

Метод терминального управления дебалансом при приеме, хранении и отпуске нефтепродуктов на топливных складах ОАО «РЖД»

А. Г. ГОДНЕВ¹, Е. П. ЛОКТЕВ², С. Н. НАУМЕНКО³

¹ООО «Научно-технический центр информационно-измерительной техники» (ООО «НТЦ ИИТ»), Королев, 141070, Россия

²Росжелдорснаб — филиал ОАО «РЖД» (РЖДС), Москва, 107228, Россия

³Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. Рассмотрен метод управления отпуском нефтепродуктов потребителю, позволяющий к терминальному моменту сохранить первоначальную величину дебаланса между фактической массой нефтепродукта, находящейся в резервуаре, и массой нефтепродукта, указанной в бухгалтерской документации. На практике метод может быть реализован с помощью алгоритма терминального управления при условии, что относительная погрешность поступившей фактической массы нефтепродукта в резервуар находится в заданных нормативными документами пределах. Приведен математический аппарат, основанный на результатах теории вероятности и теории статистических решений, показывающий, что использование метода управления позволяет сохранить при отпуске нефтепродукта потребителю первоначальную относительную погрешность поставщика, не увеличивая ее за счет погрешности средств измерений по резервуару и/или узлу учета.

Ключевые слова: нефтепродуктообеспечение; терминальное управление дебалансом; минимизация погрешности измерений

Введение. Во многих областях народного хозяйства возникает задача приведения сложного объекта управления в заданное состояние, отвечающее наперед заданным определенным требованиям. Для ее решения используется метод терминального управления.

Характерным примером задачи терминального управления является управление синхронизацией опорожнения резервуара с нефтепродуктом с одновременным синхронным списанием его массы, зарегистрированной в базе данных при поставке нефтепродукта, т. е. задача сводится к приведению в соответствие к терминальному моменту с заданной относительной погрешностью фактической массы находящегося в резервуаре нефтепродукта с его массой, зарегистрированной к этому моменту в базе данных.

Материалы и методы. Рассмотрим метод решения данной задачи на примере движения нефтепродукта при приеме, хранении и отпуске на топливных складах ОАО «РЖД» с учетом сетевого внедрения единой

автоматизированной системы учета дизельного топлива (ЕАСУ ДТ) [1].

Допустим, что от поставщика в резервуар поступила масса M_0 нефтепродукта с относительной погрешностью $\pm 0,5\%$, подчиняющаяся нормальному закону распределения. По показаниям топливно-раздаточной колонки (ТРК), являющейся узлом учета, происходит списание в базе данных хранящейся в резервуаре массы нефтепродукта.

Разобьем объем хранящегося нефтепродукта в резервуаре на n равных по объему частей (квантов) и припишем каждому кванту значение условной массы нефтепродукта, равной

$$\frac{M_0}{n} = m_{i\text{дг}}, \quad (1)$$

где $m_{i\text{дг}}$ — условная масса кванта нефтепродукта, хранящаяся в базе данных.

Произведя отпуск нефтепродукта через ТРК, равный одному кванту, вычислим разницу между результатом измерений узла учета $m_{i\text{уз}}$ и условной массой кванта $m_{i\text{дг}}$, хранящейся в базе данных,

$$\Delta m_i = m_{i\text{дг}} - m_{i\text{уз}}. \quad (2)$$

В зависимости от знака Δm_i — плюс или минус вычисляем коэффициент коррекции результата измерений узла учета массы следующего кванта m_{i+1} товарно-транспортной накладной:

$$K = \left(1 \pm \frac{\Delta m_i}{m_{i\text{дг}}} \right). \quad (3)$$

Таким образом, с отпуском каждого кванта массы нефтепродукта из базы данных синхронно списывается квант, равный $m_i = \frac{M_0}{n}$, в результате чего к терминальному моменту опорожнения резервуар будет пуст; в базе данных также формируется информация $M_0 \approx 0$ [2–4].

Проблема практической реализации описанного метода заключается в возможности ошибки определения величины и знака Δm , связанной с погрешностью не только средств измерений ТРК, но и средств измерений массы нефтепродукта по резервуару [5].

Теоретически масса кванта, измеренная ТРК, должна точно соответствовать массе кванта, отображенного из резервуара. Однако на каждом этапе измерений массы кванта между результатами измерений по резервуару и ТРК будут возникать те или иные расхождения за счет их погрешности измерений. В силу того что погрешность результатов измерений носит вероятностный характер, построение алгоритма оптимизации (в смысле оптимизации среднего риска ошибки) может быть основано на результатах теории статистических решений [6].

