

ESTIMATION OF THE ERROR OF NAVIGATION PARAMETERS IN SINGLE-MIRROR SEXTANT OBSERVATIONS

V. I. Sichkarev, S. A. Bezborodov

Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russian Federation

The paper presents a new type of sextants, namely two-parameter sextants, which are currently at various stages of development and remain little known to navigators. One of the most promising technical implementations of a two-parameter sextant is a single-mirror sextant, the design of which is based on the use of a single semi-transparent mirror with two rotational degrees of freedom. Initial studies have shown that a single-mirror sextant makes it possible to obtain several navigation parameters within a single observation, including the sum of the altitudes of celestial bodies, the difference in their altitudes, the elevation of the upper observed celestial body relative to the lower one, and, under conditions of horizon visibility, the altitude of a celestial body relative to the horizon as well as the azimuth difference between the observed celestial bodies. The main advantage of two-parameter sextants lies in their applicability throughout the entire period of darkness and their independence from horizon visibility. However, the determination of navigation parameters using a single-mirror sextant requires prior knowledge of the altitude of the lower observed celestial body. In the absence of a visible horizon, this altitude can only be obtained by calculation and is therefore known with a certain error. This paper addresses the influence of errors in the calculated altitude of the lower observed celestial body on the resulting navigation parameters; for the analysis, an altitude error of 0.1° is assumed. Analytical expressions for the errors of navigation parameters, namely the altitude and the azimuth difference between the sextant mirror normal and the second observed celestial body, are derived. A numerical analysis of the obtained errors shows that favorable observation conditions correspond to a specific range of angular separation between the observed celestial bodies.

Keywords: single-mirror sextant; navigation parameters; error of navigation parameters; error minimization; favorable observation conditions; marine celestial navigation

For citation:

Sichkarev, Viktor I. and S. A. Bezborodov. "Estimation of the error of navigation parameters in single-mirror sextant observations." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 17.6 (2025): 894–901. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-6-894-901.

УДК 656.61.052, 527.7

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ В ОБСЕРВАЦИЯХ ОДНОЗЕРКАЛЬНЫМ СЕКСТАНОМ

В. И. Сичкарев, С. А. Безбородов

Сибирский государственный университет водного транспорта,
Новосибирск, Российская Федерация

В работе представлен новый тип секстантов — двухпараметрические секстанты, которые в настоящее время находятся на различных стадиях разработки и малоизвестны судоводителям. Отмечается, что одним из перспективных технических воплощений двухпараметрического секстана является однозеркальный секстант, конструкция которого предполагает наличие единственного полупрозрачного зеркала, предусматривающего свободу вращения относительно двух взаимно перпендикулярных осей. Первые исследования показали, что с помощью однозеркального секстана можно за одно наблюдение получить различные навигационные параметры, такие как сумма высот светил, разность высот светил, возвышение верхнего наблюдаемого светила над нижним, а в условиях видимости горизонта — высота светила относительно горизонта, а также разность направлений между наблюдаемыми светилами. Подчеркивается, что главным достоинством двухпараметрических секстантов является их использование на протяжении всего темного времени суток и независимость от видимости горизонта. В предлагаемой работе имеет развитие метод получения навигационных параметров высоты и азимута верх-

него светила по заданной счислимой высоте нижнего наблюдаемого светила, которая в общем случае известна с некоторой погрешностью. Сформулирован вопрос о влиянии погрешности используемой высоты нижнего светила на получаемые навигационные параметры. В статье для анализа используется погрешность, равная 0,1 град. Получены аналитические выражения погрешности навигационных параметров высоты и разности азимутов нормали к зеркалу секстана и второго наблюдаемого светила. Численный анализ полученных погрешностей навигационных параметров показал, что следует наблюдать светила, расположенные в определенном диапазоне разности направлений на наблюдаемые светила.

Ключевые слова: однозеркальный секстан, навигационные параметры, погрешность навигационных параметров, минимизация погрешностей, выгодные условия наблюдений, мореходная астрономия, круглосуточные измерения, скорость обработки данных, электронный секстан, автоматизация процесса обсервации.

