

## **УДАЛЕНИЕ АСПО СО СТЕНОК НЕФТЕПРОВОДОВ МАЛОГО ДИАМЕТРА**

**Сентюрова М. В., Демьянова Н. А.,  
научный руководитель канд. техн. наук Надежкин И. В.  
Сибирский Федеральный университет**

Недра Восточной Сибири обладают огромными запасами углеводородов и в 2009 году открыта эксплуатация крупнейшего Ванкорского месторождения. В условиях крайнего севера по-новому встаёт вопрос экономически-выгодной и одновременно разумной добычи сырья, существует необходимость транспортировки нефти с мест добычи к местам потребления. В этих условиях наиболее эффективным способом является трубопроводная перекачка.

Одной из актуальных проблем при обслуживании нефтепроводов, с которой сталкиваются нефтяные компании, является проблема отложений АСПО (асфальтосмолопарафиновые отложения) в трубопроводах.

Отложения в трубопроводах могут вызвать замедление транспорта или даже закупорку трубопровода, разрывы или трещины трубопровода могут иметь катастрофические последствия.

На практике для предупреждения и удаления АСПО применяются различные методы. Среди них наиболее распространенными являются механические, химические и тепловые. Очистка от АСПО различными способами отличается затратами, полнотой очистки и эффективностью. Таким образом, основной задачей является выявление наиболее эффективного и экономически выгодного способа удаления АСПО.

### **Факторы, влияющие на образование АСПО**

На интенсивность образования АСПО в системе транспорта нефтепродуктов влияет ряд факторов, основными из которых являются:

- Шероховатость стенок и наличие в системе твердых примесей
- Изменение скоростей движения жидкостей
- Снижение температуры и давления по длине трубных систем
- Интенсивное газовыделение

### **Методы борьбы с АСПО**

Борьба с АСПО предусматривает проведение работ по двум направлениям. Во-первых, по предупреждению (замедлению) образования отложений. К таким мероприятиям относятся: применение гладких (защитных) покрытий; химические методы (смачивающие, модификаторы, депрессаторы, диспергаторы); физические методы (вибрационные, ультразвуковые, воздействие электрических и электромагнитных полей). Второе направление – удаление АСПО. Это тепловые методы (промывка горячей нефтью или водой в качестве теплоносителя, острый пар, электропечи, индукционные подогреватели, реагенты при взаимодействии с которыми протекают экзотермические реакции); механические методы (скребки, скребки-центраторы); химические (растворители и удалители).

В данной работе мы предлагаем использовать комбинированный механо-химический метод по восстановлению производительности нефтепроводов малых диаметров, основанного на использовании моющего раствора и последующем вытеснении размягченных отложений очистными устройствами различной конструкции.

В качестве моющего раствора для растворения АСПО используется отработанное моторное масло с добавлением толуола.

Для моделирования процесса удаления АСПО со стенок нефтепроводов использовалось отработанное масло Mobil Delvac MX 15W-40, технический парафин, толуол, присадка ПАВ (сополимер этилена с винилацетатом,  $M=30000$  а.е.м.), представленная для опытов С.Н. Челинцевым, профессором кафедры «Нефтепродуктообеспечения и газоснабжения» РГУ им. И.М. Губкина.

В лабораторных условиях эффективность разрушения парафина моющим веществом определяется гравиметрическим методом следующим образом (Патент Российской Федерации 2160757). Образец парафина нагревают до температуры размягчения. Из образовавшейся массы формируют образец цилиндрической формы  $d=13\text{мм}$  и  $h=16\text{мм}$ , охлаждают до застывания, затем помещают в заранее взвешенную корзиночку из латунной сетки с размером  $1,5 \times 1,5\text{мм}$ . Вес образца в пределах  $1,4-1,65\text{г}$ . Корзиночку с парафином вновь взвешивают и находят массу навески с точностью  $0 \pm 0,05\text{г}$ . Корзиночку с навеской парафина помещают в стеклянный цилиндр, куда добавляют  $100\text{мл}$  испытуемого состава. Режим статический, продолжительность растворения –  $1,5$  часа. По истечению  $1,5$  часов корзиночку с оставшимся в ней парафином вынимают и высушивают. Находят массу парафина после эксперимента. Эффективность удаления парафина рассчитывают по формуле, в мас. %:

$$\Xi = (M_1 - M_2) / M_1 \cdot 100, (\%) \quad (1)$$

где  $M_1$  – масса парафина взятого на эксперимент, г;

$M_2$  – масса остатка парафина в корзиночке после эксперимента, г.