Будем считать, что результаты измерений массы кванта нефтепродукта по резервуару и ТРК распределены на два класса — D_1 и D_2 , а для характеристик погрешностей используется признак x . Также известны описания классов — условные плотности распределения вероятностей значений признака x классов D_1 и D_2 , т. е. функции $f_1(x)$ и $f_2(x)$, а также априорные вероятности появления результатов измерений $P(D_1)$ и $P(D_2)$ [7, 8].

Обозначим через x_0 значение признака, позволяющего оптимальным образом (в смысле минимума среднего риска) разделить признаковое пространство двух измерений на две области — R_1 и R_2 . В теории распознавания образов принято считать, что если объект относится к классу D_1 , а его считают объектом класса D_2 , то совершается ошибка первого рода. По терминологии теории статистических решений — ошибочно выбрана гипотеза H_2 , в то время как справедлива гипотеза H_1 .

Условная вероятность ошибки первого рода равна

$$Q_1 = \int_{x_0}^{\infty} f_1(x) dx. \quad (4)$$

Если справедлива гипотеза H_2 , а отдано предпочтение H_1 , то совершается ошибка второго рода, условная вероятность которой равна

$$Q_2 = \int_{-\infty}^{x_0} f_2(x) dx. \quad (5)$$

По терминологии теории статистических решений — ошибочно выбрана гипотеза H_1 , в то время как справедлива гипотеза H_2 .

Положим, что значения признака x у результатов измерений в каждом классе подчинены нормальному закону распределения с математическими ожиданиями m_1 и m_2 и среднеквадратическими отклонениями σ_1 и σ_2 соответственно:

$$f_1(x) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_1)^2}{2\sigma_1^2}}; \quad (6)$$

$$f_2(x) = \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_2)^2}{2\sigma_2^2}}. \quad (7)$$

В этом случае

$$Q_1 = \int_{x_0}^{\infty} f_1(x) dx = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(x) dx - \int_{-\infty}^{x_0} f_1(x) dx = 1 - F\left[\frac{x_0 - m_1}{\sigma_1}\right], \quad (8)$$

где $F\left[\frac{x_0 - m_1}{\sigma_1}\right]$ — функция Лапласа;

$$Q_2 = \int_{-\infty}^{x_0} f_2(x) dx = F\left[\frac{x_0 - m_2}{\sigma_2}\right]. \quad (9)$$

При выборе значения признака x_0 необходимо учитывать потери, сопряженные с правильными и ошибочными решениями. Функции потерь, характеризующие потери при совершении ошибок первого и второго рода, а также потери, сопряженные с правильными решениями, образуют платежную матрицу вида

$$\|C\| = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{vmatrix}, \quad (10)$$

где C_{11} и C_{22} , C_{12} и C_{21} — потери, сопряженные с правильными решениями и ошибочными решениями первого и второго рода соответственно.

Средние потери при отношении объектов к первому или второму классу равны сумме потерь, связанных с правильными и неправильными решениями, с учетом вероятностей поступления на вход системы распределения объектов на классы D_1 и D_2 :

$$\frac{dR}{dx}(\text{при } x = x_0) = P(D_1)[C_{11}f_1(x_0) - C_{12}f_1(x_0)] + P(D_2)[C_{21}f_2(x_0) - C_{22}f_2(x_0)] = 0; \quad (11)$$

$$P(D_2)f_2(x_0)(C_{21} - C_{22}) = P(D_1)f_1(x_0)(C_{12} - C_{11}); \quad (12)$$

$$\frac{f_2(x_0)}{f_1(x_0)} = \frac{P(D_1)(C_{12} - C_{11})}{P(D_2)(C_{21} - C_{22})}.$$

Отношение условных плотностей распределения $\frac{f_2(x)}{f_1(x)} = \lambda(x)$ называется коэффициентом правдоподобия, или отношением правдоподобия:

$$\frac{P(D_1)(C_{12} - C_{11})}{P(D_2)(C_{21} - C_{22})} = \lambda_0. \quad (13)$$

Условие (12) часто определяет два значения x_0 , из которых одно соответствует минимуму, второе — максимуму риска. Для осуществления минимума R в точке

