УДК 622.692.28

Е.А.ЛЮБИН
Уфимский государственный нефтяной технический университет

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ НЕФТИ ИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ

Получены критериальные уравнения массоотдачи для случаев простоя, опорожнения и заполнения вертикальных цилиндрических резервуаров и выполнен анализ влияния различных факторов на потери нефти от испарения.

Criteria equations of mass evaporation are derived for idle, empting and infilling modes of vertical oil reservoirs and the analysis impact of various factors on oil losses due to evaporation is performed.

Основным видом потерь нефти, полностью не устранимым при современном уровне развития средств транспорта и хранения углеводородов, являются потери от испарения из резервуаров. Выбор средств сокращения потерь из резервуаров типа РВС связан с размером этих потерь, поэтому их адекватная оценка имеет важное значение. Используемые в отрасли методы расчета потерь нефти в процессах ее сбора, подготовки и транспортирования имеют важные преимущества по сравнению с прямыми измерениями, поскольку: 1) основную часть экспериментальной работы проводят не в полевых, а в лабораторных условиях; 2) отпадает необходимость в громоздком и не всегда надежном оборудовании для измерения масс или объемов больших количеств жидких и газовых потоков; 3) четко разделяются потери от испарения, утечек и прочих причин потерь нефти.

Проф. Н.Н.Константиновым [2] для описания процесса насыщения газового производства (ГП) резервуаров парами нефти и нефтепродуктов было предложено пользоваться коэффициентом испарения, который принимает значения $(0{,}5–2)\cdot10^{-4}$ 1/ч. Однако рекомендаций по выбору значения этого коэффициента в различных конкретных случаях он не дает. В результате погрешность прогнозирования потерь нефти от испарения может достигать 400 %.

Для правильной оценки фактических потерь нефти от испарения из вертикальных цилиндрических резервуаров необходимо уметь прогнозировать концентрацию паров углеводородов в ГП резервуаров. Проф. Ф.Ф. Абузова [1] и ее ученики рекомендуют использовать для этой цели коэффициент массоотдачи, который предложено находить по критериальным уравнениям. Однако метд не лишен недостатков, так как данные уравнения не позволяют вести расчеты при малых числах Рейнольдса при заполнении и опорожнении резервуара, а также при времени простоя резервуаров близком к нулю. Кроме того, критериальное уравнение массоотдачи при простое резервуаров ошибочно получено путем совместной обработки данных по испарению нефтей и бензинов. Проверка погрешности расчета коэффициентов массоотдачи от поверхности нефти по формулам Ф.Ф.Абузовой и ее учеников на их же экспериментальных данных показала, что при заполнении резервуаров она составляет более 120 %. Такая высокая погрешность неприемлема, и, следовательно, необходимо получить более точные критериальные уравнения массоотдачи при операциях с нефтями.

Целью работы является совершенствование методики оценки потерь нефти от испарения из резервуаров типа РВС путем вычисления их с учетом влияния различ-

ных факторов, изучение влияния этих факторов на размер потерь.

Проф. А.А.Коршаком [3] получены новые формулы для расчета потерь нефти и нефтепродуктов при «больших и малых дыханиях». Для прогнозирования динамики насыщения ГП углеводородами в них предложено использовать новый критерий подобия

$$Kt = \frac{J}{\rho_{\text{ПВС}}\, D_{\text{м}}} \sqrt[3]{\frac{v_{\text{ПВС}}^2\, M_{\text{ПВС}}\, T_{\text{воздж}}}{g M_y T_{\text{ж}}}} \qquad (1)$$

где J – плотность потока массы испаряющейся нефти; $\rho_{\text{ПВС}}$, $M_{\text{ПВС}}$ – соответственно плотность и молярная масса паровоздушной смеси; $D_{\text{м}}$ – коэффициент молекулярной диффузии; $v_{\text{ПВС}}$ – кинематическая вязкость паровоздушной смеси; $T_{\text{возд}}$, $T_{\text{ж}}$ – температуры соответственно воздуха и нефти; g – ускорение свободного падения; M_y – молярная масса паров нефти.

Для установления конкретного вида критериальных уравнений массоотдачи при закачке, простое и откачке нефтей были использованы данные по испарению ромашкинской, усть-балыкской и других нефтей на перекачивающих станциях магистральных нефтепроводов «Мозырь», «Самотлор», «Чекмагуш», «Парабель». При этом был использован специальный математический пакет обработки данных Stat Graphics Plus 5.1.

