

УДК 66-97

ПИРОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КИПЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРАХ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Е.А. ТУРОВЕЦ**(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.В. СПИРИДОНОВ)*

Рассматривается возможность вычисления температур паров выкипающего нефтепродукта в колбе стандартизованного аппарата простой постепенной перегонки пирометрическим методом, что позволит скорректировать нагрев испытуемых нефтепродуктов в автоматическом режиме и обеспечить более четкое выполнение требований стандартных методик без необходимости ручной корректировки нагрева оператором.

Фракционный состав нефтепродуктов определяют в топливных лабораториях НПЗ. Сущность метода (по ГОСТ 2177-99 и ASTM D86) [1; 2] заключается в перегонке 100 мл образца с последующей регистрацией показаний термометра и объёма отогнанного нефтепродукта в приёмном мерном цилиндре. В настоящее время этот метод широко используется в ряде лабораторий НПЗ в странах СНГ.

Более прогрессивным методом является автоматический метод определения фракционного состава нефтепродуктов (Automatic). В настоящее время на международном рынке используются автоматические анализаторы, производимые американской корпорацией Petroleum Analyser Corporation (PAC), которая стремится быть монополистом на рынке приборов. На рисунке 1 представлен прибор Optidist, производимый этой корпорацией.

Анализ фракционного состава любых светлых нефтепродуктов ведется в полностью автоматическом режиме без участия лаборанта, который лишь наполняет специальный мерный цилиндр, переливает в колбу, устанавливает стеклянное оборудование в прибор. После программной проверки соответствия установленного оборудования выбранному продукту и правильности монтажа всех узлов запускается полностью автоматический цикл анализа, включающий контроль температуры нагревателя, времени до начала кипения, температуры первой капли (начало кипения), скорости разгонки, температуры паров, конца кипения по падению температуры паров или датчику последней капли.

Прибор не требует никаких предварительных тестов или настроек, оптимальные параметры предварительного нагрева и собственно анализ ведется с первой попытки в полностью автоматическом режиме в соответствии с выбранным стандартом.

Автоматическая оптимизация процесса нагрева позволяет не только улучшить эксперимент, но и защищает материал колбы от излишнего перегрева. Это положительно сказывается на сроке эксплуатации дистилляционных колб и нагревателя, уменьшает риск возникновения пожара вследствие разрушения колбы во время анализа. В современных автоматических анализаторах фракционного состава светлых нефтепродуктов возникает необходимость пирометрического контроля температур нагрева исходных проб испытуемых веществ, что особенно важно в случае загрузки в колбу анализатора продукта с малоизвестными свойствами. Это позволит избежать перегрева и «бурного вскипания» легкокипящих, а также ускорить нагрев высококипящих нефтепродуктов и обеспечить выполнение требований стандартных методик перегонки по времени падения первой капли (начало кипения) в автоматическом режиме без необходимости ручной регулировки нагрева оператором.

Для разработки методики пирометрического управления нагревом предварительно проведём эксперимент с эталонным индивидуальным углеводородом на приборе Optidist. Результаты эксперимента представлены на рисунках 2–3.



Рисунок 1. – Автоматический анализатор фракционного состава нефтепродуктов «Optidist»

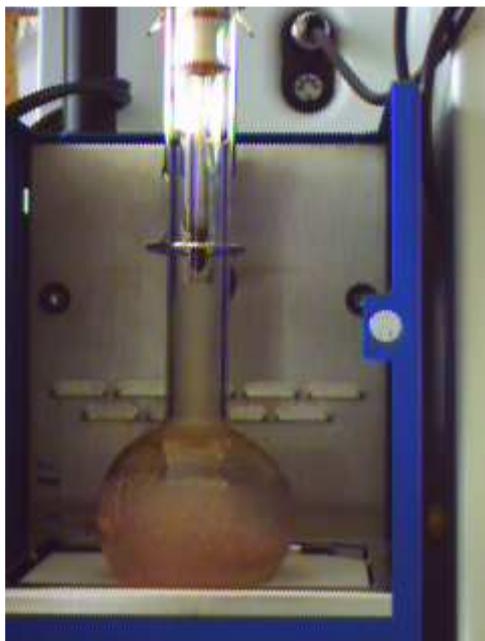


Рисунок 2. – Процесс кипения углеводородов в колбе прибора Optidist (фотоснимок)

