

3. NTC Thermistors. Bowthorpe Thermometrics, Thermometrics Inc., Keystone Thermometrics Corporation.
4. *Зотов В.* Принципы построения систем температурного контроля на NTC-термисторах компании Epcos // Компоненты и технологии. –2007. №6.
5. *Steinhart, J.S., Hart S.R.* Calibration curves for thermistors, Deep Sea Res., 15, 497-503 (1968).
6. *Beakley, W.R.* The Design of Thermistors Thermometers With Linear Calibration. J. Sci. Inst., 31, 455 (1951).
7. *John G. Webster.* “Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook”, CRC Press, 1999, 2608 p.
8. *Дворяшин Б.В., Кузнецов Л.И.* Радиотехнические измерения. Учебное пособие для вузов. – М.: Сов. радио, 1978. – 360 с.
9. *Naruff, R.W.* Combine a Couple of Thermistors// Electronic Design, 3, 88 February (1968).
10. *Michalski L., Eckersdorf K., Kucharski J., McGhee J.* Temperature measurement 2ed., Wiley, 2001, 514 p.
11. *Кужуш В.Д.* Электрорадиоизмерения: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1985. – 368 с.
12. *Чистяков В.С.* Краткий справочник по теплотехническим измерениям. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
13. Международная температурная шкала МТШ-90. Информационный портал. www.temperatures.ru (дата обращения 10.04.2009).
14. The Internet resource for the International Temperature Scale of 1990. www.its-90.com.
15. ГОСТ Р 50342-92. Преобразователи термоэлектрические.
16. ГОСТ Р 8.625-2006. Термометры сопротивления из платины, меди и никеля.
17. Электрические измерения. Средства и методы измерений (общий курс) / Под ред. Е. Г. Шрамкова. Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1972. –520 с.
18. *Бронштейн И Н., Семендяев К.А.* Справочник по математике. –М., 1967, –608 с.

Беляев Алексей Олегович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: : alexys@pisem.net

347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81

Тел. +7(8634)32-80-25

Belyaev Aleksey Olegovich

Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»

E-mail: alexys@pisem.net

81, Petrovskaya street, Taganrog, 347900, Russia

Phone: +7(8634) 328025

УДК 621.383

А.П. Цепя

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕСЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОПРАВКИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПЛОТНОСТИ
ЖИДКОСТЕЙ В ЗАДАЧАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ РАЗДЕЛА ЖИДКИХ
СРЕД**

Целью данной работы является исследование возможности внесения температурной поправки при измерении плотности жидкостей в задачах определения границ раздела жидких сред.

Жидкость; плотность; границы раздела; определение; метод; температура; компенсация.

А.П. Тsepa

**RESEARCHING OF DENSITY MEASUREMENT WITH
TEMPERATURE COMPENSATION POSSIBILITY IN BORDER LINES
LIQUIDS SEARCHING TASKS**

This paper is studying researching of density measurement with temperature compensation possibility in border lines liquids searching tasks.

Liquid; density; borders; searching; method; temperature; compensation.

При решении актуальных задач практики, таких как определение границ раздела жидкостей при работе водозаборов вблизи источников загрязнения, эксплуатации скважин при вытеснении нефти краевой водой, ряде технологических процессов, когда одна жидкость замещает другую, а также на автозаправочных станциях (АЗС), где в резервуарах с бензином всегда имеется конденсат воды и некоторая доля осадка, возникает необходимость в измерении плотности жидкой среды с высокой точностью.

Плотность жидкости, в общем виде, описывается следующей формулой:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где m – масса жидкости, V – занимаемый ею объем.

Зависимость объема V от температуры T можно описать следующим уравнением [1]:

$$V = V(T_0) + \beta(T - T_0),$$

где β – коэффициент температурного расширения, определяемый для каждой жидкости индивидуально.

Соответственно и плотность жидкости зависит от температуры:

$$\rho = \frac{m}{V(T_0) + \beta(T - T_0)}, \quad (1)$$

причем, чем выше температура, тем меньше плотность (исключением является вода в интервале температур от 0 °С до 4 °С, плотность которой при нагревании увеличивается [1]).

Зависимость плотности жидкости от температуры, также, можно описать следующим уравнением [2]:

$$\rho_\tau = \frac{\rho_0}{1 + \beta_{cp}(T - T_0)}, \quad (2)$$

или, пренебрегая малыми членами [2]:

$$\rho_\tau = \rho_0 [1 - \beta_{cp}(T - T_0)], \quad (3)$$

где ρ_0 – плотность при температуре T_0 , ρ_τ – плотность при температуре T , а β_{cp} – средний коэффициент объемного теплового расширения в интервале температур от T_0 до T .

