

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПОДВОДНЫХ ПЛОВЦОВ

Д.Н. Клыпин, А.Н. Лепетаев

В статье рассмотрены существующие системы технической поддержки и сопровождения подводных пловцов, основные параметры таких систем и методы улучшения этих параметров. Предложена система, позволяющая отслеживать перемещение группы пловцов, а также их состояние с автоматическим формированием сигнала тревоги.

Ключевые слова: подводный пловец, группа, абсолютные координаты, контроль физиологического состояния, автоматическое формирование сигнала тревоги.

Введение

В настоящее время, в связи с активной разработкой шельфовых зон и подводных мест залегания полезных ископаемых подводные работы с участием человека становятся одной из основ эффективного освоения морских богатств. А безопасность и необходимость сохранения жизни и здоровья человека в условиях выполнения этих работ требует эффективного средства обнаружения местонахождения и непрерывного контроля за состоянием людей. Даже на небольшой глубине погружения человек испытывает психофизиологический стресс, одним из результатов которого может стать внезапная потеря сознания, ориентации и т.д. Вероятность такого хода событий, как правило, весьма высока и часто приводит к летальному исходу даже опытных водолазов, не говоря уже о неподготовленных подводных туристах - дайверах.

Системы сопровождения подводных работ и дайвинга должны сочетать в себе возможности точного обнаружения конкретного подводного объекта, а также мониторинга его параметров, причем все это должно производиться в процессе движения объекта.

Обзор открытых источников показал, что научно-технические разработки в этой области у зарубежных частных и государственных компаний единичны и находятся в стадии опытной эксплуатации, серийные варианты исполнения подобных систем отсутствуют.

В частности, оборудование для дайвинга нацелено на обеспечение безопасности пловца путем предоставления ему данных об уровне декомпрессии, остатке дыхательной смеси в баллонах, времени дайвинга и т.д., при этом все полученные данные передаются только на компьютер дайвера, без извещения станции сопровождения. Самые дорогие и технически оснащенные приборы оснащены

только функцией измерения частоты сердечных сокращений и уровня азота в выдыхаемом воздухе [1], причем эти параметры отображаются опять же только на дайв-компьютере. Существуют системы для симплексной голосовой связи между дайверами или между дайвером и базой [2], но даже с такими системами остается значительная вероятность гибели человека, попавшего в опасную ситуацию.

В нашей стране, по состоянию на данный момент, не ведется даже поисковых исследований в данной области, а близкие по назначению устройства имеются только у военных организаций и силовых структур и при этом имеют функциональность еще ниже, чем иностранные образцы [3].

Единственным источником информации в данной области являются патенты, в основном это публикации США.

Обзор патентной литературы

Исследуемая система относится к области водолазного оборудования и должна использоваться для контроля состояния группы мобильных подводных пловцов с целью обеспечения безопасности жизнедеятельности в ходе подводных работ, спортивного плавания, лечебной физкультуры и т.д.

Параметры безопасности человека при движении под водой, подлежащие постоянному контролю, делятся на 2 группы: физические и физиологические параметры. К физическим параметрам относят координаты пловца (косвенные или абсолютные), глубину погружения, температуру, плотность и скорость течения воды, время нахождения в воде и т.д., к физиологическим – состояние сердечно-сосудистой системы, уровень азота в крови и т.д.

В патенте US 7,257,517 B2, МПК G06F 17/40, от 14.08.2007 «Detection apparatus, detection system, portable device, and machine

readable medium» система, размещаемая на пловце, производит измерение пройденного пути, скорости движения, времени нахождения в воде, температуры, плотности и скорости течения воды, на основе этих данных вычисляет количество потраченных человеком калорий и отображает на наручном дисплее пловца. Подобные системы используются только для спортивных или восстановительных тренировок и имеют низкую функциональность с точки зрения обеспечения безопасности человека.

