

## СИСТЕМА ЗА ПОДВОДНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

### SYSTEM FOR UNDERWATER RESEARCH

**S. V. Lozanova**

*Institute of Robotics at Bulgarian Academy of Sciences*

“Acad. G. Bonchev” Str., Bl.2, Sofia 1113, Bulgaria

*Email: lozanovasi@abv.bg*

#### **Abstract**

*An innovative system for underwater research is proposed, containing a hydrostatic pressure-resistant chamber with ellipsoid, cylindrical or spherical form. Attached by a solid tie under the chamber is a ballast volume filled with water, the upper side contains a hermetically closing manhole for people to go in and out. On both opposite sides of the cell, two symmetrically positioned observation illuminators are formed. For the first time ever, a physiological approach is used for people breathing. The volume of the chamber is about by an order greater than the required amount of air needed for the observers to breathe. The total weight of the chamber and the ballast is greater than the lifting Archimedes force. The mechanism is moved by a surface floating vessel connected by a tether with cables in it for communication with the ship.*

**Keywords:** system for underwater research, Archimedes force, microsensor control of a ballast module, underwater stay of people.

#### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Пребиваването под вода е сериозно предизвикателство не само за специализираните приложения – подводници, батисфери и батискафи, подводни станции, разузнавателни мисии и др., но и за любителите на подводни развлечения и изследвания. Във всички случаи от съществено значение е както надеждността на подводния апарат, така и дълбочината на потапяне. Ако до около 5 – 6 m подводното пребиваване на човек без специални предпазни съоръжения е безопасно, въздействието на дълбочината при потапяне над 10 m и повече метра крие реални рискове от възникване на кесонна болест. Ако не се постави човека, пребивавал на дълбочини повече от 30 – 50 m в барокамера и по определен алгоритъм не се „научи” отново да диша при нормално атмосферно налягане, изходът от обогатяването на кръвта с кислород при подводния му престой е винаги летален. Правени са опити от времето на Втората световна

война със смеси от кислород O<sub>2</sub>, хелий He<sub>2</sub> и азот N<sub>2</sub> в определени пропорции, но положителният ефект е несъществен. Ето защо за този проблем, независимо че от десетилетия е в процес на най-интензивни изследвания, все още отсъства приемливо и работещо решение.

Другият компонент на пребиваване под водата е конструкцията на използваните апарати. Тук прогресът е категоричен, стартирайки от последното пето поколение атомни подводници и батискафи и решенията, заложили в станциите със специално предназначение на дъното на морета и океани. Ключовият резултат е, че хората се намират в нормални атмосферни условия и не се налага да дишат въздух при повишено налягане. Постигнатите дълбочини на потапяне безспорно са впечатляващи – от няколко стотин метра до 5000 – 6000 m. Сериозни успехи бележи и роботизираната подводна технология, с която се правят опити за изследване на Марианската падина в Тихия океан, [1 - 3].

## ПРЕДПОСТАВКИ И ЦЕЛ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Съществува, обаче един диапазон от „несериозни“ потапяния между 5-10 m и 25-30 m, за които техническите решения са твърде оскъдни. Тези „приповърхностни“ морски, речни или езерни дълбочини са особено важни както за ентъртеймънта и туризма, така и за сигурността на акваторията на държавните граници. За съжаление подходящи универсални системи, които да предоставят възможност хората комфортно да пребивават на тези „малки“ дълбочини в литературата почти отсъстват. Изключвайки акваланга като един от най-често използваните за такива дълбочини устройства, за пребиваване под вода също е конструирана водолазната камбана или кесон. Подобен апарат е изобретен за първи път от Е. Никонов в Русия през 1721 г. с форма на бъчва и дълбочина на потапяне до около 2 метра. Любопитен е фактът, че тази „подводница“ е била екипирана с шнорхелна система за дишане. В по-нови времена апаратът е заменен с метална камера с камбановидна форма, отворена отдолу. Камбаната е разположена под водата на фиксирана дълбочина чрез корда, свързана с надводен плавателен съд. Теглото на съоръжението надхвърля многократно генерираната от него подъемна сила на Архимед  $F_A$ . Наблюдателите са разположени в горната част на камерата, където са формирани илюминатори за наблюдение на подводната среда. С маркуч от плавателния съд в камерата се подава въздух за дишане на хората с налягане, равно на водния стълб за съответната дълбочина на потапяне на камбаната, [3]. Недостатък на тази система е, че хората са постоянно в неестествени условия на повишено налягане на въздуха по отношение на атмосферното, водещо при продължително дишане до прояви на вредната за здравето на наблюдателите кесонна болест. Недостатък е още трудното предвижване на камбаната под вода, поради несъразмерно голямото ѝ тегло по отношение на архимедовата вертикална сила.

