

УДК 53.082

М.Н. Котов*Морской гидрофизический институт НАН Украины**ул. Капитанская, 2, г. Севастополь, Украина, 99011**E-mail: mhi_kotofsky@mail.ru***СПОСОБЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ И СОБСТВЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ**

Проведен обзор существующих методов контроля положения и собственных движений, а также проанализирована возможность их использования в гидрофизической аппаратуре с целью коррекции измерительной информации.

При постановке большинства гидрофизических приборов очень актуальной становится проблема определения их собственных движений для коррекции измеренных ими данных. Чем больше степеней свободы может совершать носитель аппаратуры, тем сложнее его траектория движения. Обычно имеет место нестационарная скорость обтекания потоком и соответственно нестационарные случайные параметры собственных движений. Измерение этих движений представляет сложную задачу, но их игнорирование может привести к недопустимой ошибке измерений с помощью таких приборов. Поэтому исследованиям собственных движений гидрофизических приборов в потоке уже давно уделяется внимание. При этом, чем точнее создаваемые конструкторами измерительные приборы, тем важнее контролировать положение их в рабочей среде. О методах исследования собственных движений, описанных в этой статье, можно подробнее узнать в работах [1 – 4].

Целью настоящей статьи является обзор существующих способов и средств контроля собственных движений гидрофизических приборов.

Одна из первых серий серьезных научных исследований в этой области относится к шестидесятым годам прошлого века. Эти исследования проводились лабораторией подводных исследований Ленинградского гидрометеорологического института во время подводных экспедиций на Черном и Каспийском морях [1]. Для исследований динамики перемещений аппаратуры в толще воды Мирового океана применялась подводная кинокамера, которая благодаря своей простоте и общедоступности, занимала свое заслуженное передовое место в подводных исследованиях того времени. В зависимости от условий съемки применялся один из нижеописанных методов установки аппаратуры.

При исследованиях у поверхности дна на доступных аквалангисту глубинах целесообразнее всего было применять съемку со штатива. Для этого на дно устанавливался штатив-тренога или какая-либо иная устойчивая опора, на которой крепилась необходимая съемочная и измерительная аппаратура. Камера закреплялась на жестком столике или кронштейне с помощью шарового шарнира, позволяющего фиксировать ее в нужном направлении. С помощью такого простого устройства можно было с достаточной точностью ориентировать оптическую ось аппарата относительно поверхности воды или дна.

Для глубин в несколько десятков метров и в тех случаях, когда нужно было проводить наблюдения в толще воды, возникла необходимость в строительстве под водой специальных мачт, как изображено на рисунке 1. По мнению разработчиков методики, строить мачту было необходимо, когда исследуемый слой воды имел 25...30 метров в толщину, а глубина места не превышала 40...50 метров. Все это позволяло аквалангистам работать у основания мачты. При такой конструкции вершина мачты не доходила до поверхности воды. Мачты такого типа могли быть установлены с минимумом затрат и без использования громоздких плавсредств. Для обеспечения их установки достаточно было иметь шлюпку и плотик грузоподъемностью в одну тонну с лебедкой или без нее.

Сваи эстакад позволяли использовать естественные опорные точки для аппаратуры и приборов под водой [2]. Буйковая станция устанавливалась в пяти метрах от свайного ряда площадки, с которой проводились подводные

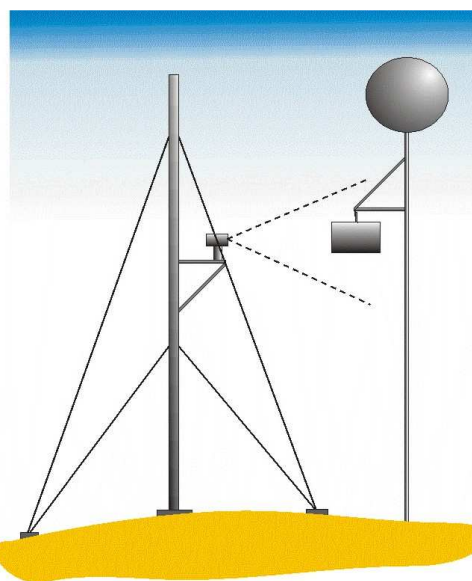


Рисунок 1 – Схема подводной мачты, использованной для съемки собственных движений изучаемого гидрофизического прибора

работы, в сторону открытого моря. В качестве поддерживающего буй применялся параванный буй с плавучестью двести килограмм. На ближайшую к постановке сваю одевался хомут с полуметровым кронштейном, на котором жестко крепилась кинокамера в герметическом футляре. Рядом с буйковой станцией подвешивался на четырех растяжках, исключающих движения, эталонный измеритель.

