

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР В ДИНАМИКЕ

Зори А.А., Ким Нарзан

Донецкий государственный технический университет, кафедра ПЭ

Abstract

Zori A.A., Kim Narzan. The problem of discrepancy of temperature of a probe to temperature measuring by environment is considered at contact sounding of sea environment with the help of measuring channels of temperature with the first of measurement of transformation such as the technical described of certain constant time. There are many of methods allowing to reduce a dynamic error of measurement of temperature in highgradient a site of a structure. The technique of definition of efficiency of these methods is developed, in comparison with known on base of measuring channels of temperature, as measures of reduction of a dynamic error of measurement of temperature. For an estimation of efficiency is used of imitating modeling.

При исследовании контактных методов измерений температур возникает вопрос соответствия температуры зонда температуре измеряемой среды. Это особенно важно при измерениях температур в динамике, например для определения профилей температур при зондировании морской среды. Температура зонда отстает от изменения температуры среды ввиду его тепловой инерции. При океанологических исследованиях для максимальных вертикальных градиентов температуры $1^{\circ}\text{C}/\text{м}$, довольно часто встречающихся в океане, скорости зондирования $1\text{ м}/\text{с}$ и постоянной времени датчика температуры 1 с динамическая погрешность достигает 1°C , что совершенно недопустимо. Эта погрешность также приводит к значительным погрешностям определения вторичных параметров, например солености (концентрации), определяемой по измеренным значениям удельной электрической проводимости и температуры.

Решая задачу по определению реакции измерительного канала температуры (ИКТ) с датчиком, упрощенно описываемым дифференциальным уравнением первого порядка (1), на входное воздействие, представленное истинным профилем температуры в соответствии с его теоретической моделью [1], при $\tau=0,5\text{с}$ и $\bar{v}_3=1\text{м/с}$ получим зависимости температуры T от глубины для истинного профиля, полученного в соответствии с его моделью — T_M , и измеренного каналом температуры — $T_{от}$, полученного в соответствии с решением дифференциального уравнения (рис 1).

