

ИЗМЕРЕНИЕ И УЧЕТ СОБСТВЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ТЕЧЕНИЯ ИСТ-1М

С.Ю. Алексеев

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: oaoimhi@inbox.ru

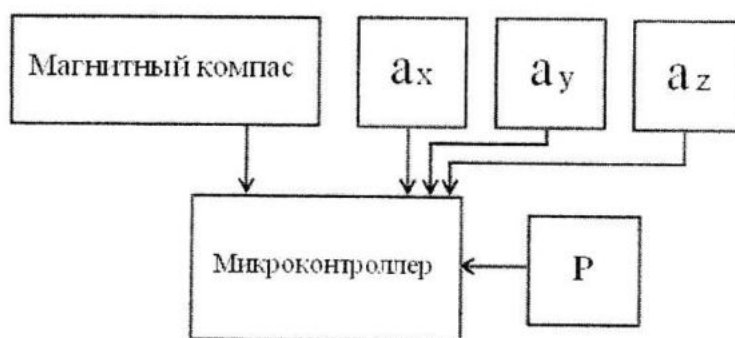
В статье приводятся результаты измерения собственных движений акустического измерителя скорости и направления течения ИСТ-1М и компенсация их влияния на измерение скорости потока.

Введение. Целью данной работы является измерение и расчет собственных движений акустического измерителя скорости и направления течения ИСТ-1М [1] по данным его натуральных испытаний и компенсация их влияния на

измерение скорости потока. Установленный вариант навигационной системы прибора реализован в виде магнитного компаса, трехосевого акселерометра и датчика давления.

С прибором ИСТ-1М были проведены натурные испытания в трех морских экспедициях, которые осуществлялись на океанографической платформе экспериментального отделения МГИ НАНУ в п. Кацивели.

Состав и структура модуля определения собственных движений представлена на рис. 1. Измерительный модуль состоит из микроконтроллера типа MSP430F155 [2], канала определения собственных движений (a_x, a_y, a_z) на основе трехосевого акселерометра типа LIS3LV02DL [3], канала определения направления течения на основе цифрового магнитного компаса типа НМС6352 [4] и канала измерения глубины на основе датчика давления (Р) фирмы Motorola.



Р и с. 1. Структурно-функциональная схема измерителя

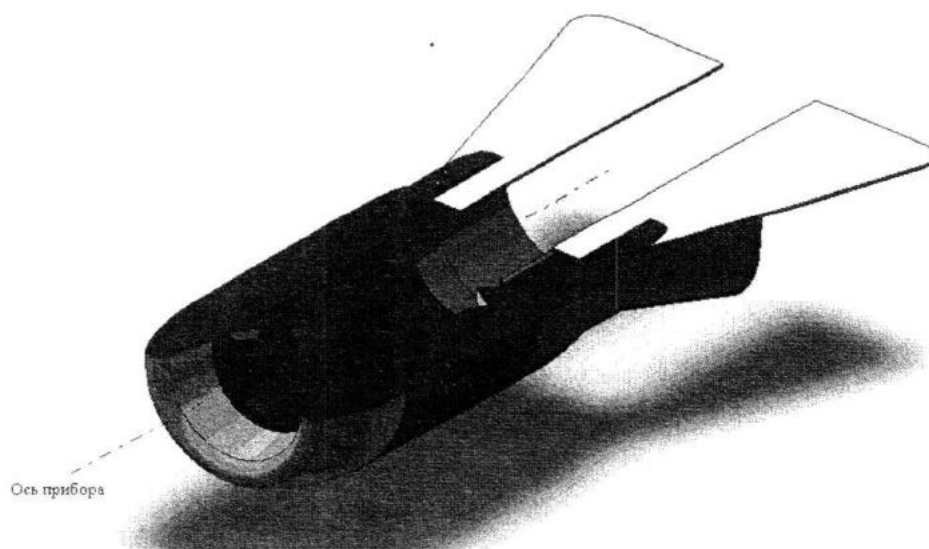
Для расчетов использовались данные, полученные на глубине 1,80 м.