Для цитирования:

Сичкарев В. И. Оценка погрешности навигационных параметров в обсервациях однозеркальным секстаном / В. И. Сичкарев, С. А. Безбородов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2025. — Т. 17. — № 6. — С. 894–901. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-6-894-901.

Введение (Introduction)

На протяжении всей истории развития морского флота мореходная астрономия является неотъемлемой частью судовождения [1–5]. Раньше методы астронавигации являлись единственным способом определения места судна (ОМС). В современном мире на судах установлена аппаратура спутниковых навигационных систем (СНС), которые кратно превосходят методы мореходной астрономии по удобству использования, скорости обработки данных, точности ОМС, но при этом обладают недостатками. Это обусловило использование астронавигации на судах в качестве резервного метода ОМС и средства проверки ОМС по СНС, что подтверждено в Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДНВ) 1978 года с поправками и Кодексе ПДНВ.

В связи с отставанием в развитии направления резервных методов ОМС астронавигация особенно нуждается в развитии технических средств и методологии мореходной астрономии. На современном этапе астронавигация в идеале должна обладать техническим средством, пригодным для круглосуточных наблюдений, а также иметь перспективы для автоматизации процесса обсервации. В этом направлении следует отметить разработку цифрового электронного секстана^{1,2,3} с участием С. В. Козика, В. А. Сибилева, Г. О. Алцыбеева, Д. А. Баженова, С. С. Богатыренкова, П. О. Астахова, Ф. В. Кузина, А. Л. Кашина, А. С. Кемерова, А. В. Матвеева, А. В. Нестерова и др. [6–10]. Разработка электронного секстана решает важную задачу автоматизации процесса преобразования полученных инструментальных параметров секстанных наблюдений непосредственно в координаты места наблюдения.

Параллельно с работами по автоматизации существующего однопараметрического секстана ведется работа по созданию секстана нового типа, позволяющего выполнять наблюдения как одного параметра, например, высоты светила при видимости горизонта, так и двух параметров при наблюдении проекций расстояния между двумя звездами на вертикальное и горизонтальное направления. Такое техническое решение двухпараметрических секстанов⁴ позволяет работать в течение всей ночи, получая за одно наблюдение сразу два навигационных параметра.

¹ Патент на полезную модель 194783 Российская Федерация МПК G01C 1/08 Цифровой секстан / В. А. Сибилев, С. В. Козик, Г. О. Алцыбеев; заяв. и патентообл. ФГОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова». № 2019132933; заявл. 17.10.2019; опубл. 23.12.2019. EDN OCKOOS.

² Патент на полезную модель 205202 Российская Федерация МПК G01C 1/08 Электронный секстан / В. А. Сибилев, Г. О. Алцыбеев, С. В. Козик. № 2020122583; заявл. 23.11.2020; опубл. 02.07.2021. EDN TBCXDA.

³ Патент на полезную модель 205202 Российская Федерация МПК G01C 1/08 Электронный секстан / В. А. Сибилев, Г. О. Алцыбеев, С. В. Козик. № 2020122583; заявл. 23.11.2020; опубл. 02.07.2021. EDN TBCXDA.

⁴ Патент 2523100 Российская Федерация МПК G01C 1/08 Секстан / В. И. Сичкарев; № 2013109045/28; заявл. 28.02.2013; опубл. 20.07.2014. EDN BJTLKM.

Новым техническим решением для двухпараметрических секстанов является *однозеркальный секстан*^{5, 6}, первичные исследования которого показали положительные стороны конструкции по сравнению с секстаном с поворотным большим зеркалом. Данное техническое решение, которое пока изучено лишь на экспериментальных моделях и в теоретических трудах авторов, в настоящее время проходит всесторонние испытания и исследования на действующем испытательном образце.

В наблюдениях однозеркальным секстаном (ОЗС) выполняется совмещение лучей двух одновременно наблюдаемых светил, находящихся на разной высоте и по разным направлениям. Измеряется разность высот Δh_N и разность направлений ΔD нормали зеркала и нижнего светила M при совмещении изображений верхнего светила C с нижним светилом M .

