

Шабуро Ирина Семеновна

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНЫХ ПРИСАДОК ПРИ ПЕРЕКАЧКЕ НЕФТЕЙ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ НЕФТЕПРОВОДАМ**

В представленной работе рассмотрен комплекс вопросов, связанных с применением в системе магистральных нефтепроводов противотурбулентных присадок для изменения напорных характеристик трубопроводов. Проведены расчеты потерь напора в трубопроводе для трех вариантов работы: обычный режим работы нефтеперекачивающих станций (НПС), режим работы на повышенной пропускной способности при неизменных напорах НПС, но с применением присадки, и режим работы на исходном расходе нефти при остановленной промежуточной НПС с применением противотурбулентной присадки, показана возможность работы по двум последним вариантам при концентрациях присадки до 11 и 22 ppm, соответственно.

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2014/2/49.html](http://www.gramota.net/materials/1/2014/2/49.html)

**Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.**

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2014. № 2 (81). С. 177-180. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2014/2/](http://www.gramota.net/materials/1/2014/2/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

## ACTIVITY OF SOUTH ASIAN ASSOCIATION FOR REGIONAL COOPERATION (SAARC): ECONOMICAL ASPECT

**Cherevyk Konstantin Antonovich**, Ph. D. in History  
Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics  
spliso@rambler.ru

The article deals with the economical aspect of South Asian Association for Regional Cooperation (SAARC) activity – the largest integration bloc in the world. Plans and measures for the implementation of integration economical component from the moment of SAARC creation to our time are analyzed. Particular attention is paid to the research of the community's achievements in South Asian Free-Trade Area (SAFTA) creation, to the characteristics of advantages and drawbacks, and also to the prospects of the region countries integration model in economic sphere.

*Key words and phrases:* South Asian Association for Regional Cooperation (SAARC); South Asian Free-Trade Area (SAFTA); integration; South Asia; India.

УДК 62

**Технические науки**

*В представленной работе рассмотрен комплекс вопросов, связанных с применением в системе магистральных нефтепроводов противотурбулентных присадок для изменения напорных характеристик трубопроводов. Проведены расчеты потерь напора в трубопроводе для трех вариантов работы: обычный режим работы нефтеперекачивающих станций (НПС), режим работы на повышенной пропускной способности при неизменных напорах НПС, но с применением присадки, и режим работы на исходном расходе нефти при остановленной промежуточной НПС с применением противотурбулентной присадки, показана возможность работы по двум последним вариантам при концентрациях присадки до 11 и 22 ppm, соответственно.*

*Ключевые слова и фразы:* магистральные нефтепроводы (МНП); нефтеперекачивающие станции (НПС); противотурбулентные присадки; коэффициент гидравлических сопротивлений; концентрация присадки; гидравлическая эффективность присадки.

**Шабуро Ирина Семеновна**

Самарский государственный технический университет  
it@samgtu.ru

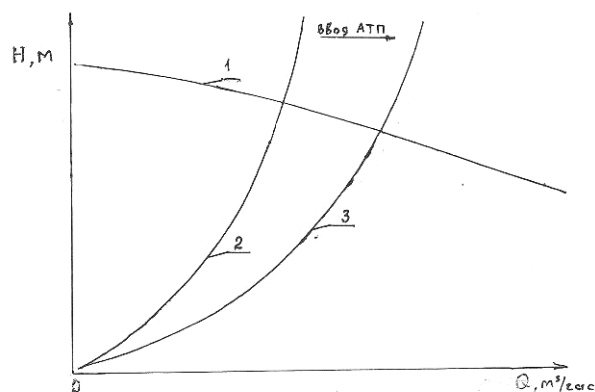
**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНЫХ ПРИСАДОК  
ПРИ ПЕРЕКАЧКЕ НЕФТЕЙ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ НЕФТЕПРОВОДАМ<sup>©</sup>**

Применение противотурбулентных полимерных присадок, вводимых в поток углеводородов, – эффективный метод снижения гидравлических сопротивлений трубопровода. Как отмечает Ю. П. Белоусов [1], полимерные добавки оказывают влияние, в первую очередь, на течение в пристенной области потока, которое генерирует турбулентность за счет нестационарности движения жидкости в этой области. Присадка состоит из растворителя и высокомолекулярного полимера, крупные образования которого при движении потока по трубопроводу смещаются к стенке, образуя специфический флуктуационный слой гидродинамически активного полимера, который подавляет пристенные пульсации и способствует снижению потерь напора в трубопроводе. Этот слой является составной частью движущегося потока, но в то же время имеет определенные размеры, и при полностью заполненном слое наблюдается максимальное снижение сопротивления.

