

8. Zaslavskij A.A. Geometricheskie preobrazovaniya. M.: MCNMO, 2004. – 86 s.
9. Zhukov V. T., Serbenyuk S.N., Tikunov B.C. Matematiko-kartograficheskoe modelirovanie v geografii. — M.: Mysl', 1980. — 224 s.
10. Kraak, Menno-YAn Kartografiya. Vizualizaciya geoprostranstvennyh dannyh / Menno-YAn Kraak, Fer'yan Ormeling. - M.: Nauchnyj mir, 2011. – 326 c.
11. Maergoz I . M . Metodika melkomasshtabnyh ehkonomiko-geograficheskikh issledovanij. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1981. – 137 s.
12. Modeli v geografii. — M., 1971. — 380 s.
13. Panamarev G.E., Bidenko S.I. Geoinformacionnaya podderzhka upravleniya slozhnymi territorial'nymi ob'ektami i sistemami. - Novorossiysk: Izd-vo MGA, 2011. – 202 s.
14. Suvorov A. K. Topologicheskie metody razrabotki kartograficheskikh izobrazhenij. M.: IG AN SSSR, 1986. – 209 s.
15. Prikladnaya statistika: Klassifikaciya i snizhenie razmernosti / S.AAjvazyan, V.M.Buhshaber, I.S.Enyukov, L.D.Meshalkin. — M.: Finansy i statistika, 1989. — 607 s.
16. Salishchev K.A. Kartovedenie. - M.: MGU, 1990. - 400 s.
17. Tikunov V.C. Modelirovanie v kartografii: Uchebnik — M.: Izd-vo MGU, 1997. — 405 c.
18. Michael T. Gastner and M. E. J. Newman, Diffusion-based method for producing density-equalizing maps. PNAS May 18, 2004. – 101 (20). – R. 7499 - 7504.
19. Yudin YU.I., Kondrat'ev S.I., Boran-Keshish'yan A.L., Holichev S.N., Glinskaya I.V. Mathematical modeling of tanker broadside motion controlled on the basis of deviations from the aimed line // Morskije intellektual'nye tekhnologii. 2018. T. 1. № 3 (41). S. 228-2.
20. Borodin E.L., Bidenko S.I., Travin S.V., Hekert E.V., Hramov I.S. Geoinformacionnaya podderzhka upravleniya morskoy transportnoj aktivnost'yu: metodicheskij aspekt// EHkspluataciya morskogo transporta. 2018. № 2 (87). S. 80-84.
21. Bidenko S.I., Borodin E.L., Hekert E.V. Metodika predstavleniya geosituacii v sisteme upravleniya morskoy transportnoj aktivnost'yu // EHkspluataciya morskogo transporta. 2017. № 2 (83). S. 47-50.

УДК 656.61.052.65.011.56

DOI: 10.34046/aumsuomt90-9

## О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИИ

*Г. К. Орлов, аспирант*

*И. В. Адерихин, доктор технических наук, профессор*

В статье рассмотрен метод повышения точности и надежности динамического позиционирования надводных объектов посредством создания избыточных измерений при комбинированных навигационных наблюдениях, запатентованный в Российской Федерации, патент RU 2642147 C2, 24.01.2018. Описанный метод предполагает создание способа навигации на основе концепции размещения гидроакустической навигационной системы на свободно дрейфующих буях, который обеспечил бы навигацию и динамическое позиционирование надводных плавучих средств.

**Ключевые слова:** динамическое позиционирование, объект навигации, дрейфующие буи, гидроакустическая навигационная система, спутниковая радионавигационная система, инерциальная навигационная система, локальная радионавигационная система, комбинированные навигационные наблюдения, комплексная обработка навигационной информации.

**Abstract:** The article examined method of increase accuracy and reliability dynamic positioning of water-craft or floating drilling rig by creating redundant measurements when navigation observations combined. The method patented in Russian Federation, Pat. RU 2642147 C2, 24.01.2018.

Described method involves creating a navigation method based on the concept of establishing hydroacoustic navigational system on drifting buoys that would provide navigation and dynamic positioning of the floating objects.

**Keywords:** dynamic positioning, marine object navigation, drifting buoys, hydroacoustic navigation system, satellite radionavigation system, inertial navigation system, local radionavigation system, combined navigation observations, complex processing of navigation information.

Задача динамического позиционирования (ДП) заключается в удержании центра масс судна в заданной точке при заданном курсе [1]. Требования в ДП диктуются конкретными условиями морских работ (поиск и освоение минеральных ресурсов океана, укладка морских трубопроводов и т.п.).

