

Д.Е. Попов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА НИЗКОКИПЯЩИХ НЕФТЯНЫХ СМЕСЕЙ В ПОТОКЕ

Рассматривается способ автоматического анализа фракционного состава низкокипящих нефтяных смесей непосредственно в потоке.

В условиях непрерывного производства применение прямого лабораторного анализа состава нефтяных смесей связано со значительным объемом работ по отбору проб и проведению анализа, большим запаздыванием результатов анализа от текущего состояния технологического процесса. Кроме самой высокой стоимости анализа, он характеризуется длительностью проведения. Для всех стадий производства нефтепродуктов от качества исходного сырья зависит качество конечного продукта. Решению связанных с этим задач будет способствовать применение поточной системы анализа фракционного состава низкокипящей нефтяной смеси для количественной оценки в реальном времени, что позволит непрерывно контролировать фракционный состав нефтепродуктов, повысить качество оперативного управления технологическим процессом.

Физической реализацией данной системы является технологический программно-технический комплекс, в котором процесс анализа основан на однократном испарении исследуемой смеси. Весь процесс происходит в автоматическом режиме, без участия человека. Отбор пробы производится с помощью побудителя расхода (насоса) в составе комплекса. Смесь отбирается из потока и поступает в нагревательную секцию комплекса, где нагревается ступенчато от температуры начала до температуры конца кипения низкокипящей фракции. Далее паровая фаза поступает в колонку с сетчатой насадкой, где конденсируются первые низкокипящие компоненты (НКК). Изначально компоненты оседают на насадке, откуда стекают в накопительную емкость. В дальнейшем происходит орошение пара конденсатом данной фракции. Пары, отходящие с верха колонки, поступают в холодильник, где конденсируются и сте-

кают в накопительную емкость. В ней же происходит измерение объема фракции. После получения экспериментальных данных производится обработка результатов и построение кривых истинной температуры кипения (ИТК). Таким образом, рассматриваемая система является аппаратно «спутником» существующих технологических аппаратов и внедряется непосредственно в технологический процесс.

Преимущества внедрения автоматизированного поточного анализа очевидны. Однако его создание требует разработки математической модели процесса анализа, предназначенной для применения в алгоритмах обработки результатов измерения с целью определения фракционного состава смеси.

Процесс анализа основывается на технологии перегонки при атмосферном давлении. При рассмотрении условий однократной перегонки многокомпонентных дискретных систем степень отгона и составы равновесных фаз определяются путем суммирования. Для сложных нефтяных систем, представляющих континуум неопределенно большого числа составляющих, при расчетах исходят из тех же основных принципов, но операция простого суммирования заменяется интегрированием. Уравнение парожидкостного равновесия для компонента сложной нефтяной фракции запишется в следующей форме:

$$dy = kdx, \quad (1)$$

где dx , dy – мольная доля каждого псевдокомпонента в жидкой и паровой фазе; k – k -фактор компонентов системы.

Если для дискретной системы уравнение изотермы жидкой фазы получается путем простого суммирования равновесного соотношения $y_i = k_i x_i$ по всем компонентам смеси, то для нефтяной фракции уравнение равновесия должно быть проинтегрировано в пределах от 0 до 1:

$$\int_0^1 k dx_L = 1. \quad (2)$$

Уравнение изотермы паровой фазы нефтяной фракции определяется по тому же равновесному соотношению (1), разрешенному относительно концентрации dx_L парового сырья и проинтегрированному в пределах от 0 до 1:

$$\int_0^1 \frac{dx_L}{k} = 1. \quad (3)$$

Расчет по уравнениям (2), (3) ведется путем нанесения на график значений k и $1/k$ для ряда точечных псевдокомпонентов, выбранных по мольной кривой ИТК сырья, при температуре и давлении системы. По этим точкам строятся соответствующие кривые $k = \psi(x_L)$ и $1/k = \varphi(x_L)$. При температуре, отвечающей точке начала кипения, площадь под первой кривой равна единице, а при температуре конца кипения системы единице равна площадь под второй кривой.

Для проведения таких расчетов необходимы мольная кривая ИТК нефтяной фракции и значения k -факторов ее гипотетических компонентов. Экспериментально полученные кривые ИТК обычно представляются как функции объемной или массовой доли отгона и поэтому для проведения расчетов должны быть преобразованы применительно к мольным единицам измерения.

С учетом уравнения материального баланса процесса однократной перегонки, составленного для произвольного псевдокомпонента сложной системы,

$$dx_L = edy + (1 - e)dx, \quad (4)$$

где e – мольная доля отгона компонента и уравнения равновесия (1), можно получить следующие уравнения:

$$edy = \frac{dx_L}{1 + \frac{1-e}{ek}}; \quad (5)$$

$$(1 - e)dx = \frac{x_L}{1 + \frac{ek}{1-e}}. \quad (6)$$

Интегрируя уравнения (5), (6) в пределах от 0 до 1, можно получить расчетные выражения для определения мольной степени отгона (b)

$$b = \int_0^1 \frac{dx_L}{1 + \frac{1-e}{ek}} \quad (7)$$

и мольной степени конденсации

$$1 - e = r = \int_0^1 \frac{dx_L}{1 + \frac{ek}{1-e}} \quad (8)$$

при однократной перегонке нефтяной фракции. Расчет по выражениям (7), (8) осуществляется методом численного интегрирования. Площадь кривой подынтегральной функции в выражении (7), зависящей от мольной доли x_L по ИТК сырья, определяющей температуру кипения точечного псевдокомпонента при концентрации от $x_L = 0$ до $x_L = 1$, равна мольной степени отгона анализируемой смеси при заданных давлении и температуре. Площадь под той же кривой, но в пределах интегрирования от 0 до некоторого значения x_L , отнесенная ко всей площади в пределах от 0 до 1, дает значение абсциссы соответствующей точки по кривой ИТК ожиженного равновесного дистиллята при температуре, отвечающей данному x_L . Расчет ряда таких значений позволяет построить кривую ИТК дистиллята однократной перегонки.

Получено 20.06.2012