Целта на статията е да предложи универсална и удобна за експлоатация система за пребиваване на хора под вода в обхвата 10 -

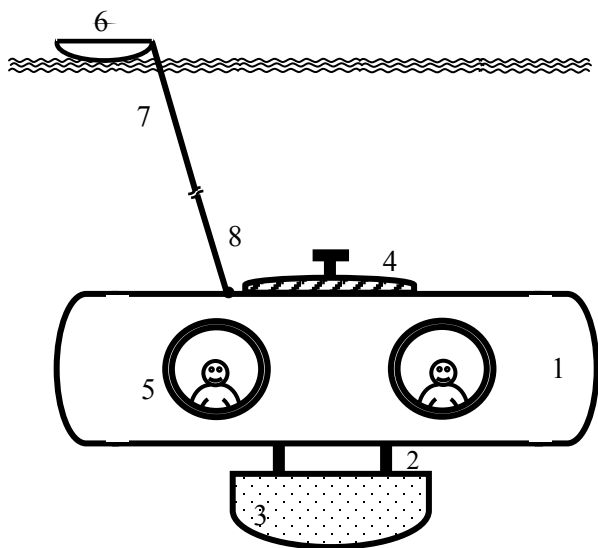
35 m, при която да отпадне престоя при повишено налягане на въздуха и да се неутрализират вредните за здравето условия, водещи до кесонна болест като се повиши нейната мобилност. Приложенията на тази иновация се планират в областта на развлекателния курортен бизнес и туризъм; подобряване на качеството на живота чрез атрактивна рекреация на почиващите; екологията и мониторинга на замърсявания на водата в реки, езера, морета и океани, включително с химически, био-патогенни, радиоактивни нуклеиди и пластмасови частици; наблюдение, изследване и фотографиране на обекти и забележителности от подводната флора и фауна; подводната археология; добива на миди и бисерни образувания; инспекцията и контрола на морската и речната акватория; роботизираните и мехатронните устройства за превенция и наблюдение на рискови обекти от критичната инфраструктура; подводни дейности с многопрофилно предназначение; сигурността, контртероризма и военното дело, и др

## КОНСТРУКЦИЯ И ФУНКЦИОНИРАНЕ НА СИСТЕМАТА

Системата за пребиваване под вода е представена схематично на Фиг. 1. Тя съдържа подводна камера 1 от устойчив на хидростатично налягане материал с елипсовидна, цилиндрична или сферична форма. В конкретния случай камерата е цилиндрична. Под камерата е установен с твърда връзка 2 баластен обем 3, запълнен с вода. Горната страна на камерата съдържа херметично затварящ се люк 4. От двете ѝ срещуположни страни са формирани симетрично по два илюминатора 5 за наблюдение. Сумарното тегло на камерата и баласта е по-голямо от подъемната архимедова сила  $F_A$ . Придвижването на камерата се осъществява с надводен плавателен съд 6, съединен чрез корда 7 с нея като в кордата 7 има кабели 8 за комуникация на хората с плавателния съд, [4].

Функционирането на системата от Фиг. 1 се основава на съотношението между теглото  $P$  на камерата и баласта, и подъемната вертикална сила на Архимед  $F_A$ .

Теглото  $P$  следва да е по-голямо от подемната сила на Архимед  $F_A$ , действаща вертикално нагоре към повърхността на водата,  $P \geq F_A$ .