Система, описанная в патенте US 7,144,198 B2, МПК В63С 11/02, от 05.12.2006 «Diver information processing apparatus and method of controlling same», помимо измерения глубины погружения и температуры воды, содержит датчик азота в выдыхаемом человеком воздухе, что позволяет вовремя сигнализировать пловцу об опасности декомпрессии и замедлить подъем на поверхность воды.

Для определения координат подводных пловцов существуют различные методы [3, 4]. Например, в патенте US 7,512,036 B2, МПК G01S 3/80, от 31.03.2009 «Underwater acoustic positioning system and method» координаты пловца определяются с помощью известной акустической системы навигации с длинной базой [4, с.49], основанной на использовании трех буев, оснащенных приемниками глобальной системы позиционирования (Global Positioning System, GPS). Расположение буев ограничивает район подводных работ.

Основной недостаток всех рассмотренных в обзоре систем - то, что вся информация о состоянии подводного пловца отображается только на дисплее самого пловца, без передачи на наземную станцию контроля, что в случае опасности не позволяет принять мер по спасению человека.

Кроме того, ни одна из рассмотренных систем не обладает функциональностью, необходимой для полного контроля состояния подводного пловца.

Наибольшей функциональностью обладает система, описанная в патенте US 6,108,272 B2, МПК Н04В 11/00, от 22.08.2000 «Method and apparatus for locating diver(s) from a surface station and alerting the surface station of a diver emergency» (Метод и устройство для определения координат подводного пловца (пловцов) с наземной станции и оповещения наземной станции об опасности подводного пловца).

В данной публикации описано устройство, размещаемое на пловце, которое совместно со станцией сопровождения образует гидроакустическую систему со сверхкороткой базой для определения пеленга, глубины и дальности погружения пловца, основанную на измерении прямого и обратного времени прохождения акустического сигнала от пловца к станции. Данная информация отображается на дисплее пловца в цифровом виде и на наземной станции в виде карты дна с расположением пловцов.

На рисунке 1 показано изображение на экране ЭВМ станции сопровождения. Текущие параметры пловцов 1 и 2, обозначенных точками на карте моря – тревожное состояние, дальность, пеленг, глубина могут быть показаны в окне 3 и могут быть выбраны для конкретного пловца переключателем 4. Определение навигационных параметров различных пловцов осуществляется на различных гидроакустических частотах. На устройстве пловца есть кнопка тревоги, при нажатии на которую вырабатывается гидроакустический сигнал на тревожной частоте, различной для каждого пловца. Этот сигнал принимается наземной станцией и вызывает срабатывание светового и звукового тревожного оповещения.

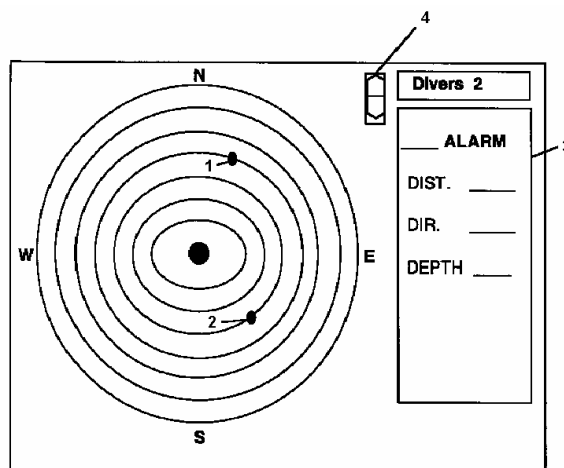


Рисунок 1 – Вид программы контроля пловцов

Система имеет следующие достоинства:

- возможность контроля параметров нескольких пловцов;
- отображение координат пловца на наземной станции, что позволяет в случае тревоги быстрое нахождение и спасение человека.

Однако есть и недостатки:

- ручная подача сигнала тревоги не позволяет спасти человека при потере сознания, травмах и т.д.;
- недостаточная функциональность системы – нет контроля состояния физиологических параметров;
- использование множества гидроакустических частот значительно усложняет систему;
- невысокая точность определения координат пловца из-за использования навигационной системы со сверхкороткой базой.

