

Ю. Г. ПЫРКИН, А. А. ПИВОВАРОВ, Г. Г. ХУНДЖУА

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ПРИДОННЫХ ТЕЧЕНИЙ

Дано описание донной градиентной установки, представляющей собой автономную систему для синхронной регистрации модуля скорости на пяти горизонтах от дна и направления придонных течений.

В 1964—1965 гг. на кафедре физики моря и вод суши физического факультета МГУ была разработана новая аппаратура и методика экспериментальных исследований распределения скоростей придонных течений. Новая аппаратура — донная градиентная установка (ДГУ) представляет собой автономную систему для синхронной регистрации модуля скорости на пяти горизонтах от дна и направления придонных течений. Общий вид ДГУ приведен на рис. 1. Конструктивно ДГУ состоит из: несущей мачты (1), выполненной из дюралюминиевых труб ($\Phi 50 \times 2$ мм), трех опор (2), выполненных также из труб, опор растяжек (3), держателя контейнеров револьверного типа (4), глубоководных контейнеров для всей автономной электронной аппаратуры (5), блоков регистрации модуля средней скорости течения (6), блока регистрации направления течения (7) и ртутного выключателя (8). Несущие конструкции ДГУ разборные, что позволяет легко менять высоту мачты от трех до девяти метров. Все узлы ДГУ выполнены из немагнитных материалов.

Блок регистрации модуля средней скорости состоит из чашечных вертушек и транзисторных устройств счета числа оборотов с электро-механическими счетчиками. На рис. 2 приведена полная электромеханическая схема блока регистрации модуля средней скорости течения. На транзисторе T_1 собран LC генератор. Обмотки индуктивностей L_1 и L_2 намотаны на ферритовые стержни 1 и 2, между торцами которых имеется зазор в несколько миллиметров. Латунная шторка 3, насаженная на ось чашечной вертушки, при вращении пересекает зазор и рассеивает поток индукции между L_1 и L_2 , что приводит к срыву колебаний генератора. С обмотки n_3 снимаются колебания генератора и после детектирования на диоде D_1 подаются на базу транзистора T_2 . При срыве колебаний усиленным импульсом перепада напряжения открывается выходной транзистор T_3 и запускается электромеханический счетчик СЧ. Таким образом, при одном обороте вертушки на счетчике регистрируется два

импульса. Схема счета помещена в небольшой латунный контейнер. С торца контейнер имеет эбонитовую заглушку, в тело которой заделаны ферритовые стержни 1 и 2. Сам контейнер закреплен на кронштейне вертушки. Электромеханические счетчики всех каналов регистрации скоростей течения собраны в единый блок. Блок регистрации помещен в один из глубоководных контейнеров. Связь между транзисторными устройствами счета числа оборотов вертушек и блоком электромеханических счетчиков осуществляется при помощи многожильного морского кабеля.

Скорость трогания чашечных вертушек 1,5 см/сек. Линейный участок регистрации скорости течения составляет от 1,5 до 70 см/сек. Точность измерения скорости выражается соотношением $\eta = \frac{1}{2n} \cdot 100\%$, где n — число оборотов вертушки за время измерения.

Время работы блоков регистрации модуля средней скорости течения задается специальным программным устройством.

Регистрация направления придонных течений в системе ДГУ производится при помощи специально разработанного прибора. В качестве датчика используется рамка, вращающаяся в магнитном поле земли. Индукционный измеритель направления течения (рис. 3) состоит из ротора (1) с обмоткой, кольцевого коллектора (2), магнитного барабана (3), универсальной магнитной головки (4), низкочастотного усилителя (5), блока формирования прямоугольных импульсов (6) и дифференцирующего устройства (7). На магнитном барабане (3) имеется опорная метка, лежащая в плоскости, проходящей через