Отснятый киноматериал позволил получить с высокой частотой координаты изучаемой гидрофизической аппаратуры за все время исследований. Для этого на изображении каждого кадра определялась величина поперечного и продольного отклонения постоянно выбранной точки на приборе относительно оси объектива. Для привязки колебаний прибора относительно оси течения учитывался угол между осью объектива и направлением течения.

В свое время эти исследования позволили изучить влияние течения и волнения на собственные движения прибора различных форм и конструкций. Попытки описать эти движения через математические формулы не увенчались успехом ввиду сложности полученной траектории движения. Это еще раз подтвердило необходимость создания систем для контроля этих движений и внесения необходимых коррекций в измеренные прибором данные.

Но киносъемка не была единственным путем получения данных о собственных движениях

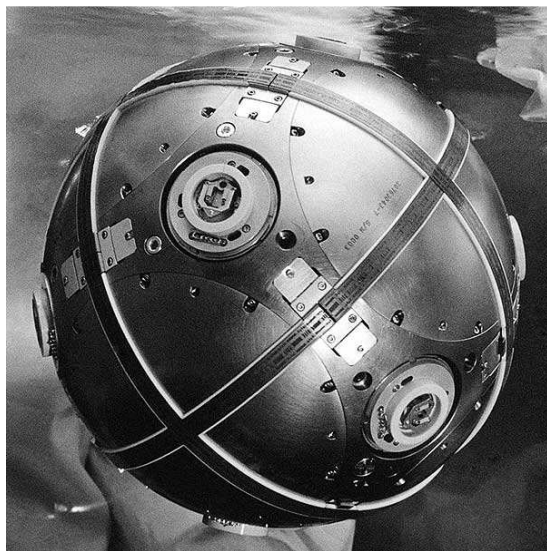


Рисунок 2 – Внешний вид инерциальной навигационной системы AIRS

аппаратуры под водой. Так, в восьмидесятых годах для военных нужд уже были разработаны инерциальные навигационные системы третьего поколения, для которых величина дрейфа составляла менее чем на $1,5 \times 10^{-5}$ градуса за час работы [3]. Внешний вид этой системы показан на рисунке 2. Из недостатков стоит отметить их высокую стоимость. В 1989 году один акселерометр, используемый в этой системе, стоил 300 000 долларов и требовал полгода на сборку. Этот фактор сдерживал применение таких систем, а кардинальное изменение геополитической обстановки в мире в конце прошлого столетия привело к прекращению финансирования этого проекта.

Основанная в 1995 году компания ACSA разработала еще одну технологию слежения за движениями исследуемых объектов под водой. Она предложила перенести идеи широко зарекомендовавшей себя на воздухе GPS под воду. Трудность использования GPS под водой

имеет две причины. Первая заключается в том, что GPS использует частотный диапазон 1,5 ГГц, волны которого не распространяются в морской воде. Второй причиной является то, что GPS приемники очень чувствительны к качеству связи. Им необходимо постоянно получать большой объем данных, а под водой передача данных сильно ограничена.

Таким образом, разработчикам потребовалось решить две проблемы: передача информации под водой (для чего обычно используется акустический способ) и минимизация объема передаваемой информации.

Ниже будут рассмотрены три варианта создания GPS для подводного использования.

False underwater GPS. Самый простой способ использовать GPS под водой – это поместить на воду буй с GPS приемником и передавать данные от него к водолазу (или подводному устройству) по кабелю. Понятно, что при таком варианте всегда имеются координаты буя, а не водолаза. В некоторых случаях можно применять его, но там, где требуется получить высокую точность этот вариант не подходит, так как точность может "плавать" в пределах длины кабеля.

US-AF Youngberg. Другой вариант использования GPS под водой – это перенести основные принципы функционирования настоящей GPS под воду. В роли спутников будут выступать буи, радиоволны заменяются акустическими, проходящими от бую к подводным объектам. Оборудование, которое помещается на подводный объект, очень похоже на GPS приемник по устройству. Этот прибор очень точно измеряет время получения сигнала от каждого из буюв и по нему вычисляет расстояние до каждого из них. Точное положение буюв также передается под воду акустическим способом. Таким образом, прибор вычисляет точное местоположение подводного объекта исходя из положения буюв и объекта относительно них. Всего достаточно четырех буюв. Это решение было запатентовано М. Янгбергом летом 1992 года.

