

INTRODUCTION OF AUTOMATED HYDROGRAPHIC SWEEPING SYSTEMS FOR NAVIGATION SAFETY ON INLAND WATERWAYS RUSSIAN FEDERATION

V. V. Karetnikov, A. I. Zaitsev, E. A. Ratner

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

Using inland waterway transport is economically justified in any region of the world, however to this day inland waterway freight and passenger transportation in Russian Federation constitutes not a big fraction of the total amount of traffic even as the total length of navigational waterways in Russia is more than one hundred thousand kilometers and the length of today valid navigational waterways is more than seventy thousand kilometers. There are two major reasons for this situation. The first one is a lack of quality up-to-date nautical electronic charts covering navigable sections of inland waterways. Providing the region with valid electronic cartographic resources over a short period of time is possible only by introducing innovative technologies. The second one is navigational and hydrographic support quality. In order to resolve both issues simultaneously, authors suggest using automated hydrographic sweeping systems, allowing for prompt conduction of inland surveys, dragging and sweeping at rather low operating costs. Additionally, it will provide an opportunity for partial automation of the chart manufacturing process like automated hydrographic survey systems do, which in turn will lead to a wider use of the region's inland waterways by cargo and passenger vessels in the future. This paper describes issues that can be solved by means of automated hydrographic sweeping systems, equipment used by the systems, and basic algorithms for calculating and correcting measured parameter values (level, antenna lowering, calibration, vessel subsidence in shallow waters, distance between the satellite navigation system and the echo sounder antennae), as well as techniques for the evaluation of the accuracy of depth values received by an echo sounder.

Keywords: automated hydrographic sweeping system, sweeping, dragging, hydrographic survey; e-Navigation, electronic navigational chart; safety of navigation; inland waterways; accuracy of depths values; global positioning system: echo sounder, sonar.

For citation:

Karetnikov, Vladimir V., Elizaveta A. Ratner, and Aleksei I. Zaitsev. "Introduction of automated hydrographic sweeping systems for navigation safety on inland waterways Russian Federation." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.4 (2017): 744–751. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-744-751.

УДК: 528.088

ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАВИГАЦИИ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В. В. Каретников, А. И. Зайцев, Е. А. Ратнер

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Использование внутреннего водного транспорта экономически оправдано в любом регионе мира, но на сегодняшний день грузовые и пассажирские перевозки по внутренним водным путям (ВВП) Российской Федерации составляют небольшую долю от общего числа перевозок несмотря на то, что их протяженность в РФ составляет более 100 тыс. км, из которых сегодня используются более 70 тыс. км. К возникновению этой ситуации, по всей видимости, привели две основных причины. Первой причиной является недостаток качественного актуального покрытия электронными навигационными картами судоходных участков ВВП. Обеспечить регион оперативной актуальной электронной картографической информацией можно только с помощью внедрения новых технологий. Второй причиной является качество навигационно-гидрографического обеспечения на участках ВВП РФ. Для одновременного решения обеих этих задач

авторы предлагают использовать автоматизированные тральные комплексы, позволяющие оперативно проводить русловые изыскания с достаточно низкими эксплуатационными расходами. В данной статье рассмотрены задачи, решаемые посредством автоматизированных тральных комплексов, указан состав входящего в комплекс оборудования, а также представлены основные алгоритмы расчета и введения поправок в значения измеряемых параметров (поправки за уровень, за углубление антенны, за тарирование, за проседание судна при движении на мелководье, за отстояние антенны приемника спутниковой навигационной системы от антенны эхолота) и методика оценки достоверности значений глубин, поступивших от эхолота.

Ключевые слова: автоматизированный тральный комплекс, траление, гидрографическое исследование, промерные работы, е-Навигация, электронная навигационная карта, безопасность судоходства, внутренние водные пути, точность измерения глубин, спутниковая навигационная система, эхолот, гидролокатор бокового обзора.