Основным критерием технико-эксплуатационной эффективности систем нави-

гации, управления и ДП судов является минимизация средних квадратических погрешностей  $\sigma_{B,L}$  и  $\sigma_K$  определения геодезических координат В и L (широты и долготы) и рыскания судна (курсового угла К):

$$\sigma_{B,L} \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sigma_K \rightarrow \min \quad (2)$$

В последнее время получила распространение (см. например [4, 5] концепция построения

навигационной базы гидроакустических приемопередатчиков (приемников-излучателей, транспондеров) гидроакустической навигационной системы (ГАНС) на дрейфующих буях с координированием их по спутниковым радионавигационным системам (СРНС) и передачей на подводный объект кроме гидроакустических навигационных сигналов также информации об определенных по СРНС координатах дрейфующих буюв, являющихся станциями ГАНС.

Анализ известных запатентованных технологий по расширению применения СРНС на подводные объекты (с 1990-х годов [3], см. источники уровня техники в [6]) показывает, что это альтернативное направление, позволяющее избежать трудоемкого и затратного метода оборудования и калибровки донной гидроакустической навигационной базы, может быть достаточно эффективно использовано для навигации подводных объектов, хотя требует сложной процедуры передачи на донный подводный объект большого объема информации о координатах буюв по гидроакустическому каналу, что в ряде случаев, может вызвать затруднения и снижение оперативности позиционирования подводного объекта.

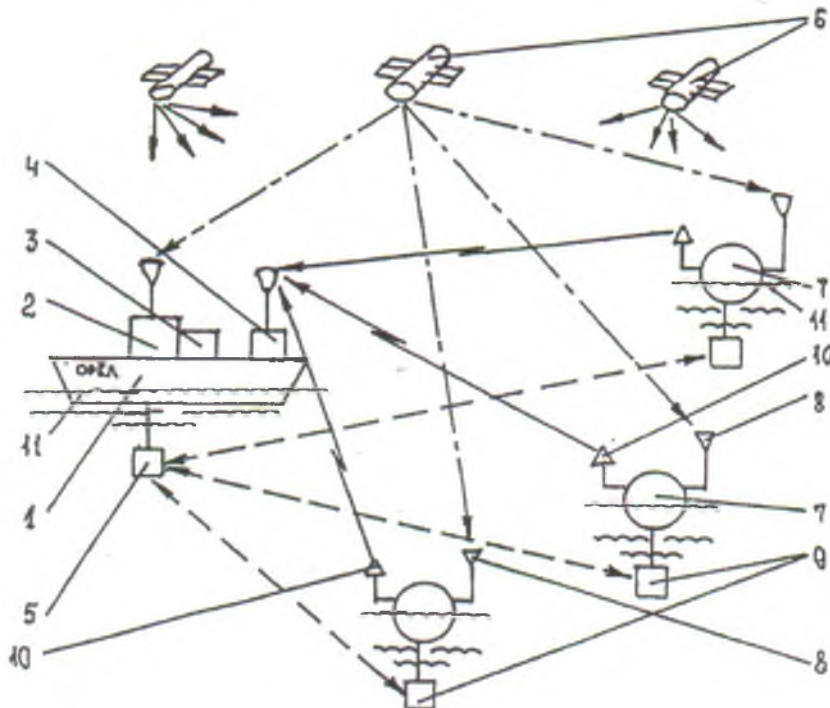
При этом для навигации глубоководных подводных аппаратов без потери точности необ-

ходимо знать профиль скорости звука по глубине и гидрологические параметры [1, 4, 5].

Сущность предложенного автором технического решения [6] заключается в создании способа навигации на основе концепции размещения гидроакустической навигационной системы на свободно дрейфующих буюв, который обеспечил бы навигацию и динамическое позиционирование надводных плавучих средств (судов и платформ), а не только координирование подводных объектов.

Основной технический результат технологии [6] – повышение точности, надежности и достоверности позиционирования надводных объектов посредством создания избыточных измерений при расширении функциональных возможностей ГАНС, а также при расширении арсенала средств динамического позиционирования. При этом способ [6] не требует передачи большого количества информации по гидроакустическому каналу «ГАНС-объект навигации», а проблема изменения скорости звука в воде, существенная для других известных технологий (например, [3, 5] может быть снята.

На чертеже представлена общая схема выполнения способа [6] навигации и динамического позиционирования судна.



Общая схема выполнения способа навигации и динамического позиционирования судна.

- 1-объект навигации - судно; 2- приемники СРНС судна; 3- аппаратура инерциальной навигационной системы (ИНС);
- 4- дополнительное средство навигации судна по сигналам локальной радионавигационной системы (локальной РНС); 5- гидроакустический приемопередатчик судна; 6- навигационные спутники СРНС; 7- дрейфующие буюв;
- 8- приемники СРНС дрейфующих буюв; 9- приемопередатчики (транспондеры) навигационной гидроакустической базы дрейфующих буюв; 10- средства передачи радиосигналов локальной РНС на дрейфующих буюв;
- 11- водная поверхность.