$x = x_0$ вторая производная должна быть положительной $\frac{d^2 R}{dx_0^2} > 0$, что приводит к следующему условию относительно производных плотностей распределений:

$$\frac{f'\left(\frac{x_0}{D_2}\right)}{f'\left(\frac{x_0}{D_1}\right)} < \frac{P(D_1)(C_{12} - C_{11})}{P(D_2)(C_{21} - C_{22})}. \quad (14)$$

Проанализируем полученное уравнение применительно к конкретным задачам терминального управления отпуском нефтепродукта. Суммарная относительная погрешность измерения массы кванта нефтепродукта по резервуару определяется выражением (15)

$$\sigma_{\Sigma p} = \pm \sqrt{\sigma_{гр.р}^2 + \sigma_v^2 + \sigma_p^2}, \quad (15)$$

где $\sigma_{гр.р}$ — среднеквадратическая погрешность градуировочной характеристики резервуара; σ_v — среднеквадратическая погрешность измерения отбираемого из резервуара объема кванта; σ_p — среднеквадратическая погрешность измерения плотности нефтепродукта в резервуаре.

В свою очередь σ_v зависит от абсолютной погрешности измерения уровня Δh , величины наполнения нефтепродукта на 1 мм взлива ΔV и отбираемого объема нефтепродукта из резервуара $V_{кв}$

$$\sigma_v = \frac{\left(\Delta h \frac{\pi \Phi^2}{4}\right) 100\%}{V_{кв}}, \quad (16)$$

где Φ — диаметр вертикального цилиндрического резервуара типа РВС [9].

Если распределения $f\left(\frac{x}{D_1}\right)$ и $f\left(\frac{x}{D_2}\right)$ являются одно-модальными, т. е. содержат не более одной точки максимума, то при $\bar{x}_1 < x_0 < \bar{x}_2$ условие (14) выполняется, поскольку в правой части равенства стоит положительная величина, а при $x > \bar{x}_1$ производная $f'\left(\frac{x}{D_1}\right) < 0$, тогда как при $x < \bar{x}_2$ значение $f'\left(\frac{x}{D_2}\right) > 0$. Для «двугорбых» распределений условие (14) должно проверяться в каждой точке экстремума.

Определим значение x_0 при условии, что значение признака x у двух измерений, относящихся к классам D_1 и D_2 , подчинены нормальным законам распределения $N_1(x_1, M_1, \sigma_1)$. Для этого подставим в (12) $f_1(x)$ и $f_2(x)$, определенные в (6) и (7):

$$\frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_2)^2}{2\sigma_2^2}} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} e^{-\frac{(x-m_2)^2}{2\sigma_2^2}} = \lambda_0;$$

$$\frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_1)^2}{2\sigma_1^2}} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} e^{-\frac{(x-m_1)^2}{2\sigma_1^2}} = \lambda_0;$$

$$e^{\left[\frac{(x_0-m_1)^2}{2\sigma_1^2} - \frac{(x_0-m_2)^2}{2\sigma_2^2}\right]} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \lambda_0. \quad (17)$$

Прологарифмируем уравнение (17)

$$\frac{(x_0-m_1)^2}{2\sigma_1^2} - \frac{(x_0-m_2)^2}{2\sigma_2^2} = \ln \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \lambda_0; \quad (18)$$

$$\frac{x_0^2 - 2x_0m_1 + m_1^2}{2\sigma_1^2} - \frac{x_0^2 - 2x_0m_2 + m_2^2}{2\sigma_2^2} =$$

$$= \frac{x_0\sigma_2^2 - x_0^2\sigma_1 + 2x_0m_2\sigma_1^2 - 2x_0m_1\sigma_2^2 + m_1^2\sigma_2^2 - m_2^2\sigma_1^2}{2\sigma_1^2\sigma_2^2} =$$

$$= x_0^2 \left(\frac{1}{2\sigma_1^2} - \frac{1}{2\sigma_2^2} \right) + x_0 \left(\frac{m_2}{\sigma_2^2} - \frac{m_1}{\sigma_1^2} \right) + \frac{m_1^2}{2\sigma_1^2} - \frac{m_2^2}{2\sigma_2^2} =$$

$$= \ln \lambda_0 \frac{\sigma_2}{\sigma_1}. \quad (19)$$

Решая (19) относительно x_0 , получим

$$x_0 = \frac{\sigma_2^2 m_1 - \sigma_1^2 m_2}{\sigma_2^2 - \sigma_1^2} \pm$$

$$\pm \frac{\sigma_1 \sigma_2 \sqrt{(m_2 - m_1)^2 + (\sigma_2^2 - \sigma_1^2) \ln \lambda_0^2 \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2}}}{\sigma_2^2 - \sigma_1^2}. \quad (20)$$

