

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОГО ТРЕКИНГА

Я. А. Ивакин^{1,2*}, С. Н. Потапычев^{1,2}

¹АО «Концерн «ОКЕАНПРИБОР»», 198226, Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук,
199178, Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Адрес для переписки: yan_a_ivakin@mail.ru

Аннотация—Научно-методический инструментарий геохронологического трекинга нашел самое широкое применение при проведении ретроспективных исследований особенностей применения отдельных изделий наукоемкой и дорогостоящей техники различных видов. **Предмет исследования.** Результаты таких исследований являются основой для организации сервисного обслуживания, построения логистических схем снабжения, развертывания сетей обеспечения и пр. Реализуемость таких исследований сегодня особенно актуальна для изделий отечественной гидроакустической техники гражданского назначения. **Метод.** Конкурентное состояние ответственной отрасли точного морского приборостроения объективно требует системного подхода к изучению особенностей спроса и применения на указанные изделия. **Основные результаты.** Именно инструментарий геохронологического трекинга может стать основой нового подхода к планированию продвижения изделий отечественной гидроакустической техники на российский и международный рынок. **Практическая значимость.** Предлагаемая информационная технология позволит добиться роста эффективности в организации процессов обслуживания и поддержания технической готовности дорогостоящих изделий гидроакустической техники. Рассмотрению качественно новых возможностей указанного инструментария, а также рационализации соответствующего алгоритмического аппарата посвящена данная статья.

Ключевые слова—Гидроакустическая техника, геоинформационные системы, технологии для логистических исследований, геохронологический трек и трекинг, изоморфизм графов, оптимизация алгоритма, ретроспективные исследования, информационно-сопроводительная сеть.

Информация о статье

УДК 681.1.003

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 12.05.20, принята к печати 15.06.20.

Ссылка для цитирования: Ивакин Я. А., Потапычев С. Н. Информационная технология исследований особенностей применения изделий гидроакустической техники на основе геохронологического трекинга // Информационные технологии и телекоммуникации. 2020. Том 8. № 2. С. 109–119. DOI 10.31854/2307-1303-2020-8-2-109-119.

INFORMATION TECHNOLOGY OF RESEARCH OF THE FEATURES OF THE USE OF PRODUCTS OF HYDROACOUSTIC EQUIPMENT BASED ON GEOCHRONOLOGICAL TRACKING

Y. Ivakin^{1,2*}, S. Potapychev^{1,2}

¹JSC «Concern «Oceanpribor», St. Petersburg, 198226, Russia

²St. Petersburg Institute of Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences,
St. Petersburg, 199178, Russia

*Corresponding author: yan_a_ivakin@mail.ru

Abstract— The scientific and methodological tools of geochronological tracking have found the widest application in retrospective studies of the features of the use of individual products of high technology and expensive technology of various types. **Subject of study.** The results of such studies are the basis for organizing service, building logistic supply schemes, deploying supply networks, etc. The feasibility of such studies is especially relevant today for products of domestic hydroacoustic equipment for civil purposes. **Method.** The competitive state of the responsible industry of precision marine instrumentation objectively requires a systematic approach to studying the characteristics of demand and application for these products. **Main results.** It is the geochronological tracking toolkit that can become the basis for a new approach to planning the promotion of products of domestic hydroacoustic equipment to the Russian and international markets. **Practical relevance.** The proposed information technology will make it possible to achieve an increase in efficiency in organizing maintenance processes and maintaining the technical readiness of expensive hydroacoustic equipment. This article is devoted to the consideration of the qualitatively new capabilities of the specified tools, as well as the rationalization of the corresponding algorithmic apparatus.

Keywords—Hydroacoustic equipment, geoinformation systems, technologies for logistic research, geochronological track and tracking, graph isomorphism, algorithm optimization, retrospective studies, information and accompanying network.

Article info

Article in Russian.

Received 12.05.20, accepted 15.06.20.

For citation: Ivakin Y., Potapychev S.: Information Technology of Research of the Features of the Use of Products of Hydroacoustic Equipment Based on Geochronological Tracking // Telecom IT. 2020. Vol. 8. Iss. 2. pp. 109-119 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2020-8-2-109-119.

