

Е.О. Савкова (канд.техн.наук),
Е.А. Шумаева (канд.наук по гос. упр.)
Донецкий национальный технический университет
helen-savkova@rambler.ru, ea.shumaeva@gmail.com

МЕТОД ВЫБОРА КОНФИГУРАЦИИ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Предложен метод выбора необходимых параметров структурных элементов компьютеризированной системы мониторинга, позволяющий определить конфигурацию системы зондирования до проведения натурных испытаний в выбранной акватории. Данная система обеспечивает получение информационных данных о гидрофизических полях водной среды с учетом их тонкой структуры при заданной точности измерений.

мониторинг гидрофизических полей, конфигурация системы, план проведения эксперимента, моделирование процесса зондирования

Введение

Современные океанографические эксперименты являются комплексными и обязательно включают исследования изменений гидрофизических параметров водной среды в пространстве и времени. Информационно-измерительные системы гидрофизических параметров содержат датчики температуры, удельной электропроводности, скорости, давления, что позволяет вычислять вторичные параметры, такие как соленость, плотность, числа Рейнольдса и Ричардсона.

В зависимости от задач эксперимента меняется структура системы и параметры измерительных устройств: использование нескольких однотипных датчиков для повышения разрешающей способности системы по глубине при вертикальном зондировании, изменение расстояния между этими датчиками, использование двигателя с регулированием скорости зондирования. Объектно-эволюционная модель такой системы [1] отражает все возможные варианты изменений конфигураций систем мониторинга гидрофизических полей водной среды. Эта модель и модель расположения мелкомасштабных турбулизированных слоев по глубине [2] использованы для имитационного моделирования процесса вертикального зондирования на основе данных о вертикальных профилях гидрофизических параметров водной среды, полученных при предварительных исследованиях [3].

Данные исследования позволили разработать метод выбора конфигурации измерительной системы мониторинга, который может использоваться также для тестирования эффективности функционирования заданной конфигурации системы.

Метод выбора конфигурации системы

Алгоритм выбора оптимальной конфигурации системы мониторинга гидрофизических полей водной среды представлен на рисунке 1 и подразумевает наличие экспериментальных данных о вертикальных профилях гидрофизических параметров, представленных в виде последовательности имен файлов (их количество равно N) с данными, имеющими структуру: значение глубины, значение параметра. Данные файлов используются для имитационного моделирования процесса зондирования в соответствии с разработанным алгоритмом, представленным блоками 11-16.

Для работы алгоритма также необходимо задать изменяемые значения параметров структурных элементов системы (блок 1), оформленные в виде массива записей со следующей структурой данных: количество датчиков температуры, расстояние между ними, инерционность датчиков температуры, коэффициенты градуировочной характеристики датчика, минимальная скорость двигателя, признак возможности регулирования скорости зондирования, разрядность АЦП и диапазон преобразуемого напряжения. Каждая запись определяет конфигурацию системы, количество записей равно K.

В зависимости от выбранного плана проведения эксперимента [4] (блок 2), либо формируются файлы с вертикальным распределением турбулизированных слоев по глубине [2] (исход «нет» блока 3, блок 6), либо с помощью математической модели толщины квазиоднородного слоя:

$$h(t) = H - (H - h_0) \left(\frac{T_s - T_H}{T_{s_0} - T_H} \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}, \quad (1)$$

где $\alpha = \int_0^1 \theta(\eta) d\eta$, $T_{s_0} = T_s(0)$, $h_0 = h(0)$;

θ и η - безразмерные переменные, равные:

$$\theta = \frac{T_s(t) - T(\eta)}{T_s(t) - T_H}, \quad (2)$$

$$\eta = \frac{Z - h(t)}{H - h(t)}, \quad (3)$$

Z – вертикальная координата, направленная вглубь океана; t – время; H – толщина деятельного слоя; T_H – температура воды на нижней границе деятельного слоя; $T_s(t)$ - температура на поверхности;