Для случая неподвижного хранения нефти критериальное уравнение массоотдачи имеет вид

$$Kt_{\text{ïð}} = 3{,}065 \cdot 10^{-11} \Delta\pi 0{,}302 Sc^{3{,}44} \times \times (\rho_{\text{îòí}} - 0{,}7)^{-8{,}421}, \qquad (2)$$

где $\Delta\pi$ – модуль движущей силы процесса испарения; Sc – число Шмидта; $\rho_{\text{отн}}$ – относительная плотность нефти при температуре $T = 293$ K по воздуху.

Аналогичным способом были найдены критериальные уравнения массоотдачи для случая опорожнения резервуара

$$Kt_{\text{от}} = Kt_{\text{пр}}(1{,}104 \cdot 10^6 \Delta\pi^{-0{,}708} \times \times \text{Sc}^{2{,}748} \text{Re}_{\text{ср}}^{-1{,}33} + 1), \qquad (3)$$

и заполнения резервуара

$$\text{Kt}_{\text{зак}} = \text{Kt}_{\text{пр}}(2 \cdot 10^6 \Delta\pi^{-0{,}452} \text{Sc}^{-2{,}837} \times \times (\rho_{\text{отн}} - 0{,}7)^{7{,}249} (\text{Fr} \cdot \text{Re})^{0{,}188} + 1), \qquad (4)$$

где $\text{Re}_{\text{ср}}$ – среднее число Рейнольдса, характеризующее скорость омывания поверхности нефти воздухом при опорожнении резервуаров; Fr·Re – параметр подобия, характеризующий интенсивность перемешивания нефти в резервуаре при заполнении.

Среднеквадратичная погрешность расчета по формуле (2) составляет 24,8 %, по формуле (3) – 12,7 % и по формуле (4) – 5 %.

На основе полученных критериальных уравнений с применением методики проф. А.А.Коршака были проведены расчеты потерь нефти от испарения. Полученные значения удельных потерь соответствуют тем, которые имеют место в реальных условиях. Также был проведен анализ влияния различных факторов на размер потерь потерь: температуры окружающей среды, номинальной вместимости резервуара, его местонахождения, характеристик нефти, объема закачиваемой нефти при «большом дыхании», а также объема газового пространства при «малом дыхании».

В результате выполненных расчетов установлено следующее. Во-первых, в «Нормах естественной убыли нефти при приеме, хранении, отпуске и транспортировании» год поделен на два периода: осенне-зимний и весенне-летний. Нами установлено, что данное деление не вполне адекватно, так как потери в весенний и осенний периоды существенно отличаются как от зимних, так и от летних: при увеличении температуры происходит увеличение потерь; в холодное время год потери нефти от «малых дыханий» вообще отсутствуют.

Во-вторых, в «Нормах естественной убыли нефти» выделяют только три климатические зоны (южную, среднюю и северную), но, по нашим расчетам, потери нефти даже в пределах одной климатической зоны различны. Потери от «большого дыхания» различаются до 25 %, потери от «малого дыхания» – до 700 %.

В-третьих, в «Нормах естественной убыли нефти» такие факторы, как вместимость резервуара, характеристики нефти, объем закачиваемой нефти при «большом дыхании», а также объем газового пространства при «малом дыхании» не учитываются совсем. Наши расчеты показали, что эти факторы оказывают большое влияние на конечный размер потерь нефти.

Выводы

1. Получены критериальные уравнения массоотдачи, позволяющие адекватно прогнозировать возможные потери нефти от испарения при «больших и малых дыханиях».

2. Показано, что существующие «Нормы естественной убыли нефти» несовершенны и требуют доработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абузова Ф.Ф.* Исследование потерь от испарения нефтей и нефтепродуктов и эффективности средств сокращения их в резервуаре: Автореф. дис… докт. техн. наук / Уфимский нефтяной ин-т. Уфа, 1975. 46 с.

2. *Константинов Н.Н.* Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. М.: Гостоптехиздат, 1961. 360 с.

3. *Коршак А.А.* Нефтехранилища и АЗС: Учебник для вузов / А.А.Коршак, Г.Е.Коробков, А.Д.Прохоров СПб: Недра, 2008. 467 с.

4. *Мартяшева В.А.* Исследование испарения нефтей и нефтепродуктов из резервуаров в условиях интенсификации технологических процессов: Автореф. дис… канд. техн. наук / Уфимский нефтяной ин-т. Уфа , 1978. –21 с.

Научный руководитель проф. *А.А.Коршак*