

УДК65.011.56

ДИНАМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА И ПОТЕНЦИАЛА ТОПЛИВА В РЕЗЕРВУАРНОМ ПАРКЕ

Ю.С. Труфанов

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: trufanov@list.ru

Предложен подход для определения количества топлива в топливных резервуарах на основании первичных производственных данных. Использована математическая модель количества топлива в резервуарах. Использование модели применимо для учета количества топлива в статических состояниях, таких как операции снятия натуральных остатков. При многократных оперативных вычислениях массы топлива с небольшим интервалом времени (при ее фактическом изменении, например, вследствие закачки или откачки резервуара) полученные значения массы могут быть интерпретированы как расход массы топлива в трубопроводе, т. е. как альтернатива показаниям расходомера. Метод представляет интерес для теплоэнергетических предприятий, так как позволяет имитировать расход топлива в тоннах (масса) и в тоннах условного топлива (ТУТ) (энергетическая ценность).

Ключевые слова: топливный резервуар, методика измерения количества нефтепродукта, виртуальный расходомер в ТУТ.

Введение

Тепловая энергетика составляет около 68 % от общих энергогенерирующих мощностей России. Значительно меньшее количество энергии производят атомные и гидроэлектростанции (рис. 1).

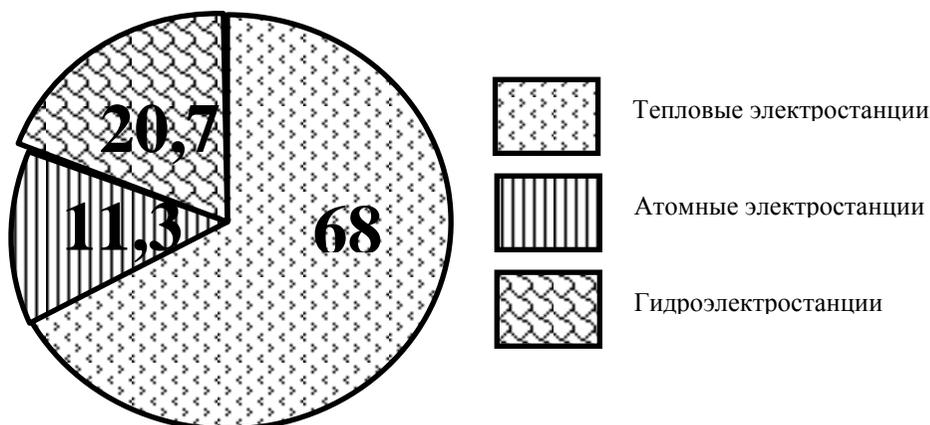


Рис. 1. Диаграмма распределения энергогенерирующих мощностей России

Основными видами топлива на объектах теплоэнергетики являются природный газ (порядка 70 %) и уголь (около 27 %). В качестве резервного топлива применяется мазут. В европейской части России используется преимущественно

Юрий Сергеевич Труфанов, аспирант.

газ и мазут (около 80 %), в восточной части страны – уголь (около 80 %) [1].

Для повышения эффективности воспламенения и стабилизации процесса горения углей на тепловых электростанциях используют также высококалорийное жидкое топливо – мазут (в объеме 10–20 % от расхода угля). Соответственно ежегодно на пылеугольных ТЭС России расходуется более 5 млн тонн мазута для растопки котлов, подсветки факела и стабилизации выхода жидкого шлака [2].

На большинстве российских ТЭС для хранения мазута используются резервуарные парки с вертикальными резервуарами. Они предназначены для оперативного хранения мазута с целью обеспечения его аварийного запаса.

Задача определения количества мазута важна для более точного планирования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), а также обеспечения безостановочного сгорания целевого топлива.

Математическая модель, решение задачи определения количества топлива в статике

Масса (m_r) топлива в каждом из резервуаров топливного парка (ТП) зависит от объема (V_r), плотности (ρ_r) и температуры (T_r) (порядок отбора проб приведен в [3], а метод определения плотности продукта (топлива) – в [4], [5]) и представляет собой функцию $m_r = F[V_r(T_r), \rho_r]$, где $m_r = 1 \div n$, n – количество резервуаров в ТП.

В рекомендации государственной системы обеспечения единства измерений [6] содержится методика косвенного определения массы топлива, расчет осуществляется в соответствии с формулой

$$m = V \cdot \rho = V_N \cdot [1 + (2\alpha_{ST} + \alpha_S) \cdot (T_V - 20)] \cdot \rho, \quad (1)$$

где V – фактический объем топлива при температуре его измерения в топливном резервуаре, м³; ρ – плотность топлива при температуре его измерения в топливном резервуаре, кг/м³; V_N – объем топлива в резервуаре, м³, вычисляют по формуле $V_N = V_o - V_v$; V_o – общий объем топлива и подтоварной воды в топливном резервуаре, м³ (определяется по градуировочной таблице резервуара, методика поверки описана в [7]); V_v – объем подтоварной воды, м³ (определяется по градуировочной таблице резервуара); α_{ST} – температурный коэффициент линейного расширения материала стенки резервуара; α_S – температурный коэффициент линейного расширения материала рулетки; T_V – температура измерения объема, °С.

