

Препринт статьи, опубликованной в журнале:

Бурение и нефть, 2012, №1, с. 27-28.

Отсутствие аддитивности свойств нефтяных смесей

И.Н. Евдокимов, А.П. Лосев, А.А. Фесан

РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

При прогнозировании свойств нефтяных смесей традиционно используют упрощенные модели аддитивности, построенные для описания идеальных растворов. Наши экспериментальные исследования показали ошибочность использования традиционных моделей для расчета плотности и вязкости смесей природных нефтей.

Знание плотности и вязкости смеси нефтей важно для прогнозирования режимов работы пунктов смешения нефтей, поступающих из различных нефтедобывающих регионов, для учета возможности изменения качества продукта при смешении. От конкретных значений плотности и вязкости зависит энергопотребление и условия работы магистральных насосов [1]. Из-за того, что многие представления о свойствах сложных по химическому составу нефтяных смесей были некритически заимствованы из исследований простых идеальных растворов, возможно появление ошибок при проектировании магистральных трубопроводов, в результате которых магистральные насосы работают вне зоны максимального КПД, а энергопотребление оказывается завышенным по сравнению с прогнозируемым.

В существующих монографиях, учебниках и справочниках, а также в нормативной документации значения различных характеристик нефтяных смесей принято рассчитывать по строго определенным правилам и зависимостям. Так, в учебном пособии [2] и в нормативном документе [3] для расчетов плотности смеси $\rho_{см}$ рекомендуется использовать правило аддитивности плотностей смешиваемых нефтей ρ_i :

$$\rho_{см} = \sum x_i \rho_i$$

где x_i – объемная доля каждой нефти.

Кинематическую вязкость нефтяных смесей $\nu_{см}$ предлагается рассчитывать, используя правило аддитивности функций Вальтера по стандартной формуле [3]:

$$\lg \lg(\nu_{см} + 0,8) = \sum x_i \lg \lg(\nu_i + 0,6)$$

где ν_i и x_i – кинематические вязкости и объемные доли отдельных нефтей.

Проведенные нами экспериментальные исследования показали, однако, что общепринятые аддитивные правила расчета плотности и вязкости нефтяных смесей на практике могут приводить к серьезным ошибкам в определении прогнозируемых параметров. В исследованиях использовали нефти с различающимися физическими свойствами: «легкую» нефть с месторождения Ямало-Ненецкого автономного округа (плотность: 818,3 кг/м³) и «тяжелую» нефть с месторождения Республики Татарстан (плотность: 893,2 кг/м³). Смеси с различными относительными содержаниями каждой из нефтей готовили путем добавления «легкой» нефти в «тяжелую». Перед каждым измерением, образец смеси выдерживали в состоянии покоя на протяжении 24 часов. Все измерения проводили при 20 °С. Величину плотности определяли, используя вибрационный плотномер ВИП-2М, кинематическую вязкость измеряли в капиллярных вискозиметрах ВПЖ-2 диаметрами 0,73 мм и 2,37 мм.

В результате измерений были получены существенно немонотонные экспериментальные зависимости плотности и вязкости смеси от объемной доли «легкой» нефти, представленные на рисунке 1 и рисунке 2. Гладкие кривые на рисунках – результаты расчета по обсуждавшимся выше правилам аддитивности.

Видно, что расчеты по правилам аддитивности удовлетворительно описывают результаты измерений лишь в смесях с высоким содержанием легкой нефти. Наибольшие отклонения измеренных величин от расчетных

наблюдаются в смесях с массовой долей легкой нефти, близкой к 0,4. По сравнению с измеренными значениями, расчет дает занижение плотности примерно на 3% и завышение кинематической вязкости на 70%, то есть, почти в два раза.

Причинами наблюдаемого отсутствия аддитивности свойств смеси природных нефтей могут быть нарушения коллоидных структур высокомолекулярных компонент нефти [4]. Существующие модели подобных процессов пока не позволяют прогнозировать изменения плотности и вязкости с точностью, достаточной для инженерных расчетов, поэтому при смешении нефтей в производственных условиях эти характеристики получаемых смесей целесообразно определять экспериментально, а традиционные правила аддитивности можно использовать лишь для приближенных оценок. Пренебрежение наличием неаддитивности свойств нефтяных смесей может привести к серьезным ошибкам при прогнозировании энергопотребления нефтегазопромыслового оборудования и режимов его работы.

Список литературы

1. Гумеров А.Г. Центробежные насосы в системах сбора, подготовки и магистрального транспорта нефти: производственно-практическое издание. М.: Недра, 1999. - 295 с.
2. Дунюшкин И.И., Мищенко И.Т., Елисеева Е.И. Расчеты физико-химических свойств пластовой и промысловой нефти и воды: Учебное пособие для вузов. М.: «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. - 448 с.
3. РД 39-30-598-81. Методическое руководство по составлению регламента технологического режима эксплуатации нефтепровода.- Введ. 19.10.1981 / сост.: Ф.Г. Мансуров, Б.Н. Голубев, Р.С. Хабибуллин, Р.Н. Саитгареев.- Уфа, 1981. – 39 с.

