

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 629.365

DOI: 10.35211/1990-5297-2021-3-250-51-54

*В. В. Арыканцев, Я. В. Калинин, Н. Г. Шаронов, В. В. Чернышев*

### ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИДАРОВ В ШАГАЮЩИХ АППАРАТАХ, ПЕРЕДВИГАЮЩИХСЯ ПО ДНУ\*

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: arvstu@mail.ru

Обсуждаются перспективы использования лидара в качестве элемента технического зрения подводных шагающих аппаратов. Машины шагающего типа представляются наиболее подходящими для условий морского дна. Предлагаемые элементы имеют ряд преимуществ, по сравнению с более традиционными видеосенсорами. Показаны уже существующие патенты, применимые для использования в условиях морского дна. Предлагается использование лидаров для системы автоматического распознавания и определения геометрических размеров аномалий и элементов конструкции технологических трубопроводов нефтегазовой отрасли.

*Ключевые слова:* шагающие машины, исследование морского дна, лидар, видеосенсоры, техническое зрение.

*V. V. Arykantsev, Ya. V. Kalinin, N. G. Sharonov, V. V. Chernyshev*

### PROSPECTS OF LIDAR APPLICATION IN WALKING BOTTOM MOVED DEVICES

Volgograd State Technical University

The prospects of using lidar as an element of technical vision of underwater walking vehicles are discussed. Walking machines appear to be the most suitable for seabed conditions. The proposed elements have a number of advantages over more traditional image sensors. Shown are already existing patents applicable for use in seabed conditions. It is proposed to use lidars for a system of automatic recognition and determination of geometric dimensions of anomalies and structural elements of technological pipelines in the oil and gas industry.

*Keywords:* walking machines, seabed exploration, lidar, video sensors, technical vision.

Разработкой и применением шагающих машин и роботов в различных сферах деятельности занимаются все развитые страны мира [1], [2]. Шагающие машины, по сравнению с колесными и гусеничными, имеют существенные преимущества при движении по неподготовленным поверхностям – они способны адаптироваться к наклону опорной поверхности и реализовывать значительно большие тяговые усилия, чем машины с традиционными движителями [3], [4], [5].

Вместе с тем, при движении по морскому дну возникает необходимость решения вопроса построения ближайшего окружения аппарата

средствами технического зрения. Как показали подводные испытания шагающего аппарата, движение робота по информации, поступающей с видеосенсоров оператору, находящемуся на берегу, происходит в условиях неполного и неоднозначного представления об окружающей обстановке, это приводит к тому, что оператор по данным видеокамер не всегда успевает среагировать на появляющееся препятствие [4], [5]. Данная проблема для шагающих машин с цикловыми движителями частично решена с помощью нечеткой логики и пассивного управления стопами шагающих машин. Алгоритм заключается в определении угловых ско-

© Арыканцев В. В., Калинин Я. В., Шаронов Н. Г., Чернышев В. В., 2021.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты № 19-08-01180, 19-48-340007.

ростей стоп и звеньев механизмов шагания, а также положения и скоростей узловых точек механизмов в системе отсчета, жестко связанной с корпусом аппарата в фазах контактного взаимодействия с грунтом и переноса опорных

элементов. Любое отклонение поведения стопы от «программного» позволяет определить некоторую информацию об окружающей обстановке. На основе этой информации составляется характеристика препятствий (рис. 1) [6].