Выбор технического парафина в качестве модели обусловлен тем, что АСПО состоит преимущественно из смеси парафино-нафтеновых углеводородов и смолисто-асфальтеновых веществ.

Температура плавления парафина была определена экспериментально и составила  $60^\circ\text{C}$ .

Наиболее оптимальная концентрация толуола была определена в лабораторных условиях. Использовались следующие процентные концентрации толуола в масле: 5%, 15%, 25% при температуре  $20$  и  $40^\circ\text{C}$ .

На рисунках 1, 2 представлены совмещенные графики, показывающие эффективность растворения парафина при температурах  $20$  и  $40^\circ\text{C}$  соответственно при разных концентрациях толуола.

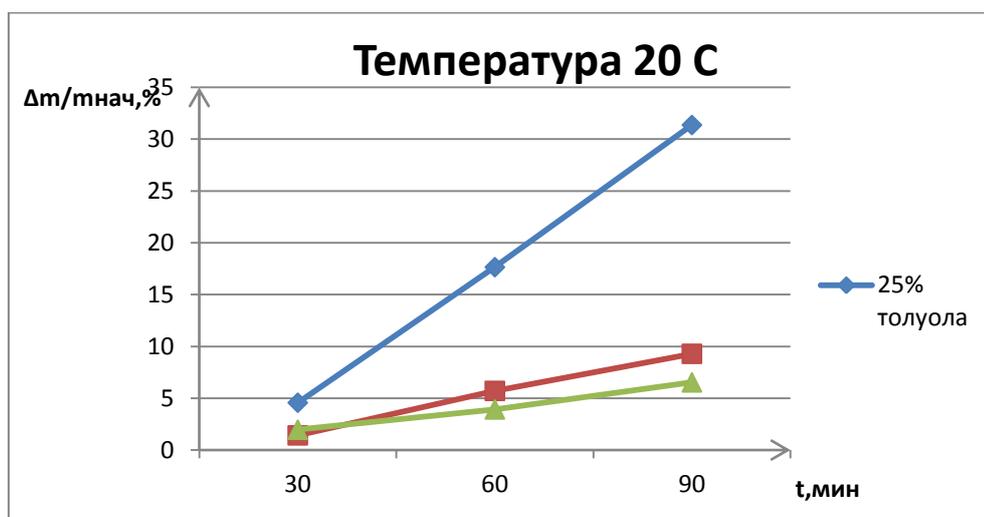


Рисунок 1. Эффективность удаления парафина при концентрации толуола 5%, 15%, 25% и температуре испытания  $20^\circ\text{C}$