Постановка и решение задачи

Технической задачей предлагаемой системы является увеличение надежности и функциональности системы контроля состояния подводных пловцов для обеспечения безопасности нахождения человека под водой путем непрерывного контроля физических и физиологических параметров пловцов с автоматическим формированием сигнала тревоги при выходе этих параметров за заданные пределы и определения точных географических координат пловца с помощью одночастотной навигационной системы с длинной базой и синхронизацией по спутниковой системе GPS.

Известно, что наилучшую точность определения координат подводных объектов обеспечивают гидроакустические системы с длинной измерительной базой [4]. В современных системах измерительную базу образуют три буя с GPS-приемниками, образующие треугольник со стороной 1...5 км. Для определения координат и обеспечения синхронности передач нескольких подводных пловцов в предлагаемой системе персональный прибор каждого пловца оснащается высокостабильными часами, предварительно синхронизированными по часам GPS. Гидроакустический излучатель (гидрофон) определенного подводного пловца излучает сигнал только в свой, предустановленный момент времени, в зависимости от номера, присвоенного пловцу – гидрофон пловца i излучает свой сигнал в момент времени $i \cdot T$, гидрофон пловца $i+1$ – в момент времени $(i+1) \cdot T$ и т.д. Время T в предлагаемой системе складывается из времени передачи и доставки сигнала от одного пловца, и интервала такой же длительности для передачи и доставки тревожных сообщений от любого пловца или команды от станции сопровождения.

Время передачи и доставки сигнала от одного пловца t складывается из времени

передачи t_n и времени распространения сигнала по наибольшей длине измерительной базы (между наиболее удаленными буями) t_i :

$$t \Rightarrow t_n + t_i.$$

Время T равно удвоенному времени t , следовательно, сигналы от n пловцов будут переданы за время

$$T = n \cdot 2 \cdot t.$$

Во время передачи могут передаваться данные о любых физических и физиологических параметрах пловца, заранее выбранных или изменяемых по команде станции сопровождения. Для обмена данными между пловцом и базой существуют известные гидроакустические методы передачи данных со скоростями 4800 бит/с и выше [5], достаточные для передачи любых параметров в реальном времени. Например, известно, что при регистрации электрокардиограммы (одного отведения) в режиме «мониторинг» скорость цифрового потока данных составляет не более 1200 бит/с [6].

Предположим, что от пловца на базу передается информационная посылка, которая содержит данные о глубине погружения (0...40 м), температуре воды (0...30 °С), частоте сердечных сокращений (20...200 ударов/минуту), уровне азота в выдыхаемом пловцом воздухе (0...100 %). С учетом дополнительных данных для синхронизации и восстановления информации на приемной стороне объем такой посылки не превысит 10 байт, а длительность посылки при скорости передачи 4800 бит/с, т.е. время передачи от пловца, составит

$$t_n = 10 \cdot 8 \cdot (1/4800) = 0,017 \text{ с.}$$

Время распространения сигнала между буями при средней скорости звука в воде 1500 м/с и максимальном расстоянии между буями 1000 м составит

$$t_i = 1000/1500 = 0,667 \text{ с.}$$

Следовательно, интервал T между передачами пловцов должен быть не менее

$$T = 2 \cdot t \Rightarrow 2 \cdot (0,017 + 0,667) \approx 1,4 \text{ с.}$$

Все буи должны за время t передать параметры пловца и свои координаты на наземную станцию. Время обработки данных и вывода на дисплей ЭВМ наземной станции должно также быть менее времени t . При выполнении этих условий осуществляется мониторинг параметров пловцов со скоростью 10 пловцов / 14 секунд (т.е., обновление координат и состояния группы из 10 подводных пловцов полностью завершается за 14 с).

