

**СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

3. Земенкова М.Ю. Системный мониторинг показателей надежности объектов с использованием методов системного анализа технологических параметров трубопроводного транспорта: автореф. дис. ... канд./д-ра техн. наук. Тюм. гос. нефтегаз. университет, Тюмень, 2007
4. Земенков Ю. Д., Моисеев Б. В., Илюхин К. Н., Налобин Н. В. Математическая модель температурного режима трубопроводов в вечномерзлых грунтах//Известия вузов. Нефть и газ. -Тюмень, 2012, № 4. -С. 96-99.
5. Земенкова М.Ю., Сероштанов И.В., Курушина В.А., Торопов С.Ю., Земенков Ю.Д. Мониторинг надежности нефтегазового объекта с применением методов системного анализа // Территория Нефтегаз. -2013, № 10. -С. 80-86.
6. Костров В.А., Земенкова М.Ю., Соколов С.М., Чекардовский С.М., Рябков А.В. Разработка экспертной системы оценки показателей надежности оборудования трубопроводного транспорта углеводородов//Фундаментальные исследования. -Пенза: Издательский Дом «Академия Естествознания», №10, 2015.-С.274-278

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНЫХ ПРИСАДОК НА
НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДАХ**

А.А. Серебрянников, Б.О. Шагдуров

Научный руководитель – профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В нефтегазовой отрасли в последнее время наблюдается заметное повышение интереса к применению полимерных добавок в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов. Так называемые противотурбулентные присадки (ПТП) уже не первый год помогают решать проблемы магистральных трубопроводов, используемых для транспорта нефтепродуктов. Одной из причин распространения данной технологии является достаточно высокая эффективность их применения, а также легкость монтажа используемого оборудования в минимальный промежуток времени, что позволяет сэкономить значительные денежные ресурсы.

Цель работы: рассмотреть современные методы применения противотурбулентных присадок в нефтегазовом производстве, а также определить оптимальные значения концентраций рассматриваемого продукта для достижения необходимого увеличения производительности перекачки нефтепродуктов по существующим трубопроводам

Известно большое число теорий, объясняющих действие противотурбулентных присадок на поток жидкости в трубопроводах, но наибольшей популярностью пользуется модель образования флуктуационного слоя у стенок трубопровода [1]. Данная модель подразумевает образование специфического слоя полимера, который гидродинамически активен, у стенок трубы в следствие увеличения скорости потока жидкости. Данный слой движется в одно время со средой в трубопроводе. Этой причиной и объясняется снижение эффекта присадок из-за их разрушения по длине трубопровода.

В промышленных условиях во время применения ПТП проявляется так называемый «эффект насыщения» [2]. Он характеризуется тем, что при повышении концентрации присадок, закачиваемых в трубопровод, обязательно возникнет момент, когда увеличение концентрации приведет не к уменьшению гидравлического сопротивления, а к его увеличению. В результате этого наблюдается уменьшение расхода поток и его скорости течения. Эффективность присадки при достижении значений концентраций выше оптимальных резко снижается, что объясняется утолщением пристенного слоя и возрастанием вязкости.

Применяемые на производствах ПТП делятся на две группы: присадки дисперсионные и присадки гелевые.

При определении эффективности применения ПТП необходимо учитывать фактическое значение шероховатости ϵ , которое определяется по данным эксплуатационных режимов без использования ПТП [3].

Рассмотрим линейный участок трубопровода, в начале которого предусмотрен узел ввода ПТП, длиной L , диаметром D , по которому перекачивается жидкость плотность ρ со скоростью w_0 . Давление в начале и конце участка при рассматриваемом режиме перекачки регистрируются манометрами p_1 и p_2 соответственно.

Эффективность противотурбулентной присадки может быть найдена по следующей формуле

$$\psi(C) = \left(1 - \frac{h_{ПТП}}{h_{расч}} \right) \cdot 100\%$$

где $h_{ПТП}$ – потери напора на трение при перекачке продукта с противотурбулентной присадкой;
 $h_{расч}$ – потери напора на трение при перекачке продукта без противотурбулентной присадки;

$$h_{ПТП} = \frac{\Delta p}{\rho g} - \Delta z;$$

$$h_{расч} = 1,02 \lambda_0 \frac{L}{D} \cdot \frac{w_0^2}{2g}.$$

где λ_0 – коэффициент гидравлического сопротивления без присадки;
 Δp – перепад давления на трение.