В [11] разработан метод расчетного получения навигационных параметров высоты h_C и разности азимутов ΔA_C верхнего светила C по выполненным разностным измерениям и при заданном значении высоты h_M нижнего светила M . Однако при ночных наблюдениях выполнить измерение высоты нижнего светила h_M над горизонтом не представляется возможным, поэтому возникает необходимость использовать счислимую высоту h_M , полученную со счислимыми координатами судна. Очевидно, что счислимая высота в этом случае известна с некоторой погрешностью δh_M относительно истинной высоты нижнего светила. Таким образом, необходимо определить, насколько значима погрешность в задании высоты нижнего светила δh_M при расчете параметров h_C , ΔA_C верхнего светила, а также нормали к зеркалу Δh_N , ΔA_N .

Методы и материалы (Methods and Materials)

В исследовании этой темы различаются два варианта решения: при расположении нормали зеркала впереди верхнего светила и позади светила. Эти варианты обусловлены наличием или отсутствием у ОЗС коллиматорного совмещения лучей светил [11]. Для основного варианта без коллиматорного совмещения лучей светил, т. е. когда верхнее светило C находится впереди нормали к центру зеркала O (светила находятся по одну сторону от нормали к зеркалу) получена приведенная последовательность вычислительных формул, позволяющая перейти от измеренных параметров нормали Δh_N , ΔD и принятого счислимого параметра h_M к искомым параметрам h_C , ΔA_C :

$$m = \text{arcctg} \frac{\text{tg} \Delta h}{\sin \Delta D}; \quad (1)$$

$$\alpha = \text{arcctg}(-\text{ctg} \Delta D \cdot \sin m); \quad (2)$$

$$\Delta A_N = \text{arcctg} \left(-\frac{\text{ctg} \alpha \cdot \cos h_M + \sin h_M \cdot \cos m}{\sin m} \right); \quad (3)$$

$$\Delta h_N = \text{arctg} \left(\frac{\text{ctg} m \cdot \sin \Delta A_N + \cos \Delta A_N \cdot \sin h_M}{\cos h_M} \right); \quad (4)$$

$$\Delta A_C = \text{arcctg} \left(-\frac{\text{ctg} 2\alpha \cdot \cos h_M + \sin h_M \cdot \cos m}{\sin m} \right); \quad (5)$$

$$h_C = \text{arctg} \left(\frac{\text{ctg} m \cdot \sin \Delta A_C + \cos \Delta A_C \cdot \sin h_M}{\cos h_M} \right). \quad (6)$$

⁵ Патент 2781060 Российская Федерация МПК G01C 1/08 Секстан / В. И. Сичкарев, С. А. Безбородов; заяв. и патентообл. ФГБОУ ВО «Сибирский Государственный университет водного транспорта». № 2022105244; заявл. 25.02.2022; опубл. 04.10.2022. EDN TTMDHV.

⁶ Патент 2828180 Российская Федерация МПК G01C 1/08 Однозеркальный секстан / В. И. Сичкарев, С. А. Безбородов; заяв. и патентообл. ФГБОУ ВО «Сибирский Государственный университет водного транспорта». — № 2024102490; заявл. 01.02.2024; опубл. 07.10.2024, Бюл. № 28. EDN PTVFMP.

Принцип установления аналитической связи между погрешностью, принятой счислимой высоты нижнего светила h_M , и погрешностью конечных искомых параметров: высоты нормали h_N , высоты верхнего светила h_C и их разности азимутов ΔA_N , ΔA_C с нижним прямолинейным светилом, основан на дифференцировании сложной функции (производной функции от функции) по параметру h_M . Последовательное дифференцирование (1)–(6) приводит к следующим выражениям, при этом в расчетах принята погрешность задания высоты нижнего светила $\delta h_M = 0,1^\circ = 6' = 0,00174533$ рад:

$$\delta \Delta A_N = \frac{(-\operatorname{ctg} a \cdot \sin h_M + \cos m \cdot \cos h_M) \sin m}{(\sin m)^2 + (\operatorname{ctg} a \cdot \cos h_M + \cos m \cdot \sin h_M)^2} \delta h_M; \quad (7)$$

