

УДК 656.599

**УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
СИСТЕМЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ
С СОВМЕСТНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ****Н. М. РОГОВ***(Представлено: А. Н. ВОРОНИН)*

Рассматривается использование комбинаций нескольких методов по увеличению пропускной способности что позволит максимально увеличить объёмы перекачки для уже сооружённых нефтепродуктопроводов. Проведены расчёты для определения увеличения объёмов перекачки нефтепродуктов.

Увеличение пропускной способности нефтепроводов – это очень актуальный вопрос для трубопроводного транспорта. В последнее время часто прибегают к модернизации уже существующих нефтепроводов, чем к постройке новых, так как это выходит более эффективным. Усовершенствование нефтепроводов позволяет увеличить объёмы перекачки, а также снизить напряжения в трубах, чтобы уменьшить вероятность возникновения аварийных ситуаций. Есть несколько основных методов, как увеличить объёмы перекачки продукта в нефтепроводе.

Одним из часто применяющихся методов при значительном увеличении пропускной способности является использование лупинга. Лупингом называется участок трубопровода, который прокладывается параллельно основной магистрали с целью уменьшения гидравлического сопротивления, что может приводить к увеличению пропускной способности нефтепровода свыше 50%.

Следующим методом, наиболее часто применяемым при увеличении объёмов добычи нефти или повышении мощности нефтеперерабатывающего завода, является удвоение числа станций. Удвоение числа насосных станций позволяет увеличить объёмы перекачки на 35-45%. Дальнейшее увеличения количества насосных станций существенного прироста в пропускной способности не даёт, а будет лишь большими экономическими расходами на сооружение станций.

Дополнительно при увеличении пропускной способности трубопроводной системы при эксплуатации прежнего насосного оборудования вне рабочей области необходимо применять такой метод как замена насосов. Ввиду увеличения пропускной способности, существует необходимость заменять насосы на более мощные. Для упрощения производства оборудования и стандартизации условий их эксплуатации и ремонта, создан нормальный ряд однотипных по конструкции нефтяных насосов. Общие технические требования для этих насосов определяются стандартом ГОСТ 12124-87 “Насосы центробежные нефтяные для магистральных трубопроводов”. Основным насосным оборудованием на магистральных нефтепродуктопроводах являются насосы типа НМ 710-280 и НМ 1250-260.

Изменение характеристик насоса также позволяет повысить пропускную способность. Данные изменения осуществляют путем замены рабочего колеса насоса рабочим колесом другого (большего или меньшего) диаметра, изменением числа оборотов рабочего колеса насоса, или перепуском части нефти из линии нагнетания в линию всасывания. Увеличения диаметра рабочего колеса позволяет увеличить объёмы перекачки в нефтепродуктопроводе.

В последнее время в практике эксплуатации нефтепродуктопроводов все более часто находит применение противотурбулентной присадки. При данном способе увеличения производительности нефтепроводов происходит введение в турбулентный поток перекачиваемой жидкости специальных высокомолекулярных присадок, снижающих гидравлическое сопротивление. Эффект снижения сопротивления начинает проявляться в очень слабых растворах – при массовых долях полимера $C = 10^{-6} - 10^{-5}$. С ростом концентрации снижение сопротивления достигает своего максимума при некоторой оптимальной концентрации. Максимальное снижение сопротивления достигает 60 – 80 %. [1]

Для рассмотрения эффективности данных методов, применим их совместную комбинацию на существующий магистральный нефтепровод на участке №41 ЛПДС «8Н»- ЛПДС «Дисна» и определим максимально возможное увеличение пропускной способности на данном участке. Определим основные параметры, которые потребуются для дальнейших расчётов. Объём перекачки трубопровода – 4,2 млн. т./год, диаметр трубопровода – 530 мм, толщина стенок трубопровода – 8 мм, Протяжённость участка «8Н – Сенно» - 310,6 км, Протяжённость участка «Сенно - Дисна» - 144 км, максимальное давление в трубопроводе – 5,2 МПа. Геодезические отметки: ЛПДС «8Н» - 190,5 м, ПС «Сенно» - 175,6 м, ЛПДС «Дисна» - 129,3 м. Осуществляется перекачка дизельного топлива ДТ-Л-К5, плотность которой при 293°K равна 835 кг/м³ и кинематическая вязкость 3,1 сСт.