Введение

Результаты ретроспективных исследований применения образцов современной наукоемкой и дорогостоящей техники различных видов есть база синтеза решений на принятие логистических расписаний и их рационализации по числу задействованных средств поддержки, по суммам требуемого финансирования и др. Этот тезис в полной мере относится к изделиям отечественной гидроакустической техники. Конструктивный рост сложности гидроакустической техники, принципов и алгоритмов обработки гидроакустических сигналов, подходов к освещению подводной обстановки, в своей совокупности, требуют

дальнейшего развития методов и форм логистической поддержки технической готовности изделий указанного вида, а также внедрения в практику новых способов обеспечения такой готовности.

Научно-методический инструментарий геохронологического трекинга нашел самое широкое применение при проведении ретроспективных исследований особенностей применения различных объектов, изделий и артефактов, что показано в работах [1, 2, 3]. На основе аппарата геохронотрекинга синтезирована математическая последовательность проверки гипотез ретроспективного исследования о тенденциях в развитии процессов движения объектов транспорта, использования комплексов мониторинга, контроля трасс движения и др. В современных условиях эта математическая последовательность проверки на базе геохронологического трекинга применяется в целях оптимизации поставочно-снабжающих сетей, оптимизации работы систем пространственной диспетчеризации и пр. Её математическое существо заключается в оценке статистической значимости изоморфизма соответствующих графов. То есть, результирующий граф геохронотрекинга рассматривается в качестве граф-базиса; в структуре такого граф-базиса устанавливается подграф изоморфный данному. Иными словами, констатируется факт взаимного, однозначного отображения более простого графа 1 на подграф граф-базиса 2. При этом сохраняется отношение инцидентности, согласно [4]. Граф, к которому на изоморфное соответствие в составе граф-базиса определяется подграф, своей структурой задает соответствующую гипотезу ретроспективного исследования об особенности в использовании, имеющей устойчивый характер. Далее рассчитывается значение показателей устойчивости в признании гипотезы ретроспективного исследования об устанавливаемой особенности с применением математического аппарата доверительной вероятности и доверительных интервалов [5].

1. Необходимость ретроспективных исследований особенностей размещения и применения изделий гидроакустической техники

Современный облик систем и изделий отечественной гидроакустической техники определяется спецификой технической реализации основных задач подводного мониторинга и зондирования водной среды. Современный этап развития гидроакустической техники для традиционных её форм реализации (эхолоты, гидроакустические и геофизические комплексы, станции звукоподводной связи, рыбопоисковые средства и пр.) характеризуется:

- достижением определенного предела в развитии возможностей современных гидроакустических комплексов (ГАК), ориентированных на самостоятельно-автономное применение. Потенциал таких ГАК, определяемый в первую очередь апертурой основных антенн, достиг теоретического максимума, и даже появление конформных антенн, имеющих в определенном секторе углов преимущества по дальности действия, проблему наращивания указанной дальности коренным образом не решает. Перспективы развития таких комплексов связаны с разработанными в последние годы технологиями создания покровных бортовых антенн, как пьезокерамических, так и пьезопленочных, волоконно-оптических, устойчивых к воздействию гидродинамической и структурной помехи, что позволит получить мощную систему освещения подводной обстановки,

работающую в бистатическом режиме и обеспечивающую при этом более высокие дальности действия по отношению к существующим современным изделиям гидроакустической техники [6, 7, 8, 9];

- ориентацией на сетицентрический подход в организации освещения обстановки, предусматривающий не только получение данных об обстановке от ГАК носителя, но от элементов выносной акустики и неакустических средств (т. е. радиогидроакустических буев, быстро разворачиваемых элементов освещения подводной обстановки, автономных необитаемых подводных аппаратов и пр.), а также за счет приема и использования информации от стационарных и позиционных систем сбора данных о морской обстановке при вхождении в зону их действия. При таком подходе носитель ГАК может являться информационным центром, объединяющим всю имеющуюся в районе действий информацию о подводной обстановке, выставляющим в случае необходимости дополнительные элементы (внешние излучатели, подводные зонды и т. д.), и использующим эту информацию при решении поставленных задач. Альтернативой может быть сбор и обработка информации береговым ситуационным центром, с последующей передачей интегрированной информации потребителям, каждый из которых становится обладателем не только той информации, которую наблюдает непосредственно он, но и той, которую наблюдают другие элементы сети в районе действий наблюдателя [8, 10, 11, 12, 13];

- широким применением в составе ГАК как новых поколений материалов и комплектующих (пьезокерамических материалов, датчиков, микроэлектронной базы и пр.), так и следующего поколения прикладного программного обеспечения, ориентированного не только на обработку гидроакустических сигналов, но и на использование расчетных моделей применения средств и сил, экспертные системы поддержки принятия решений, интерпретацию вскрываемой объемной обстановки с использованием цифровых картографических наборов данных и пр. [13, 14, 15].

