучуки СКИ-3 и СКИ-5М. Растворы указанных полимеров вводились в летнее дизельное топливо (ДТ). Концентрация полимера в перекачиваемой среде изменялась от 50 до 300 ппм (1 ппм – одна миллионная доля или 1 грамм на тонну)

Результаты эксперимента.

Проведенные лабораторные исследования показали, что добавки малого количества эластомеров в турбулентный поток позволяют значительно снизить турбулентность в потоке и, соответственно, гидродинамические потери в нем. Полученные в ходе экспериментов результаты представлены на рис. 1

Рисунок 1 - Антитурбулентная эффективность синтетических каучуков в зависимости от их концентрации в ДТ.

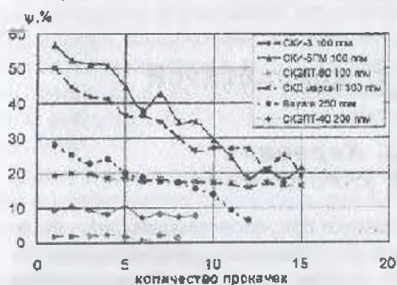


Как видно из рис. 1, зависимость антитурбулентной эффективности для синтетических каучуков от их концентрации в ДТ носит экстремальный характер (у полиизопреновых каучуков СКИ), либо по достижении определенного содержания каучука в перекачиваемой среде приобретает постоянное значение.

Анализ приведенных на рис. 1 результатов показывает, что наибольшей антитурбулентной эффективностью среди исследуемых каучуков обладают полиизопреновые. Максимальное значение антитурбулентной эффективности составило 48% для полиизопренового каучука СКИ-5М при его концентрации в перекачиваемой среде 100 ппм

В процессе исследований было установлено, что при многократном прокачивании ДТ с присадкой через измерительную трубку турбореометра наблюдается снижение эффективности полимерной присадки, что объясняется деструкцией макромолекул каучука под действием сдвиговых напряжений турбулентного потока.

Рисунок 2 - Зависимость антитурбулентной эффективности синтетических каучуков от количества пропускания через измерительную трубку турбореометра.



С увеличением количества трокачек антитурбулентная эффективность присадки уменьшается линейно и зависит от молекулярного веса используемого полимера (рис.2). Это связано с тем, что полимерные молекулы с большей молекулярной массой деструктируют быстрее в турбулентном потоке, чем молекулы с меньшей молекулярной массой.

Для оценки стойкости полимера к деструкции в турбулентном потоке предложен параметр стойкости:

$$k = \frac{l \cdot n}{d}, \quad (1)$$

где l – длина измерительной трубки турбореометра; d – ее внутренний диаметр; n – количество циклов испытаний, соответствующее 50 % -ному значению величины первоначального эффекта снижения гидродинамического сопротивления.

В нашем случае $d=0,004$ м, $l=0,9$ м

Очевидно, что приемлемость каучука в качестве антитурбулентной присадки определяется его антитурбулентной эффективностью, стойкостью к деструкции и концентрацией присадки. То-

гда для оценки приемлемости каучука в качестве антитурбулентной присадки можно предложить параметр приемлемости:

$$P = \frac{k \cdot \psi}{c} \quad (2)$$

где k – показатель стойкости полимера к механодеструкции; ψ – максимальная антитурбулентная эффективность присадки в процентах, c – концентрация, соответствующая максимальной антитурбулентной эффективностью присадки в промилях.

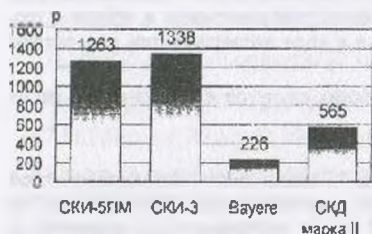


Рисунок 3 - Значение параметра приемлемости P для синтетических каучуков различных классов.

Рассчитанные для исследованных каучуков значения показателя приемлемости представлены на рисунке 3. Как следует из рисунка, наиболее приемлемы для использования в качестве антитурбулентных присадок полиизопреновые каучуки.

Литература.

1. Toms B.A. "Some Observations on the Flow of Linear Polymer Solutions Through Straight Tubes at large Reynolds Numbers" Proceedings International Congress on Rheology, Vol. II, North Holland Publishing Co. Amsterdam, 1949. p.135
2. «Производство и использование эластомеров», № 25, 2000, с 22-25.
3. El'perin I.T., Smol'skii B.M. and Leventhal L.I. "Decreasing the Hydrodynamic Resistance of Pipelines". International Chemical Engineering, Vol. 7, 1967, p.276.
4. Tulin M.P. "Hydrodynamic Aspects of Macromolecular Solutions". Proceedings 6th Symposium on Naval Hydrodynamics, Washington ONR ACR-136, 1966, p.3.
5. Elata C. and Poreh M., "Momentum Transfer in Turbulent Shear Flow of an Elastico – Viscous Fluid" Rheologica Acta, Vol 5, 1965, p.148
6. Patterson G.K. and Zakin J.L. "Prediction of Drag Reduction with a Viscoelastic Model". AIChE Journal, Vol. 14, 1968, p.434.

СОПРЯЖЕНИЕ СПЕКТРОМЕТРА ЭПР С КОМПЬЮТЕРОМ

А.В. Адакимчик

Научный руководитель – И.А. Карпович
Белорусский государственный университет

Для проведения физических экспериментов на кафедре физики полупроводников физическо-го факультета Белорусского Государственного Университета потребовалось модернизировать спектрометр электронного парамагнитного резонанса. Для модернизации был предоставлен спектрометр E-Line EPR spectrometer system фирмы Varian.

В конструкции спектрометра применяются механический самописец, аналоговые фильтры и генераторы, сопряжение которых с компьютером вызывает ряд трудностей. Сопряжение спектрометра с компьютером дает преимущества: оперативное и наглядное управление режимами работы спектрометра, меньшие габариты и масса, возможность реализации различных программных способов обработки поступающих со спектрометра данных (например, цифровая фильтрация сигнала)

Для решения поставленной задачи предлагается следующий вариант модернизации:

-ступенчатый модулирующий генератор заменить главным генератором с диапазоном частот 0,01 ... 50000 Гц и возможностью программного управления.

-приемный усилитель со ступенчатым переключением коэффициента усиления механическими переключателями заменить на аналогичный по функциям усилитель на современной элементной базе с возможностью программного управления.