У многих жидкостей (не содержащих парафина), в том числе воды и нефтепродуктов, наблюдается линейная зависимость плотности от температуры, так что для них справедливо соотношение [3]:

$$\frac{\rho_0 - \rho_\tau}{T - T_0} = \alpha_{cp}, \quad (4)$$

где α_{cp} – постоянная для данной жидкости величина, равная тангенсу угла наклона (к оси температур) прямой линии, выражающей зависимость плотности от температуры.

Из соотношения (4) находим:

$$\rho_t = \rho_0 - \alpha_{cp}(T - T_0). \quad (5)$$

Величина α_{cp} , выражаемая в $[\text{г}/(\text{см}^3 \text{ } ^\circ\text{C})]$, представляет собой среднюю температурную поправку к значениям плотности, показывающую насколько изменяется плотность данной жидкости при изменении температуры на $1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Сравнивая выражения (3) и (4), получаем, что

$$\alpha_{cp} = \rho_0 \beta_{cp}. \quad (6)$$

Таким образом, средняя температурная поправка в некотором интервале температур равна произведению плотности жидкости на средний коэффициент объемного теплового расширения в том же интервале температур.

Следует учитывать, что для определения плотности с большой точностью формулу (5) можно использовать только в тех случаях, когда температура измерения T_0 отличается от температуры T , при которой требуется определить плотность, не более чем на $\pm 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ [3].

Так как плотность жидкости в значительной степени зависит от температуры, всегда следует указывать температуру, при которой была измерена плотность. Принято плотность жидкостей указывать при нормальной температуре $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ [4].

Для пересчета плотности ρ_t жидкости, измеренной при некоторой температуре $T \text{ } ^\circ\text{C}$, на плотность ρ_{20} при нормальной температуре, служит следующая формула, полученная из выражения (1.05):

$$\rho_{20} = \rho_t - \alpha_{cp} (20 - T), \quad (7)$$

где ρ_{20} и ρ_t выражены в $[\text{г}/\text{см}^3]$.

В табл. 1 приведены значения α_{cp} для нефтепродуктов, взятые из ГОСТ 3900-47.

Таблица 1

Значения температурных поправок для непарафинистых нефтепродуктов

$\rho, \text{г}/\text{см}^3$	$\alpha_{cp} \text{ г}/(\text{см}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$	$\rho, \text{г}/\text{см}^3$	$\alpha_{cp} \text{ г}/(\text{см}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$
0,6900..0,6999	0,000910	0,8500..0,8599	0,000699
0,7000..0,7099	0,000897	0,8600..0,8699	0,000686
0,7100..0,7199	0,000884	0,8700..0,8799	0,000673
0,7200..0,7299	0,000870	0,8800..0,8899	0,000660
0,7300..0,7399	0,000857	0,8900..0,8999	0,000647
0,7400..0,7499	0,000844	0,9000..0,9099	0,000633
0,7500..0,7599	0,000831	0,9100..0,9199	0,000620
0,7600..0,7699	0,000818	0,9200..0,9299	0,000607
0,7700..0,7799	0,000805	0,9300..0,9399	0,000594
0,7800..0,7899	0,000792	0,9400..0,9499	0,000581
0,7900..0,7999	0,000778	0,9500..0,9599	0,000567
0,8000..0,8099	0,000765	0,9600..0,9699	0,000554
0,8100..0,8199	0,000752	0,9700..0,9799	0,000541
0,8200..0,8299	0,000738	0,9800..0,9899	0,000528
0,8300..0,8399	0,000725	0,9900..1,0000	0,000515
0,8400..0,8499	0,000712	-	-

Рассмотрим возможности, открываемые полученной формулой (7).

Задача. Допустим, что в резервуаре с непарафинистыми нефтепродуктами присутствует некоторый градиент температур. Причем, температура у поверхности и температура у дна отличаются менее чем на $\pm 10^\circ\text{C}$. Необходимо определить количество жидкостей (далее – слоев) в резервуаре и границы их раздела, если известно, что два соседних по плотности слоя отличаются более чем на $0,01 \text{ г/см}^3$. При точечном измерении плотности по всему столбу жидкости без поправки на разницу температур неизбежно возникнут так называемые «ложные слои», связанные с ошибкой измерения плотности. Возникает необходимость в температурной компенсации, которая становится возможной с применением формулы (7), если с каждым замером плотности жидкости производить измерение температуры. Обратимся к табл. 1. Очевидно, что весь диапазон плотностей необходимо разбить на участки по $0,0099 \text{ г/см}^3$, считая, что каждая строка таблицы – это новая жидкость и выполнить последовательную компенсацию для каждого участка, используя коэффициенты пересчета $\alpha_{ср}$.