Вместе с тем, анализ работ [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15] показывает, что современное приборостроение для морской сферы деятельности все в большей степени ориентируется на повышение эффективности создания и применения гидроакустических средств за счет учета положительных результатов предыдущего их использования, минимизации их массогабаритных характеристик, при сохранении или увеличении зондирующего потенциала. Этот факт вызвал к жизни появление новых классов задач в ретроспективных исследованиях применения изделий указанного вида техники. Применение и стационарное размещение дорогостоящих объектов гидроакустической техники сегодня опирается на результаты детального исследования различных вариантов размещения [15]. Именно этим фактом определяется актуальность применения различных геоинформационных методов и технологий изучения тенденций в пространственном распределении прикладных процессов, и в частности, метода и программно-методического инструментария геохронотрекинга.

Приведенное выше обобщенное описание современного этапа развития отечественной гидроакустической техники позволяет сделать вывод о прогрес-

сирующем росте сложности создаваемых и разрабатываемых изделий этого вида приборов мониторинга и наблюдения, об объективном увеличении их стоимости и меры ответственности эксплуатантов за обоснованное и эффективное размещение в геопространстве, своевременное обеспечение их технической готовности к применению по назначению.

2. Архитектура функциональной реализации базовых программных решений

В процессе алгоритмизации методик геохронотрекинга, описанных в [1, 3], была разработана и усовершенствована единая, рациональная процедура проверки статистической устойчивости вложения изоморфных подграфов-гипотез в базовый граф-трек. Особенности алгоритмического представления геохронотрекинга в целом обеспечивают требуемую эффективность и точность её применения в прикладных исследованиях использования изделий гидроакустической техники. Высочайшая вычислительная сложность основного алгоритма выявления изоморфного вложения в граф-базис задает высокую планку требований к логико-корректному и точному программному исполнению такой процедуры при её практическом использовании. Первоначальная архитектура реализации процедуры статистической проверки гипотез применения изделия гидроакустической техники на базе геохронотрекинга не являлась оптимальной, что показано в нотации блок-схем на рис. 1 (см. ниже).

Этот факт определил необходимость задания соответствующей оптимизационной задачи указанного алгоритма. Такая оптимизационная задача была поставлена и решена: результаты решения оптимизационной задачи приведены в работе [5].

Решение указанной оптимизационной задачи позволило обосновать необходимость и структуру соответствующей информационно-сопроводительной сети данных по эксплуатации изделий гидроакустической техники. Программные и программно-технические решения по сбору и обработке информации в указанной сети составляют существо предлагаемой в данной работе информационной технологии. Так, в частности, на рис. 1 показана функциональная архитектура прикладного программного обеспечения для территориального узла указанной информационно-сопроводительной сети.

В свою очередь, в работах [16, 20] обоснована технологическая архитектура представленной информационно-сопроводительной сети. Эта архитектура предполагает 3-и уровня воплощения в жизнь её функциональности – сбора данных по кругу жизненного цикла в эксплуатации гидроакустической техники. Эти уровни увязаны с существующими научными подходами к гармонизации, интеграции и слиянию информации в сетях интегрального обслуживания. На рис. 2 (см. ниже) показана функциональная архитектура программно-технического решения центрального узла описываемой информационно-сопроводительной сети в обобщенном виде. Эта архитектура позволяет судить об описываемой информационной технологии как о базовой для всех более конкретизированных программных решений. Дальнейшее улучшение таких программных решений и итоговое возрастание потенциала представленной информационно-сопроводительной сети задаст принципиальное улучшение хода эксплуатации изделий российской гидроакустической техники, а также откроет

новые перспективы для совершенствования методов и форм эксплуатации всех видов изделий морского приборостроения.