$$\delta h_N = \frac{\cos h_M \left[\frac{\delta \Delta A_N}{\delta h_M} (\operatorname{ctg} m \cdot \cos \Delta A_N - \sin \Delta A_N \cdot \sin h_M) + \cos h_M \cos m \right] + \sin h_M (\operatorname{ctg} m \cdot \sin \Delta A_N + \cos \Delta A_N \cdot \sin h_M)}{\cos^2 h_M + (\operatorname{ctg} m \cdot \sin \Delta A_N + \cos \Delta A_N \cdot \sin h_M)^2} \delta h_M; \quad (8)$$

$$\delta \Delta A_C = \frac{\sin m (\cos m \cdot \cos h_M - \operatorname{ctg} 2\alpha \cdot \sin h_M)}{\sin^2 m + (\operatorname{ctg} 2\alpha \cdot \cos h_M + \cos m \cdot \sin h_M)^2} \delta h_M; \quad (9)$$

$$\delta h_C = \frac{\left[\frac{\delta \Delta A_C}{\delta h_M} (\operatorname{ctg} m \cdot \cos \Delta A_C - \sin \Delta A_C \cdot \sin h_M) - \cos \Delta A_C \cdot \cos h_M \right] \cos h_M + \sin h_M (\operatorname{ctg} m \cdot \sin \Delta A_C + \cos \Delta A_C \cdot \sin h_M)}{\cos^2 h_M + (\operatorname{ctg} m \cdot \sin \Delta A_C + \cos \Delta A_C \cdot \sin h_M)^2} \delta h_M. \quad (10)$$

Таким образом, для оценки погрешностей искомых астронавигационных параметров оказался удобным часто используемый в технических науках метод дифференциального исчисления, в котором бесконечно малые приращения идентифицируются с погрешностями учитываемых параметров. При этом сложность получаемых выражений не позволяет аналитически оценивать экстремумы искомых погрешностей, что при этом не исключает использование численных методов расчета погрешностей по полученным аналитическим выражениям для возможности делать выводы относительно представления результатов расчетов в графическом виде.

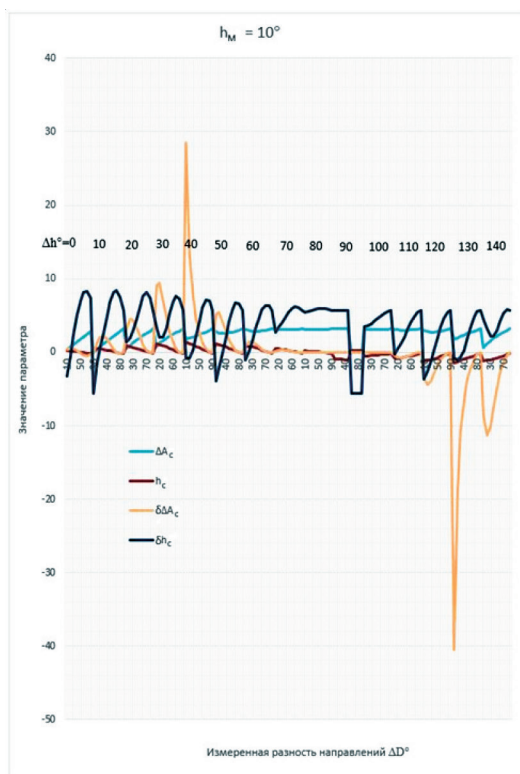
Результаты (Results)

Результаты расчетов погрешностей навигационных параметров верхнего светила по формулам (7)–(10) с использованием информации о значениях этих параметров по формулам (1)–(6) представлены для нескольких значений счислимой высоты нижнего светила h_M . На рисунке (с. 898) по горизонтальной шкале оцифрованы повторяющиеся для каждого значения разности высот светил Δh значения измеренной разности направлений ΔD . Значения Δh оцифрованы над графиками. По вертикальной шкале отложены значения различных параметров, на которые влияют погрешность счислимой высоты нижнего светила в сочетании со значениями разности высот между светилами Δh и разности измеренных направлений на светила ΔD . Каждый рисунок соответствует указанному значению счислимой высоты нижнего светила $h_M = 10^\circ; 20^\circ; 30^\circ$.