Из нефтерастворимых полимеров в настоящее время наибольший интерес представляют диеновые каучуки, полиолефины, полимеры акрилового ряда, которые чаще всего выпускаются в виде тонкодисперсных суспензий в жидкой среде, например, в тяжелых спиртах [3]. Основные производители: компания *Phillips Specialty Products, Inc.* и компания *MJ Swaco*.

Качественный характер действия присадки можно показать на графике (Рис. 1).

Из Рис. 1 следует, что максимальный эффект снижения потерь напора в трубопроводе наблюдается не сразу после начала ввода присадки в поток, а только при полном заполнении участка трубопровода нефтью, содержащей присадку (линия 3 на Рис. 1), что, по-видимому, соответствует и полному заполнению флуктуационного слоя. При прекращении ввода присадки происходит восстановление характеристики трубопровода (линия 2, Рис. 1). Характеристика насоса неизменна (линия 1, Рис. 1). Кроме того, эффективность действия присадки зависит от ее типа и концентрации в потоке углеводородов. Так как параметры перекачки при постоянных расходах неизменны, то целесообразно эффект снижения потерь напора количественно оценивать изменением коэффициента гидравлических сопротивлений  $\lambda$ .



**Рис. 1.** Изменение характеристики трубопровода при вводе присадки:  
1 — характеристика насоса; 2 — характеристика трубопровода без присадки;  
3 — характеристика трубопровода при полном заполнении участка нефтью с присадкой

Расчетным уравнением, связывающим значение коэффициента гидравлических сопротивлений при использовании присадки  $\lambda_n$  с концентрацией присадки, является закон универсального гидравлического сопротивления [2]:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_n}} = 0,88 \ln [A(\theta) \cdot \text{Re} \cdot \sqrt{\lambda_n}] - 3,745, \quad (1)$$

где  $\lambda_n$  — коэффициент гидравлических сопротивлений для потока с присадкой;

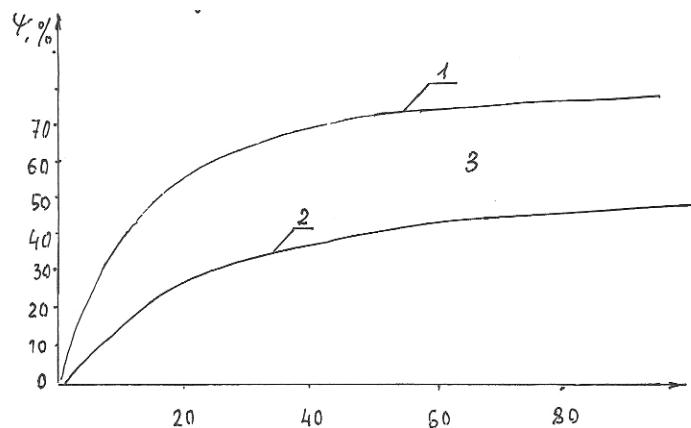
$A$  — некоторый коэффициент, вводимый на основе феноменологической теории турбулентности;

$\text{Re}$  — число Рейнольдса в условиях перекачки с присадкой.

Коэффициент  $A$  в турбулентном потоке без присадки равен 28. Если вводится присадка, численное значение  $A$  меняется, и коэффициент  $A$  начинает являться функцией концентрации  $\theta$ , т.е.  $A=A(\theta)$ . Количественно оценить зависимость  $A$  от концентрации присадки можно только экспериментальным путем. Например, для присадки к нефтепродуктам CDR-102 фирмы Dupon-Conoco получены следующие данные:  $A(\theta)=61,4$  при  $\theta=20$  ppm,  $A(\theta)=143$  при  $\theta=40$  ppm и т.д.

Расчет по уравнению (1) достаточно трудоемкий, т.к. осуществляется методом последовательных приближений, и, кроме того, для большого количества присадок подобные зависимости не выведены.

Другим вариантом характеристики присадки является наличие графической зависимости гидравлической эффективности присадки от ее концентрации в потоке. Для присадки к нефтям марки LP-arctic Grade компании Conoco Phillips этот график показан на Рис. 2.



**Рис. 2.** Изменение степени эффективности присадки от концентрации ее в потоке нефти:  
1 — легкая нефть; 2 — тяжелая нефть; 3 — срединная область

Такие графики должен предоставлять производитель для каждой конкретной присадки с указанием, для какого типа нефтей или нефтепродуктов желательно ее использовать.

Коэффициент гидравлической эффективности присадки  $\phi$  на данных графиках есть отношение:

$$\phi = \frac{\lambda_0 - \lambda_n}{\lambda_0} \cdot 100, \%,$$

где  $\lambda_0$ ,  $\lambda_n$  — коэффициенты гидравлических сопротивлений без присадки и при ее присутствии в потоке.