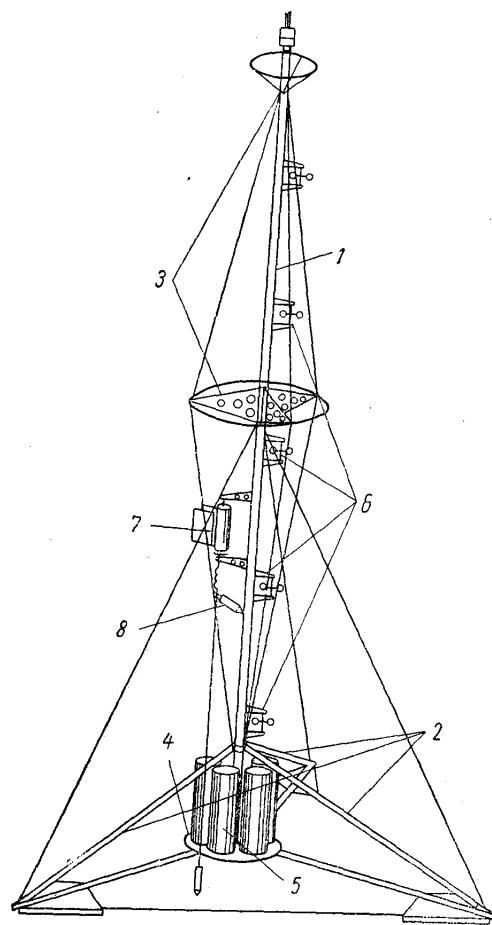


Рис. 1. Общий вид донной градиентной установки

ось ротора перпендикулярно к плоскости рамки. Магнитная головка жестко связана с корпусом прибора и ориентирована по направлению его продольной оси. При работе прибор посредством оперения устанавливается по направлению течения.

При вращении рамки в геомагнитном поле в ее обмотке индуцируется э. д. с., изменяющаяся по гармоническому закону. Индуцированная э. д. с. через кольцевой коллектор (2) подается на вход усилителя низкой частоты (5). В блоках (6) и (7) производится формирование и дифференцирование сигнала. Продифференцированный сигнал подается на универсальную магнитную головку (4), при помощи которой производится запись импульса на магнитном барабане (3). На выходе блока (7) появление импульса положительной полярности соответствует мо-

менту времени прохождения рамкой плоскости, перпендикулярной направлению горизонтальной составляющей геомагнитного поля \vec{H}_{xy} . В этот же момент времени магнитная головка ориентирована вместе с корпусом прибора по направлению течения. Зазор магнитной головки с опорной меткой магнитного барабана составляют искомый угол φ на-

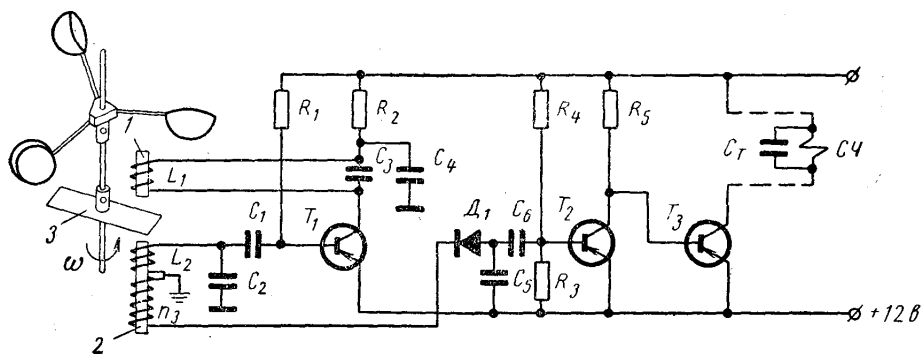


Рис. 2. Электромеханическая схема блока регистрации модуля средней скорости течения