В работе оценивалась эффективность двух противотурбулентных присадок: Necadd-447 от зарубежного производителя «M-I Finland Oy» и M-FLOWTREAT от отечественного производителя «Миррико Сервис».

Все параметры и рассчитанная эффективность сведены в таблицы (Рис. 1 и Рис. 2):

Расход $Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	Плотность $\rho, \text{ кг}/\text{м}^3$	Кинематическая вязкость $\nu, \text{ мм}^2/\text{с}$	Потери давления на трение, $\Delta p, \text{ МПа}$	Концентрация присадки $C, \text{ ppm}$	Число Рейнольдса Re	Эффективность присадки, %
Участок НПШ №1						
$L=111 \text{ км}, \Delta z=-8,6 \text{ м}, D_3=513,4 \text{ мм}, \epsilon=0,00018$						
1489,2	838,4	3,66	4,20	7,5	279908	29,8
1523,3	850,1	4,36	4,54	8,0	240694	29,7
1503,0	848,9	4,67	4,34	8,5	221368	31,7

Рис. 1 Результаты определения эффективности ПТП Necadd-447

Расход $Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	Плотность $\rho, \text{ кг}/\text{м}^3$	Кинематическая вязкость $\nu, \text{ мм}^2/\text{с}$	Потери давления на трение, $\Delta p, \text{ МПа}$	Концентрация присадки $C, \text{ ppm}$	Число Рейнольдса Re	Эффективность присадки, %
Участок НПШ №4						
$L=130,52 \text{ км}, \Delta z=-1,3, D_3=512,7 \text{ мм}, \epsilon=0,0001$						
1232,8	833,7	3,91	3,34	5,1	216835	30,1
1232,8	834,2	4,10	2,51	9,7	207314	47,7
1231,0	831,8	4,07	2,17	14,0	208645	54,6

Рис. 2 Результаты определения эффективности ПТП M-FLOWTREAT

По приведенным данным [с помощью (1) – (3)] был произведен расчет эффективности используемых присадок. Затем были построены зависимости эффективности ПТП от ее концентрации, представленные на Рис. 3 и Рис. 4.

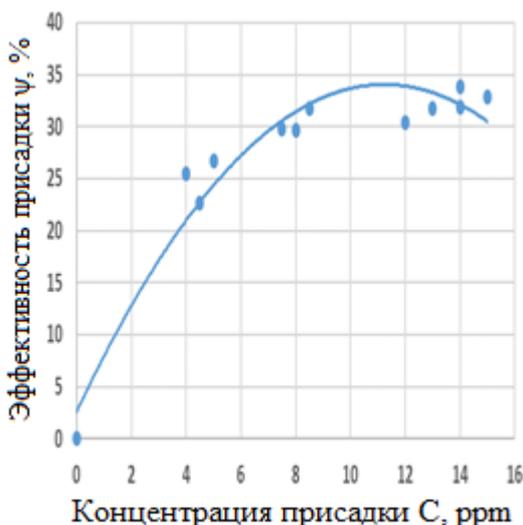


Рис. 3 Зависимость эффективности ПТП Necadd-447 от ее концентрации

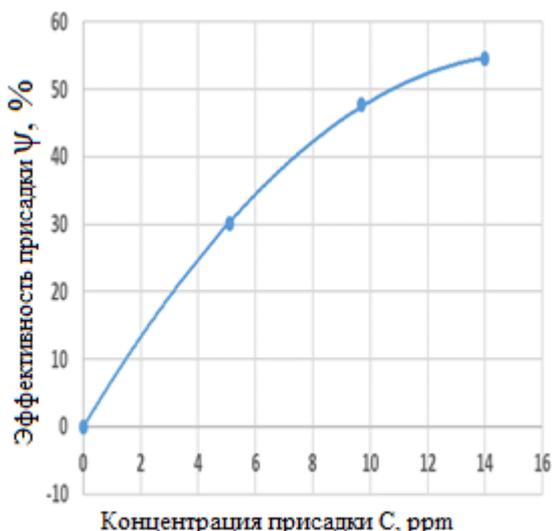


Рис. 4 Зависимость эффективности ПТП M-FLOWTREAT от ее концентрации

Анализ эффективности применения противотурбулентных присадок с целью уменьшения гидравлического сопротивления потока подтвердил теоретические данные, по которым уменьшения сопротивления тем больше, чем выше концентрация закачиваемых присадок. В работе представлен анализ эффективности применения присадок при их вводе у стенки в зоне, в которой поток гидродинамически установившийся и значениями вихревых пульсаций турбулентного слоя пренебрегли. В следствие чего возникает необходимость постановки задачи, учитывающей зависимость эффективности присадки от турбулентной вязкости потока и пространственной ориентированности вихревых образований. Также требуется рассмотрение скорости диссипации и пространственной картины развития потока по длине канала.

**СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

Литература

1. Валиев, М.И. К вопросу о механизме действия высокомолекулярных полимерных противотурбулентных присадок // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2013. - №3. - С. 11-18.
2. Макаров, С.П. Обобщение результатов применения противотурбулентной присадки Necadd-447 при трубопроводном транспорте дизельных топлив // Технологии нефти и газа. - 2008. - №1. - С. 44-46.
3. Муратова, В.И. Оценка влияния ПТП на гидравлическую эффективность нефтепродуктов: дис. канд. тех. наук: 25.00.19. - Уфа, 2014. - 148 с.
4. Белоусов, Ю.П. Противотурбулентные присадки для углеводородных жидкостей / Ю.П. Белоусов. – Новосибирск: Наука, 1986. – 145 с.
5. Абросимов, Ю.Г. Эффект аномального снижения гидравлического сопротивления при введении в поток воды линейных высокомолекулярных полимеров // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". - 2009. - №1. - С. 1-5.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ И ОЦЕНКА ПОТЕРЬ
ДАВЛЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД**

М.А. Сухарев, А.Д. Фензель

Научный руководитель – профессор С. Н. Харламов

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Многолетнемерзлые породы (ММП) - это породы, которые постоянно находятся в условиях отрицательных температур. Распространение многолетней мерзлоты характерно для Сибири и Урала, где температура варьирует в пределах [-20; -10] °С. Вопрос изучения распространения зон вечной мерзлоты и растепления стоит при проектировании и строительстве скважин. При длительной или неправильной эксплуатации скважин многолетнемерзлые породы могут менять свои прочностные свойства в результате растепления, что, в свою очередь, может привести к аварийным ситуациям.

Растепление многолетнемерзлых пород происходит только при передаче ей количества тепла, достаточного для нагрева связывающего породу льда от естественной температуры до 0 °С и для его перехода в жидкое состояние. Для сохранения отрицательной температуры стенок скважины применяют различные буровые агенты — от охлажденного воздуха и буровых растворов до устойчивой пены. Согласно ПБНиГП, при бурении интервалов многолетнемерзлых пород не допускается использовать воду в чистом виде, во избежание замерзания раствора при длительном прекращении промывки, но проблему предупреждения замерзания раствора приходится решать и при использовании буровых растворов на водной основе.

Одним из возможных решений данной проблемы видится использование переохлажденных растворов солей, в частности, хлоридов натрия и кальция. Температура замерзания солевого раствора определяется концентрацией соли в растворе и для NaCl может достигать значения минус 21,2°С, раствор хлорида кальция CaCl₂ может не замерзать до температуры минус 55°С, что позволяет применять его в более суровых условиях. При увеличении концентрации соли в растворе увеличивается не только его плотность, но и такие теплофизические свойства, как динамическая и кинематическая вязкость водных растворов. При охлаждении раствора хлорида кальция с 20 до минус 55°С его динамическая вязкость может увеличиться в 18 раз, а кинематическая — в 25 раз.

Цель работы: исследование восходящего потока промывочной жидкости в скважине в процессе бурения.

Физическая модель: восходящий поток бурового раствора в процессе роторного бурения, характеризующийся циркуляцией бурового раствора внутри бурильной колонны, вращающейся с частотой ω , и снаружи, в кольцевом пространстве между бурильной трубой и стенкой скважины (рис. 1). Область исследования задачи ограничена технологическими параметрами, характеризующие бурение интервалов под эксплуатационную колонну и хвостовик. Вязкость задается при приготовлении бурового раствора.

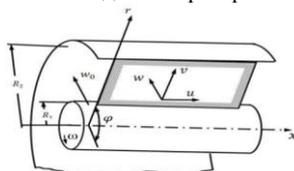


Рис. 1 *Схема физической модели задачи*

Для построения математической модели использовались уравнения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости, исходя из того, что при заданных технологических параметрах наблюдался исключительно ламинарный режим течения жидкости. Данная модель определяет течение ньютоновской жидкости, под описание которых подходят исследуемые растворы солей. Потери давления на гидравлическое сопротивление будут анализироваться на основании закона Дарси-Вейсбаха и находиться экспериментально.