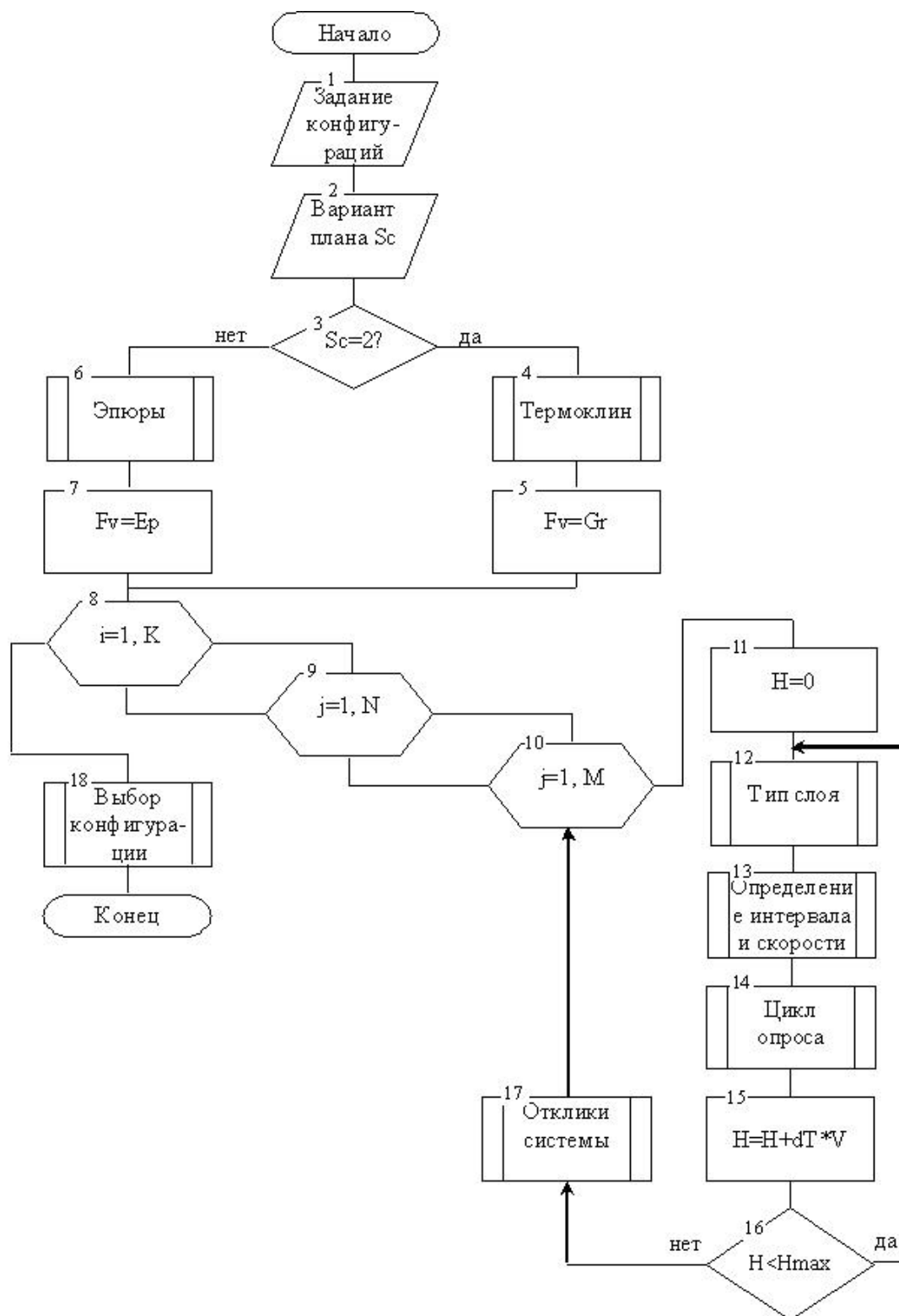


Рисунок 1 – Алгоритм метода выбора конфигурации системы

моделируется двумерный массив значений глубины залегания термоклина и начала квазиоднородного слоя. Также задаются пороговые значения градиентов температуры на каждом из характерных участков вертикального профиля (исход «да» блока 3, блок 7).

Количество вертикальных структур и размерность массива задается пользователем и равно M . В блоках 5 и 7 в зависимости от выбранного плана

проведения мониторинга определяется имя функции, с помощью которой будет определяться тип зондируемого слоя.

Вложенные циклы 8-10 реализуют перебор конфигураций системы (цикл 8), вертикальных профилей гидрофизического параметра (цикл 9) и вертикальных структур для первого варианта плана проведения эксперимента или элементов массива глубин залегания термоклина для второго варианта. Для каждого варианта выполняется имитационное моделирование процесса зондирования (блоки 11-16), по окончании которого вычисляются отклики системы (интегральная погрешность измерений, объем данных и время зондирования), которые накапливаются в соответствующих переменных. По окончании цикла 9 вычисляются средние значения откликов и стоимость конфигурации системы, результаты сохраняются в многомерном массиве.

По окончании цикла 8 из полученного массива откликов происходит выбор конфигурации на основании заданного критерия отбора.

Вышеописанный метод может быть использован для тестирования существующих зондирующих систем.

Предложенный метод выбора и тестирования конфигураций информационно-измерительных систем позволил разработать алгоритм проведения эксперимента для получения информационных данных о тонкой структуре гидрофизических полей водной среды, который представлен блоками 2-7 и 11-16 алгоритма на рисунке 1 и состоит из следующей последовательности действий:

Шаг 1. Определяются условия проведения эксперимента: географические координаты акватории (широта и долгота), дата и время проведения эксперимента, набор измеряемых параметров, глубина зондирования.

Шаг 2. Выбирается план проведения зондирования. Выбор обосновывается набором имеющейся информации в базе данных и желанием исследователя. Предлагаемые варианты плана проведения эксперимента:

а. Использование модели распределения турбулизованных слоев по глубине. Необходима информация о параметрах функций распределения вероятностей толщин τ -слоев и расстояний между ними.

