

Оценка энергетической эффективности очистки нефтепроводов

Система нефтепровода, входящая в структуру узкоспециализированных трубопроводных систем, может быть представлена следующими структурными комплексами, которые в свою очередь можно рассматривать как отдельные системы [1]:

- линейные сооружения (трубопроводная часть) — протяженностью в сотни километров с лупингами и перемычками между отдельными нитками трубопровода (рис. 1.);
- нефтеперекачивающие станции (НПС), осуществляющие перемещение нефти по трубопроводу;
- подводящие трубопроводы с промыслов или нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ), включающие пункты подготовки сырья к транспортировке;
- конечные пункты, на которых принимают поступающую по трубопроводу нефть и распределяют ее между потребителями;
- автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП).

Важнейшими характеристиками линейной части нефтепровода являются ее протяженность и эквивалентный диаметр (d_2).

В процессе эксплуатации нефтепровода на внутренних поверхностях труб накапливаются отложения парафина, минеральные загрязнения и продукты окисления (далее нефтешлам), что влечет за собой уменьшение эквивалентного диаметра. Причем величина отложений нефтешлама на стенках нефтепровода не является постоянной и зависит от многих факторов, основные из которых — концентрация в нефти парафина, воды и механических примесей, скорость и режим движения продукта, а также температура нефти и окружающей среды (для участков нефтепровода, проложенных надземно). Уменьшение эквивалентного диаметра за счет отложений снижает пропускную способность нефтепровода и приводит к увеличению расхода электроэнергии (ЭЭ).

Расход ЭЭ на перекачку нефти можно выразить аналитически, с использованием формулы Дарси-Вейсбаха для определения потерь напора при турбулентном режиме движения перекачиваемой жидкости в зоне Блазиуса:

$$W = \frac{P^{2,75} \cdot \nu^{0,25}}{11,55 \cdot 10^5 \cdot (\rho \cdot L)^{1,75} \cdot d_2^{4,75} \cdot \eta} + \frac{P \cdot \Delta Z}{367,2 \cdot L \cdot \eta}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (1)$$

- где P — грузооборот нефти, тыс.т·км;
- ν — вязкость нефти, сСт;
- d_2 — эквивалентный диаметр нефтепровода, м;
- ΔZ — разность геодезических отметок конца и начала нефтепровода, м;
- L — протяженность нефтепровода, км;
- ρ — плотность нефти, кг/м³;
- η — КПД нефтепровода, о.е.

Как видно из формулы (1), расход ЭЭ связан с эквивалентным диаметром обратнопропорциональной зависимостью через показатель степени 4,75, следовательно, снижение эквивалентного диаметра на 1% повлечет за собой рост потребления ЭЭ примерно на 4%.

Очистка нефтепровода является постоянно действующим мероприятием. Представляет интерес оценка возможной экономии ЭЭ от его проведения.

Использование формулы (1) для оценки энергоэффективности очистки нефтепровода невозможно из-за:

- большой погрешности в определении эквивалентного диаметра;
- погрешности в определении расхода ЭЭ.

Для преодоления указанных недостатков предложены математическая модель и метод оценки энергоэффективности очистки участков нефтепровода.

В общем виде зависимость расхода ЭЭ на перекачку нефти по нефтепроводу на выбранном интервале грузооборота может быть представлена в виде уравнения регрессии

$$W = \beta_p \cdot P + \beta_\nu \cdot \nu + \beta_d \cdot d_2, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (2)$$

- где $\beta_p, \beta_\nu, \beta_d$ — коэффициенты регрессии;
- P — перекачка нефти, тыс.т·км;
- ν — вязкость нефти, сСт;
- d_2 — эквивалентный диаметр многониточного нефтепровода, м.


Энергетическую эффективность очистки нефтепроводной системы предложено оценивать среднесуточным изменением электропотребления от изменения эквивалентного диаметра в процессе чистки нефтепровода и после нее.

$$\Delta W = e_d \left(1 - \frac{d_2}{d_{\text{баз}}}\right) \cdot W_{\text{баз}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (3)$$

где e_d — коэффициент эластичности расхода ЭЭ по эквивалентному диаметру, %;

$d_{\text{баз}}$ — базисное значение эквивалентного диаметра (без чистки нефтепровода), м;

d_2 — измененное значение эквивалентного диаметра в результате проведенного мероприятия, м;

$W_{\text{баз}}$ — фактическое суточное электропотребление для соответствующего середине временного интервала очистки нефтепровода или временного интервала между очистками. 

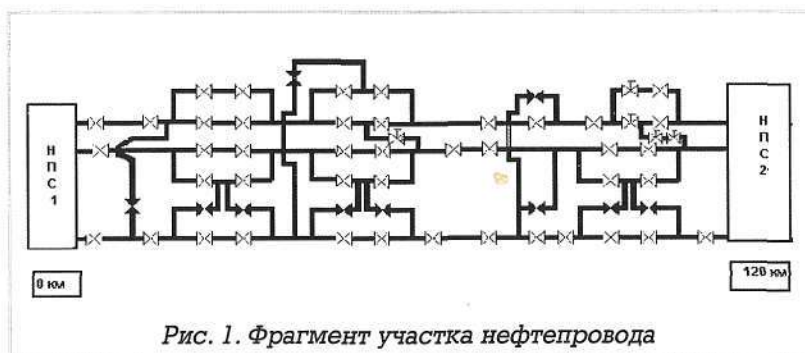


Рис. 1. Фрагмент участка нефтепровода

Окончание следует