Первоочередной задачей является перерасчёт плотности перекачиваемого нефтепродукта для среднегодовой температуры в данном регионе. В наших климатических условиях, нефтепродукт будет иметь плотность равную 849,54 кг/м³.

Следующим этапом является определение расчётной часовой пропускной способности трубопровода по формуле

$$Q = \frac{G}{354 \cdot 24 \cdot \rho_t}$$

Подставив численные значения, была получена пропускная способность равная 581,9 м³/ч.

При определении режима движения жидкости необходимо произвести вычисление числа Рейнольдса, которое определяется по формуле

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_{\text{вн}} \cdot \nu}$$

Дополнительно, необходимо вычислить два переходных значения для числа Рейнольдса для того, чтобы определить какому именно режиму движения жидкости соответствует нефтепродукт в трубопроводе.

$$Re_{\text{пер1}} = \frac{10 \cdot D_{\text{вн}}}{\Delta}$$

$$Re_{\text{пер2}} = \frac{500 \cdot D_{\text{вн}}}{\Delta}$$

где Δ - эквивалентная шероховатость труб, мм.

Произведя расчёт и получив числовые значения числа Рейнольдса, равные $Re = 125266$, $Re_{\text{пер1}} = 34266$, $Re_{\text{пер2}} = 1713333$, можно сделать вывод, что число Рейнольдса для нефтепродукта находится между переходными значениями, а, следовательно, перекачка будет осуществляться при турбулентном режиме в зоне смешанного трения.

После определения всех нужных параметров для действующего нефтепродуктопровода были подробно рассмотрены методы по увеличению пропускной способности трубопровода, первый из которых – применение лупинга. В рассмотрение принимался лупинг, представляющий из себя параллельную ветку существующего трубопровода с таким же диаметром и материалом трубы. Эквивалентную шероховатость труб (Δ) равна 0,15 мм для стальных сварных прямошовных труб, бывших в эксплуатации.

Для расчёта пропускной способности нефтепровода часто используют метод, представляющий собой определение эквивалентного диаметра трубопроводов, который рассчитывается как

$$D_{\text{экв}} = \left[\sum D_i^{\frac{5-m}{2-m}} \right]^{\frac{2-m}{5-m}}$$

Расчет показал, что для данного нефтепродуктопровода $D_{\text{экв}}$ будет равно 0,671 м.

Следующим этапом является определение коэффициентов аппроксимации для уже установленных насосов, что необходимо для точного определения характеристик насосного оборудования. Для насосов НМ 710-280 после ряда расчётов коэффициенты аппроксимации приняли значения равные: $A = 312,9$ и $B = 1088,7$.

Основным уравнением для определения пропускной способности нефтепродуктопровода является универсальное уравнение баланса напоров, которое необходимо использовать при каждом последующем методе увеличения расхода нефтепродукта в трубопроводе:

$$Q = \sqrt[2-m]{\frac{\Delta H_{\text{н}} + n \cdot a - \Delta z - h_{\text{кв}}}{n \cdot b + f \cdot L}}$$

Проведя математические вычисления, была получена пропускная способность, равная 0,252 м³/с. Как итог, увеличение объёма перекачки составило 56%, что является высоким показателем.