Допустим, что при определенных условиях среднеквадратическая погрешность измерения кванта по резервуару σ_1 равна $\sigma_2 = \sigma$, тогда из (20) получим

$$x_0 = \frac{(m_1 + m_2)}{2} + \left(\frac{\sigma^2}{m_2 - m_1} \right) \ln \lambda_0. \quad (21)$$

При условии, что $C_{11} = C_{22} = 0$, $C_{12} = C_{21}$ и $P(D_1) = P(D_2)$, то

$$x_0 = \frac{m_1 + m_2}{2}. \quad (22)$$

Минимальная погрешность по резервуару будет в том случае, когда объем кванта станет равен максимальной вместимости резервуара $V_{кв} \approx V_{р.макс}$. Но в этом случае невозможно в процессе опорожнения резервуара осуществлять коррекцию результатов измерений узла учета. Поэтому целесообразно выбрать объем кванта, равный объему «мертвой» полости резервуара, когда фактическая масса нефтепродукта не нормируется по отношению к базе данных.

Результаты. В качестве примера приведем расчет оптимального значения массы кванта по результатам двух измерений по резервуару РВС-1000 и ТРК по массе. При этом будем полагать

$$\sigma_{гр.р} = \pm 0,2\%; \sigma_{уз} = \pm 0,4\%;$$

*Мертвая полость — неизвлекаемый с коммерческой точностью остаток нефтепродукта в резервуаре, уровень взлива которого расположен несколько выше верхней кромки трубопровода, по которому осуществляется отбор нефтепродукта из резервуара. В резервуарах типа РВС это 450 – 500 мм от дна резервуара, так как верхний срез расположен обычно на высоте примерно 350 – 360 мм.

$$V_{\text{кв}} = 50 \text{ м}^3; \Delta V = 0,09 \text{ м}^3;$$

$$\rho_{\text{пр}} = 0,84 \text{ т/м}^3.$$

Тогда

$$\sigma_v = \frac{\Delta V \cdot 100\%}{V_{\text{кв}}} = \frac{0,09 \cdot 100\%}{50} \approx \pm 0,18\%;$$

$$\sigma_{\Sigma p} = \sqrt{\sigma_{\text{гр.р}}^2 + \sigma_p^2 + \sigma_v^2} = \\ = \sqrt{0,2^2 + 0,1^2 + 0,18^2} \approx 0,287\%;$$

$$m_{\text{кв}} = V_{\text{кв}} \cdot \rho_{\text{пр}} = 50 \cdot 0,84 = 42 \text{ т.}$$

Допустим, что результаты измерений массы отпущенного кванта отклонились в противоположные стороны со своими максимальными погрешностями

$$\Delta m_p = \frac{m_{\text{кв}} \cdot \sigma_{\Sigma p}}{100} = \frac{42 \cdot 0,287}{100} = 0,1205 \text{ т};$$

$$-\Delta m_{\text{уз}} = \frac{m_{\text{кв}} \cdot \sigma_{\text{уз}}}{100} = -\frac{42 \cdot 0,4}{100} = -0,832 \text{ т.}$$

Вычислим оптимальное значение двух измерений x_0 (в смысле минимума среднего риска), полагая при этом $C_{12} = C_{21}$. Подставив в формулу (20) приведенные значения, получаем $x_0 = 41,96 \text{ т}$, т. е. оптимальное значение x_0 оказалось наиболее близко к истинной величине массы кванта $m = 42 \text{ т}$, а также к измерениям по резервуару, обладающим меньшей относительной погрешностью, чем узел учета — ТРК,

$$\sigma_{\text{рез}} = \pm 0,287\% < \sigma_{\text{уз}} = \pm 0,4\%.$$

Обсуждение и заключение. Таким образом, применение метода терминального управления дебалансом при отпуске нефтепродукта из резервуара позволяет сохранить минимально возможную погрешность поставляемой массы нефтепродукта, не увеличивая ее за счет погрешности средств измерений по резервуару и узлу учета.

Разработанный метод апробирован на топливном складе станции Дно Санкт-Петербургской дирекции материально-технического обеспечения Росжелдорснаба — филиала ОАО «РЖД» и впоследствии стал базовым элементом методики автоматизированного сведения товарного баланса нефтепродуктов на топливном складе, утвержденной ОАО «РЖД» [10].