Канал измерения скорости течения представляет собой пару пьезопреобразователей, расположенных под углом относительно потока внутри прибора. Скорость потока вычисляется по временам прохождения акустического сигнала между пьезопреобразователями в одну и другую сторону. Сам прибор имеет специальное хвостовое оперение, позволяющее ему ориентироваться по направлению течения, чтобы скорость потока внутри прибора соответствовала скорости течения. Собственные движения

прибора вдоль оси измерения скорости потока, показанной на рис. 2, вносят погрешность в измерения, которую требуется скомпенсировать.

Ось приюлоа, совпадающая с направлением потока в системе координат, соосной с осями акселерометра, находится в плоскости XY под углом 45° от осей X и Y. Для расчета проекции ускорения на ось прибора необходимо совершить поворот декартовой системы координат

$$a_{mv} = a_x \cos(45) + a_y \sin(45).$$



Р и с. 2. Ось прибора

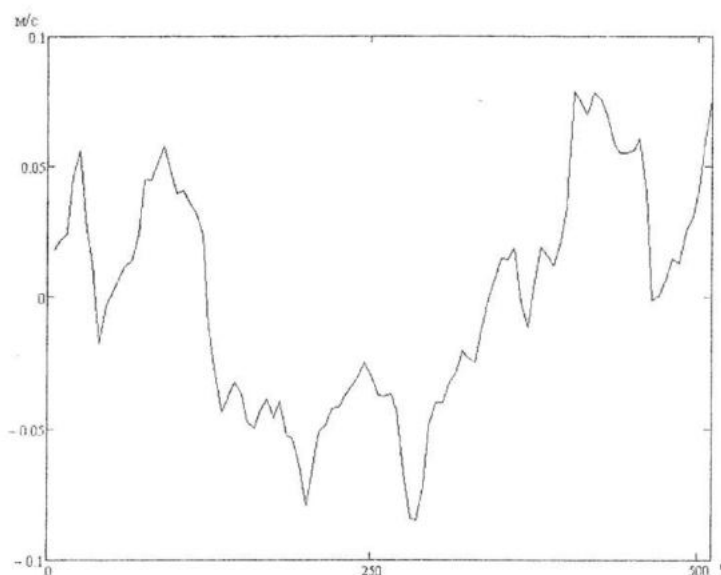
Для исключения влияния вектора ускорения свободного падения на показания акселерометра проводилась выборка измерений с минимальным отклонением показаний по оси Z т.е. с минимальным углом наклона прибора. Частота измерений составляла 22 Гц, а частота выборки – примерно 3,5 Гц.

По данным об ускорении по оси прибора рассчитывалась скорость собственных движений прибора. Скорость равна площади под кривой ускорения, т.е. ее интегралу. Для дискретных значений

скорость равна сумме значений ускорения

$$V_{mvi} = \sum_{i=0}^n a_{mvi}$$

где V_{mv} и a_{mv} – собственные скорость и ускорение прибора вдоль оси измерения скорости течения соответственно; n – количество точек. На рис. 3 представлен график собственной скорости прибора с осреднением по 5 с.