Для цитирования:

Каретников В. В. Внедрение автоматизированных тральных комплексов для обеспечения безопасности навигации на внутренних водных путях Российской Федерации / В. В. Каретников, А. И. Зайцев, Е. А. Ратнер // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 4. — С. 744–751. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-744-751.

Введение

На сегодняшний день актуальность и экономическая целесообразность использования внутренних водных путей (ВВП) ни у кого не вызывают сомнения. Более 40 тыс. км судоходных участков ВВП РФ используются на протяжении всего навигационного периода, еще около 40 тыс. км судоходны и используются по запросу. Более 56 тыс. км судоходных участков, включая 90 % всех участков ВВП с установленными гарантированными габаритами судовых ходов (СХ), покрыты созданными в период с 2007 по 2016 гг. электронными навигационными картами (ЭНК). Поддержание высокого уровня безопасности судоходства, связанное, в частности, со сложными климатическими и гидрологическими условиями на реках, требует отлаженной работы всей системы навигационно-гидрографического обеспечения плавания, особенно в части постоянного систематического изучения руслового режима рек, траления, проектирования, выполнения дноуглубительных работ и т. д., т. е. условий, которых, в свою очередь, невозможно достичь без использования современных автоматизированных производственных комплексов, предназначенных для проведения путевых работ.

С целью обеспечения безопасности судоходства на ВВП РФ в составе производства путевых работ проводится сплошное, местное и аварийное траление. Применяемые методы и способы проведения траления обеспечивают выявление подводных препятствий и контроль над установленными гарантированными габаритами СХ, но являются весьма затратными по времени производства работ и требуют затратного применения ручного труда. К тому же применяемые сегодня методы и способы траления не позволяют картографически документировать результаты выполненных работ. Кроме того, производимое сегодня сплошное, местное и аварийное траление не гарантирует обеспечения чистоты исследуемого района и не позволяет постоянно вести документированные учетные записи прохождения трала [1] – [4].

На сегодняшний день необходимо внедрять на ВВП новые инструментальные методы траления, гарантирующие чистоту СХ. Одним из комплексов, позволяющих решать такие задачи, является автоматизированный тральный комплекс (АТК), предназначенный для проверки чистоты СХ и формирования массивов батиметрических данных для последующего их использования, в том числе для создания ЭНК [5] – [7]. Методы работы с АТК были подробно рассмотрены в статье А. А. Сикарева, В. В. Каретникова, И. Г. Кузнецова и Р. В. Волкова «Особенности проведения путевых работ перспективными автоматизированными тральными комплексами на внутренних водных путях Российской Федерации», опубликованной в журнале «Морская радиоэлектроника» (№ 4, 2013 г.). В данной статье описываются методы контроля качества измерений глубин с помощью АТК, а также методы вычисления поправок в измеренные глубины.

Методы и материалы

Современный инструментальный метод проведения путевых работ с помощью АТК позволит обеспечить выявление подводных препятствий и контроль над установленными габаритами СХ с низкими расходами и трудозатратами, картографически документировать прохождение «трала» и гарантировать чистоту исследуемого района с высокой вероятностью [8], [9]. Помимо этого, достоверные и точные исходные данные, полученные АТК, можно использовать в картографических отделах и службах для оперативного обновления ЭНК. АТК предназначен для автоматизации и повышения качества производства тральных работ. Данный комплекс решит задачи выявления и определения местоположения подводных препятствий и объектов. В качестве батиметрического датчика в АТК может применяться достаточно широкий спектр гидроакустических устройств:

- эхолот с широкой диаграммой направленности;
- гидролокатор бокового обзора;
- многолучевой эхолот;
- многолучевой эхолот с двумя датчиками.

Для производства тральных работ с использованием перспективных АТК на ВВП весьма целесообразным считается использование интерферометрического гидролокатора бокового обзора (ГБО) с диаграммой направленности 240 град. [9], [10]. Основным результатом съемки ГБО является акустическое изображение толщи воды и дна, которое может быть привязано или не привязано к местности. Полоса траления перспективных тральных комплексов на базе интерферометрических систем зависит от фактической глубины до дна. Для примерной оценки ширины протраливаемой полосы в зависимости от глубины составлена вспомогательная таблица [11] – [13].

