

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНОЙ ПРИСАДКИ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
НЕФТЕПРОВОДОВ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ
ПО РАБОЧЕМУ ДАВЛЕНИЮ**

А.А. Коршак, М.Н. Хуссаин

*ГОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной
технический университет», Уфа, Россия*

Применение противотурбулентных присадок открывает новые возможности оперативного и безопасного управления потоками нефтепродуктов. В частности, их применение обеспечит уменьшение негативных последствий ограничений, накладываемых на величину рабочего давления в линейной части трубопровода, которые ведут к снижению его пропускной способности. В статье рассмотрены методические основы решения задачи выбора оптимальной концентрации противотурбулентных присадок и даны рекомендации по увеличению производительности лимитирующих участков нефтепроводов.

Сеть магистральных нефтепроводов России, в основном, сформировалась к середине 80-х годов прошлого века. Поддержание их в работоспособном состоянии обеспечивается методами диагностики и ремонта. При этом на первом этапе путем пропуска внутритрубных инспекционных снарядов выявляют места, где сечение трубопроводов ослаблено, и ограничивают величину допустимого давления, а на втором – восстанавливают поврежденную трубу с использованием различных ремонтных технологий.

Ограничения, накладываемые на величину рабочего давления в линейной части трубопровода, ведут к снижению его пропускной способности. Уменьшить негативные последствия от этого возможно путем введения в поток нефти противотурбулентной присадки (ПТП). В данной статье рассматриваются методические основы решения задачи выбора оптимальной концентрации ПТП для рассматриваемого случая.

Задача выбора концентрации ПТП является технико-экономической. В условиях рыночной экономики критерием принятия решения является достижение максимальной величины чистого дисконтированного дохода (ЧДД), вычисляемого по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^{t_c} \frac{R_t - S_t}{(1 + E)^t}, \quad (1)$$

где R_t – экономические результаты, достигаемые на t -м интервале времени; S_t – затраты на этом интервале времени; E – норма дисконта; t_c – временной горизонт расчета (срок введения ПТП в поток нефти).

Так как мероприятие по уменьшению рабочего давления является временным, то можно принять $t = 0$. Следовательно, формула (1) для рассматриваемого участка принимает вид:

$$\text{ЧДД} = R - S, \quad (2)$$

где R – экономические результаты, достигаемые за период применения ПТП продолжительностью t ; S – затраты на введение перекачки в рассматриваемом периоде:

$$S = S_{t_0} + S_{\eta} + S_{t_2}.$$

При перекачке нефти с присадкой:

$$R = \sigma_t G_y \chi_c;$$

$$S_{\eta} = S_{t_0} + \frac{g \sigma_y G_y \chi_c}{\eta_n} \cdot [i_{\max} \cdot (L_{c+1} - L_c) + Z_{c+1} - Z_c], \quad (3)$$

$$S_{t_2} = \sigma_n G_n + \sigma_y n_y,$$

где σ_t – тариф на перекачку нефти; G_y – количество нефти, перекачиваемой при отсутствии ПТП по участку с ослабленным сечением за период, предшествующий ремонту трубопровода; χ_c – коэффициент увеличения производительности ослабленного участка нефтепровода благодаря введению ПТП; S_{t_0} – затраты на эксплуатацию трубопровода, независимые от концентрации присадки; σ_y – стоимость 1 кВт·ч энергии; i_{\max} – максимально допустимый гидравлический уклон на участке с ослабленным сечением; L_c, Z_c – расстояние до НПС № c и нивелирная высота ее месторождения; L_{c+1}, Z_{c+1} – то же для НПС № $c + 1$; σ_n, G_n – цена и необходимое количество ПТП; σ_y, n_y – соответственно цена и количество установок по вводу ПТП в поток нефти.