В предложенном способе [6], как и в известных технических решениях (например, в [5]), формируют ГАНС, содержащую навигационную базу из  $M$  приемопередатчиков 9 гидроакустических сигналов. На объекте 1 навигации размещают гидроакустический приемопередатчик 5, посредством которого измеряют временные интервалы распространения сигналов. Гидроакустические приемопередатчики 9 размещают на подводной дрейфующих буйев 7, расположенных на водной поверхности 11. Надводные части дрейфующих буйев 7 оснащают приемниками 8 СРНС 6. Определяют навигационные параметры объекта 1 относительно навигационной базы ГАНС с определенными по СРНС координатами дрейфующих буйев 7 и преобразуют в геодезические координаты объекта навигации.

В отличие от известных технических решений в качестве объекта навигации используют плавучее средство, например, судно или плавучую буровую установку (ПБУ), снабженные приемниками 2 СРНС, аппаратурой 3 инерциальной навигационной системы (ИНС). Судно 1 дополнительно оснащают средством 4 навигации по радиосигналам локальной радионавигационной системы (локальной РНС) 10, сформированной на дрейфующих буйях 7 (описание локальных РНС дается в [2]).

Геодезические координаты судна (или ПБУ), составляющие вектора скорости и угловую ориентацию (курсовой угол) определяют путем комплексной обработки навигационной информации от СРНС, ИНС, ГАНС и локальной РНС.

В способе [6] судно (или ПБУ) снабжают приемниками СРНС GPS и СРНС ГЛОНАСС, которые могут быть выполнены с возможностью определения геодезических координат в дифференциальном режиме.

Использование избыточных измерений (обсервации) при позиционировании судна (объекта), основанное на теории ошибок и методе наименьших квадратов, повышает точность местоопределения. Координаты  $B_0, L_0$  вероятнейшего места и курсовой угол  $K_0$  при наличии нескольких  $i$ -тых мест, полученных в результате  $n$  одновременных обсерваций определяют по формулам средневзвешенного значения

$$B_0 = \sum_{i=1}^n p_i B_i / \sum_{i=1}^n p_i \quad (3)$$

$$L_0 = \sum_{i=1}^n p_i L_i / \sum_{i=1}^n p_i \quad (4)$$

$$K_0 = \sum_{i=1}^n p_i K_i / \sum_{i=1}^n p_i \quad (5)$$

где  $B_i, L_i, K_i$  – координаты (широта и долгота) и курсовой угол отдельных обсерваций;

$p_i$  – веса этих обсерваций (мест) со средней квадратической погрешностью (СКП)  $M_i$  определения отдельных мест,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

При использовании различных средств позиционирования (СРНС GPS, СРНС ГЛОНАСС, ГАНС, локальная РНС) при неравнопоточных обсервациях в результате избыточных измерений находят вероятнейшее (средневзвешенное) место с координатами  $B_0, L_0$  в соответствии с выражениями (3) – (5), обладающее большей точностью, чем каждое из  $i$ -тых отдельных мест. СКП  $M_0$  вероятнейшего места с координатами  $B_0, L_0$  определяют по формуле:

$$M_0 = (m_{B_0}^2 + m_{L_0}^2 \cos^2 B_0)^{1/2}, \text{ м}, \quad (6),$$

$$\text{где } m_{B_0}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n p_i (B_i - B_0)^2}{(n-1) \sum_{i=1}^n p_i}, \text{ м}^2,$$

$$m_{L_0}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n p_i (L_i - L_0)^2}{(n-1) \sum_{i=1}^n p_i}, \text{ м}^2,$$

Таким образом, при априорно равных весах  $p_i$  обсерваций (при близких по значениям СКП  $M_i$  определений мест по различным средствам позиционирования) уже при числе  $n=3$  независимых и равнопоточных обсерваций по СРНС GPS, СРНС ГЛОНАСС, ГАНС (два избыточных измерения) СКП  $M_0$  может быть снижена приблизительно в 1,4 раза (на 30%), а при числе  $n=4$  по СРНС GPS, СРНС ГЛОНАСС, ГАНС и локальной РНС (три избыточных измерения - в 1,7 раза (на 40%).

#### Литература:

1. Милн П. Х. Гидроакустические системы позиционирования: Пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1989.- 232 с.
2. Соненберг Г. Д. Радиолокационные и навигационные системы: Пер. с англ.- Л.: Судостроение, 1982.- 398 с.
3. US 5119341, 02.01.1992 / Патент США. Распирение применения GPS на подводные объекты.
4. US 9372255 B2, 21.06.2016 / Патент США. Подводная навигация с использованием GPS.
5. RU 2365939 C1, 27.08.2008 / Патент РФ. Способ навигации подводного объекта.
6. RU 2642147 C2, 24.01.2018 / Патент РФ. Способ навигации и динамического позиционирования судна.
7. Астреин В.В. Принципы координации подсистем судна для предупреждения столкновений [текст] / В.В. Астреин, Е.В. Хекерт // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова.– 2013.- № 2 (21).- С. 13
8. Кондратьев С.И. Математическая модель движения морской буровой платформы [текст] / С.И. Кондратьев, И.П. Бойчук // В сборнике: Математическое и компьютерное моделирование Сборник научных трудов II Междуна-

родной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова»; ОАО «Таганрогский авиационный научно-технический комплекс имени Г. М. Бериева»; Государственный научный центр «Южное научно-производственное объединение по морским геологоразведочным работам». – 2016. – С. 11-15.

