

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

перспективные возможности для более обширного освоения этой богатой и уникальной территории.

### Литература

1. Минкин М.А. Потапова О.А. Особенности обустройства северных нефтяных и газовых месторождений России и основания и фундаменты зданий и сооружений объектов обустройства // Вестник МГСУ. 2006. № 1.С. 180–187.

### МЕХАНИЗМЫ ЛАМИНАРНО-ТУРБУЛЕНТНЫХ ПЕРЕХОДОВ ПРИ ТРАНСПОРТЕ ВЯЗКИХ И ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКИХ СРЕД В ТРУБОПРОВОДАХ

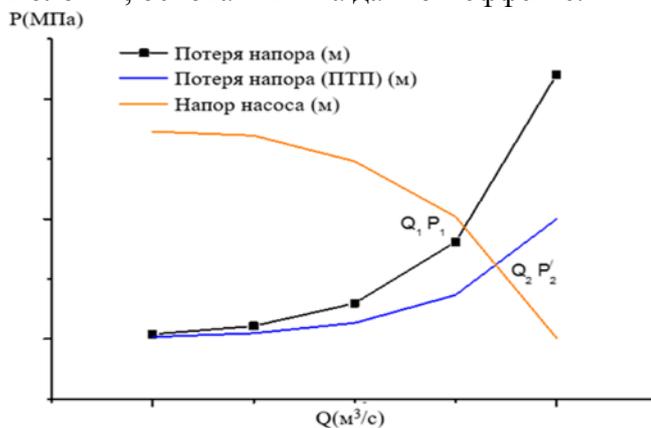
**П.О. Дедеев**

Научный руководитель профессор С.Н. Харламов

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

С давних пор в инженерных сооружениях учитываются физические особенности течения жидких сред. Более того, человека всегда привлекала идея влиять на физические характеристики потоков, добиваясь нужных показателей. В свете этого обстоятельства ламинарно-турбулентные переходы всегда занимали важное место в учете особенностей потока. Развитый турбулентный поток может, как помешать транспорту вязких жидких сред, так и интенсифицировать теплообмен в теплообменных аппаратах. А ламинарный режим, напротив, может снизить расходы перекачивающих мощностей на трение в трубопроводах. Возможность влиять на ламинарно-турбулентные переходы, добиваясь нужного режима течения – сущность множества инженерных изобретений.

Одним из перспективных способов управления механизмами ламинарно-турбулентных переходов является использование полимерных материалов, которые позволяют достаточно эффективно наращивать пропускную способность трубопроводных систем [2]. Основной положительной особенностью этого явления, также известного как эффект Томса [2], является ламинаризация потока, т.е. придание потоку ламинарных свойств путём уменьшения трения на стенках трубопровода. Применение противотурбулентных присадок (ПТП) позволяет увеличить пропускную способность, не прибегая к внесению критических изменений в оборудовании и трубах, что, несомненно, является критерием гибкости использования технологии, основанных на данном эффекте.



**Рис.1** Качественное воздействие ПТП на показатели работы трубопроводной системы (давление  $P$ , расход  $Q$ )

Проведённые исследования, например, в работах [1,3,4] позволяют выявить ряд важных особенностей поведения полимерных присадок в технических системах:

- Ламинаризация потока полимерами наблюдается преимущественно в турбулентном режиме;
- У эффекта ламинаризации наблюдается асимптота, по достижению которой количество полимера уже не влияет на ламинаризацию потока;
- С ростом молекулярного веса полимера наблюдается увеличение эффективности присадки, что объясняется более сложной структурой полимерной цепочки, которая, в результате, эффективнее гасит турбулентные вихри;
- Смешение полимеров с разным молекулярным весом приводит к эффекту ламинаризации в такой степени, с которой бы ламинаризовал поток полимер с большим молекулярным весом, что может объясняться физическим взаимодействием молекул полимеров между собой;
- Эффект снижения турбулентного трения зависит от растворителя: чем лучше среда растворяет полимер, тем ниже концентрация для достижения требуемого эффекта;
- Существуют предельные длины молекул и предельные молекулярные массы, ниже которых эффекта снижения трения не наблюдается;
- Одиночные или недлинные цепочки полимеров также могут вызывать падение трения.