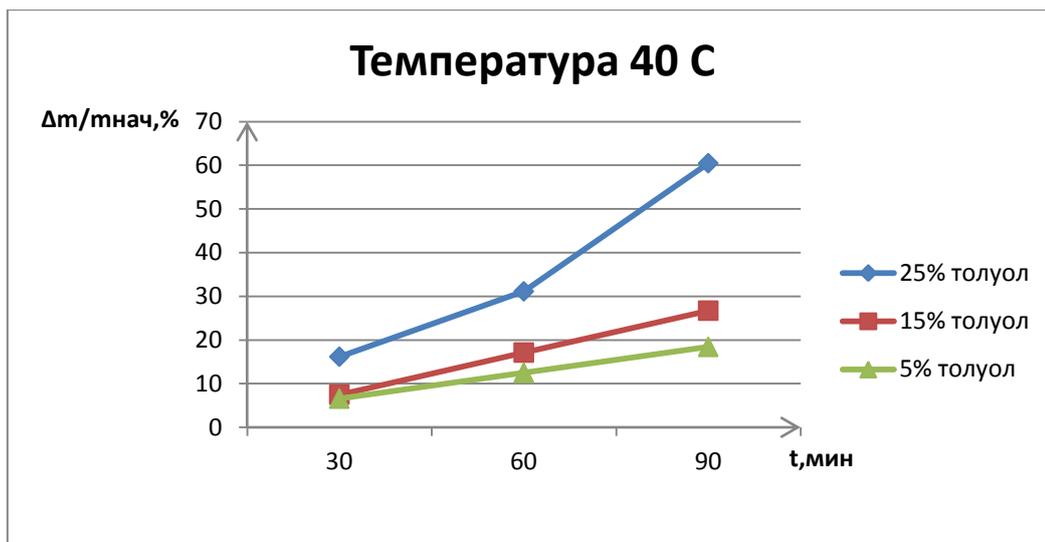


Рисунок 2. Эффективность удаления парафина при концентрации толуола 5%, 15%, 25% и температуре испытания 40<sup>0</sup>С

Из сравнительного анализа графиков, представленных на рисунках 1, 2 видно, что наиболее эффективное растворение парафина происходит при температуре 40С и содержании толуола 25%. Но так как толуол является достаточно дорогим растворителем для применения его в больших количествах, то мы рекомендуем использовать 15% раствор толуола в масле, даже это содержание дает высокие результаты.

В качестве дополнительно эксперимента (для получения наиболее полного растворения) в данный 15% раствор - моющее средство можно добавить присадку (концентрация присадки 1% от массы раствора).

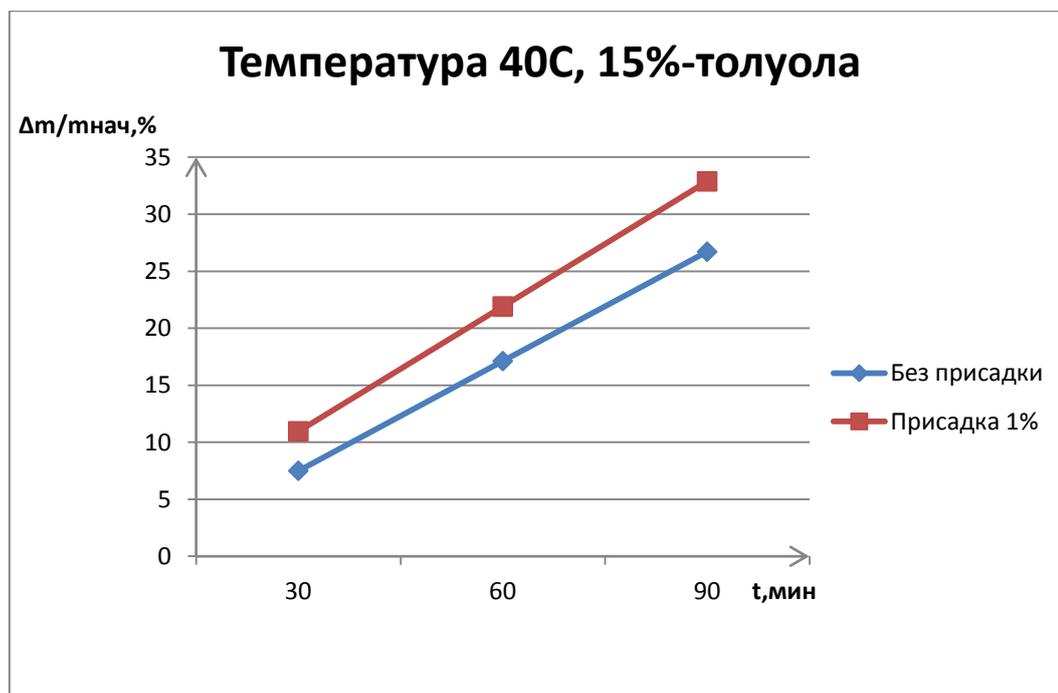


Рисунок 3. Эффективность удаления парафина при концентрации толуола 15% и температуре испытания 40<sup>0</sup>С с добавлением присадки

Из рисунка 3 видно, что лучшее растворение парафина происходит с применением присадки. Например, в точке соответствующей 30 минутам, эффективность растворения увеличивается на 3,49% (без применения присадки – 7,5% растворение парафина; с присадкой – 10,96%).

Вторым - завершающим этапом очищения трубопровода после применения моющего раствора, является использование механических средств удаления АСПО.

В качестве очистных устройств используются скребки.