Фиг. 1. Система за подводни изследвания, [4]

Това условие е необходимо, за да може камерата да потъне на нужната дълбочина, определена от дължината на кордата. Размерите на цилиндъра са такива, че обемът му  $V$  да генерира подемна сила  $F_A$  по-малка от сумарното тегло  $P$  на камерата и баласта. Ролята на обема 3, фиксиран с твърда връзка към дъното на камерата е да гарантира потапянето ѝ, независимо от общото тегло на хората. Това условие се налага, за да се гарантира винаги потапяне, независимо от броя на наблюдателите, на които средното тегло е около 320 kg. Чрез количеството вода в баласта може прецизно да се отрегутира сумарното тегло  $P$  по отношение на силата на Архимед  $F_A$ ,  $P \geq F_A$ . Наблюдателите се разполагат до страничните илюминатори. Илюминатор може да се постави и на дъното на камерата, за да се разшири при необходимост обхвата за разглеждане на водния басейн. Излизането и влизането на хората в камерата се осъществява през херметично затварящия се люк, разположен в горната ѝ част, аналогично на подводници или батискафи, [1].

Ключов компонент на новата система е обезпечаването на достатъчно количество въздух с атмосферно налягане за дишане на

хората по време на наблюдението. За първи път в предложението от Фиг. 1 се използва физиологичният подход - количеството вдишан/издишан въздух от човек. Изследванията на акад. Вл. Овчаров показват, че за една минута човек вентилира с белите си дробове в нормални условия не повече от 8 - 10 l/min, [5]. Ето защо за 20 min, колкото най-често би продължило туристическото пребиваване под водата, количеството въздух за един наблюдател съставлява около 200 l. Ако наблюдателите са четирима, което е оптималният им брой в камерата, количеството въздух съставлява около 0.8 m<sup>3</sup>. От друга страна обемът на пространството 1, в което ще се разположат хората заедно с необходимите за комфортно наблюдение седалки ще бъде около  $V \approx 7 - 8$  m<sup>3</sup>. Най-общо това е обемът  $V = \pi r^2 h$  на цилиндър с диаметър  $d = 1.8$  m и дължина  $h = 2.8$  m, където  $r$  е радиусът на цилиндъра,  $r = 0.9$  m, Фиг. 1. Това означава, че наличният обем въздух за дишане е не по-малко от 8 пъти по-голям от необходимия за четиримата наблюдатели при престой под вода от 20 min. Ситуацията е аналогична на пребиваването на група хора в затворени помещения – зала, кабинет, метро и др. Следователно решението не изисква допълнително количество пресен въздух, който да се доставя с маркучи при определено налягане от плавателния съд. Доставянето on-line на въздух от повърхността усложнява изключително много системата и силно ограничава приложимостта ѝ. При всяко ново настаняване на наблюдатели в камерата, след отваряне на люка на повърхността, тя по естествен начин се вентилира, запълвайки се със свеж въздух за дишане. Предложената конструкция на системата, Фиг. 1, гарантира нормално атмосферно налягане на въздуха за дишане като отсъства опасност от възникване на кесонна болест за наблюдателите.

Материалът за камерата следва да е достатъчно устойчив на хидростатичното налягане на водата за съответните дълбочини на експлоатация, [1,2]. Сигурността на хората под вода се осъществява с баластния обем, запълнен

предварително с вода и прикачен с твърдата връзка към долната страна на камерата. Теглото на водата в него следва да се оразмери така, че камерата да се потопи независимо от наличието на хора в нея на съответната дълбочина, определена от дължината на кордата. По тази причина тежестта на баласта и теглото на камерата следва да са по-големи от силата на Архимед  $F_A$ . В случай на непредвидени критични обстоятелства, например, скъсване на кордата, проникване на вода в камерата и др., хората ще могат да освободят баласта чрез сензорен модул като под действие на силата  $F_A$  те екстрено ще изплуват на водната повърхност. За целта от съществено значение са класа сензори, предоставящи възможността за безконтактно управление откачването на баласта, [6-8]. Безконтактното управление на окачването чрез връзката с камерата е най-ефективен и надежден чрез новосъздадените силициев микросензори на Хол. За това допринася повишената им преобразователна ефективност чрез новооткрития магнитноуправляем повърхностен ток в полупроводниковите структури, [9]. Сензорният модул ще съдържа още електромагнитен блок, задействан при необходимост от хората в камерата. В допълнение кордата съдържа кабели за комуникация с плавателния съд, което също повишава сигурността.