Значения ширин протраливаемой полосы в зависимости от глубины

Глубина под излучателем, м	Полоса обзора (батиметрии и ГБО), м
2	14
3	21
4	28
5	35
6	42
7	49
8	56
10	70
15	105

Применение в качестве батиметрического датчика АТК многолучевого эхолота, несмотря на высокую стоимость данного вида оборудования, позволяет получать высококачественные примерные данные. Таким образом, при использовании многолучевого эхолота параллельно можно решать задачу траления и задачу промера [14], [15]. При производстве тральных работ с использованием АТК также целесообразным может считаться использование одного или двух эхолотов с широкой диаграммой направленности.

Выбор варианта оснащения АТК конкретным видом батиметрического датчика зависит от решаемых задач и топологии участка пути, на котором планируется проводить тральные работы [1], [3], [15].

При работе с АТК, имеющим в составе эхолот, в целях контроля качества анализируется достоверность значений глубин, поступивших от эхолота. В начальной стадии анализа глубин оператор выбирает и вводит в программу первое значение глубины в выборке данных, являющееся, безусловно, достоверным, далее каждое значение глубины, за исключением первого значения Z_1 ,

проверяется на наличие грубого промаха в измерении. Измеренное значение глубины Z_i классифицируется как промах, если её превышение ΔZ_i относительно предыдущего измерения $Z_{(i-1)}$ окажется больше допустимой величины $\Delta Z_{\text{доп}}$, т. е. если

$$|Z_i - Z_{i-1}| > \Delta Z_{\text{доп}}. \quad (1)$$

Величина $\Delta Z_{\text{доп}}$ вычисляется программно, исходя из максимально возможного градиента глубины в районе и фактически пройденного судном расстояния между измеренными глубинами $Z_{(i-1)}$ и Z_i . Максимально возможное в районе значение угла наклона дна вводится оператором. Значение глубины Z_i , классифицированное как промах, снабжается соответствующим признаком и регистрируется на техническом носителе информации (ТНИ). В дальнейшей обработке измеренных значений глубин это значение не используется.

Второй стадией оценки достоверности глубин является формирование исходной выборки из $n - 1$ значений, принятых от эхолота и прошедших грубую фильтрацию глубин (где n задается оператором в зависимости от условий съемки и характера рельефа дна в районе). Программа, приняв $n - 1$ подряд измеренных значений глубин, оценивает однородность этой выборки. С этой целью вычисляются градиенты изменения глубины между каждыми двумя смежными измерениями. Из них выбирается максимальный градиент, и проверяется вероятность его появления в одном ряду с остальными. Если эта вероятность оказывается выше 0,1, то принимается, что значение глубины, вызвавшее этот градиент, достоверно. А поскольку проверенный градиент является максимальным в выборке, то и все остальные значения глубин являются достоверными. Таким образом, процесс формирования исходной выборки завершается. Если же вероятность появления выбранного максимального градиента в выборке оказывается меньше 0,1, то значение глубины, вызвавшее этот градиент, из выборки исключается, сопровождается признаком недостоверности и регистрируется на ТНИ. Выборка пополняется вновь измеренным значением глубины.

Сформированная выборка из $n - 1$ достоверных значений глубин служит базисом для оценки достоверности очередного n -го значения глубины третьей ступенью. Принцип работы третьей ступени фильтра аналогичен описанному, за исключением того, что дополнительно оценивается вероятность появления величины градиента, вычисленного на отрезке между измерениями $(n - 1)$ -го и n -го значений глубин. Если по результатам этой проверки окажется, что значение глубины Z_n недостоверно, то программа организует дополнительную проверку, целью которой является выяснение возможности того, что существенное различие в величине градиентов обусловлено фактически резким изломом профиля дна. При подтверждении этого предположения значение глубины Z_n признается достоверным. В противном случае этому значению придается признак недостоверной глубины, с которым оно и регистрируется на ТНИ.