В предлагаемом изобретении пауза между информационными посылками той же

длительностью t используется для передачи тревожных сообщений от любого пловца на наземную станцию или для передачи команды от наземной станции к конкретному пловцу. Передача тревоги производится в ближайшей паузе, причем тревожная посылка содержит номер аварийного пловца. Команда от наземной станции производится также в ближайшей паузе между информационными посылками.

Для предотвращения наложений гидроакустических сигналов в предлагаемом изобретении все передачи от пловца производятся только в предустановленные моменты времени, по временным меткам высокостабильных часов устройства подводного пловца, предварительно синхронизированных по часам GPS, а все передачи от буев и наземной станции синхронизированы по часам их GPS-приемников.

В предлагаемом изобретении формирование тревожного извещения от пловца может производиться двумя способами – ручным способом, при нажатии пловцом тревожной кнопки, и автоматическим способом. Автоматическое генерирование тревожного события производится при выходе любого физического или физиологического параметра за заранее заданные пределы, которые могут быть уникальны для каждого пловца. Например, это может быть погружение ниже заданной глубины, выход частоты сердечных сокращений за пределы нормы, превышение доли азота в выдыхаемом воздухе и т.д.

Возникновение тревожного события, кроме передачи тревоги, сопровождается оповещением самого пловца (например, виброрезонком).

Таким образом, техническим результатом является увеличение надежности и функциональности системы контроля состояния подводных пловцов для обеспечения безопасности нахождения человека под водой путем непрерывного контроля физических и физиологических параметров пловцов с автоматическим формированием сигнала тревоги при выходе этих параметров за заданные пределы и определения точных географических координат пловца с помощью одночастотной навигационной системы с длинной базой и GPS-синхронизацией.

Заявленный технический результат обеспечивается за счет системы контроля состояния подводных пловцов. Задача решается следующим образом. Система контроля состояния подводных пловцов, состоящая из наземной станции, содержащей ЭВМ с про-

граммой вычисления координат и отображения состояния пловцов на экране, световой и звуковой тревожные оповещатели, как минимум одного подводного пловца, снабженного гидрофоном и кнопкой передачи тревожного извещения, согласно заявляемому техническому решению, отличается тем, что система дополнительно содержит буи в количестве не менее трех, расположенные на поверхности моря, причем буи снабжены GPS - приемником, гидрофоном, микроконтроллером и радиомодемом, наземная станция дополнительно содержит радиомодем и GPS-приемник, подводный пловец дополнительно снабжен высокостабильными часами, предварительно синхронизированными по часам GPS, датчиками физических и физиологических параметров и микроконтроллером для обработки сигналов датчиков и автоматического формирования тревожного извещения.

В качестве контролируемых физических параметров могут выступать: координаты пловца, глубина погружения, температура и скорость течения воды и т.д.

В качестве контролируемых физиологических параметров могут выступать: состояние сердечно - сосудистой системы пловца, уровень азота в крови и т.д.

Сущность изобретения отображена на чертежах, иллюстрирующих систему контроля состояния подводных пловцов.

На рисунке 2 изображена структурная схема системы определения координат и контроля состояния подводных пловцов.

Система состоит из станции сопровождения 1, как минимум, трех буев 2, и, как минимум, одного подводного пловца 3.

Станция сопровождения содержит радиомодем 4, ЭВМ 5 с программой обработки данных и вывода на дисплей и GPS-приемник 6.

Каждый буй 2 содержит радиомодем 7, микроконтроллер 8, GPS-приемник 9 и гидрофон 10.

Каждый подводный пловец 3 содержит высокостабильные часы 11, микроконтроллер 12, гидрофон 13, датчики физических параметров 14, датчики физиологических параметров 15, тревожный оповещатель 16.

Станция сопровождения и буи обмениваются данными по радиоканалу посредством радиомодемов. GPS-приемник станции сопровождения служит для синхронизации часов станции сопровождения с целью организации синхронной работы обмена данными системы в целом.