Зная, какую величину  $\varphi$  необходимо получить в заданной задаче, по графику можно сразу оценить численное значение концентрации присадки, принимаемое к перекачке.

В периодической печати в последние годы появились сообщения, в которых показана эффективность противотурбулентных присадок при перекачке дизельных топлив [Там же], данные же для нефтей разного типа довольно ограничены. В представленной работе определялась эффективность присадки с использованием графика (Рис. 2) для нефти легкого типа с кинематической вязкостью до  $24 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Необходимо было определить количество присадки для решения двух задач:

- работа трубопровода с рабочей производительностью при отключенной НПС2;
- увеличение производительности на 20% при работе двух НПС в обычном режиме.

Профиль трубопровода показан на Рис. 3.

Расчет гидравлических характеристик трубопровода проводился по известным уравнениям гидравлики.

Гидравлический уклон и потери напора в трубопроводе определялись по уравнению Дарси-Вейсбаха:

$$h = 1,02\lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g} = 1,02iL,$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлических сопротивлений;

$l$  – длина участка трубопровода;

$D$  – внутренний диаметр;

$v$  – линейная скорость потока;

$i$  – гидравлический уклон;

1,02 – коэффициент, учитывающий местные потери на линейной части.

Коэффициент  $\lambda$  зависит от режима движения потока нефти в трубопроводе. Для режима гладких труб и режима смешанного трения (как наиболее часто имеющих место в МНП)  $\lambda$  рассчитывается по формулам:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \text{ и } \lambda = 0,11 \left( \frac{68}{\text{Re}} + \frac{\Delta}{D} \right)^{0,25},$$

где  $\text{Re}$  – число Рейнольдса;

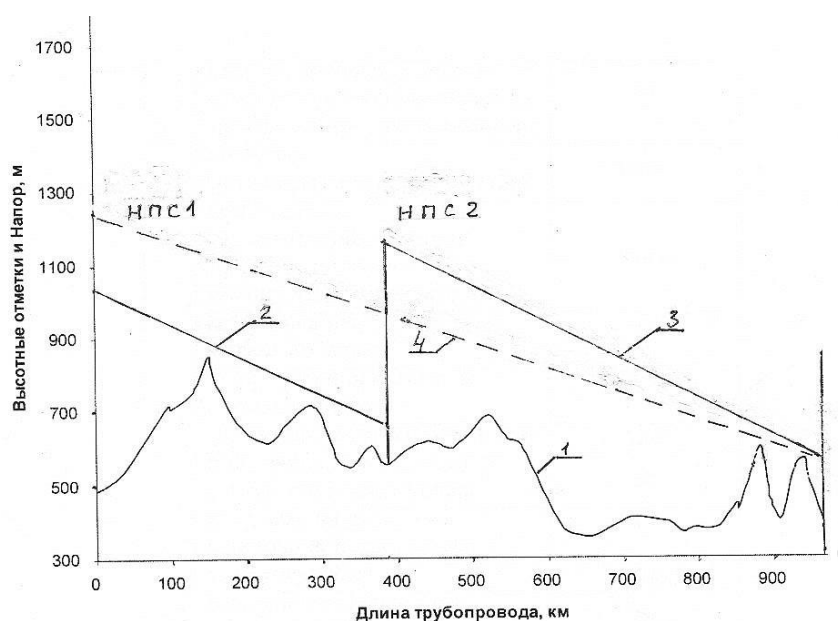
$\Delta$  – шероховатость труб.

Требуемые напоры станций определялись графическим способом по расположению линий гидравлического уклона.

Исходными данными для расчета приняты: внутренний диаметр трубопровода 795 мм, шероховатость труб 0,2 мм, первоначальная производительность  $1400 \text{ м}^3/\text{ч}$ , увеличенный расход  $1680 \text{ м}^3/\text{ч}$ , кинематическая вязкость нефти при расчетной температуре  $24 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , допустимые напоры НПС1, НПС2 784 м (6,5 МПа), конечный напор на участке НПС1-НПС2 не менее 60 м (0,5 МПа), на участке НПС2-КП (конечный пункт) не менее 170 м (1,4 МПа).

Длины участков, геодезические отметки показаны на Рис. 3 и составляют:  $l_1 = 384,9 \text{ км}$ ,  $l_2 = 580,2 \text{ км}$ ,  $Z_1 = 484 \text{ м}$ ,  $Z_2 = 558 \text{ м}$ ,  $Z_{\text{кп}} = 346 \text{ м}$ .

Принятое расположение линий гидравлического уклона соответствует Рис. 3.