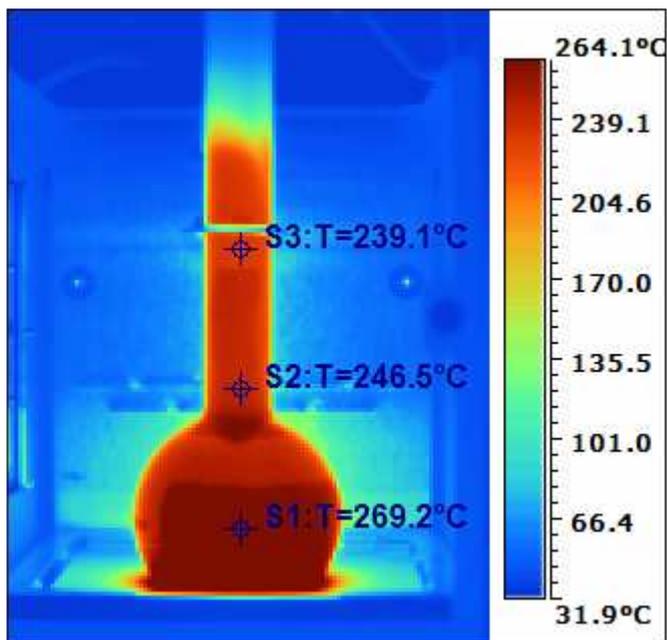


Рисунок 3. – Фотоснимок, полученный с помощью тепловизора (пирометра)

На рисунке 4 представлено распределение температур по времени проведения анализа пробы эталонного вещества (гексадекана). В интервале 0–650 с (> 10 мин) происходит нагрев пробы, в интервале 650–2270 с (38 мин) наблюдается изотермический участок. Это свидетельствует о наступлении динамического равновесия между конденсирующимся паром и окружающей средой (воздухом).

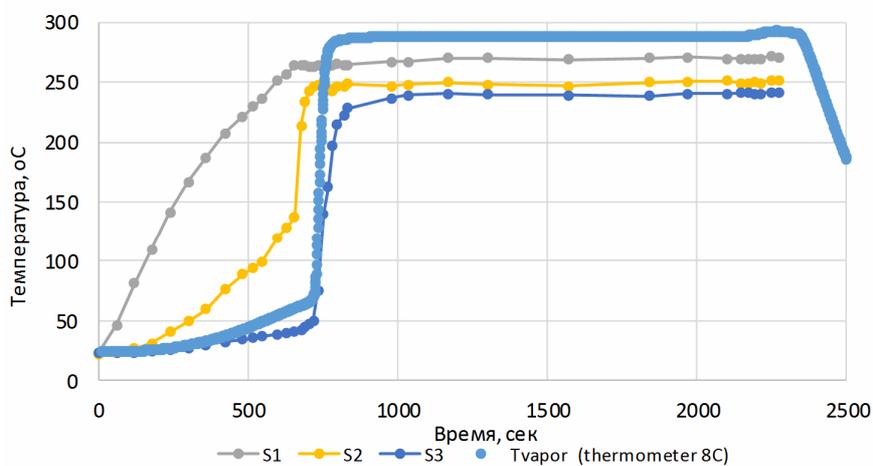


Рисунок 4. – Распределение температур по времени проведения анализа пробы эталонного вещества (гексадекана)

Для разработки математического описания тепловых процессов в колбе составим основное уравнение теплопередачи [3; 4]:

$$Q = KF\Delta t, \quad (1)$$

где F – поверхность теплопередачи, m^2 ; Δt – средняя разность температур между конденсирующимся паром и окружающим воздухом, K – коэффициент теплопередачи.