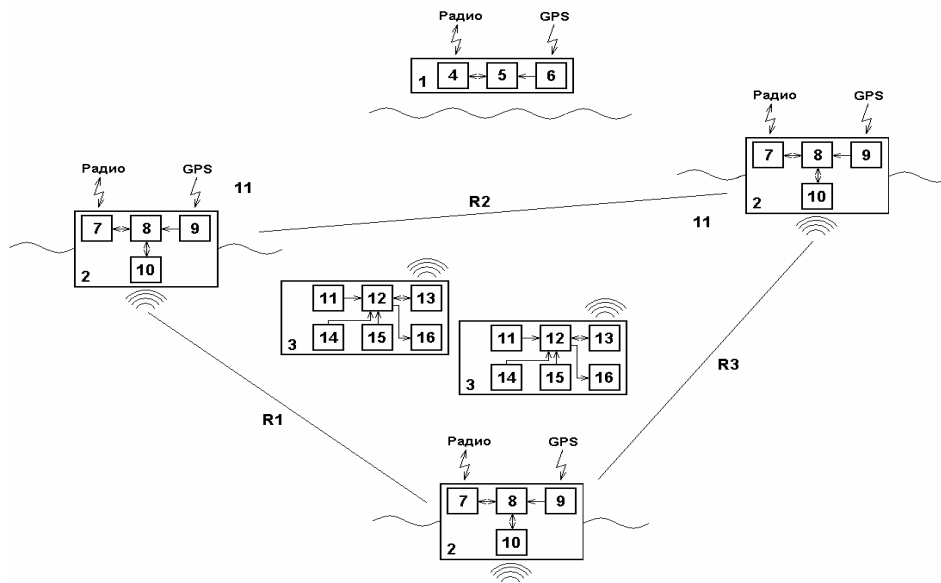


Рисунок 2 – Структурная схема система контроля параметров подводных пловцов

GPS-приемник буя служит для синхронизации обмена данными в системе и для определения текущих географических координат буя. Гидрофон буя и гидрофон пловца служат для обмена данными по подводному гидроакустическому каналу. Микроконтроллер буя измеряет время запаздывания сигнала от пловца, передает это время и собственные координаты буя на станцию сопровождения по радиоканалу посредством радиомодема.

Высокостабильные часы пловца предварительно синхронизированы по часам GPS станции сопровождения и буев и служат для синхронного обмена данными по гидроакустическому каналу. Микроконтроллер пловца служит для обработки сигналов датчиков физических параметров и физиологических параметров, передачи этих параметров на буй в предустановленный момент времени посредством гидрофона, анализа этих параметров и формирования сигнала тревожного оповещения в случае выхода какого-либо параметра за заданные пределы, путем включения встроенного тревожного оповещателя и передачи тревожного извещения по гидроакустическому каналу.

Система работает следующим образом.

Буи устанавливаются на поверхности моря, образуя измерительную базу. Подводные пловцы в процессе подводного движения должны находиться в пределах измерительной базы.

Расчет координат производится на основе длинной измерительной базы, используя известный пространственный принцип вычисления расстояний, определенных гидроакустическим методом с измерением времени запаздывания гидроакустического сигнала, принимаемого буями, относительно излучаемых гидрофонами подводных пловцов коротких информационных посылок. При этом периодическое излучение гидрофонов пловцов производится в предустановленный момент времени, синхронный с ходом часов пловца и различный для каждого подводного пловца. Сигнал от определенного пловца принимается всеми буями и с помощью микроконтроллеров буев измеряется время запаздывания этого сигнала до каждого буя. Далее каждый буй передает это время по радиоканалу на станцию сопровождения. Станция сопровождения принимает эти данные и по полученным от всех буев данным ЭВМ станции вычисляет координаты определенного пловца и выводит их на дисплей в виде точек на карте моря и в виде цифровых данных. Одновременно на дисплей могут выводиться и другие желаемые параметры определенного пловца.