Р и с. 3. Скорость собственных движений прибора

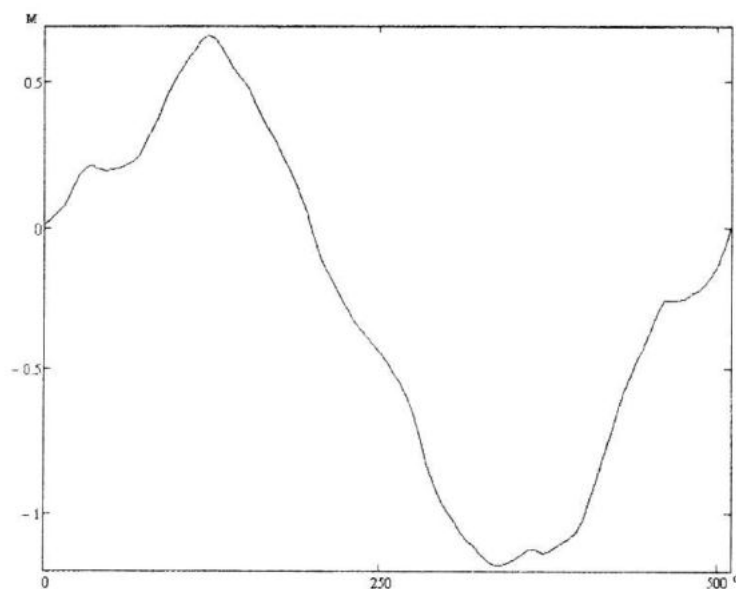
Как видно из рис. 3, скорость собственных движений колебалась в пределах

8 см/с и имела четко выраженный колебательный характер.

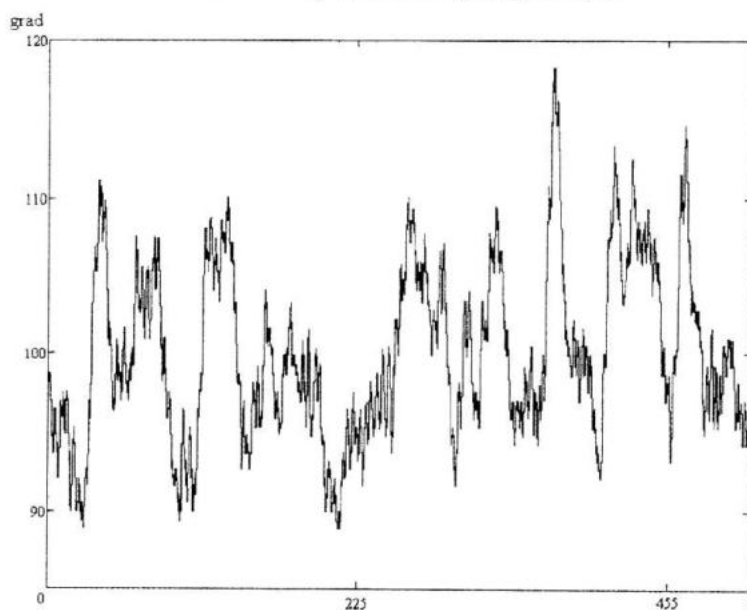
Пройденный прибором путь рассчитывался аналогично, путем суммирования скорости $S_{mv_i} = \sum_{i=0}^n V_{mv_i}$. График пройденного пути представлен на рис. 4, из которого видно, что смещение прибора вдоль направления потока относи-

тельно платформы составляло чуть больше метра.

На рис. 5 приведены показания магнитного компаса. Из графика видно, что азимут направления течения изменялся от 90 до 115° и в среднем составлял 100°.