б. Использование математических выражений для вычисления глубины начала сезонного термоклина и нижнего квазиоднородного слоя. Необходима информация о параметрах модели для данной акватории и времени года, а также нулевые уровни градиентов температуры для идентификации исследуемого слоя.

с. Вертикальное зондирование с максимально допустимым разрешением по глубине. Данный вариант используется при отсутствии какой-либо информации об исследуемой водной среде либо по выбору исследователя. При этом устанавливается минимальная скорость двигателя лебедки и минимальный интервал опроса измерительных каналов.

Шаг 3. В зависимости от выбранного плана проведения мониторинга (рассматриваются случаи а и б) из базы данных извлекаются необходимые

данные для моделирования картины расположения турбулизированных слоев (а) или термоклина (b).

Шаг 4. Выполняется цикл опроса измерителей.

Шаг 5. Определяется тип зондируемого слоя. Для варианта (а) используется значение текущей глубины и вертикальная структура распределения τ -слоев. Для варианта (b) по текущей глубине определяется исследуемый участок вертикального профиля и анализируется градиент измеренного параметра.

Шаг 6. В зависимости от зондируемого слоя определяется интервал опроса измерительных каналов и скорость зондирования.

Шаг 7. Шаги 4-6 повторяются до достижения заданной глубины.

Предлагаемая методика позволяет выполнить вертикальное зондирование водной среды с учетом наличия неоднородностей и получить избыточные данные о гидрофизических полях с заданной точностью и за минимальное время.

Выводы

В результате исследования эффективности функционирования системы мониторинга предложен метод определения необходимых параметров структурных элементов, который может быть использован для ее технической реализации. В основу метода положена объектно-эволюционная модель информационно-измерительной системы и алгоритм имитационного моделирования процесса зондирования по вертикальным профилям гидрофизических параметров предыдущих экспериментов. Разработанный метод позволяет определить конфигурацию системы зондирования до проведения натурных испытаний в выбранной акватории, которая обеспечит получение информационных данных о гидрофизических полях водной среды с учетом их тонкой структуры при заданной точности измерений.

Предложен алгоритм определения стратегии вертикального зондирования при проведении гидрофизического эксперимента в реальных условиях с использованием разработанных моделей, базы данных параметров гидрофизических экспериментов и имитационного алгоритма процесса зондирования, который позволяет изменять частоту опроса измерительных каналов и/или скорость двигателя лебедки в зависимости от зондируемого участка так, чтобы измерения в слоях с турбулентными всплесками проводились с разрешением не более 3 см, а в ламинарных слоях – не более 15 см по глубине. Это обеспечивает получение необходимого объема данных для восстановления вертикальных профилей гидрофизических параметров с погрешностью не более 5 % при минимальных затратах на эксперимент и повышении эффективности функционирования компьютеризированных систем мониторинга.

Список литературы

1. Савкова Е.О. Объектно-эволюционная модель системы мониторинга гидрофизических полей водной среды / Е.О.Савкова, В.А. Светличная // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. – 2010. – Випуск 19 (171). – С. 19-26.
2. Савкова Е. О. Имитационное моделирование процесса вертикального зондирования гидрофизических полей водной среды / Е. О. Савкова // Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – 2010. - № 31. – С. 162-169.
3. Зори А.А. Итерационная математическая модель параметров распределения тонкой структуры гидрофизических полей / А.А.Зори, Е.О. Савкова // Материалы восьмого международного научно-практического семинара «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы»: в 3-х т. – Донецьк, 2007.– Т. 3. - С. 125-131.
4. Зори А.А. Разработка компьютеризированной системы мониторинга гидрофизических полей водной среды / А.А.Зори, Е.О.Савкова // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. – 2009. – Випуск 17 (148). – С. 81-89.

Надійшла до редакції 20.11.2010

Рецензент: д-р техн.наук, проф. Чичикало Н.Н.

О.Й. Савкова, О.О. Шумаєва

Донецький національний технічний університет

Метод вибору конфігурації систем моніторингу гідрофізичних параметрів водного середовища. Запропоновано метод вибору параметрів структурних елементів комп'ютеризованої системи моніторингу, що дозволяє визначити конфігурацію системи зондування до проведення натурних іспитів у обраній акваторії. Ця система забезпечує отримання інформаційних даних про гідрофізичні поля водного середовища з урахуванням їхньої тонкої структури при заданій точності вимірів.
моніторинг гідрофізичних полів, конфігурація системи, план проведення експерименту, моделювання процесу зондування

E.O.Savkova, E.A.Shumaeva

Donetsk National Technical University

Method for Selecting the Monitoring System Configuration of Hydroparameters of Aquatic Environment. The method for selecting appropriate parameters of structural elements for computerized monitoring system has been proposed, which allows us to define probing system configuration before full-scale testing in the selected water area. This system provides information about fields of aquatic environment taking into account their fine structure at a given accuracy.

hydrofields monitoring, system configuration, test plan, modeling of probing process