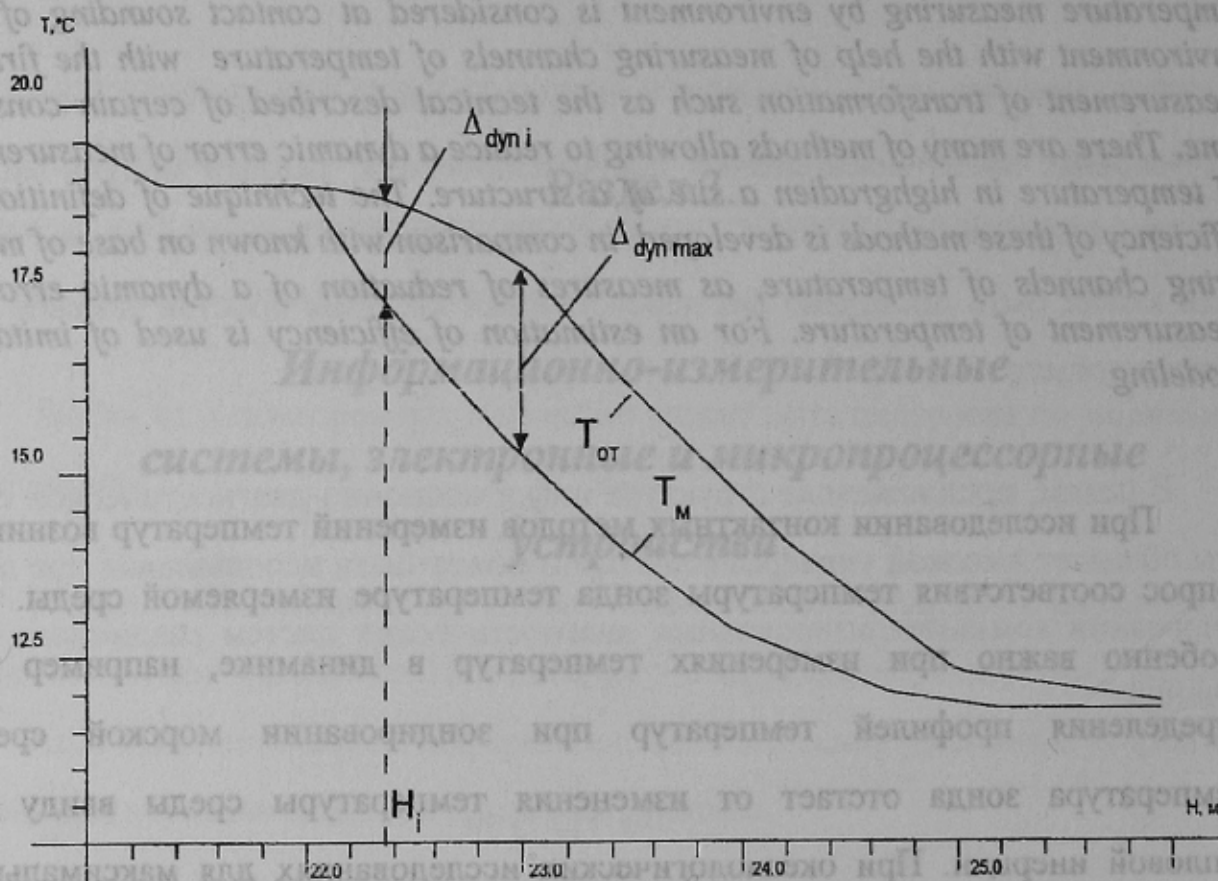


Рисунок 1- Профили температуры шаг = $0.4\alpha=0.50\text{с}$: модель T_M и отклик $T_{от}$ ско $T_{от} = 1.25$
 $\Delta_{dyn\max} = 3^\circ$, СКО — $1,25^\circ$, среднее отклонение $\Delta = 1,1^\circ\text{C}$

Значение динамической погрешности, возникающий в высокоградиентной зоне (термоклине 22–24,5м), можно охарактеризовать текущим значением Δ_{dyni} , максимальным значением $\Delta_{dyn\max}$, соответствующим максимальному градиенту, и интегральными значениями — средним квадратическим отклонением (СКО) модели и измеренного значения (отклика)

и осредненного значения их отклонений — Δ . Интегральные значения погрешностей определяются в диапазоне глубин, соответствующих зоне термоклина.

Для уменьшения динамических погрешностей измерения температур используют градиентометрический и усовершенствованный градиентометрический метод [1, 2], позволяющие путем коррекции измеренного профиля существенно приблизить скорректированные значения температуры к истинному профилю во всем участке высокоградиентной зоны и существенно уменьшить динамическую погрешность.

С целью установления работоспособности и определения эффективности базового градиентометрического и разработанного усовершенствованного градиентометрического методов измерения профилей температур в динамике при контактном зондировании, по отношению к прямому существующему методу измерения температуры с помощью одного датчика с известной постоянной времени, или по отношению друг к другу, проведены исследования с помощью имитационного моделирования в соответствии с разработанной методикой. Для реализации поставленной цели выполняют следующую последовательность действий:

1. Моделируют истинный профиль температуры $T_{ист}$ в соответствии с его теоретической моделью в зависимости от времени t или глубины $H = \bar{V}_z \cdot t$ при постоянной скорости зондирования \bar{V}_z . Для температурных профилей морской среды обычно приводятся зависимости $T_{ист}(H_i) — 1$ (см. рис.2).
2. Рассчитывают реальный, соответствующий измеренному существующим прямым ИКТ с постоянной времени датчика τ , профиль температуры путем решения дифференциального уравнения, описывающего измерительный канал, в виде отклика на входное воздействие, заданное моделью истинного профиля температуры в соответствии с п.1. Отклик представляет собой $T_{изм_i}(H_i) — 2$ (см. рис. 2).
3. Истинный и измеренный (реальный) существующим прямым методом

профили температур отличаются, вследствие наличия динамической погрешности измерения, обусловленной постоянной времени датчика ИКТ. Для определения количественных оценок осредненного значения абсолютной погрешности и ее максимального значения для измеряемых профилей температур пошагово определяют модуль разности между истинным и измеренным профилями и нормируют его в границах термоклина $H_{\max} - H_{\min}$ относительно количества выборок n на данном участке (см. рис.2). Число выборок n определяется заданным шагом дискретизации профилей температуры на участках, где наблюдается отклонение температуры, измеряемой датчиком от ее истинных значений. Для получения репрезентативных оценок при проведении имитационного моделирования шаг дискретизации был выбран равным 0,1м.