Р и с. 4. Пройденный прибором путь



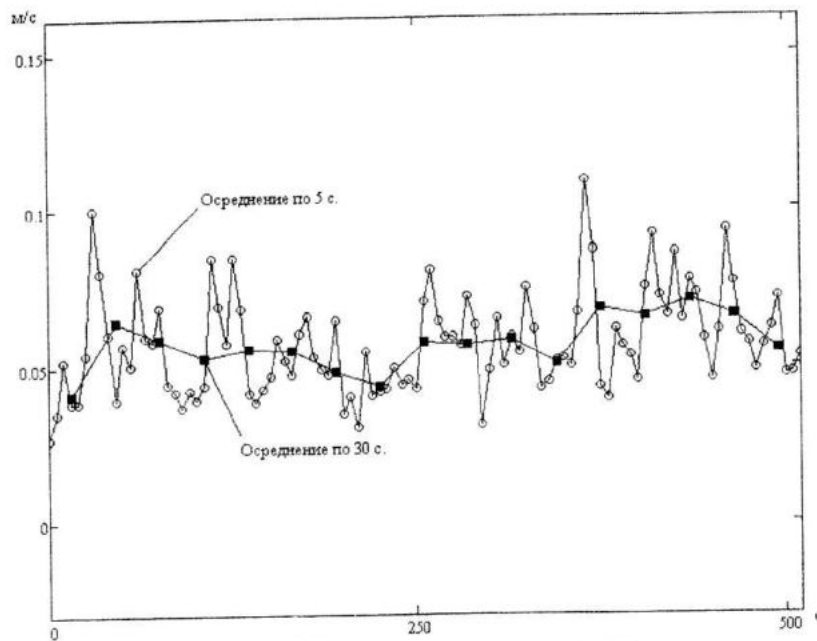
Р и с. 5. Направление течения

Для компенсации влияния собственных движений прибора на измерение скорости потока из измеренной скорости потока V_{dt} , которая представлена на рис. 6 с осреднением по 5 с и, в соответствии с гидрологическими требова-

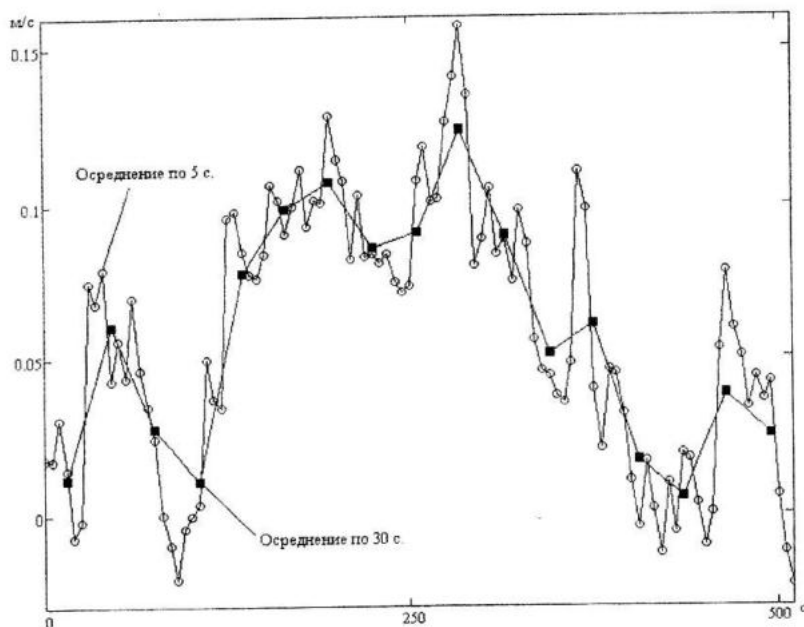
ниями, по 30 с, вычиталась скорость собственных движений прибора V_{mv}

$$V_{fl} = V_{dt} - V_{mv}.$$

Полученный график реальной скорости потока V_{fl} с осреднением по 5 и 30 с представлен на рис. 7.



Р и с. 6. Измеренная скорость потока



Р и с. 7. Реальная скорость потока

Заключение. В результате учета собственных движений прибора в полтора раза была повышена точность измерения скорости течения, и уточнены технические требования к модулю навигационной системы в акустическом измерителе скорости и направления течения ИСТ-1М.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Греков А.Н., Алексеев С.Ю. Акустический измеритель скорости и направления течения ИСТ1-М речного и морского назначения // Системы контроля окружающей среды / Средства, информационные технологии и мониторинг. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2008. – С. 77 – 82.
2. MSP430x15x, MSP430x16x, MSP430x161x, MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER // www.ti.com
3. MEMS INERTIAL SENSOR 3-Axis - $\pm 2g/\pm 6g$ Digital Output Low Voltage Linear Accelerometer // www.st.com
4. 2-Axis Compass with Algorithms // www.honeywell.com/magneticsensors