Плотность теплового потока (теплонпряженность)

$$q = \frac{Q}{F} = K\Delta t. \quad (2)$$

На основе обработки экспериментальных данных получены численные значения коэффициентов теплоотдачи конденсации углеводородных паров на стенке горловины колбы в точках S2 и S3. Они примерно составляют

$$K_{S1} = 102 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), K_{S2} = 128 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), K_{S3} = 330 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Подставив значения коэффициентов теплопередачи, предварительно преобразовав формулу (2) можно вычислить вероятную температуру испытуемого продукта в конкретных точках колбы.

$$tv_s = \frac{q}{K_s} + t_s, \quad (3)$$

где t_s – температура по показаниям пирометра.

На основе формулы 3 построим зависимости температур продукта в колбе в различных точках от показаний пирометра (рис. 5).

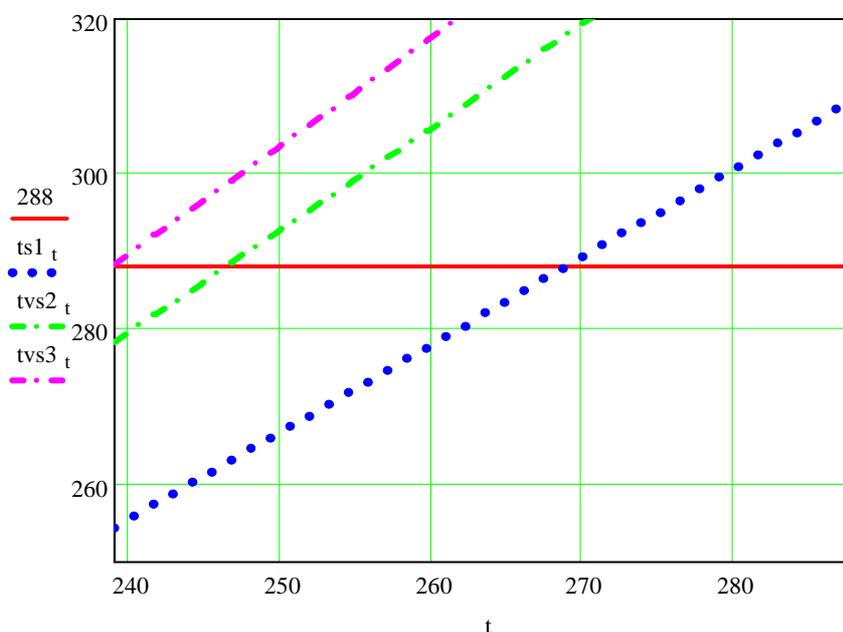


Рисунок 5. – Зависимости вероятных температур нефтяных фракций от показаний пирометра в контрольных точках колбы

По оси абсцисс графика – значения пирометра, по оси ординат – значения температур продукта в колбе. Прямые отображают зависимости этих температур в соответствующих контрольных точках (S1, S2 и S3). Из графика видно, что пунктирные прямые пересекают красную контрольную линию, соответствующую температуре паров в колбе (288 °C) в точках, близких к своим экспериментальным значениям.

Вывод. Так как полученные расчетные значения температур соответствуют экспериментальным значениям температуры 288 °C, то по результатам расчетов можно судить о том, что данную математическую модель можно использовать для расчета температур испытуемого нефтепродукта по значениям пирометра. Таким образом, согласно графику (см. рис. 5), по показаниям пирометра можно определить вероятную температуру паров в колбе (распределение температур). На основании данной методики можно скорректировать программу управления нагревом проб испытуемого вещества в автоматических анализаторах фракционного состава светлых нефтепродуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ASTM D86 : Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure, 1999. – 22 с.
2. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава : ГОСТ 2177-99. – 25 с.
3. Исаченко, В.П. Теплопередача : учебник для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – 4-е изд. пер. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1981. – 416 с.
4. Справочник химика / под ред. Б.П. Никольского. – М.–Л. : Химия, 1968. – Т. V. – 963 с.