#### References

1. Miln P. N. Hidroakusticheskie sistemy pozicionirovaniya: Per. sangl. – L.: Sudostroenie, 1989. – 232 s.
2. Sonenberg G. D. Radiolokacionnye i navigacionnye sistemy: Per. s angl. – L.: Sudostroenie, 1982. – 398 s.
3. US 5119341, 02.01.1992 / Patent SShA. Rasshirenije primeneniya GPS na podvodnye ob#ekty.
4. US 9372255 V2, 21.06.2016 / Patent SShA. Podvodnaja navigacija s ispol'zovaniem GPS.
5. RU 2365939 S1, 27.08.2008 / Patent RF. Spособ navigacii podvodnogo ob#ekta.
6. RU 2642147 S2, 24.01.2018 / Patent RF. Spособ navigacii i dinamicheskogo pozicionirovaniya sudna.
7. Astrein V.V. Principy koordinacii podsystem sudna dlja preduprezhdenija stolknovenij [tekst] / V.V. Astrein, E.V. Hekert // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. – 2013. – № 2 (21). – S. 13
8. Kondrat'ev S.I. Matematicheskaja model' dvizhenija morskoy burovoj platformy [tekst] / S.I. Kondrat'ev, I.P. Bojchuk // V sbornike: Matematicheskoe i komp'juternoe modelirovanie Sbornik nauchnyh trudov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. FGBOU VO «Gosudarstvennyj morskoy universitet imeni admirala F.F. Ushakova»; ОАО «Таганрогский авиационный научно-технический комплекс имени Г. М. Бериева»; Gosudarstvennyj nauchnyj centr «Juzhnoe nauchno-proizvodstvennoe ob#edinenie po morskim geologorazvedochnym rabotam». 2016. S. 11-15.

УДК 656.611.2

DOI: 10.34046/aumsuomt90-10

## ПРОБЛЕМА ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ФЛОТОМ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ФРАХТОВОГО РЫНКА

*Н.С. Звягинцев, кандидат технических наук, капитан дальнего плавания*

Работа посвящена выбору пути повышения конкурентоспособности судоходной компании, флот которой работает в условиях trampного рынка. На основе анализ содержания, способа возникновения и взаимосвязей расходов судовладельца, выделены операционные расходы, как факторные величины, влияющие на исполнение основных финансовых и качественных показателей работы флота. В условиях цифровизации операционной деятельности судоходных компаний предложено исследовать однородные данные о финансовых и качественных показателях работы флота и обобщенную методику их анализа для последующего управления расходами в целях их минимизации, при условии исполнения заданных качественных показателей операционной деятельности. Такой подход открывает новые возможности использования результатов цифровизации на флоте, расширяет возможности повышения качества управленческих решений в русле оптимизации расходов судовладельца.

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, trampное судоходство, оптимизация расходов, операционные расходы, цифровизация.

The work is justifying cost optimization to be the leading approach gaining on competitive advantage for the company operating in tramp shipping. Following the analysis of shipowner's fleet related expenses, their nature and correlation the operational expenses are acting as factor values reflected in financial and quality indicators of fleet operations. Homogeneous data sets of such indicators and unified analysis methodology are offered to manage the expenses for their minimization when quality parameters of ship management are met. Such approach opens new opportunities for digitalization gaining on ship management efficiency, variety and quality of management decisions.

**Keywords:** competitive advantage, tramp shipping, cost optimization, operational expenses, digitalization.

Основная часть мирового trampного судоходства - это перевозки углеводородов и навалочных грузов, характеризующиеся стабильными грузовыми потоками, транспортировка которых осуществляется судами стандартных типоразмеров, в соответствии с типом груза, величиной и географией грузопотока. Организованное взаимодействие участников транспортного процесса привело к высокой степени стандартизации тон-

нажа, оборудования, портовой инфраструктуры, технологий управления флотом и договорной базы охватывающих перевозки. Такие условия позволяют судовладельцам строить и эксплуатировать стандартный тоннаж, без существенной привязки к региональным фрахтовым рынкам (worldwide), оставляя решения вопросов отфрахтовки судов на эксплуатационный период. Таким образом, в основном сегменте trampного