Технология GIB, разработанная компанией ACSA, очень похожа на решение US-AF, но в отличие от него данные от буюв передаются для вычисления на поверхность. На рисунке 3 схематически показана

работа GIB. Каждый буй постоянно передает в процессинговый центр свои координаты и время получения акустического сигнала от подводного объекта. На основании значения скорости звука в воде и этих данных легко рассчитывается положение самого объекта под водой.

Для данной технологии требуется всего 2 буй, так как глубина передается на поверхность от подводного объекта (и измеряется им). Кроме того, важным достоинством данной технологии является возможность отслеживания положения множества подводных объектов (меняя время или частоту). Буи, используемые в данной технологии, были названы - GIB Buoy, аббревиатура GIB означает GPS Intelligent Buoy, т.е. Умные GPS буи.

В последние годы появились активные попытки создания надежных, экономных, малогабаритных и дешевых инерциальных навигационных систем, построенных на микромеханических системах. Несмотря на то, что текущего уровня развития техники еще не достаточно для построения самостоятельных инерциальных навигационных систем с требуемым уровнем точности, они уже повсеместно используются совместно с такими системами как GPS. Эксплуатация этих навигационных систем под водой может быть также оправдана в случае использования дополнительных источников информации от компасов, датчиков давления, измеряемых параметров среды[5].

Именно это направление является наиболее перспективным с точки зрения интеграции в гидрофизическую аппаратуру, так как микромеханические системы очень надежные, малогабаритные, экономные и недорогие.

Таким образом, существуют различные системы для исследования собственных движений гидрофизической аппаратуры. Однако на сегодняшний день пока нет универсального приемлемого решения для использования в портативной аппаратуре. Существующие методы контроля собственных движений либо громоздкие, дорогие и потребляют слишком много электроэнергии, либо недостаточно точны, либо гораздо эффективнее использовать другие системы получения измерительной информации.

Дальнейшим, наиболее перспективным направлением исследований собственных движений портативных гидрофизических приборов, можно было бы считать применение микромеханических инерциальных навигационных систем.

Библиографический список

1. Майер А.В. Методика подводных океанологических исследований с применением подводных мачт и заглубленных буйев / А.В. Майер, В.Е. Джус // Морские подводные исследования. — 1969. — С. 177–184.
2. Бурнашев В.Х. Влияние волнения и течения на движение ВПВ-2 в буйковой постановке на мелководье / В.Х. Бурнашев, Т.А. Кунец // Морские подводные исследования. — 1969. — С. 184–189.
3. Advanced Inertial Reference Sphere: [Электрон. ресурс]. — Режим доступа: <http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Weapons/Airs.html>.
4. ACSA. Experts in underwater GPS applications: [Электрон. ресурс]. — Режим доступа: <http://www.underwater-gps.com>.
5. Котов М.Н. Алгоритмически-программное обеспечение ИСТ-1М / М.Н. Котов, С.В. Каширин // Системы контроля окружающей среды: сб. науч. тр. — 2008. — С. 143–146.

Поступила в редакцию 24.11.2008 г.

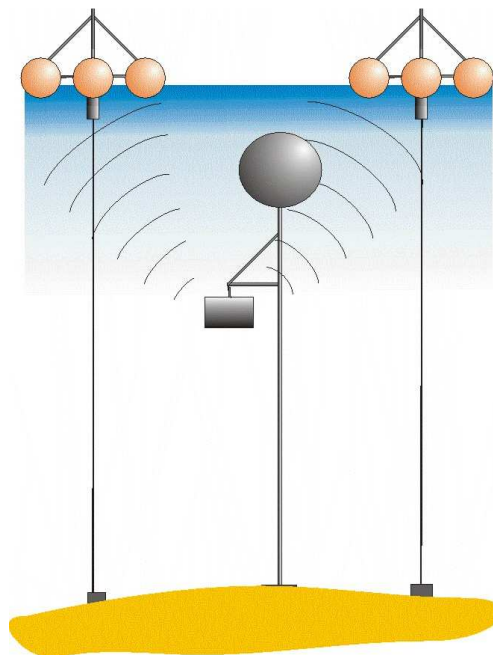


Рисунок 3 – Схема постановки GIB относительно исследуемой буйковой станции