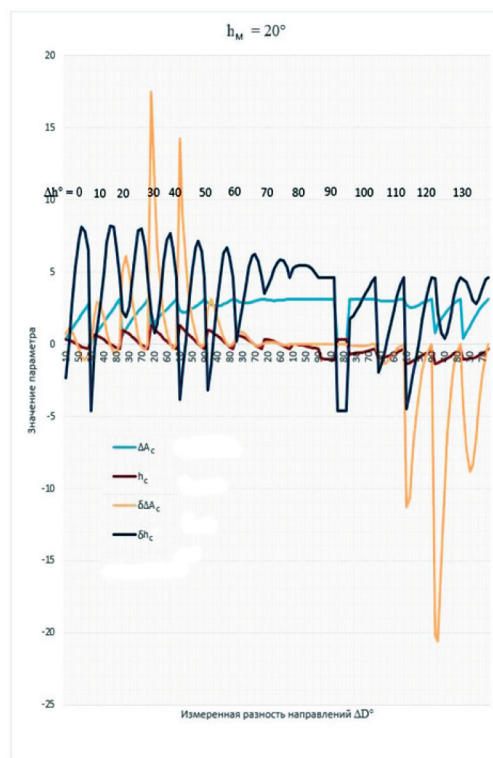
Сравнение погрешностей необходимо вести относительно заданной погрешности высоты нижнего светила $\delta h_M = 6'$. Прежде всего нужно отделить диапазоны разностей высот светил Δh , при которых высота второго светила становится отрицательной, т. е. светило становится невидимым на значительной части значений измеренной разности направлений ΔD . При высоте нижнего светила $h_M = 10^\circ$ рабочий диапазон разностей высот Δh лежит в пределах от 0° до 80° , при $h_M = 20^\circ$ Δh — в пределах от 0° до 70° , при $h_M = 30^\circ$ Δh от 0° до 60° и т. д.

В рабочем диапазоне ΔD погрешность разности азимутов светил $\delta \Delta A_C$ довольно резко возрастает с увеличением измеренной разности высот Δh . Так, при $h_M = 10^\circ$ $\delta \Delta A_C$ становится больше погрешности задания высоты нижнего светила при $\Delta h = 30^\circ$, а с увеличением $h_M > 10^\circ$ — при еще меньших значениях.

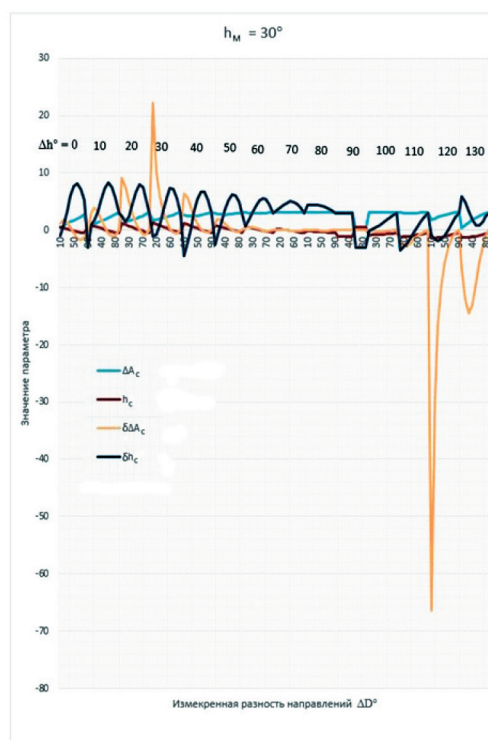
а)



б)



в)



Соотношение параметров при высоте нижнего светила:

a — $h_M = 10^\circ$; b — $h_M = 20^\circ$; v — $h_M = 30^\circ$

Погрешность высоты верхнего светила δh_c превышает заданную погрешность высоты нижнего светила в серединах диапазона ΔD . При этом в диапазоне больших значений δh_c погрешность разности азимутов светил $\delta \Delta A_c$ становится небольшой, и наоборот, в диапазоне значений

δh_c , меньших $\delta h_M = 6'$, погрешность разности азимутов светил $\delta \Delta A_c$ становится большой. Поэтому общим выводом, снижающим одновременно погрешности обоих искомых навигационных параметров, является следующий: при любых Δh и h_M выгодно наблюдать светила с измеренной разностью направлений $0^\circ < \Delta D < 30^\circ$ и $60^\circ < \Delta D < 90^\circ$, при которых погрешности искомых параметров становятся меньше погрешности счислимой высоты нижнего светила.