Выводы. 1. Предлагаемый метод терминального управления отпуском потребителю нефтепродукта на топливном складе позволяет обеспечить постоянный, в процессе отпуски нефтепродукта, дебаланс между

фактической массой нефтепродукта, находящейся в резервуаре, и массой нефтепродукта, указанной в базе данных — в «бухгалтерских книжных остатках»*.

2. Метод реализуется алгоритмом терминального управления при условии, что относительная погрешность поступившей фактической массы нефтепродукта в резервуар находится в нормируемых пределах. В этом случае метод позволяет сохранить при отпуске нефтепродукта потребителю первоначальную относительную погрешность поставщика, не увеличивая ее за счет погрешности средств измерений по резервуару и узлу учета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотарева Л. Автоматизация учета и контроля — экономия энергоресурсов (интервью с А. Н. Шатерниковым, А. Л. Рудаевым, А. А. Грицаевым) // Точка опоры. 2014. № 191. С. 3 — 5.
2. Годнев А. Г., Науменко С. Н. Коммерческий учет нефтепродуктов на топливных складах ОАО «РЖД» // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 5. С. 44 — 47.
3. Способ автоматизированного учета и сведения товарного баланса нефтепродуктов на нефтебазах и АЗС: патент на изобретение № 2344379. ФИПС Роспатент / Годнев А. Г. [и др.]. Оpubл. 20.01.2009 г., бюл. № 2.
4. Способ сведения товарного баланса на нефтебазах и АЗС при приеме, хранении и отпуске нефтепродуктов в системах нефтепродуктообеспечения и система его реализации: патент на изобретение № 2495818. ФИПС Роспатент / Годнев А. Г. [и др.]. Оpubл. 20.10.2013 г., бюл. № 29.
5. Науменко С. Н., Годнев А. Г. Методика сведения товарного и бухгалтерского баланса нефтепродуктов в ОАО «РЖД» при учетных операциях // Железнодорожный транспорт на современном этапе: сборник трудов ученых к 70-летию аспирантуры/под ред. Б. М. Липидуса, Г. В. Гогричани. М.: ВМГ-Принт, 2014. С. 44 — 51.
6. Биргер И. А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
7. Горелик А. Л., Скрипкин В. А. Методы распознавания: учебное пособие для вузов по специальностям «Электронные вычислительные машины» и «Автоматизированные системы управления». М.: Высшая школа, 1977. 222 с.
8. Основы кибернетики. В 2-х т. Т. 2. Основы кибернетических моделей: учеб. пособие для вузов. М.: Энергия, 1979. 584 с.
9. ГОСТ 31385—2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. М.: Стандартинформ, 2010. 58 с.
10. Методика автоматизированного сведения товарного баланса нефтепродуктов на складе топлива ОАО «РЖД»: утв. расп. ОАО «РЖД» от 02.08.2012, № 1537 р.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ГОДНЕВ Александр Геннадьевич,
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ООО «НТЦ ИИТ»

ЛОКТЕВ Евгений Петрович,
канд. экон. наук, главный инженер
Росжелдорснаба — филиала ОАО «РЖД»

НАУМЕНКО Сергей Николаевич,
д-р техн. наук, главный научный сотрудник, АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 11.04.2016 г., актуализирована 3.07.2016 г., принята к публикации 22.07.2016 г.

*Каждый месяц на нефтебазах и топливных складах проводится процедура инвентаризации фактической массы нефтепродукта по отношению к документообороту, в котором документально регистрируется в течение месяца приход и расход нефтепродукта из резервуара. Та масса нефтепродукта на момент инвентаризации, что означена в документообороте, называется «бухгалтерскими книжными остатками».

Unbalance terminal control method at the reception, storage and delivery of petroleum products to the fuel depots of JSC "Russian Railways"

A. G. GODNEV¹, E. P. LOKTEV², S. N. NAUMENKO³

¹LLC "Scientific-technical center of information and measuring equipment" (LLC "NTC IIT"), Korolev, 141070, Russia

²Roszheldorsnab — the Branch of JSC "RZD" (RZDS), Moscow, 107228, Russia

³Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow 129626, Russia

Abstract. In many areas of the economy the problem of bringing a complex control object at a predetermined state corresponding to a preassigned certain requirements arises. To solve it, the terminal management method is used.

