

УДК 622.692.4.052

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ СМЕШЕНИЯ НЕФТИ  
И ВОДЫ ПРИ ИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕКАЧКЕ  
ПО ПРОМЫСЛОВЫМ ТРУБОПРОВОДАМ**

**EXPERIMENTAL STUDIES OF THE ZONE OF OIL AND WATER MIXING  
AT THEIR SUCCESSIVE PUMPING THROUGH FIELD PIPELINES**

**А. В. Майер, М. Д. Валеев**

A.V. Mayer, M. D. Valeiev

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Нефтеюганск  
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа*

*Ключевые слова: промысловые трубопроводы; обводненная нефть; вязкость нефти;  
сепараторы; перекачка нефти; перекачка воды  
Key words: field pipelines; water cut oil; oil viscosity; separators; water pumping*

**% 1, 2016**

---

**Нефть и газ**

**97**

Внутрипромысловая перекачка нефти повышенной вязкости зависит от давления в трубопроводах, частоты порывов труб и себестоимости добычи нефти.

Присутствие попутно-добываемой воды в перекачиваемой жидкости еще более осложняет транспорт из-за образования в добывающих скважинах стойких эмульсий обратного типа (вода в нефти), вязкость которых кратно превышает вязкость безводной нефти.

С другой стороны, наличие попутно-добываемой воды в перекачиваемой продукции вызывает внутреннюю коррозию труб из-за образования подстилающего слоя воды в трубах, особенно в пониженных участках трассы.

Способом, в значительной мере препятствующим таким осложнениям, является последовательная перекачка нефти и воды, создаваемая чередующимся сбросом их из отстойных аппаратов системы сбора нефти, газа и воды [1, 2]. К таким аппаратам относятся, прежде всего, установки предварительного (путевого) сброса воды на объектах добычи нефти или дожимных насосных станциях. Однако даже при сбросе значительной доли воды в отводимой из аппаратов нефти остается до 5–10 % поступающей воды.

Чередование водной и нефтяной пробок предупреждает образование стойких мелкодисперсных эмульсий, уменьшает гидравлические сопротивления в трубопроводах благодаря снижению доли трубопровода, занятой нефтью, и уменьшает коррозию трубопроводов смачиванием всей поверхности труб проходящей пробкой безводной нефти и образованием защитной углеводородной пленки. Последнее обстоятельство обусловлено лучшей смачиваемостью поверхности металла нефтью в сравнении с водой.

При последовательной перекачке нефти и воды по трубопроводу важно располагать опытными данными об объемах смешения жидкостей. В предельных случаях соседние зоны смешения могут соединиться и образовать в отдаленных и конечных участках трубопроводов непрерывное течение водонефтяной смеси. При этом фактор коррозионной защиты перестанет существовать. В зонах контакта не исключается и образование эмульсий обратного типа из-за массообменных процессов в турбулентном потоке.

Исследование смесеобразования в зонах контакта нефти с водой проводилось на 2-х промысловых трубопроводах «Кушкуль — Телепаново» и «Андреевка — Телепаново» диаметром 0,25 м и длинами 21 и 26 км. После сброса основных объемов воды на УПС суммарный расход жидкостей в трубопроводах составил 4,0 и 2,25 тыс. м<sup>3</sup>/сут. При этом расход нефти составил 0,52 и 0,78 тыс. м<sup>3</sup>/сут., а воды — 3,48 и 1,47 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Вязкость нефти в трубопроводах в среднем составила  $24 \cdot 10^{-6}$  и  $27,5 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Средние скорости течения обеих жидкостей в трубопроводах составили 0,945 и 0,531 м/с. Оставшаяся часть жидкостей после сброса воды откачивалась насосами на ЦПС «Телепаново».

Согласно [3, 4], объем смеси двух жидкостей, образовавшихся при их последовательной перекачке по трубопроводу, можно рассчитать по формуле Сьенитцера — Марона

$$V_c = 1000 \left( \lambda_1^{1.8} + \lambda_2^{1.8} \right) \left( \frac{d}{L} \right)^{0.43} V, \quad (1)$$

где  $\lambda_1, \lambda_2$  — коэффициенты гидравлических сопротивлений при течении перекачиваемых жидкостей (нефти и воды);  $d$  — диаметр трубопровода;  $L$  — длина трубопровода, которую прошла зона контакта;  $V$  — объем внутренней полости трубопровода, занимаемый от начала трубопровода до участка движения смеси. Величина  $V$  рассчитывается в симметричных интервалах концентрации, то есть концентрация жидкостей от начальной зоны контакта меняется в ту и другую стороны идентично.