АТК контролирует непрерывность регистрации глубин (в зависимости от условий съемки и сложности рельефа дна пропуски в регистрации могут быть различной интенсивности и длительности), обнаруживает и фиксирует пропуски, которые являются значимыми для качества создаваемой в результате съемки цифровой модели рельефа дна. С этой целью вычисляется допустимый интервал пропуска глубин на галсе $\Delta S_{\text{доп}}$, который еще не приводит к существенному ухудшению качества съемки. Допустимая величина интервала рассчитывается по формуле

$$\Delta S_{\text{доп}} = 1,764 \frac{m_z}{m_d}, \quad (2)$$

где m_d — среднее квадратическое отклонение тангенсов углов наклона дна от среднего значения, вычисленное по значениям измеренных глубин по галсу до пропуска и после пропуска; m_z — средняя квадратическая погрешность регистрируемых глубин, обусловленная погрешностями измерения и исправления глубин поправками и привязки глубин к координатам.

Еще одним элементом контроля качества выполнения промерных работ является оценка допустимого расхождения глубин в точках пересечения основного и контрольных галсов $\Delta Z_{\text{доп}}$, причем количество точек пересечения основного и контрольных галсов должно быть не менее 50.

$$\Delta Z_{\text{доп}} = |\Delta \bar{Z}_{\text{сл}}| + K \delta_{\text{сл}}, \quad (3)$$

где $\Delta \bar{Z}_{\text{сл}}$ — среднее значение абсолютных расхождений глубин в точках пересечения галсов; $\delta_{\text{сл}}$ — среднее квадратическое отклонение расхождений от среднего; K — коэффициент.

Коэффициент K вычисляется программой таким образом, что с вероятностью 0,95 не менее 85 % расхождений глубин в точках пересечения основных и контрольных галсов не выйдут за пределы $\pm \Delta Z_{\text{доп}}$. Такая методика обеспечивает возможность получения оценки $\Delta Z_{\text{доп}}$, объективно характеризующей тот предел совпадения глубин в точках пересечения галсов, который достижим именно при данных условиях съемки, типе рельефа дна в районе, точности измерения глубин и определении места судна на галсах. Значения расхождений, превышающие допуск $\pm \Delta Z_{\text{доп}}$, предъявляются оператору для анализа и принятия решения о правомерности появления каждого такого значения.

Комплекс, имеющий в составе эхолот, обеспечивает вычисление поправок к измеренным глубинам и исправление глубин:

- поправка за углубление антенны вычисляется по данным непосредственных измерений осадки судна и может вводиться в эхолот или в ЭВМ-комплекс;
- исправления глубин поправками за тарирование (исправляются только глубины меньше 30 м) вычисляется по данным двух последовательных тарирований;
- вводятся поправки за проседание судна при движении на мелководье и за отстояние антенны СНС от антенны эхолота;
- поправка за наклон дна вводится при съемке на резко расчлененном рельефе дна (если это предусмотрено заданием), при этом она вычисляется по всему массиву значений глубин и сразу вводится в каждое значение глубины, вычисление углов наклона дна производится по значениям глубин, прошедшим проверку на достоверность;
- все измеренные глубины приводятся к принятому нулю глубин путем введения поправки за уровень.

Результаты

Расчет поправки за углубление антенны $\Delta Z_{\text{в}}$ (в случае использования выносного заборного устройства измеряется расстояние по вертикали от верхней плоскости обтекателя до поверхности воды):

- $\Delta Z_{\text{в}} = H - h$ — для врезного вибратора;
- $\Delta Z_{\text{в}} = H_0 + h_0$ — для выносного вибратора, где H — осадка судна;
- H_0 — заглубление выносного заборного устройства;
- h — превышение излучающей поверхности врезного вибратора над килем судна;
- h_0 — толщина обтекателя выносного вибратора от внешней плоскости до излучающей поверхности.

Величины H , H_0 , h , h_0 измеряются с точностью до 0,01 м.