4. Евдокимов И.Н. Нанотехнологии управления свойствами природных нефтегазовых флюидов. М.: «МАКС Пресс», 2010. – 364 с.

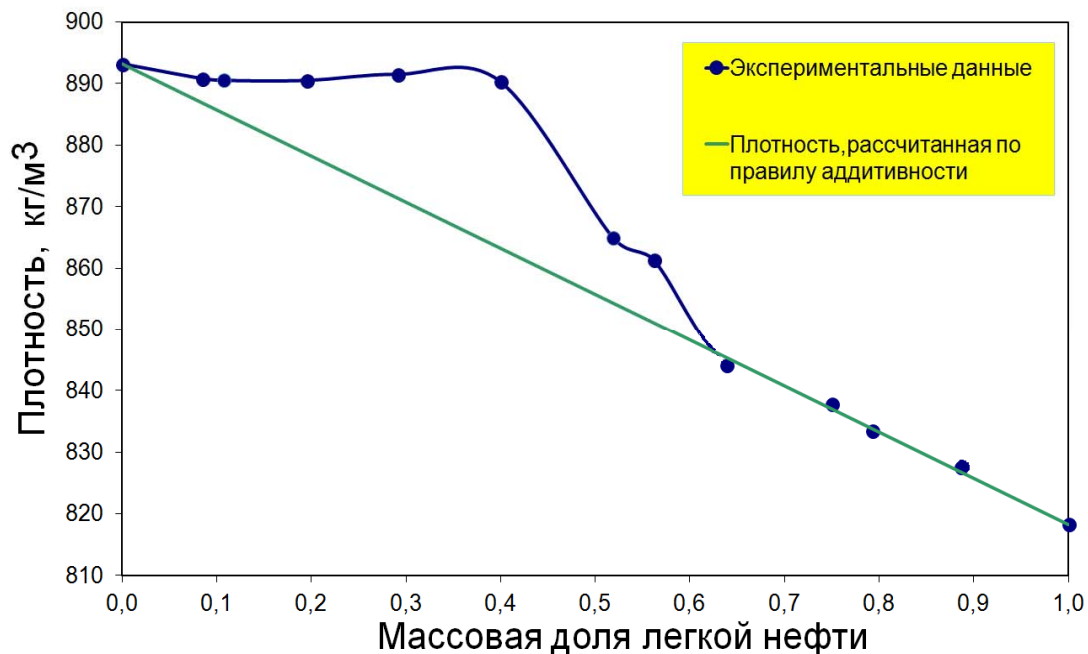


Рисунок 1. Сравнение измеренных значений плотности с значениями, рассчитанными по правилу аддитивности.

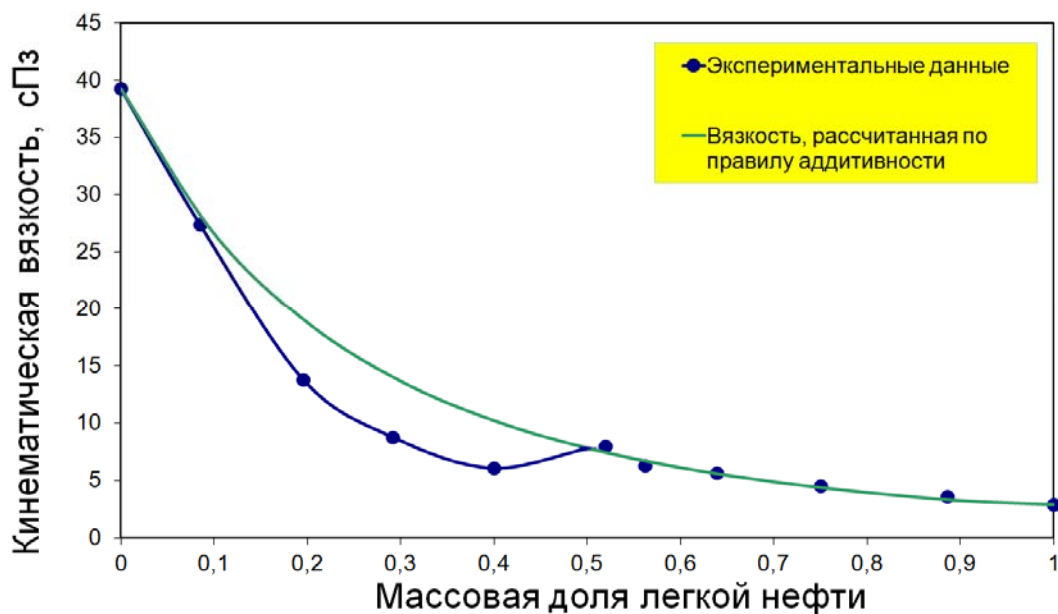


Рисунок 2. Сравнение измеренных значений вязкости с значениями, рассчитанными по правилу аддитивности.