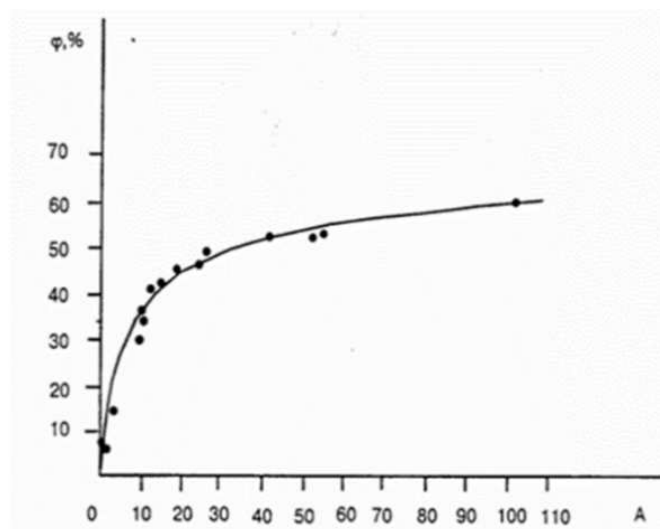
Следующим методом, который принимался в рассмотрение, было удвоение числа станций. Предполагая, что увеличение числа станций увеличит прирост пропускной способности, была произведена замена насосов НМ 710-280 на насосы НМ 1250-260. После изменения насосов, для них были рассчитаны коэффициенты аппроксимации, значения которых равны $A = 275,6$ и $B = 615,4$.

Определение пропускной способности рассчитывалось по формуле уравнения баланса напоров с подстановкой удвоенного количества насосных станций. После аналогичных расчётов, значение пропускной способности равно $0,512 \text{ м}^3/\text{с}$. Удвоение числа станций позволило увеличить объёмы перекачки в 2 раза. Дальнейшее увеличение числа насосных станций не рассматривалось ввиду того, что данное техническое мероприятия не даёт экономически обоснованного прироста, вызывая дополнительные инвестиционные затраты.

При новом значении пропускной способности был произведен расчет с заменой магистральных насосов. Расчёт для насосов НМ 1800-240 не производили, ввиду того, что следующим шагом планировалось добавление пртивотурбулентной присадки, а подбирались сразу насосы НМ 2500-230 с диаметром рабочего колеса равным 385 мм. После определения коэффициентов аппроксимации было получено значение пропускной способности, равное $0,697 \text{ м}^3/\text{с}$.

В дальнейшем расчет пропускной способности выполнялся с учетом выбора нового диаметра рабочего колеса 405 мм, который показал, что объем перекачки составил $0,729 \text{ м}^3/\text{с}$. Следовательно, увеличение диаметра рабочего колеса, позволило увеличить объёмы перекачки в трубопроводе на 4,5%.

В качестве последнего метода увеличения пропускной способности использовалось добавление антитурбулентных присадок. Было рассмотрено использование противотурбулентной присадки «NECCAD-447». Эффективность присадки изменяется в зависимости от её концентрации в нефтепродукте. Эффективность присадки определяется из графика:



Ввиду того, что использование присадки требует дополнительных финансовых затрат, исходя из графика, было принято оптимальное значение коэффициента гидравлической эффективности $\varphi=40\%$. Данный шаг позволил определить массовую концентрацию присадки, необходимой для увеличения пропускной способности.

$$C = \sqrt[1,13]{\frac{A}{4340 \cdot \varphi^{-0,74}}}$$

$$C = \sqrt[1,13]{\frac{11,86}{4340 \cdot 0,000447^{-0,74}}} = 0,0000345 \frac{\text{г}}{\text{т}}$$

Следовательно, для того, чтобы в принятых нами условиях увеличить пропускную способность нефтепровода необходимо использовать 34 грамма присадки на одну тонну нефтепродукта. Тогда итоговый объём перекачки составил:

$$Q = \sqrt{\frac{0,729^2}{1 - 0,4}} = 0,941 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 3387,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

При помощи использования перечисленных в статье методов, удалось повысить объёмы перекачки с $581,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ до $3387,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Это значит, что пропускная способность нефтепровода увеличилась

в 5,822 раза. Можно сделать вывод, что одновременное использование комбинации нескольких методов по увеличению пропускной способности позволит максимально увеличить объёмы транспортирования нефтепродуктов для уже сооружённых трубопроводов, что является особенно актуальным в условиях возможного увеличения транзита светлых нефтепродуктов через территорию Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машины и оборудование газонефтепроводов: Учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-70 05 01. В 2 ч. Ч. 1 / Сост. П.В. Коваленко, Н.М. Рябыш; Под общ. ред. П.В. Коваленко. – 2-е изд. перераб. – Новополоцк: ПГУ, 2005. – 288 с.