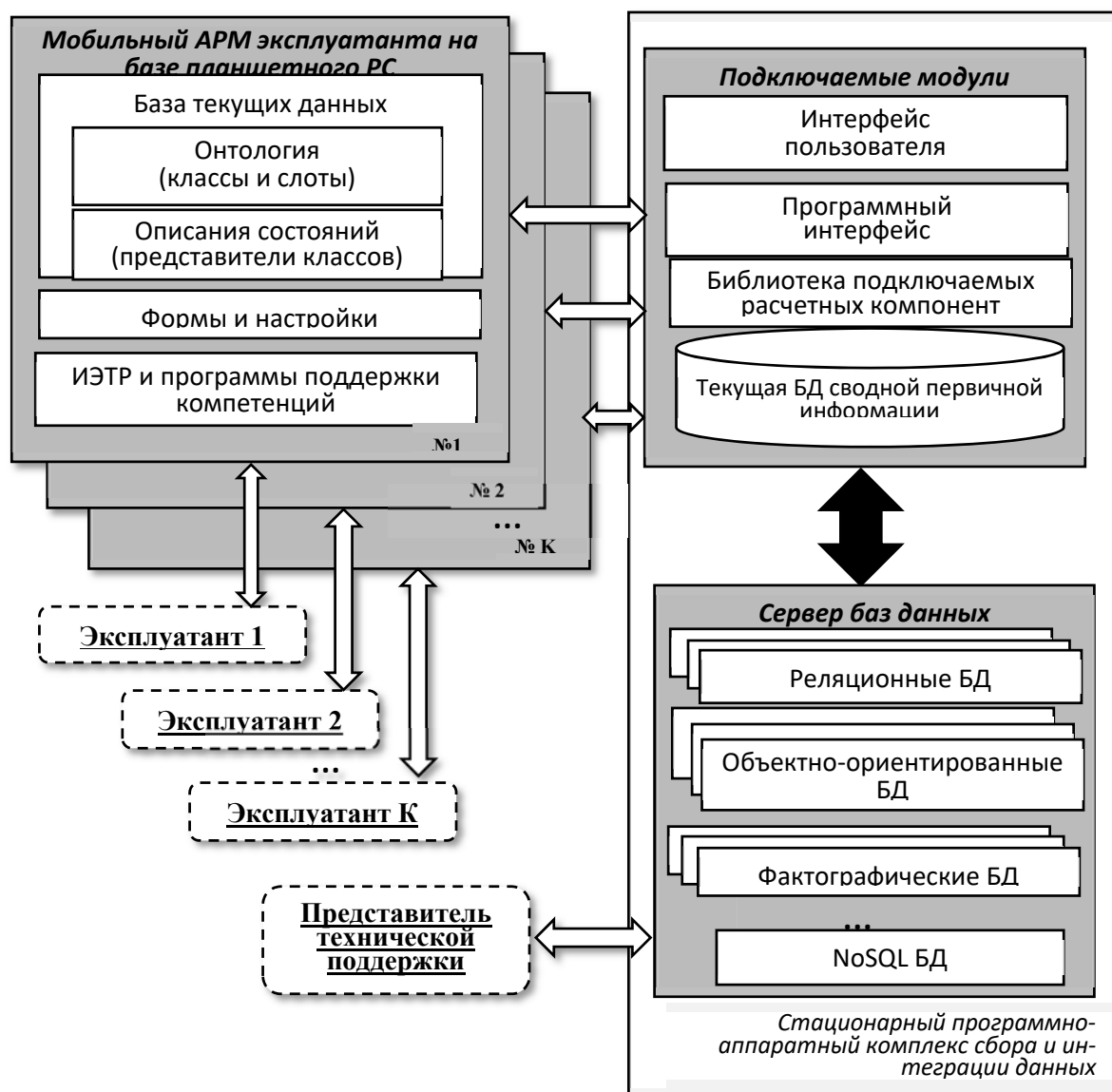


Рис. 1. Функциональная архитектура прикладного программного обеспечения для территориального узла информационно-проводительной сети

В конечном итоге, описанное выше решение оптимизационной задачи позволило задать свойство варибельности в использовании процедуры проверки стат. гипотез на базе геохронотрекинга для тех или иных комбинаций входных данных, показателей точности, объемов выделенных ресурсов и пр. Это способствовало внедрению и программной реализации средств поддержки геохронотрекинга, как автоматизированного метода ретроспективных исследований применения гидроакустической техники.