Итак, измерив величину плотности в каждой точке по высоте столба жидкости (далее – узлах) и произведя температурную компенсацию, вычислим границы раздела жидких сред.

Пусть ρ_n – приведенное к 20°C значение плотности в узле n , $n = \overline{1, M}$, где M – количество узлов. Тогда построим вектор плотностей, содержащий информацию о величинах плотности в каждом узле:

$$\vec{R}_0 = [\rho_1, \dots, \rho_M]. \quad (8)$$

Введем вектор разделов, содержащий информацию о разностях величин плотности между каждыми двумя соседними узлами и показывающий разделение жидкостей по плотностям:

$$\vec{G}_0 = [\rho_1 - \rho_2, \dots, \rho_i - \rho_{i+1}, \dots, \rho_j - \rho_M]. \quad (9)$$

Введем величину α , характеризующую разницу плотностей и произведем сравнение:

- если $|\rho_1 - \rho_2| \leq \alpha$, то узлы 1 и 2 находятся в одном слое;
- если $|\rho_1 - \rho_2| > \alpha$, то узлы 1 и 2 находятся в разных слоях и, соответственно, граница раздела этих слоев лежит между этими узлами.

Построим матрицу, содержащую информацию о границах раздела слоев:

$$N_0 = \begin{pmatrix} n_{11} & n_{12} \\ n_{21} & n_{22} \\ \dots & \dots \\ n_{i1} & n_{i2} \end{pmatrix}, \quad (10)$$

где n_{ij} – порядковые номера пограничных узлов так, что граница j -го слоя расположена между узлами n_{j1} и n_{j2} .

Таким образом, определяются границы раздела всех жидкостей, находящихся в резервуаре. Стоит отметить, что процесс можно автоматизировать при использовании линейки из датчиков плотности и микрокомпьютерного устройства обработки данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. – М.: Додэка-XXI, 2002.
2. Гаузнер С.И., Кивилис С.С., Осокина А.П., Павловский А.Н. Измерение массы, объема и плотности. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
3. Кивилис С.С. О стандартах на методы измерения плотности – М.: Стандартизация. 1957. №1.

4. ГОСТ Р 51069-97. Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API-ареометром – М.: Госстандарт России, 1997.

Цепа Антон Павлович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: korg-x5d@mail.ru

347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81

Тел.: +7(950)8686860.

Tsepa Anton Pavlovich

Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»

E-mail: korg-x5d@mail.ru

81, Petrovskaya street, Taganrog, 347900, Russia

Phone: +7(950)8686860

УДК 681.3.07

И.В.Щербань, О.Г.Щербань, Г.В.Кривошеев

**ЭФФЕКТИВНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ
ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ Т-
СЕТЕЙ**

Разработанный алгоритм идентификации моделей информационных потоков телекоммуникационных сетей (Т-сетей) может быть использован в структуре систем динамического управления потоками, так как требует меньших, в сравнении с традиционными алгоритмами, вычислительных затрат. Решение получено на основе концепции обратной задачи теории чувствительности и учитывает некорректность задач оценивания.

Телекоммуникационная сеть; алгоритм идентификации; модели информационных потоков; обратная задача теории чувствительности.

I.V.Shcherban, O.G.Shcherban, G.V.Krivosheev

**AT EFFICIENT SOLUTION ALGORITHM OF IDENTIFICATION OF THE
T-NETS INFORMATION STREAMS MODEL**

The worked out algorithm of identification of models of information streams of telecommunication nets (T-nets) can be used in the dynamic control systems, because it requires less in comparison with traditional algorithms computing expenditures. The decision has been synthesized on the basis of the use of the reserve problem concept of the sensitivity theory and takes into account incorrectness of valuation tasks.

Telecommunication net, algorithm of identification, models of information streams, reserve problem concept of the sensitivity theory.

Современная телекоммуникационная сеть (Т-сеть) – объект высокой структурной сложности, что приводит к необходимости решения задач, относящихся к теории массового обслуживания [1]. С целью обеспечения устойчивой работы Т-сети используются системы управления, осуществляющие контроль за сбором,