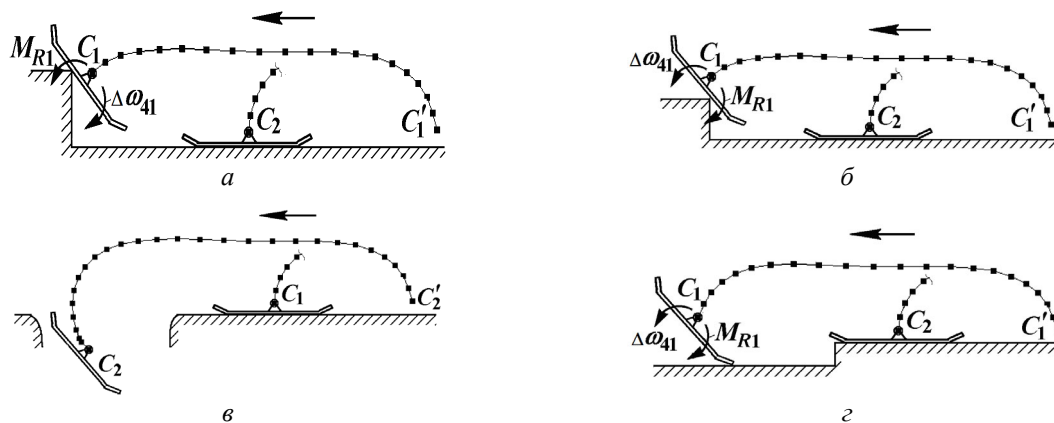


Рис. 1. Характеристики ситуаций при движении шагающих машин под водой:  
а – «высокое»; б – «невысокое»; в – «глубокое»; г – «неглубокое»

Применение лидаров в системе технического зрения подводной шагающей машины способно помочь в решении вопроса о составлении карты рельефа ближайшего морского дна и о наличии препятствий на заданном пути следования робота для последующей их цифровой обработки и, при необходимости, корректировки траектории движения шагающего аппарата внутренними алгоритмами на низшем уровне системы управления.

Наибольший опыт в разработке лидаров, пригодных для подводных условий, имеет американская корпорация «Kaman» – сотрудникам этой

организации удалось одним из первых запатентовать работоспособную технологию [7]. Рассеивание света в воде, по сравнению с воздухом, происходит значительно интенсивнее, поэтому в условиях морского дна получение информации об окружающих объектах будет ограничиваться несколькими десятками метров. Однако, этого вполне достаточно для использования в шагающих аппаратах. Например, максимальная скорость движения шагающего аппарата Crabster CR200 (рис. 2, а) около 1 км/ч [8], а при подводных испытаниях шагающего аппарата МАК-1 (рис. 2, б) удавалось достичь скоростей 5–7 км/ч [4], [5].



а



б

Рис. 2. Шагающие аппараты Crabster CR200 (Южная Корея) (а); МАК-1 (Россия) (б)

Применение лидаров возможно и в ситуации, когда сенсоры не установлены непосредственно на роботе. Упомянутая выше корпора-

ция имеет патент на управление необитаемыми подводными аппаратами по оптическому каналу связи с использованием лидара [9].

Таким образом, применение лидаров в подводных условиях открывает широкие возможности не только при исследовании рельефа морского дна, но и при внедрении систем искусственного интеллекта для робототехнических комплексов, предназначенных для подводно-грунтовых работ.

Применение 3D-лидаров в системах технического зрения описанных выше шагающих аппаратах позволит с высокой точностью строить карты рельефа ближайшего морского дна. Это особенно актуально, когда движение происходит в условиях неполного и неоднозначного представления об окружающей обстановке. Полученная информация может обрабатываться бортовыми средствами управления и, при необходимости, траектория движения будет корректироваться на низшем уровне. При использовании группы роботов карта рельефа морского дна будет более полной. Причем, системе управления можно организовать таким способом, чтобы сами роботы обменивались полученными данными о рельефе дна и препятствиях между собой, что особенно важно при выполнении группой автономных единиц совместных задач. Такой способ управления уже исследовался ранее и применялся для управления группой шагающих аппаратов в реальных условиях [10], [11], [12], [13]. Вместе с тем, управление группой донных шагающих аппаратов может осуществляться с подводного судна сопровождения в автономном режиме или режиме супервизорного управления. Использование лидаров в данном случае возможно, если роботы находятся в зоне видимости судна сопровождения, тогда управление происходит по оптическому каналу связи [9]. В последнем случае карта рельефа морского дна, полученная при помощи лидара, будет более полно отображать его состояние, чем при использовании традиционных видеосенсоров. Известны случаи, когда использование видеосенсоров при управлении с поверхности оператором не давали однозначного представления о текущей ситуации и происходило столкновение с препятствиями [4], [5]. В частности, лидары можно использовать чтобы распознавать швы и соединительные элементы трубопроводов. Кроме того, возможно получение диагностических данных о состоянии соединений и самих трубопроводов – система способна идентифицировать «аномальные» участки объектов мониторинга и определять некоторые их параметры,

например, размер, положение и ориентацию в пространстве. Лидары обеспечат высокую точность определения параметров «аномальных» участков, по сравнению с более традиционными элементами технического зрения.