Информационная посылка пловца, излучаемая в порядке очереди, содержит данные о физических и физиологических параметрах пловца, снимаемых с датчиков физических параметров и датчиков физиологических параметров.

Микроконтроллер пловца сравнивает все снимаемые параметры с датчиков с

предустановленными допустимыми пределами и, в случае выхода какого-либо параметра за эти пределы, формирует тревожное извещение и включает тревожный оповещатель пловца. Кроме того, тревожное извещение передается в ближайшей паузе между информационными посылками один раз в цикл передач всех пловцов до тех пор, пока в любой из последующих пауз не будет получена команда подтверждения от станции сопровождения.

Любая команда, передаваемая от станции сопровождения конкретному пловцу (подтверждение приема тревоги, изменение списка параметров, команда на подъем и т.д.), ретранслируется из радиоканала в гидроакустический канал ближайшим к пловцу буем в ближайшей паузе между информационными посылками, синхронно с временной меткой часов GPS. Таким образом, достигается синхронность в работе всей системы, и устраняются возможные наложения гидроакустических сигналов, приводящие к потере информации.

Заключение

Предложенная система обеспечивает повышенную точность определения координат и надежность контроля состояния физических и физиологических параметров группы мобильных подводных пловцов.

Дополнительно достигается упрощение и уменьшение веса аппаратуры подводного

пловца за счет использования только одной частоты в гидроакустическом диапазоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дайв-компьютер SUUNTO. [Электронный ресурс] /. – Режим доступа: www.divemart.ru/shop/UID_1512_suuntostinger.html
2. Подводный модуль двусторонней связи . [Электронный ресурс] /. – Режим доступа: www.oceanreef.ru
3. Подводная навигационная панель «Кобра». - Боевые пловцы - их снаряжение и технические средства борьбы с ними. [Электронный ресурс] /.-Режим доступа: www.RusArmy.com
4. Милн, П.Х. Гидроакустические системы позиционирования. Перевод с англ. В.К. Комлева / П.Х. Милн– Л.: Судостроение, 1989 – С.232.
5. Method and apparatus for carrying out high data rate and voice underwater communication. US Patent 6,130,859, Int. Cl. H04B 11/00, Oct. 10, 2000.
6. Кардиомониторы. Аппаратура непрерывного контроля ЭКГ: Учеб. Пособие для вузов / А. Л. Барановский, А. Н. Калиниченко, Л. А. Манило и др.; Под ред. А. Л. Барановского и А. П. Немирко. – М.: Радио и связь, 1993. – С. 248.

к.т.н., доцент Лепетов А.Н. - lan@omgtu.ru, нс Клыпин Д.Н., - кафедра радиотехнических устройств и систем диагностики Омского государственного технического университета, 8-(3812) 60-76-44, 644050, г. Омск, Мира 11

УДК 519.711.3: 004.891

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

А.В. Крошилин, С.В. Крошилина

Предложена семантическая сеть для описания предметной области, основанная на универсальной алгебре в системах поддержки принятия решений на основе нечеткой логики для формализации экспертных знаний. Применен аппарат нечетких множеств для принятия решений. Определены достоинства нечетко-множественного подхода и доказана целесообразность его использования в условиях неполноты и нечеткости предметной области.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, семантическая сеть, моделирование, нечеткая логика.

Мощные компьютерные системы, хранящие информацию и управляющие огромными базами данных, стали неотъемлемым атрибутом жизнедеятельности как крупных корпораций, так и небольших компаний. Тем не менее, наличие данных само по себе еще недостаточно для улучшения показателей работы. Нужно уметь трансформи-

ровать сырые данные в полезную для принятия решений информацию.

Теория нечетких множеств имеет неоспоримое преимущество над вероятностными подходами, которое заключается в том, что системы поддержки принятия решений, построенные на ее основе, обладают повышенной степенью обоснованности принимаемых решений. Это связано с тем, что