Включения в формулу (1) двух значений  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  позволяет использовать ее для жидкостей с разными значениями вязкости, поскольку средняя скорость их движения и диаметр трубы одинаковы.

Изучение объемов смешения производилось на конечном участке трубопроводов на входе жидкостей в ЦПС «Телепаново». В трубопроводы были врезаны пробоотборники, отбирающие жидкости с трех уровней сечения труб для получения осредненных величин содержания фаз нефти и воды.

Отбор проб жидкостей на каждом трубопроводе начинал производиться с момента подхода начальной зоны контакта нефти и воды, то есть с момента прохода границы раздела фаз через насос откачки. По средним скоростям течения жидкостей в трубопроводах рассчитывалось время их движения от насосов к точкам отбора проб. После подхода условной зоны контакта пробы в объеме 0,5 литра отбирались каждые 30 секунд. Последующий анализ обводненности проб позволял определить время течения смеси и его объем. Этот объем умножался на два, учитывая, что смесеобразование в трубах условно распространяется в обе стороны равномерно от зоны первоначального контакта нефти и воды.

Наряду с этим для обоих трубопроводов по формуле (1) рассчитывались объемы смешения нефти и воды на конечных участках трубопроводов. Расчетные значения  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  по формуле Блазиуса составили 0,0020 и 0,0028 при значениях параметра Рейнольдса 9 843 и 4 827. Расчетный объем смеси в конце трубопровода «Кушкуль — Телепаново» составил 37,7 м<sup>3</sup>, а «Андреевка — Телепаново» — 42,6 м<sup>3</sup>. Длина трубопровода со смесями составила 769 и 868 м.

В то же время фактические объемы смесей в трубопроводах составили 18,62 и 22,05 м<sup>3</sup>, а длины трубопроводов со смесями — 380 и 450 м.

Таким образом, фактические объемы смесей в среднем на 50 % меньше в сравнении с перекачкой маловязких нефтепродуктов, для которых была получена формула (1). Меньшее смесеобразование, очевидно, связано со значительно большей вязкостью нефти в сравнении с нефтепродуктами перекачки. Это говорит в пользу применения технологии последовательной перекачки нефти и воды по промышленным трубопроводам.

При расчетах зоны смеси для нефтей с вязкостью не более  $30 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с следует применять формулу (1) с учетом снижения фактических объемов смеси на 50 % от расчетного.

Таким образом, экспериментально установлено, что фактический объем смешения нефти и воды при их последовательной перекачке по промышленным трубопроводам меньше в сравнении с объемом смешения при перекачке продуктов переработки нефти (разносортных бензинов и т. д.). Очевидно, что снижение интенсивности смешения обусловлено более высокой вязкостью перекачиваемой нефти. Снижение объемов смеси на величину порядка 50 % необходимо учитывать при внедрении технологии для нефтей с вязкостью до  $30 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

#### **Список литературы**

1. Майер А. В. Технология снижения вязкости обводненной нефти в промышленных трубопроводах // Известия вузов. Нефть и газ. – 2014. – № 3. – С. 49-53.
2. Валеев М. Д., Давлетшин З. Ш., Зайнашев Р. А. Последовательная откачка нефти и воды из скважины и отстойных аппаратов // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 1. – С. 39-41.
3. Лурье М. В. Задачник по трубопроводному транспорту нефти, нефтепродуктов и газа: учебное пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр». – 2003. – 349 с.
4. Ишмухаметов И. Т., Исаев С. Л., Лурье М. В., Макаров С. П. Трубопроводный транспорт нефтепродуктов. – М.: Нефть и газ. – 1999.

#### **Сведения об авторах**

**Майер Андрей Владимирович** ассистент кафедры «Техника и технология», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Нефтеюганск, тел. 89123889777, e-mail: mayer-14@mail.ru.

**Валеев Марат Давлетович**, д. т. н., профессор, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, e-mail: vm5943@mail.ru.

#### **Information about the authors**

**Mayer A. V.**, assistant of the chair «Equipment and technology», Tyumen State Oil and Gas University, Nefteyugansk, phone: 89123889777, e-mail: mayer-14@mail.ru.

**Valeiev M. D.**, Doctor of Engineering, professor, Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, e-mail: vm5943@mail.ru.