Результаты работы могут быть использованы при разработке подводных роботов, предназначенных для исследования, мониторинга, освоения ресурсов морского дна, а также для прокладки и обслуживания трубопроводов нефтегазовой отрасли под водой.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sun, Y. Design of a snake robot based on modular joint / Y. Sun, F. Ni, Y. Zhou, Y. Zhang, Y. Liu, H. Liu // Proceedings of the 22nd International Conference on Climbing and Walking Robots and Support Technologies for Mobile Machines (CLAWAR 2019) – 2019. – pp. 53–60.
2. White, T.S. A Mobile Climbing Robot for High Precision Manufacture and Inspection of Aerostructures / T. S. White, R. Alexander, G. Callow, A. Cooke, S. Harris, J. Sargent // The International Journal of Robotics Research. – 2005. – Vol. 24. – pp. 589–598.
3. Чернышев, В. В. Структура энергозатрат шагающих машин и роботов при реализации больших тяговых усилий / В. В. Чернышев, В. В. Арыканцев // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2019. – № 1. – С. 6–18.
4. Чернышев, В. В. Underwater tests of the walking robot MAK-1 / V. V. Chernyshev, V. V. Arykantsev, Ya. V. Kalinin // Human-Centric Robotics : Proceedings of the 20th International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines (CLAWAR 2017) (Porto, Portugal, 11-13 September, 2017) / School of Engineering of the Porto Polytechnic. – [Publisher : World Scientific], [2018]. – P. 571–578.
5. Арыканцев, В. В. Подводные исследования тяговоцепных свойств и проходимости шагающего аппарата MAK-1 / В. В. Арыканцев, В. В. Чернышев // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 10 (Тем. вып. «Проблемы управления и робототехника»). – С. 169–178.
6. Арыканцев, В. В. Алгоритм адаптации подводного шагающего аппарата по информации о встрече стоп с препятствиями / В. В. Арыканцев, В. Е. Пряничников, В. В. Чернышев // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2018. – № 12. – С. 24–32.
7. U.S. Patent 4862257, H04N 7/18, Imaging Lidar System / Bobby L. Ulich; Kaman Aerospace Corp. - 1989.
8. Crabster CR200: New Record of Underwater Walking Speed – 0.5 knots [Электронный ресурс] : Bong Huan Jun. URL: <https://youtu.be/O8361Uq97DQ>
9. U.S. Patent 5442358, G01S 13/86, G01S 15/89, G01S 13/89, Imaging Lidar Transmitter Downlink For Command Guidance Of Underwater Vehicle / R. Norris Keeler, Robert S. Manthy, Troy J. LaMontague, Randall McGee; Kaman Aerospace Corp. - 1993.
10. Briskin, E. S. Walking machines (elements of theory, experience of elaboration, application) / E.S. Briskin, V.V. Zhoga, V.V. Chernyshev, A.V. Maloletov, Y.V. Kalinin, N.G. Sharonov // Emerging Trends in Mobile Robotics : proc. of the 13th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines (CLAWAR 2010). / NITech. Nagoya, Japan, 2010. P. 769-776.

11. *Pryanichnikov V. E.* Enhancing the Functionality of the Groups of Autonomous Underwater Robots / V. E. Pryanichnikov, V. V. Chernyshev, V. V. Arykantsev, A. A. Aryskin, S. Eprikov, A. Ksenzenko, S. M. Petrakov // Proceedings of the 29th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing & Automation (Zadar, Croatia, EU, 24-27th October 2018) / ed. by B. Katalinic ; Danube Adria Association for Automation & Manufacturing (DAAAM International Vienna), Vienna University of Technology. – Vienna (Austria), 2018. – P. 1319-1325.

12. *Briskin, E. S.* On Optimal Laws of Groups of Walking

Robots Motion while Solving Formation Task / E.S. Briskin, A.V. Maloletov // Proceedings of the 8th ECCOMAS Thematic Conference on Multibody Dynamics 2017 (Prague, June 19-22, 2017) / Editors: M. Valasek [et al.] ; Czech Technical University in Prague, Faculty of Mechanical Engineering [et al.]. – Prague, 2017. – P. 601-605.

13. *Briskin, E. S.* Control of motion of a legged locomotion machine with minimal-power motor / E. S. Briskin, V. V. Zhoga, A. V. Maloletov // Mechanics of Solids. – 2009. – Vol. 44, № 6. – С. 828–836.