Обсуждение (Discussion)

Используя для обсервации однозеркальный секстан, следует понимать, что расчетным способом получаются значения высоты верхнего светила и разности азимутов между наблюдаемыми светилами. Это свойство позволяет использовать в задаче ОМС различные линии положения (ЛП), такие как высотная, разностно-высотная, суммарно-высотная и разностно-азимутальная. В работе М. И. Гаврюка [12] представлены подробные теоретические данные по применению указанных линий положения.

Учитывая те ЛП, которые могут быть применены для решения задачи ОМС, следует также принять во внимание выгодное расположение светил для данных ЛП. В публикациях [13, 14] исследованы условия для выгодного наблюдения светил, применимые для комбинации разных ЛП.

На ранее описанные ЛП непосредственно влияет погрешность высоты нижнего светила, поскольку для ОЗС в предложенном варианте расчетов применяется ее расчетное значение. Путем анализа влияния данной погрешности на искомые величины удалось вывести основные условия минимизации ее влияния при наблюдении. Таким образом, принимая во внимание публикации [13, 14], при наблюдении светил с помощью ОЗС следует учитывать также условие выгодной разности направлений $0^\circ < \Delta D < 30^\circ$ и $60^\circ < \Delta D < 90^\circ$.

Заключение (Conclusion)

На основании выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. При определенных значениях рабочего диапазона ΔD погрешность высоты верхнего светила δh_c и погрешность разности азимутов светил $\delta \Delta A_c$ превышают заданную погрешность нижнего светила $\delta h_M = 6'$. При этих значениях ΔD не рекомендуется использовать счислимые высоты нижнего светила для получения искомых навигационных параметров верхнего светила.
2. На основании анализа дифференциальных выражений (7)–(10) выведены условия выгодной разности направлений наблюдаемых светил: $0^\circ < \Delta D < 30^\circ$ и $60^\circ < \Delta D < 90^\circ$. В указанных границах ΔD погрешность счислимой высоты нижнего светила незначительно изменяет значения искомых параметров верхнего светила. Поэтому данные условия следует использовать при выборе светил для наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гагарский Д. А. Роль мореходной астрономии в современном судовождении / Д. А. Гагарский, А. П. Горобцов, С. А. Лутков // Актуальные проблемы и перспективы развития системы отраслевого транспортного образования: сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 23–24 июня 2022 года. — Казань: Казанский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта», 2022. — С. 19–34. — EDN RTOGJC.
2. Самойлов Д. С. Исторический обзор морских угломерных инструментов в мореходной астрономии / Д. С. Самойлов, М. О. Килнас // Новое слово в науке и образовании: материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Нефтекамск, 22 апреля 2021 года. — Нефтекамск: Научно-издательский центр «Мир науки», 2021. — С. 55–61. — EDN ULSPGO.
3. Закусило А. М. Изучение мореходной астрономии 1861 года и 2021 года / А. М. Закусило, М. О. Килнас // Наука третьего тысячелетия: материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Нефтекамск, 14 октября 2021 года. — Нефтекамск: Научно-издательский центр «Мир науки», 2021. — С. 47–52. — EDN ZEASJW.

4. Земов П. В. Современный путь развития мореходной астрономии / П. В. Земов, М. О. Килнас // Актуальные вопросы современных научных исследований: материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Нефтекамск, 28 марта 2022 года. — Нефтекамск: Научно-издательский центр «Мир науки», 2022. — С. 35–40. — EDN JLNHYT.

5. Кириллов Н. О. Основные направления развития методов и средств мореходной астрономии / Н. О. Кириллов // Балтийский морской форум: материалы X Международного Балтийского морского форума: в 7 т., Калининград, 26 сентября — 01 октября 2022 года. Т. 2. — Калининград: Обособленное структурное подразделение «Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Калининградский государственный технический университет», 2022. — С. 47–53. — EDN VAROGR.