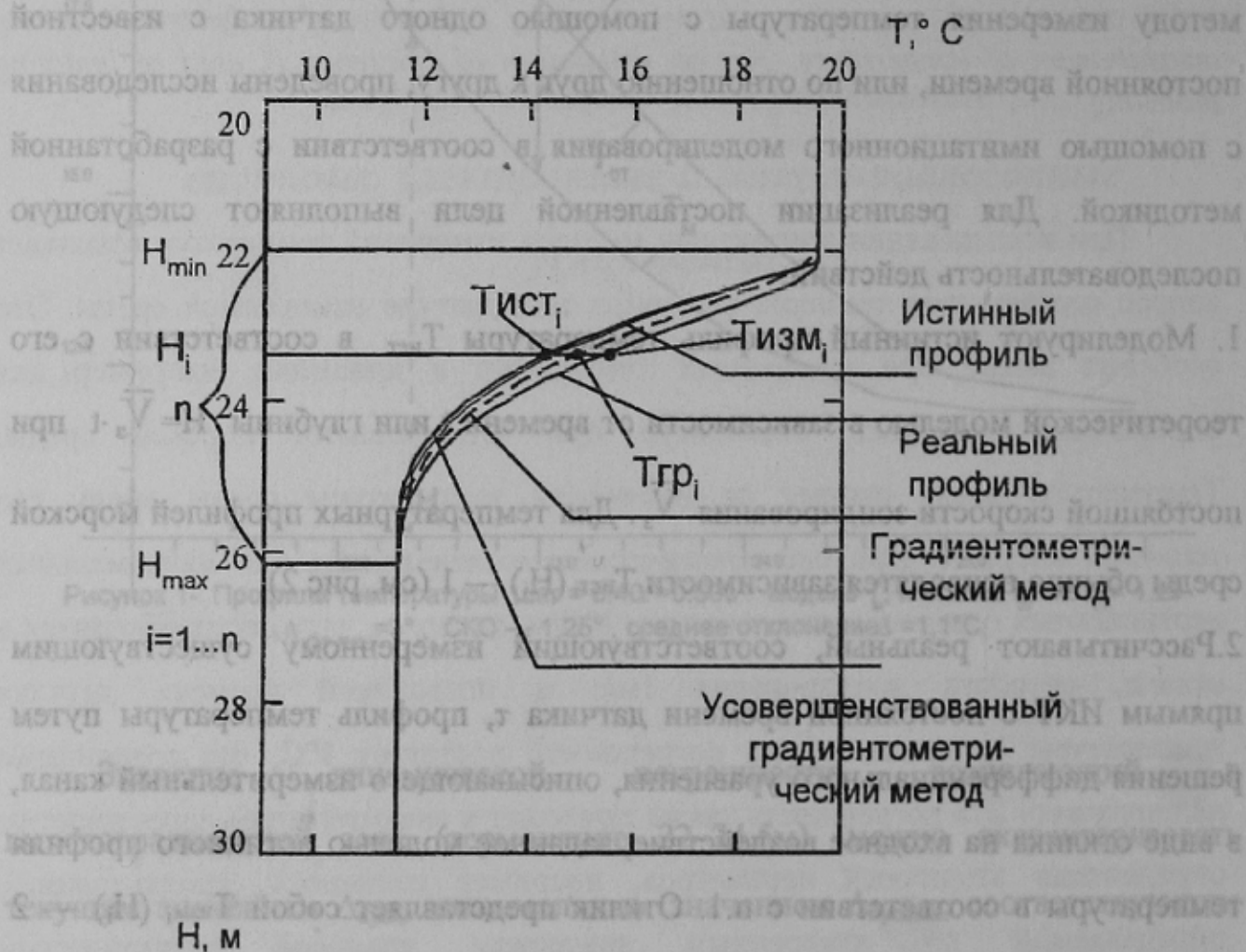


Рисунок 2 – Определение динамической погрешности

градиентометрического измерительного канала температуры

Осредненное значение абсолютной погрешности измерения профилей температуры определяют выражением:

$$\Delta_1 = \frac{\sum_{i=1}^n |T_{изм}(i) - T_{ист}(i)|}{n}, \quad (1)$$

Следовательно, в соответствии с выражениями (1) определяют указанную погрешность прямого измерительного канала температуры.

Максимальное значение абсолютной динамической погрешности измерения профиля температуры определяют как максимальную по модулю разность между истинным и измеренным профилями в соответствии с формулой:

$$\Delta_{1max} = \max_i |T_{изм}(i) - T_{ист}(i)|, \text{ где } i = 1 \dots n \quad (2)$$

4. По аналогии с п.3 определяют осредненное Δ_2 и максимальное Δ_{2max} значения абсолютной динамической погрешности измерения профилей температур базовым градиентометрическим методом в соответствии с его теоретическими моделями путем имитационного моделирования. При этом значения погрешностей получаются значительно меньшими, чем определяемые по п.3, что подтверждается оценкой коэффициента эффективности базового градиентометрического метода по сравнению с существующим прямым методом на базе одного ПИП с ИКТ.

5. Эффективность градиентометрического метода измерения температуры по отношению к прямому определяют отношением осредненных абсолютных погрешностей измерений температур.

$$K_{эф} = \frac{\Delta_1}{\Delta_2}. \quad (3)$$

Максимальный выигрыш градиентометрического метода измерения

температуры по отношению к прямому определяют отношением максимальных абсолютных погрешностей измерений температур.

$$K_{\text{выигр}_1} = \frac{\Delta_{1\text{max}}}{\Delta_{2\text{max}}} \quad (4)$$

6. Эффективность усовершенствованного градиентометрического метода измерения температуры по отношению к существующему прямому или к базовому градиентометрическому методу определяют, рассчитывая осредненное значение абсолютной Δ_3 динамической погрешности усовершенствованного градиентометрического метода в соответствии с его теоретическими моделями путем проведения имитационного моделирования. При этом значения динамических погрешностей измеряемых профилей температуры получаются меньшими, чем определяемые в соответствии с п.4. для базового градиентометрического метода. Тогда эффективность усовершенствованного градиентометрического метода измерения температуры по отношению к прямому определяют выражением:

$$K_{\text{эф}_2} = \frac{\Delta_1}{\Delta_3}, \quad (5)$$

а по отношению к градиентометрическому, выражением:

$$K_{\text{эф}_3} = \frac{\Delta_2}{\Delta_3}. \quad (6)$$

Аналогично максимальный выигрыш усовершенствованного градиентометрического метода измерения температуры по отношению к прямому определяют выражением:

$$K_{\text{выигр}_2} = \frac{\Delta_{1\text{max}}}{\Delta_{3\text{max}}}, \quad (7)$$

и по отношению к градиентометрическому:

$$K_{\text{выигр}_3} = \frac{\Delta_{2\text{max}}}{\Delta_{3\text{max}}}. \quad (8)$$

Разработанная методика реализована при выполнении моделирования и натуральных исследований.

Выводы

Разработана методика определения эффективности, как меры повышения точности, при использовании различных методов измерения температур. Эффективность рассматриваемого метода по отношению к другому предложено определять отношением их погрешностей измерений. Для оценки эффективности применяют имитационное моделирование.

Литература

1. Океанология. Физика океана. Т.1. Гидрофизика океана. — М.: Наука, 1978. — 456с.
2. А.А. Зори., Ким Нарзан. Методология повышения быстродействия градиентометрического метода измерения температуры // Труды I-ой международной конференции «Современные технологии ресурсо-энергосбережения», Партенид, 12-16 октября, 1997. — Киев, 1997. — С.47-50.