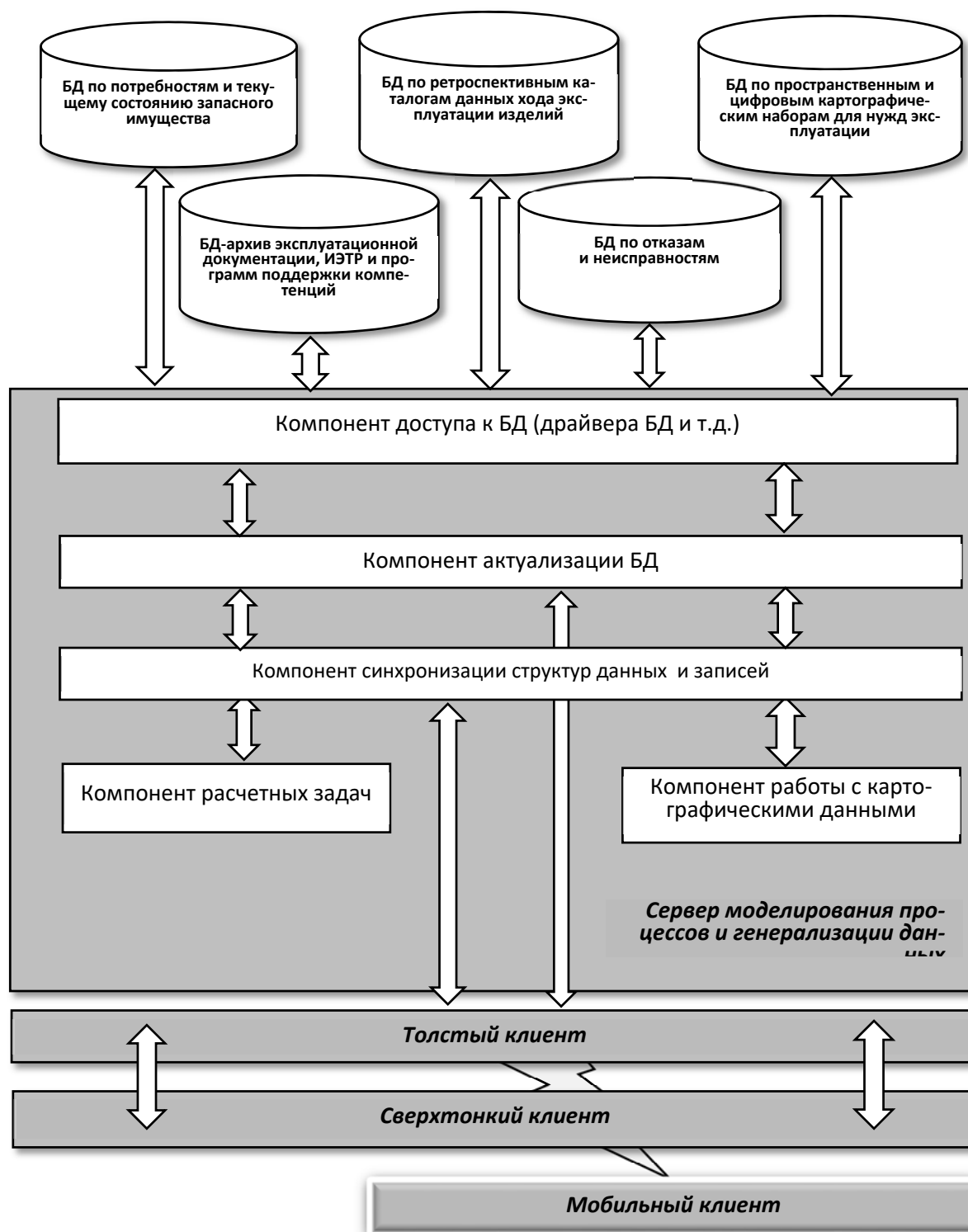


Рис. 2. Функциональная архитектура центрального узла информационно-сопроводительной сети в обобщенном виде

Рационализация информационной технологии ретроспективных геоинформационных исследований применения гидроакустической техники на базе научно-методического аппарата геохронологического трекинга обеспечивает рост результативности и точности такого применения в ходе оценки эффективности развертывания антенн, сопутствующих телекоммуникационных сетей

и пр. на географическом пространстве (в подводной среде). Очевидно, что дальнейшие усилия по развитию технологии проверки гипотез ретроспективного исследования на базе геохронотрекинга сопряжены с синтезом и структурированием инвариантов, упрощающих ход выявления и строгого упорядочения изоморфных вложений-графгипотез в граф-базис геохронологического трека, соответствующего всему множеству вариантов использования изделий гидроакустической техники. Граничные условия для решения указанных задач рационализации будут границами множества вещественных чисел с назначенными над ней алгебраическими и логическими действиями.