В работе Н.Р. Karami и Mowla D. [3] исследуется вопрос влияния температуры на эффективность присадки. Выяснено, что уменьшение температуры ведёт к падению эффективности присадки. Это актуализирует проблемы исследования синтеза морозоустойчивых полимерных молекул для арктических проектов. Предполагается, что уменьшение эффективности присадки связано в первую очередь с охрупчиванием полимерной цепочки, что ведёт к её физическому разрушению при механических воздействиях в потоке сырья. Следует также отметить, что поддержание температуры в интервале 15–30 градусов положительным образом сказывается на эффективности действия ПТП.

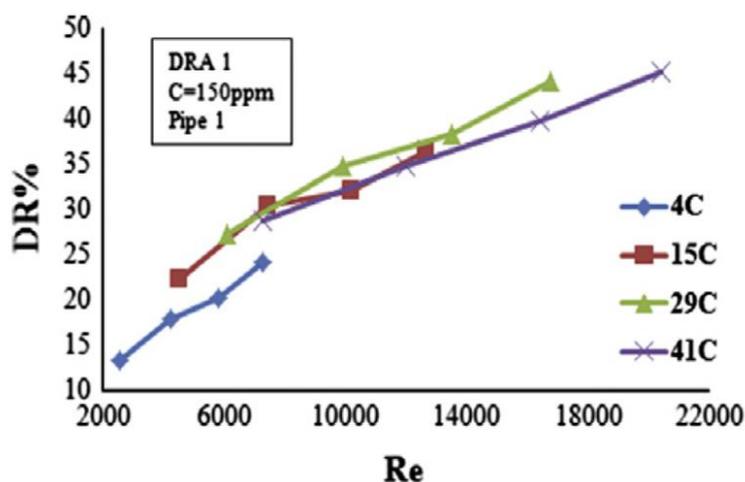


Рис.2 Экспериментальные данные о влиянии температуры на эффективность присадки [3]

Другим критическим прикладным замечанием является то, что ПТП неудовлетворительно воздействуют на поток вязкой среды (нефти) при больших диаметрах магистральных нефтепроводов [3]. Следует сфокусироваться на применении присадок в промысловых трубопроводах и магистральных нефтепроводах небольшого диаметра.

В целом, применение ПТП – это крайне эффективный способ управления турбулентным трением в вязких жидкостях в трубопроводах, однако для более точного моделирования эффекта требуется провести ряд расчетов для выявления подходящей математической модели. Некоторые успешные попытки моделирования ламинарно-турбулентных переводов при использовании ПТП [4] имеются, но находятся в стадии активной работы. На настоящий момент наблюдается недостаток экспериментальных данных по величинам турбулентной вязкости и кинетической энергии турбулентности, что не позволяет судить о границах применения тех или иных моделей турбулентности.

Следует отметить в заключении, что на настоящий момент явление воздействия ПТП на поток имеет слабую теоретическую изученность, вследствие чего нужно учитывать возможные отличия экспериментальных лабораторных исследований от промышленных результатов, которые могут оказаться не в пользу последних. Дальнейшие исследования следует сосредоточить на физико-математическом моделировании эффекта и подборе универсальной математической модели, что должно, в перспективе, позволить проводить расчеты различных типов противотурбулентных присадок на основе ряда данных – времени релаксации полимерной цепочки, характеристик её гибкости и разрушаемости.

Выполнено при частичной поддержке гранта *FP7-PEOPLE-2013-IFP, project #913974*.

#### Литература

1. Cunha F. R., Andreotti M. A Study of the Effect of Polymer Solution in Promoting Friction Reduction in Turbulent Channel Flow // *Journal of Fluids Engineering*, 2007. – Vol. 129. – pp. 491 – 505.
2. Toms B.A., Some observation on the flow of linear polymer solution through straight tubes at large Reynolds number // *Proceedings of the 1st International Congress on Rheology – North Holland, Amsterdam, The Netherlands, 1948.* – Vol. 2. – pp. 135–141.
3. Karami H.R., Mowla D. Investigation of the effects of various parameters on pressure drop reduction in crude oil pipelines by drag reducing agents // *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 2012. – Vol. 177–178. – pp. 37–45
4. Kharlamov S et al. Suppression of flow pulsation activity by relaxation process of additive effect on viscous media transport // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2015. – pp. 1–6.