Исправление глубин поправками за тарирование вычисляется по формуле

$$\Delta Z_i = \Delta Z_{jT1} + K_1 (\Delta Z_{jml} - \Delta Z_{(j-1)ml}) + K_2 (1 + K_1) (\Delta Z_{jm2} - \Delta Z_{jml}) - K_1 K_2 (\Delta Z_{(j-1)m2} - \Delta Z_{(j-1)ml}), \quad (4)$$

где $K_1 = (Z_j - Z_i) / (Z_j - Z_{(j-1)})$; $K_2 = (t_{zi} - T_1) / (T_2 - T_1)$; Z_j — глубина j -го горизонта тарирования; Z_i — измеренная глубина, для которой рассчитывается поправка ΔZ_i , причем $Z_j - 1 < Z_i < Z_j$; T_1 и T_2 — время проведения 1- и 2-го последовательных тарирований эхолота; t_{zi} — время измерения глубины Z_i , причем $T_1 < t_{zi} < T_2$; ΔZ_{jT1} и ΔZ_{jT2} — поправки к показаниям эхолота, полученные на j -м горизонте при 1- и 2-м тарированиях эхолота.

Вычисление поправки за проседание судна при движении на мелководье производится по следующим формулам:

$$\Delta Z_{\text{пр}} = \bar{Z}_{\text{н}} - \bar{Z}_{\text{д}}; \quad (5)$$

$$\bar{Z}_n = \sum_{j=1}^n \frac{z_n}{n}; \quad (6)$$

$$\bar{Z}_d = \sum_{j=1}^n \frac{z_d}{n}, \quad (7)$$

где $\bar{Z}_n$ — глубина, измеренная эхолотом с неподвижного судна; $\bar{Z}_d$ — глубина, измеренная эхолотом с движущегося судна.

Вычисление поправки за отстояние антенны СНС от антенны эхолота выполняется по формулам:

$$\Delta X_i = l \cos (T + q); \quad (8)$$

$$\Delta Y_i = l \sin (T + q), \quad (9)$$

где l — расстояние между центром приема антенны СНС и антенной эхолота; T — дирекционное направление галса; q — курсовой угол с центром приема антенны СНС на антенну эхолота (курсовой угол правого борта имеет знак «плюс», левого — «минус»).

Формула для вычисления поправки за наклон дна имеет следующий вид:

$$\Delta Z_\alpha = \begin{cases} Z [\cos(\alpha - \gamma) \sec \alpha - 1], & \text{при } \alpha > \gamma; \\ Z (\sec \alpha - 1) \alpha > \gamma, & \text{при } \alpha \leq \gamma, \end{cases} \quad (10)$$

где α — угол наклона дна; γ — половина угла диаграммы направленности излучения эхолота в диаметральной плоскости судна.

Приведение результатов съемки к принятому нулю глубин осуществляется путем введения поправок за уровень, полученный по результатам наблюдений колебания уровня воды на уровнях постах:

$$\Delta Z = n - f, \quad (11)$$

где n — отсчет по рейке ближайшего уровня поста; f — отсчет по той же рейке мгновенного уровня в момент измерения глубины.

В районах съемки, где зоны действия уровенных постов взаимно перекрываются, поправки за уровень вычисляются для каждого отдельного участка съемки по своему посту. На момент времени t измерения глубины Z в таблице данных уровня поста отыскивается отсчет уровня f путем линейной интерполяции в интервале $t_i < t < t_{i+1}$, а затем вычисляется поправка ΔZ .

Заключение

Выполнение тральных работ на участках ВВП посредством АТК позволит картографически документировать результаты проведения тральных работ в автоматизированном режиме, гарантировать обеспечение чистоты протрального участка с высокой вероятностью, вести постоянное документирование учетных записей, фиксирующих прохождения трала; оптимизировать затраты на проведение тральных работ. Проведение тральных работ с применением ЭНК и современных гидроакустических средств позволит повысить качество производимых путевых работ и, следовательно, безопасность судоходства на ВВП РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сикарев А. А. Особенности проведения путевых работ перспективными автоматизированными тральными комплексами на внутренних водных путях Российской Федерации / А. А. Сикарев, В. В. Каретников, И. Г. Кузнецов, Р. В. Волков // Морская радиоэлектроника. — 2013. — № 4 (46). — С. 34–37.
2. Weintrit A. Geoinformatics in Hydrography and Marine Navigation / A. Weintrit // Geoinformatics for Marine and Coastal Management. — CRC Press, 2016. — Pp. 323–348.