Скребок вводится в трубопровод и, продвигаясь вместе с потоком нефти, очистными элементами разрушает парафинистые отложения на внутренней поверхности трубопровода, которые уносятся потоком нефти. Частота пропуска скребка определяется технико-экономическим расчётом и обуславливается содержанием парафина в нефти и температурным режимом трубопровода.

В данной работе, в качестве примера, мы предлагаем использовать скребок "ОУ-П-ДС-Т-М", представленный на рисунке 4 (сертификат соответствия ГОСТ Р № РОСС RU.АЯ36.Н24969). Очистные устройства с полиуретановыми дисками "ОУ-П-ДС-Т-М" предназначены для очистки поверхности трубопроводов диаметром от 159 до 1420 мм от асфальтосмолистых и грязепарафиновых отложений, вытеснения продукта и инородных предметов.

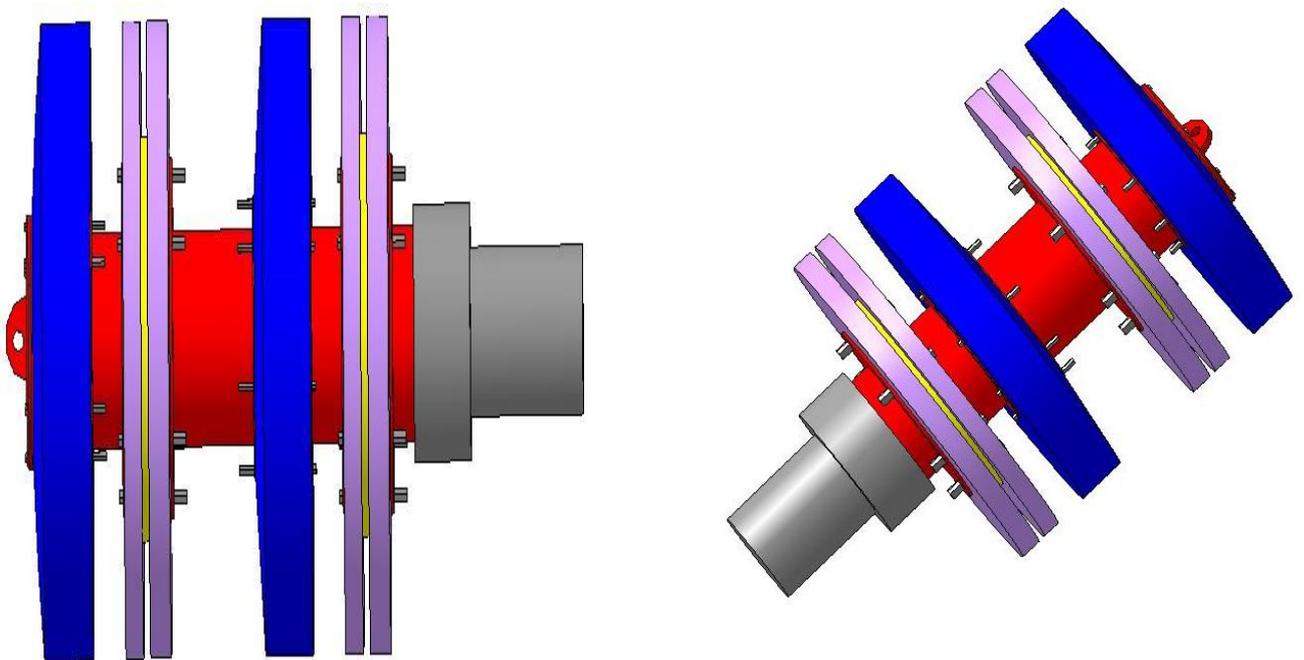


Рисунок 4. Скребок "ОУ-П-ДС-Т-М"

Использование механо-химического метода с применением мощного средства на основе отработанного масла с добавлением толуола, в качестве растворителя, является достаточно эффективным способом удаления АСПО, что было доказано в ходе лабораторных исследований.

Данный метод универсален и может комбинироваться с другими методами очистки, рекомендуется применять для удаления АСПО с длительно неочищенных нефтепроводов малого диаметра.

Также к достоинствам данного метода можно отнести использование отработанного моторного масла. Что позволяет получить дополнительный экономический эффект от отработанного сырья.