6. Астахов П. О. Электронный навигационный секстан / П. О. Астахов, Ф. В. Кузин // Морской вестник. — 2019. — № 4(72). — С. 114. — EDN EDUBJX.

7. Козик С. В. Концепция навигационного прибора «электронный секстан» / С. В. Козик, В. А. Сибилев, Г. О. Алцыбеев // Морской вестник. — 2020. — № 4(76). — С. 116–118. — EDN FYYBCN.

8. Кемеров А. С. Секстан со встроенным аппаратно-программным комплексом «Звездочет» / А. С. Кемеров, А. В. Матвеев, А. В. Нестеров [и др.] // Морской вестник. — 2024. — № 3(91). — С. 119–121. — EDN MBOSZX.

9. Баженов Д. А. Выбор датчика для цифровизации навигационного секстана / Д. А. Баженов, С. В. Козик // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXIV Международной научно-практической конференции: в 3 ч., Пенза, 15 июня 2019 года. Том Часть 1. — Пенза: «Наука и Просвещение», 2019. — С. 12–16. — EDN XQSQFY.

10. Богатыренков С. С. Повышение точности работы датчика угла поворота навигационного секстана / С. С. Богатыренков, С. В. Козик // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXV Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Пенза, 30 июля 2019 года. Том Часть 1. — Пенза: «Наука и Просвещение», 2019. — С. 163–167. — EDN CQPXDU.

11. Сичкарев В. И. Связь параметров наблюдаемых однозеркальным секстаном светил с положением нормали зеркала секстана / В. И. Сичкарев, С. А. Безбородов // Транспортное дело России. — 2025. — № 4. — С. 239–243. — EDN IYGWAB.

12. Гаврюк М. И. Астронавигационные определения места судна / М. И. Гаврюк. — М: Транспорт, 1973. — 176 с.

13. Сичкарев В. И. Исследование условий обсервации по суммам высот и разностям азимутов светил / В. И. Сичкарев, С. А. Безбородов // Транспортное дело России. — 2024. — № 8. — С. 158–161. — EDN GEZNQQ.

14. Сичкарев В. И. Выгодные условия наблюдения светил для обсервации по их разностям высот и азимутов / В. И. Сичкарев // Судовождение — 2016: сб. науч. трудов. — Новосибирск: СГУВТ, 2016. — С. 3–7.

REFERENCES

1. Gagarskiy, D. A., A. P. Gorobtsov and S. A. Lutkov. “Rol’ morekhodnoy astronomii v sovremennom sudovozhdenii.” Aktual’nye problemy i perspektivy razvitiya sistemy otraslevogo transportnogo obrazovaniya: Sbornik statey IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kazan’, 23–24 iyunya 2022 goda Kazan’: Kazanskiy filial Federal’nogo gosudarstvennogo byudzhethnogo obrazovatel’nogo uchrezhdeniya vysshego obrazovaniya «Volzhskiy gosudarstvennyy universitet vodnogo transporta», 2022: 19–34.

2. Samoylov, D. S. and M. O. Kilnas. “Istoricheskiy obzor morskikh uglomernykh instrumentov v morekhodnoy astronomii.” *Novoe slovo v nauke i obrazovanii: Materialy Mezhdunarodnoy (zaochnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, Neftekamsk, 22 aprelya 2021 goda* Neftekamsk: Nauchno-izdatel’skiy tsentr “Mir nauki” (IP Vostretsov Aleksandr Il’ich), 2021: 55–61.

3. Zakusilo, A. M. and M. O. Kilnas. “Izuchenie morekhodnoy astronomii 1861 goda i 2021 goda.” *Nauka tret’ego tysyacheletiya: materialy Mezhdunarodnoy (zaochnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, Neftekamsk, 14 oktyabrya 2021 goda*. Neftekamsk: Nauchno-izdatel’skiy tsentr “Mir nauki” (IP Vostretsov Aleksandr Il’ich), 2021: 47–52.