3. Баглюк Ю. В. Применение автоматизированного промерного комплекса для создания и корректуры электронных навигационных карт внутренних водных путей / Ю. В. Баглюк, И. А. Башмаров, В. В. Секачев, А. Н. Ратнер // Морской вестник. — 2008. — № 1. — С. 62–64.
4. Каретников В. В. Перспективы комплексирования речных инфокоммуникационных технологий для повышения безопасности судоходства на внутренних водных путях / В. В. Каретников, В. А. Бекряшев // Речной транспорт (XXI век). — 2014. — № 2 (67). — С. 49–53.
5. Каретников В. В. Опыт применения современных инфокоммуникационных технологий для повышения точности речных электронных навигационных карт / В. В. Каретников, Д. Ф. Миляков, С. В. Рудых // Речной транспорт (XXI век). — 2015. — № 5 (76). — С. 35–37.
6. Каретников В. В. Использование современных телекоммуникационных средств для навигационно-гидрографического обеспечения судоходства на внутренних водных путях России / В. В. Каретников, С. В. Рудых, М. А. Петров // Морская радиоэлектроника. — 2016. — № 3(57). — С. 12–15.
7. Чистяков Г. Б. Использование современных аппаратно-программных комплексов для проведения путевых работ на внутренних водных путях / Г. Б. Чистяков // Морская радиоэлектроника. — 2012. — № 2. — С. 20–23.
8. Рудых С. В. Использование глобальных навигационных спутниковых систем в автоматизированных системах контроля землечерпательных работ / С. В. Рудых // Морская радиоэлектроника. — 2012. — № 4. — С. 38–41.
9. Каретников В. В. К вопросу использования интерферометрического гидролокатора бокового обзора при производстве путевых работ на внутренних водных путях РФ / В. В. Каретников, В. А. Бекряшев, Р. Ф. Волков // Евразийский союз ученых. — 2015. — № 2–2 (11). — С. 106–107.
10. Производство тралных работ. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://svaika.ru/proizvodstvo-tralnich-rabot> (дата обращения: 10.07.2017).
11. Заседание Совета руководителей администраций бассейнов внутренних водных путей [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.morflot.ru/lenta/n3094.html> (дата обращения: 13.07.2017).
12. ЗАО «Мариметр» — поставщик навигационного оборудования. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.marimeter.ru/> (дата обращения: 09.07.2017).
13. Гладков Г. Л. Обеспечение условий судоходства на внутренних водных путях / Г. Л. Гладков // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. — 2014. — Тематическое приложение № 1. — С. 8–14.
14. Костарев С. А. Камский бассейн: Камводпуть: из прошлого в будущее. [Электронный ресурс] / С. А. Костарев. — Режим доступа: <http://morvesti.ru/analitics/detail.php?ID=26561> (дата обращения 09.07.2017).
15. Нестеров Н. А. Некоторые аспекты навигационно-гидрографического обеспечения дноуглубительных работ / Н. А. Нестеров, В. Н. Проворов, Н. Г. Пономаренко // Геодезия и картография. — 2008. — № 8. — С. 40–46.