**Рис. 3.** Линии гидравлического уклона для трех вариантов работы: 1 – профиль трубопровода; 2, 3 – линии гидравлического уклона на участках НПС1-НПС2, НПС2-КП при  $Q=1400 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $\lambda_n=0,0249$ ) и  $Q=1680 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $\lambda_n=0,0172$ ) с присадкой; 4 – линия гидравлического уклона при  $Q=1400 \text{ м}^3/\text{ч}$  при остановленной НПС2 ( $\lambda=0,0164$ ) с присадкой

Результаты расчетов по гидравлической эффективности присадки при работе трубопровода в разных режимах приведены в Табл. 1.

Таблица 1

| Показатели                                          | Единица измерения | Перекачка без присадки | Перекачка с присадкой |          |
|-----------------------------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|----------|
| Расход перекачки, $Q$                               | м <sup>3</sup> /ч | 1400                   | 1400                  | 1680     |
| Количество работающих НПС                           | -                 | 2                      | 1                     | 2        |
| Скорость потока, $v$                                | м/с               | 0,784                  | 0,784                 | 0,941    |
| Коэффициент гидравлических сопротивлений, $\lambda$ | -                 | 0,0249                 | 0,0164                | 0,0172   |
| Гидравлический уклон, $i$                           | -                 | 0,000981               | 0,000647              | 0,000981 |
| Потери напора на участках:                          |                   |                        |                       |          |
| НПС1-НПС2                                           | м                 | 385                    | -                     | 385      |
| НПС2-КП                                             | м                 | 580                    | -                     | 580      |
| НПС1-КП                                             | м                 | -                      | 637                   | -        |
| Конечные напоры для участков:                       |                   |                        |                       |          |
| НПС1-НПС2                                           | м                 | 90                     | -                     | 90       |
| НПС2-КП                                             | м                 | 234                    | -                     | 234      |
| НПС1-КП                                             | м                 | -                      | 234                   | -        |
| Напоры станций:                                     |                   |                        |                       |          |
| НПС1                                                | м                 | 549                    | -                     | 549      |
| НПС2                                                | м                 | 602                    | -                     | 602      |
| НПС1 при отключенной НПС2                           | м                 | -                      | 733                   | -        |
| Коэффициент гидравлической эффективности присадки   | %                 | -                      | 34,1                  | 27,7*    |
| Расход присадки                                     | г/т               | -                      | 22                    | 11       |

Примечание: \* коэффициент гидравлических сопротивлений при  $Q=1680$  м<sup>3</sup>/ч при отсутствии присадки, необходимый при расчете коэффициента гидравлической эффективности присадки, равен  $\lambda=0,0238$ .

Концентрация присадки определялась по Рис. 2 по срединному значению между легкой и тяжелой нефтью.

Из Табл. 1 видно, что использование присадки позволяет осуществить работу по принятым вариантам. Полученные напоры НПС не превышают 784 м (6,5 МПа), конечные напоры удовлетворяют вышеприведенным условиям. Концентрация присадки в первом варианте работы 22 ppm, во втором – 11 ppm. При этом следует отметить, что присадка может разрушаться, проходя через работающие насосные агрегаты, и ее следует вводить в поток и на НПС1, и на НПС2.

Линии гидравлических уклонов для рассмотренных вариантов, как сказано выше, показаны на Рис. 3. Графическое представление процессов перекачки позволяет отметить отсутствие самотечных участков в трубопроводе, несмотря на пересеченный профиль (при принятых напорах станций), и подтверждает вышеприведенный вывод.

#### Список литературы

1. Белоусов Ю. П. Противотурбулентные присадки для углеводородных жидкостей. Новосибирск: Наука, 1986. С. 114-115.
2. Ишмухаметов И. Т., Исаев С. Л., Лурье М. В., Макаров С. П. Трубопроводный транспорт нефтепродуктов. М.: Нефть и газ, 1999.
3. Лисин Ю. В., Несин Г. В., Ширяев А. М., Лукманов М. Р. Промышленная технология противотурбулентных присадок // Наука и технология трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013. № 1. С. 48-57.

#### ANTITURBULENT ADDITIVES USAGE IN OILS PUMPING THROUGH OIL-TRUNK PIPELINES

Shaburo Irina Semenovna, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor  
Samara State Technical University  
tt@samgtu.ru

The article considers a set of issues associated with antiturbulent additives usage in oil-trunk pipelines system for changing pipelines pressure characteristics. The calculations of pressure losses in pipeline for three variants of operating modes are given: usual operating mode of oil pumping stations, operating mode with high throughput capacity at constant oil pumping station pressure but with additives usage and operating mode at initial oil flow with stopped intermediate oil pumping station using antiturbulent additives; the possibility of two latter operating modes application with additive concentrations up to 11 and 22 ppm respectively is shown.

*Key words and phrases:* oil trunk pipelines; oil pumping stations; antiturbulent additives; hydraulic resistance coefficient; additive concentration; additive hydraulic effectiveness.