Подставив (3) в (2), получаем:

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} = & \sigma_m G_y \chi_c - S_{\eta} - S_{t_0} - \frac{g \sigma_y G_y \chi_c}{\eta_n} \times \\ & \times [i_{\max} \cdot (L_{c+1} - L_c) + Z_{c+1} - Z_c] - \sigma_n G_n - \sigma_y n_y. \end{aligned} \quad (4)$$

Определим необходимое количество противотурбулентной присадки G_n , позволяющее в течение заданного времени (до ремонта) вести перекачку по участку с ослабленным сечением с производительностью в χ_c раз большей, чем без ПТП.

Из условия, что в обоих случаях величина гидравлического уклона равна i_{\max} , т.е.

$$\frac{8\lambda_y Q_y^2}{\pi^2 g D^5} = \frac{8\lambda_n (Q_y \chi_c)^2}{\pi^2 g D^5} = i_{\max}.$$

где Q_y – расход перекачиваемой нефти без ПТП, следует

$$\lambda_n = \frac{\lambda_y}{\chi_c^2}. \quad (5)$$

С другой стороны, из обобщенной формулы для коэффициента гидравлического сопротивления получаем

$$\lambda_n = \frac{A}{\left(\frac{4Q_y \chi_c}{\pi D \gamma}\right)^m \cdot (1 + De^2)^m} = \frac{\lambda_y}{[\chi_c \cdot (1 + De^2)]^m}, \quad (6)$$

где De – число Деборы.

Так как левые части (5) и (6) равны, то равны и правые, т.е.

$$\chi_c^2 = \chi_c^m \cdot (1 + De^2)^m$$

или

$$\chi_c^{\frac{2-m}{m}} - 1 = \alpha_0 \theta^{\alpha_1} (Re_y \chi_c)^{\alpha_2}, \quad (7)$$

где θ – концентрация ПТП в нефти; Re_y – число Рейнольдса, соответствующее перекачке нефти без ПТП с расходом Q_y ; α_0 , α_1 , α_2 – эмпирические коэффициенты.

Отсюда необходимая концентрация ПТП

$$\theta = \left[\frac{\chi_c^{\frac{2-m}{m}} - 1}{\alpha_0 (Re_y \chi_c)^{\alpha_2}} \right]^{\frac{1}{\alpha_1}}, \quad (8)$$

а потребное количество присадки

$$G_n = G_y \chi_c \theta = \frac{G_y \chi_c^{\frac{1-\alpha_2}{\alpha_1}}}{(\alpha_0 \text{Re}_y^{\alpha_2})^{\frac{1}{\alpha_1}}} \left(\chi_c^{\frac{2-m}{m}} - 1 \right). \quad (9)$$

Для определения оптимальной концентрации ПТП необходимо исследовать величину ЧДД, определяемого формулой (4), на максимум.

Заключение. Разработаны рекомендации по выбору оптимальной концентрации противотурбулентной присадки, обеспечивающей увеличение производительности лимитирующих участков нефтепроводов.

УДК 622.692.4

ОБ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНОЙ ПРИСАДКИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

А.А. Коршак, М.Н. Хуссаин

ГОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной
технический университет», Уфа, Россия

Для увеличения производительности уже существующих трубопроводов традиционно используют строительство лупингов. Однако для той же цели могут быть использованы и противотурбулентные присадки. Уменьшение гидродинамического сопротивления потоку нефти с помощью присадок позволяет увеличить производительность трубопровода, существенно уменьшив длину сооружаемого лупинга.

Показано, что чем больше длина лупинга, тем меньше требуемое снижение гидравлического сопротивления и, соответственно, меньше требуемая концентрация присадки. Установлено существование области, где применять присадки нет необходимости.

Дальнейшее развитие нефтедобычи в России, Ираке и других странах предлагает не только строительство новых нефтепроводов, но и увеличение производительности уже существующих. Для решения последней задачи, в частности, используют строительство лупингов. Однако для той же цели могут быть целесообразны и противотурбулентные присадки (ПТП). В статье рассматриваются возможные сочетания применения этих методов наращивания производительности нефтепроводов.