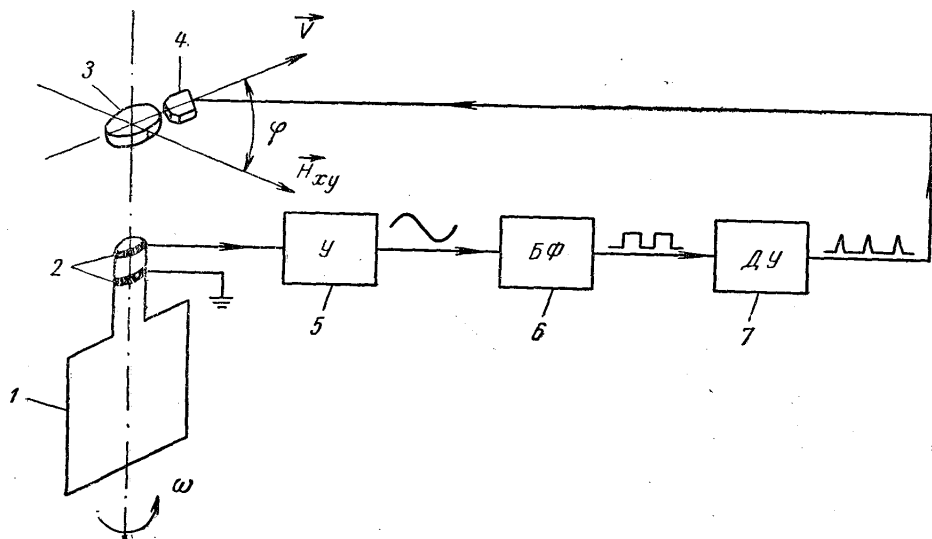


Рис. 3. Блок-схема индукционного измерителя направления течения

правления течения. Вся электронная схема прибора выполнена на полупроводниковых элементах.

Считывание показаний направления течения производится следующим образом. Магнитный барабан приводится во вращение. Опорный и рабочий сигналы считываются универсальной магнитной головкой и после усиления подаются на электронный осциллограф, горизонтальная развертка которого работает в ждущем режиме. Расстояние между двумя рабочими импульсами на экране осциллографа соответствует 360° , расстояние же между рабочим и опорным сигналами соответствует искомому углу φ . Точность определения угла направления течений в нашем случае составляет 1%.

Синхронная регистрация скоростей течения на пяти горизонтах по вертикали и определения направления течения в системе ДГУ обеспечивается программным устройством. При постановке ДГУ на дно ртутным выключателем (8, рис. 1) запускается мотор с высокостабильным числом оборотов (тип 572 ЧП с регулятором скорости часового типа). На выходном валу мотора насажен кольцевой многоконтактный переключатель, с помощью которого задается интервал работы блоков регистрации модуля скорости течения и последовательность включения измерительных систем.

Программное устройство осуществляет включение отдельных блоков регистрации в следующей последовательности: через три минуты после постановки ДГУ на дно на пять минут производится включение блоков регистрации модуля скорости течения, в середине этого интервала времени на полминуты включается измеритель направления течения. После отработки этой части программы для контроля положения ДГУ относительно дна запускается блок измерения угла наклона ДГУ от вертикали.

Этот блок состоит из двух совмещенных сферических сегментов, в зазоре между которыми находится свободно перемещающийся шарик. При срабатывании реле верхний сегмент прижимает шарик в точке, соответствующей углу отклонения ДГУ от вертикали. Нижний сегмент выполнен из органического стекла и имеет кольцевую градусную сетку.

Питание всех измерительных систем осуществляется батареей из элементов «Сатурн». Батарея размещена в отдельном контейнере.

Работа с градиентной установкой производилась на Черном море в октябре—ноябре 1965 г. с борта научно-исследовательского судна «Московский университет». Перед опусканием все системы блоков регистрации скорости и направления течения приводились в исходное рабочее положение. Опускание установки производилось на тросе диаметром 8,7 мм. Между тросом и установкой ставился капроновый канат длиной 150 м. В месте соединения капронового каната с тросом крепился груз, который при работе установки на грунте держал трос в натянутом состоянии. ДГУ для отработки всей программы удерживалась на грунте 10 мин, после чего она поднималась на борт судна, производилось считывание показаний всех систем и установка опять приводилась в исходное рабочее состояние. Полное время на постановку ДГУ и ее подъем при глубине 2000 м составляло около двух часов.

Измерения скоростей течений в придонном слое Черного моря осенью 1965 г. показали, что распределение модуля скорости течения в шестиметровом придонном слое, как правило, имеет ярко выраженный максимум значения величины скорости, расположенный в 2—3 м от дна.

Угол отклонения ДГУ от вертикали во всех постановках был близок к нулю.

Проведенная серия наблюдений показала эффективность установки для исследования распределения скоростей придонных течений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carruthers I. N. Concerning new cheap and simple ways of measuring bottom and near-surface currents in the high seas without the requirement of good weather. «Preprints. Internat. Oceanogr. Congr.», 535—537, 1959.
2. Pautot Guy. «Bull. Soc. histoire natur. Doubs», 1—2, No. 65, 13—17, 1965.
3. Carruthers S. N. «Nature» (Engl), 195, No. 4845, 976—981, 1962.
4. Романовский В. Флор Ле. «Acad. Sci.», No. 19, 2059—2060, 1960.

✉ Поступила в редакцию
8. 2 1966 г.

Кафедра
физики моря и вод суши