REFERENCES

1. Sikarev, A. A., V. V. Karetnikov, I. G. Kuznetsov, and R. V. Volkov. “Features of track work perspective automated trawling complex on inland waterways of the Russian Federation.” *Marine Radio-electronics* 4(46) (2013): 34–37.
2. Weintrit, Adam. “Geoinformatics in Hydrography and Marine Navigation.” *Geoinformatics for Marine and Coastal Management*. CRC Press, 2016: 323–348.
3. Baglyk, Y. V., I. A. Bashmarov, V. V. Sekachev, and A. N. Ratner. “Use of automated sounding system for the adjustment and correction of electronic navigation charts of inland waterways.” *Morskoy Vestnik* 1 (2008): 62–64.
4. Karetnikov, V. V., and V. A. Bekryashev. “Perspektivy kompleksirovaniya rechnykh infokommunikatsionnykh tekhnologii dlya povysheniya bezopasnosti sudokhodstva na vnutrennikh vodnykh putyakh.” *River transport (XXIst century)* 2(67) (2014): 49–53.
5. Karetnikov, V. V., D. F. Milyakov, and S. V. Rudykh. “Opyt primeneniya sovremennykh infokommunikatsionnykh tekhnologii dlya povysheniya tochnosti rechnykh elektronnykh navigatsionnykh kart.” *River transport (XXIst century)* 5(76) (2015): 35–37.
6. Karetnikov, V. V., S. V. Rudykh, and M. A. Petrov. “The use of modern telecommunication equipments for shipping condition on the inland waterways of the Russian Federation.” *Marine Radio-electronics* 3(57) (2016): 12–15.

7. Chistyakov, G. B. "Application of the advanced program production complexes for performing waterway works on the inland waterways." *Marine Radio-electronics* 2 (2012): 20–23.
8. Rudy'kh, S. V. "Use of global navigation satellite systems in automated control and positioning systems at dredging works." *Marine Radio-electronics* 4 (2012): 38–41.
9. Karetnikov, V. V., V. A. Bekryashev, and R. F. Volkov. "K voprosu ispol'zovaniya interferometricheskogo gidrolokatora bokovogo obzora pri proizvodstve putevykh rabot na vnutrennikh vodnykh putyakh RF." *Evrasiiskii soyuz uchenykh* 2-2(11) (2015): 106–107.
10. Proizvodstvo tral'nykh rabot. Web 10 July 2017 <<http://svaika.ru/proizvodstvo-tralnich-rabot>>.
11. Zasedanie Soveta rukovoditelei administratsii basseinov vnutrennikh vodnykh putei. Web 13 July 2017 <<http://www.morflot.ru/lenta/n3094.html>>.
12. ZAO «Marimetr» - postavshchik navigatsionnogo oborudovaniya. Web 9 July 2017 <<http://www.marimeter.ru/>>
13. Gladkov, G. L. "Obespechenie uslovii sudokhodstva na vnutrennikh vodnykh putyakh." *Transport Rossiiskoi Federatsii. Zhurnal o nauke, praktike, ekonomike* Tematicheskoe prilozhenie 1 (2014): 8–14.
14. Kostarev, S. A. "Kamskii bassein: Kamvodput': Iz proshlogo v budushchee." Web 9 July 2017 <<http://morvesti.ru/analitics/detail.php?ID=26561>>.
15. Nesterov, N. A., V. N. Provorov, and N. G. Ponomarenko. "Several aspects of navigation-hydrographical providing of dredging works." *Geodesy and Cartography* 8 (2008): 40–46.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Каретников Владимир Владимирович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: spguwc-karetnikov@yandex.ru,
kaf_svvp@gumrf.ru
Ратнер Елизавета Александровна — аспирант
Научный руководитель:
Зайцев Алексей Иванович
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: elizaveta.a.ratner@gmail.com,
kaf_svvp@gumrf.ru
Зайцев Алексей Иванович —
кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: kaf_svvp@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Karetnikov, Vladimir V. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: spguwc-karetnikov@yandex.ru,
kaf_svvp@gumrf.ru
Ratner, Elizaveta A. — Postgraduate
Supervisor:
Zaitsev, Aleksei I.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: elizaveta.a.ratner@gmail.com,
kaf_svvp@gumrf.ru
Zaitsev, Aleksei I. —
PhD
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: kaf_svvp@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 15 июля 2017 г.
Received: July 15, 2017.