## ПРЕДИМСТВА И ОСОБЕНОСТИ НА СИСТЕМАТА

Увеличеният обхват за преместване на камерата е в резултат на високата мобилност на цялата система в резултат на съотношението тегло  $P$  и сила  $F_A$ . Освен престой на фиксирана дълбочина, предвижването на хората под водата става лесно с надводния плавателен съд, съединен с камерата чрез дълга корда. За предпочитане е тя да бъде многожилна и от стомана. Така се разширява обхватът за наблюдение на подводната флора и фауна. Дължината на кордата се управлява лесно с лебедка, разположена на съда. Усилието за спускане или издигане е облекчено от подемната вертикална сила  $F_A$ . Хората ще излизат и влизат в камерата от палубата на

плавателния съд. Той може да бъде кораб, яхта, скутер и др. Скоростта на предвижване следва да е относително ниска. Така подводното наблюдение или фотографирането на обекти е ефективно. Дълбочината на потапяне може да бъде различна – от 15 m до 20 m и повече метра, а при специализирани операции над 40 - 50 m. При необходимост влизането и излизането на подводния сегмент 1 заедно с хората на брега на водния басейн – река, езеро, море или океан може да става чрез подходящо монтирани към долната му част четири колела (две отпред и две отзад) със съответен диаметър.

Предимствата на системата за подводни изследвания е отпадане на необходимостта наблюдателите да дишат въздух с повишено налягане като престоят им е в естествена атмосферна среда и е отстранена кесонната болест. Също така преимущество е повишената мобилност и лесното изменение на дълбочината на потапяне чрез промяна на дължината на кордата. От значение за комфорта на туристите е отсъствието на специални помощни средства като бутилки със сгъстен въздух и маски с шнорхелни устройства, индивидуални въздухопроводи (маркучи), прикрепващи колани и др.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Иновативността на новото решение се заключава в предложената за първи път конструкция на мобилен апарат за подводно пребиваване на дълбочина 20 - 40 m при атмосферно налягане на хората в него без необходимост от подаване на въздух за дишане от повърхността на водата. Действието на системата е безопасно, предсказуемо и винаги възпроизводимо. Камерата не създава дискомфорт на хората, тъй като не са им необходими помощни средства. Освен за подводно развлечение, решението предоставя твърде широк спектър от специализирани дейности – от контртероризъм до подводно-технически операции на различни дълбочини. Системата за престой под вода може да има многобройни еквивалентни реализации. Например, за целите на развлекателния

курортен туризъм тя може да се използва и за атрактивно нощно разглеждане на подводната флора и фауна. В този случай се монтират прожектори, разположени на камерата и захранвани от съда. На настоящия етап усилията ни са насочени към прототипиране на системата за целите на развлекателния туризъм, за което има проявен интерес от производители.

*Резултатите са постигнати с финансовата подкрепа на ФНИ по проект № DN 07/18 – 15.12.2016.*

#### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Dugarti M., Modern weapons: Warships and submarines, Ateya Books, 2015 г., ISBN: 9789548999854.
- [2] Goldovskiy G.I., Dikarev H.F., Petrushin G.G., Multyfunctional complex for underwater technical activities, Russia Patent № B63G8/00, B63C11/34 / 25.12.2000.
- [3] Landsberg G.S., Physics, v. I, chapt. VII, p. 575, Science Publ., Moskow, 1966.
- [4] Lozanova S., Roumenin C., Apparatus for underwater stay, Bulg. Patent № BG 113001 A/25.09. 2019.
- [5] Vankov V., Ovcharov V., Human anatomy, Arco Edit. SA, 2008 г., ISBN: 9789549301329.
- [6] Lozanova S., Ivanov A., Roumenin C., From magnetoresistor element to in-plane sensitive Hall device, Sensors and Actuators, A 299 (2019) 111596; doi/org/ 10.1016 j.sna. 2019.111596.
- [7] Lozanova S., Noykov S., Ivanov A., Roumenin C., Temperature and 3D magnetic field measurement using the same sensing zone, Sensors and Actuators, A 242 (2016) 27-31..
- [8] Lozanova S.V., Roumenin C.S., Paralell-field silicon Hall effect microsensors with minimal design complexity, IEEE Sensors Journal, 9(7) (2009) 761-766
- [9] Roumenin C., Lozanova S., Noykov S., Experimental evidence of magnetically controlled surface current in Hall devices, Sensors and Actuators, A 175, (2012) 45-52.