A typical example of tasks of terminal control is to manage synchronization of the tank emptying with the petroleum product with simultaneous synchronous writing off of its mass recorded in the database during supply of oil products.

The article addresses the control method of supply of petroleum products to the consumer that allows in the terminal time to save the initial value of unbalance between the actual mass of oil product in a reservoir, and the mass of oil product indicated in the accounting documentation. In practice, the method can be implemented with control algorithm of terminal control, provided that the relative error of the incoming of the actual mass of oil product to the tank is within the range stated in regulations. The article offers mathematical apparatus, based on results of probability theory and statistical decision theory, showing that the use of control method allows keeping the original supplier relative error for oil product when it is delivered to the consumer, not increasing it by the error of measuring instruments by tank and / or accounting site.

Keywords: supplement of oil products; unbalance terminal control; minimization of measurement errors

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-5-295-299>

REFERENCES

1. Zolotareva L. (interview with: Shaternikov A. N., Rudashevskiy A. L., Gritsaev A. A.). *Avtomatizatsiya ucheta i kontrolya — ekonomiya energoresursov* [Automation of accounting and control — energy savings]. *Tochka opory* [Standing point], 2014, no. 199, pp. 3 – 5.
2. Godnev A. G., Naumenko S. N. *Kommercheskiy uchet nefteproduktov na toplivnykh skladakh OAO "RZhD"* [Commercial accounting of petroleum products at fuel depots of JSC "Russian Railways"]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2010, no. 5, pp. 44 – 47.
3. Godnev A. G., Vdovychenko L. I., Nesgovorov A. M. *Method of automated registration and closing trade balance of petroleum storage depots and petrol stations*: patent number 2344379. FIPS Rospatent, Publ. on 20 January 2009, Bull. no. 2.
4. Godnev A. G., Davydov N. V., Naumenko S. N. *Method information commodity balance at petroleum storage depots and petrol stations at the reception, storage and distribution of petroleum products in petroleum product supply systems and system implementation*. patent number 2495818. FIPS Rospatent. Publ. on 20 October 2013, Bull. no. 29.

5. Naumenko S. N., Godnev A. G. *Metodika svedeniya tovarnogo i bukhgalterskogo balansa nefteproduktov v OAO "RZhD" pri uchetykh operatsiyakh* [Methods of closing commodity and accounting balance of oil products in JSC "Russian Railways" with the accounting operations]. *Zheleznodorozhnyy transport na sovremennom etape. Sbornik trudov uchenykh k 70-letiyu aspirantury* [Railway transport at the present stage. The collection of works of scientists of the 70th anniversary of postgraduate study]. Ed. by Lapidus B. M., Gogrichiani G. V., Moscow, VMG-Print Publ., 2014, pp. 44 – 51.

6. Birger I. A. *Tekhnicheskaya diagnostika* [Technical diagnostics]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978, 240 p.

7. Gorelik A. L., Skripkin V. A. *Metody raspoznavaniya: uchebnoe posobie dlya vuzov po spetsial'nostyam "Elektronnyye vychislitel'nye mashiny" i "Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya"* [Methods of recognition: a training manual for high schools specializing in "Electronic computers" and "Automated control systems"]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1977, 222 p.

8. *Osnovy kibernetiki. V 2-kh t. T. 2. Osnovy kiberneticheskikh modeley. Ucheb. posobie dlya vuzov* [Basics of Cybernetics. In 2 Vol. Volume 2. Basics of cybernetic models. A manual for high schools]. Moscow, Energiya Publ., 1979, 584 p.

9. *GOST 31385 – 2008. Steel vertical cylindrical reservoirs for oil and petroleum products*. Moscow, Standartinform Publ., 2010, 58p. (in Russ.)

10. *Methods of automated closing of commodity balance of petroleum products on the stock of fuel owned by JSC "Russian Railways"*. Approved by the order of the JSC "Russian Railways" on August 2, 2012, № 1537r. (in Russ.)

ABOUT THE AUTHORS

GODNEV Aleksander Gennadievich,
Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, LLC "NTC IIT"

LOKTEV Evgeniy Petrovich,
Cand. Sci. (Econ.), Chief Engineer of Roszheldorsnab — the branch of JSC "RZD"

NAUMENKO Sergey Nikolaevich,
Dr. Sci. (Eng.), Chief Researcher, JSC "VNIIZhT"

Received 11.04.2016

Revised 03.07.2016

Accepted 22.07.2016

■ E-mail: naumenko.sergey@vniizht.ru (S. N. Naumenko)