Система уравнений, описывающая количество топлива в топливных резервуарах в целом, выглядит так:

$$\begin{cases} m_1 = F[V_1(T_1), \rho_1]; \\ m_2 = F[V_2(T_2), \rho_2]; \\ \dots \\ m_n = F[V_n(T_n), \rho_n] \end{cases} \quad (2)$$

Общая масса топлива в топливных резервуарах:

$$M = \sum_{r=1}^n m_r. \quad (3)$$

Данное решение статической задачи может быть использовано для определения количества топлива в топливных резервуарах (натурных остатков) в тоннах (в [8] подробно описан подход к определению количества нефтепродукта в резервуарном парке в натуральных единицах). Оно же может быть использовано для пересчета жидкого топлива в тоннах условного топлива (ТУТ):

$$M_{\text{ТУТ}} = \frac{Q_N}{Q_{\text{ТУТ}}} \cdot M, \quad (4)$$

где Q_N – низшая удельная теплота сгорания (теплотворная способность) мазута [МДж/кг];

$Q_{\text{ТУТ}}$ – постоянная величина (теплота сгорания условного топлива) [29,3 МДж/кг];

M – масса топлива в натуральных единицах.

Благодаря указанному пересчету можно оценить потенциал топлива в резервуарах.

Имитация показаний расходомера в ТУТ, решение задачи определения количества топлива «в динамике»

Статическая модель определения количества топлива в топливном парке позволяет получить важные, но ограниченные результаты. Значительно больший эффект дает динамический подход при определении количества топлива в резервуарах. Подход заключается в том, что, производя расчет массы в резервуаре достаточно часто, например в темпе с поступлением данных в SCADA, можно рассматривать изменение массы в резервуаре по времени (t) как расход нефтепродукта в трубопроводе, связанном с резервуаром.

$$\Delta m_r(t) = F[t, V_r(T_r), \rho_r] - F[t_{i-1}, V_r(T_r), \rho_r]. \quad (5)$$

Знак $\Delta m_r(t)$ показывает вид операции: “–” откачка или “+” закачка.

Принципиально изменение состояния резервуара (изменение количества топлива в резервуаре за интервал времени) показано на рис. 2.

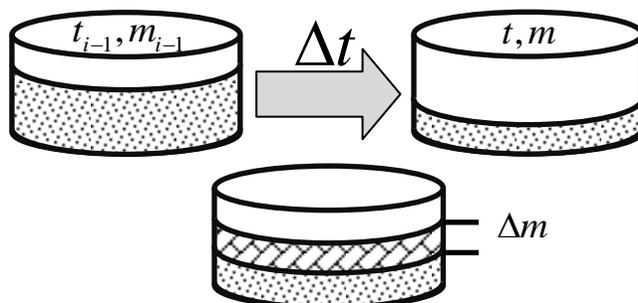


Рис. 2. Изменение количества топлива в резервуаре за интервал времени

Пересчитывая изменение массы топлива в ТУТ за известный интервал времени, можно получить величину, подобную мгновенному расходу в условном топливе:

$$\Delta M_{UT} = \frac{Q_N}{Q_{UT}} \cdot \Delta m_r(t). \quad (6)$$

Заклучение

Оперативное определение количества топлива в массовом эквиваленте условного топлива в каждом резервуаре является важной операцией для планирования поставок топлива на предприятии теплоэнергетики.

Предложенный подход позволяет получить дополнительные данные по расходу топлива в условных величинах, что интересно при оперативной оценке эффективности работы котлов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электроэнергетика России: [Электронный ресурс] // Техническая инспекция ЕЭС. URL: <http://www.ti-ees.ru/ees/>. (Дата обращения: 01.09.2015).
2. Запрудский С.Г., Рогов Е.В. Технические предложения и разработки по безмазутной растопке и подсветке факела топочных камер котлов // Проспект Свободный-2015: материалы науч. конф., посвященной 70-летию Великой Победы (15–25 апреля 2015 г.). Теплоэнергетика. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – С. 22–30.
3. ГОСТ 2517-85. Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб.
4. ГОСТ Р 51069-97. Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром.
5. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности.
6. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Масса и объем нефтепродуктов. Методика измерений в вертикальных резервуарах. МИ 3252-2009.
7. ГОСТ 8.570. Резервуары стальные вертикальные цилиндрические. Методика поверки.
8. Труфанов Ю.С. Математическая модель количества нефтепродукта в резервуарном парке // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2015. – № 1. – С. 73–75.

Статья поступила в редакцию 29 декабря 2016 г.

DYNAMIC DETERMINATION OF QUANTITY AND CAPACITY IN THE FUEL TANKS

Y.S. Trufanov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

An approach is proposed for determining the amount of fuel in fuel tanks based on primary production data. A mathematical model of the amount of fuel in tanks is used. The use of the model is applicable for calculating the amount of fuel in static states, such as operations to remove full-scale residues. With multiple operational calculations of the mass of fuel with a small time interval (if it is actually changed, for example, as a result of filling or evacuation out the tank), the resulting mass values can be interpreted as the fuel mass flow in the pipeline, i.e. As an alternative to the meter reading. The method is of interest for heat-and-power engineering plants, since it allows simulating fuel consumption in tons (mass) and in tons of equivalent fuel (energy value).

Keywords: fuel tank, method of measuring the amount of oil, virtual flowmeter in standard fuel.