4. Zemov, P. V. and M. O. Kilnas. "Sovremennyy put' razvitiya morekhodnoy astronomii." *Aktual'nye Voprosy Sovremennykh Nauchnykh Issledovaniy: Materialy Mezhdunarodnoy (Zaochnoy) Nauchno-Prakticheskoy Konferentsii, Neftekamsk, 28 Marta 2022 Goda*. Neftekamsk: Nauchno-izdatel'skiy tsentr "Mir nauki" (IP Vostretsov Aleksandr Il'ich), 2022: 35–40.
5. Kirillov, N. O. "Main directions of development of methods and means of marine astronomy." *Baltiyskiy morskoy forum: materialy X Mezhdunarodnogo Baltiyskogo morskogo foruma: v 7 t., Kaliningrad, 26 sentyabrya — 01 2022 goda. Tom 2*. Kaliningrad: Obosoblennoe strukturnoe podrazdelenie "Baltiyskaya gosudarstvennaya akademiya rybopromyslovogo flota" federal'nogo gosudarstvennogo byudzhelnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Kaliningradskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet", 2022: 47–53.
6. Astakhov, P. O. and F. V. Kuzin. "Elektronnyy navigatsionnyy sekstan." *Morskoy Vestnik* 4(72) (2019): 114.
7. Kozik, S. V., V. A. Sibilev and G. O. Altsybeev. "Kontseptsiya navigatsionnogo pribora "elektronnyy sekstan"." *Morskoy Vestnik* 4(76) (2020): 116–118.
8. Kemerov, A. S., A. V. Matveev, A. V. Nesterov et al. "Sekstan so vstroennym apparatno-programmnyy kompleksom «Zvezdochyt»." *Morskoy Vestnik* 3(91) (2024): 119–121.
9. Bazhenov, D. A. and S. V. Kozik. "Sensor selection for improved navigation sextant." *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii: sbornik statey XXIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 3 ch., Penza, 15 iyunya 2019 goda. Tom Chast' I*. Penza: "Nauka i Prosveschenie", 2019: 12–16.
10. Bogatyrenkov, S. S. and S. V. Kozik. "Improving the accuracy of the sensor rotation angle of the navigation sextant." *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii: sbornik statey XXV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 2 ch., Penza, 30 iyulya 2019 goda. Tom Chast' I*. Penza: "Nauka i Prosveschenie", 2019: 163–167.
11. Sichkarev, V. I. and S. A. Bezborodov. "The relationship of the installation parameters of the luminaries on the test stand with the instrumental parameters of the single-mirror sextant." *Transport Business in Russia* 4 (2025): 239–243.
12. Gavryuk, M. I. *Astronavigatsionnye opredeleniya mesta sudna*. M: Transport, 1973: 176.
13. Sichkarev, V. I. and S. A. Bezborodov. "Study of observational conditions by sums of altitudes and differences in azimuths of luminaries." *Transport Business in Russia* 8 (2024): 158–161.
14. Sichkarev, V. I. "Vygodnye usloviya nablyudeniya svetil dlya observatsii po ikh raznostyam vysot i azimuthov." *Sudovozhdenie* — 2016: sb. nauch. trudov. Novosibirsk: SGUVT, 2016: 3–7.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сичкарёв Виктор Иванович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
университет водного транспорта»
630099, Российская Федерация, г. Новосибирск,
ул. Щетинкина, 33
e-mail: svny89@mail.ru

Безбородов Святослав Андреевич — аспирант
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
университет водного транспорта»
630099, Российская Федерация, г. Новосибирск,
ул. Щетинкина, 33
e-mail: svyatoslav.b37@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sichkarev, Viktor I. —
Grand PhD in Technical Sciences, professor
Siberian State University
of Water Transport
33, Schetinkina st., Novosibirsk, 630099,
Russian Federation
e-mail: svny89@mail.ru

Bezborodov, Svyatoslav A. — postgraduate student
Siberian State University
of Water Transport
33, Schetinkina st., Novosibirsk, 630099,
Russian Federation
e-mail: svyatoslav.b37@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 20 октября 2025 г.
Received: Oct. 20, 2025.