

РЕЦЕНЗИЯ №2

на статью «МЕТОД РАСЧЕТА СКОРОСТИ ЗВУКА В МОРСКОЙ ВОДЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ БЫСТРОМЕНЯЮЩИХСЯ ОКЕАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

авторского коллектива: **А. Н. Греков, Н. А. Греков, Е. Н. Сычев, К. А. Кузьмин**

Авторы рукописи «Уравнения скорости звука морской воды для измерения быстроменяющихся океанических процессов в режиме реального времени» приводят два полиномиальных уравнения зависимости скорости звука в морской воде от температуры, гидростатического давления и абсолютной солености. Эти уравнения предназначены для обработки данных измерений с помощью микроконтроллеров, встроенных в гидрофизические измерители. Дается обзор ранее разработанных уравнений. Однако, фактически в статье речь идет о полиномиальной аппроксимации Международного уравнения состояния TEOS, а не о разработке новых уравнений оценки скорости звука в морской воде. Авторам необходимо определиться, что они хотели отразить в названии статьи и какая цель работы, и далее соответствующим образом согласовать название с основной целью работы.

С точки зрения рецензента, желательно пояснить алгоритм аппроксимации методом наименьших квадратов и прояснить на каком основании авторы выбрали именно такие индексы, которые представлены в таблице 5.

В целом, результаты работы имеют большой практический интерес. Представленная полиномиальная аппроксимация международного уравнения состояния TEOS-10 позволяет упростить выполнение расчетов на микроконтроллерах в гидрофизических зондах путём использования на их основе программных кодов для микроконтроллеров, что является удобным инструментом для оснащения морских платформ и быстродвижущихся подводных аппаратов.

Мелкие замечания:

1. *Строка 168:* Авторы называют S_R стандартной соленостью («соленость стандартной морской воды»). Однако, S_R – это референсное (справочное) значение солености, которое равняется практической солености умноженной на поправочный коэффициент $35.16504/35$ (в знаменателе – практическая соленость стандартной морской воды 35 psu).

2. *Строка 178:* «Уравнение UNESCO воспроизводит данные TEOS-10». Нужно прояснить, поскольку и UNESCO, и TEOS-10 – это обозначения уравнений состояния.

3. *Строка 181:* Нужно уточнить, в каком диапазоне значений давления уравнения UNESCO дает большие погрешности (70 см/с) по сравнению с TEOS-10.

Заключение:

Рукопись соответствует тематике и требованиям Редакции журнала «Океанологические исследования» за исключением некоторых правок и корректировок в стиле изложения. Работа, несомненно, заслуживает публикации в журнале «Океанологические исследования» после устранения вышеуказанных замечаний.

Подпись: Рецензент №2. 19.07.2022.

От редакции: рецензия была направлена редакцией авторскому коллективу.

Ответ рецензенту №2 на Рецензию от 19.07.2022 на статью авторского коллектива: **А. Н. Греков, Н. А. Греков, Е. Н. Сычев, К. А. Кузьмин «МЕТОД РАСЧЕТА СКОРОСТИ ЗВУКА В МОРСКОЙ ВОДЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ БЫСТРОМЕНЯЮЩИХСЯ ОКЕАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ».**

Авторский коллектив выражает благодарность рецензенту за его полезные и конструктивные замечания.

Рецензент: *С точки зрения рецензента, желательно пояснить алгоритм аппроксимации методом наименьших квадратов и прояснить на каком основании авторы выбрали именно такие индексы, которые представлены в таблице 5.*

Авторы: Теория и алгоритмы метода наименьших квадратов (МНК) общедоступны и достаточно подробно изложены в многочисленных печатных и электронных источниках. (см. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. М.: Физматгиз, 1962. 352 с.).

Структура применяемой трех-индексной матрицы (Grekov, 2019) была подобрана в результате многочисленных вычислительных экспериментов.

Разработанное нами новое интерполяционное уравнение скорости звука морской воды имеет форму:

$$\omega = \sum_{i=0} \sum_{j=0} \sum_{k=0} b_{ijk} \gamma^i \pi^j \lambda^k \quad (7)$$

Предельные показатели степени аргументов уравнения (7):

№ индекса=>	1	2	3
Аргумент	T	P	SA
Индекс	i	j	k
Min значение	0	0	0
Max значение	6	4	6

В данном случае общее количество коэффициентов уравнения в сплошной (без пропусков) матрицы индексов коэффициентов составляет:

$$N = (1+i_{\max}) * (1+j_{\max}) * (1+k_{\max}) = (1+6) * (1+4) * (1+6) = 245 \text{ коэффициентов.}$$

Такое количество коэффициентов в сплошной матрице индексов является чрезмерным и делает невозможным формальное использование полиномиального подхода для разработки уравнения скорости звука.

Однако выход есть: решение проблемы может быть найдено путем перехода от использования сплошной матрицы индексов к использованию разреженной матрицы индексов. Такой подход является общепринятым. Недостатком этого подхода являются большие затраты вычислительного времени, связанные с необходимостью перебора и сравнения между собой множества вариантов для выявления оптимального варианта разреженной матрицы индексов.

В нашем случае для полиномиального уравнения скорости звука в морской воде в форме (7) мы воспользовались уже готовой трех-индексной матрицей, которая была подобрана нами ранее для уравнения плотности морской воды (Grekov, 2019). Эта трех-индексная матрица содержит всего 80 ненулевых коэффициентов, что в три с лишним раза меньше, чем содержится в сплошной матрице. Эта матрица позволила нам не только с высокой точностью решить две поставленные в данной статье задачи, но и избежать при этом больших затрат вычислительного времени на перебор и сравнение различных вариантов разреженных матриц.

(см. Grekov A. N., Grekov N. A., Sychov E. N. New Equations for Sea Water Density Calculation Based on Measurements of the Sound Speed // Mekhatronika, avtomatizatsiya,

upravleniye. 2019. Vol. 20. No. 3. P. 143–151. <https://doi.org/10.17587/mau.20.143-151.>)

Все Редакционные (построчные) замечания по тексту статьи учтены, все необходимые исправления внесены в текст статьи.

С уважением, авторский коллектив. 27.07.2022.

От редакции: ответ и доработанная версия статьи были направлены редакцией рецензенту.

Подтверждение Рецензента №2 на публикацию:

Здравствуйтесь.

Рекомендую к публикации.

Подпись. Рецензент №2. 02.08.2022.