Перспективность дальнейших работ по совершенствованию научно-методического инструментария геохронологического трекинга и соответствующих геоинформационных алгоритмов тесно увязана с использованием средств искусственного интеллекта для анализа больших данных. В данном случае речь идет о таких технологиях как: мягкие вычисления, экспертные системы, системы нечеткой логики, Data Mining, Big Data и другие¹ [16, 17, 18, 19]. Этот факт дает базу полагать, что возможно расширение практической сферы применения геохронотрекинга в научно-методическом инструментарии поддержки проектно-технических решений, базирующихся на анализе фактов применения соответствующих гидроакустических комплексов и средств.

Новое качество взаимодействия предприятий морского приборостроения и соответствующих потребителей при эксплуатации изделий гидроакустической техники определяется необходимостью удовлетворения объективной потребности современного общества в эффективной информационной инфраструктуре мониторинга и зондирования обстановки в водах внутренних акваторий, морей и Мирового Океана. При этом должна обеспечиваться возможность оперативного (быстрого) получения и полноценного обмена данными о текущем и ретроспективном состоянии изделий гидроакустической техники в электронном формате между всеми участниками рассматриваемого процесса. Это новое качество выражается в виде новых возможностей формирования данных о ходе эксплуатации и применения по назначению изделий отечественной гидроакустической техники на базе геохронологического трекинга, что может стать основой нового маркетингового подхода к планированию продвижения изделий отечественной гидроакустической техники на российский и международный рынок [20]. Придание этих возможностей разработчикам, производителям и эксплуатантам средств современной гидроакустики есть злободневная потребность реальной практики в эксплуатации дорогостоящих образцов морского, наукоемкого приборостроения.

Заключение

Предлагаемый подход к выбору варианта автоматизации научно-методического инструментария геохронологического трекинга в исследовательских задачах применения и размещения изделий отечественной гидроакустической техники позволяет существенно повысить точность оценок эффективности

¹ ГОСТ 25866-83 Эксплуатация техники. Термины и определения (с Изменением N 1) [Электронный ресурс] // Электронный фонд. Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200009513> (дата обращения январь 2020).

и качество принятия решений по организации обслуживания и поддержания технической готовности дорогостоящих изделий указанного вида техники.

Для совершенствования процесса ретроспективных исследований особенностей применения отдельных изделий наукоемкой и дорогостоящей техники указанного вида, в интересах повышения их уровня технической готовности, в качестве средств автоматизированного обоснования проектных решений представляется перспективным использование предлагаемой информационно-сопроводительной сети в сопряжении с соответствующими удаленными базами данных с цифровыми тематическими картографическими наборами пространственных данных. Это позволит обеспечить качественный рост возможностей по организации сервисного обслуживания, построения логистических схем снабжения, развертывания сетей обеспечения, прогнозирования технических состояний рассматриваемых изделий гидроакустической техники.

В перспективе данный подход может быть также использован и для более точной оценки вопросов взаимозаменяемости и рациональной доукомплектации отдельных изделий гидроакустической техники одного конструктивного решения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №19-07-00006).

Литература

1. Ивакин Я. А., Потапычев С. Н., Ивакин Р. Я. Рациональный алгоритм проверки гипотез ретроспективных исследований использования водного транспорта на базе геохронологического трекинга // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2019. Т. 11. № 3. С. 448–460. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-3-448-460.
2. Потапычев С. Н., Ивакин Я. А. Геохронологический трекинг – специализированный ГИС-инструментарий исторического исследования // Журнал «Историческая информатика. Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании». 2016. № 1–2. С. 3–11.
3. Ивакин Я. А., Потапычев С. Н. Информационная технология геохронологического трекинга для проверки гипотез ретроспективных исследований использования водного транспорта // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2018. Т. 10. № 2. С. 452–461. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-452-461.
4. Зыков А. А. Основы теории графов. М.: Вузовская книга, 2004. 664 с.
5. Воротников В. И., Вохмянина А. В. Метод линеаризующей обратной связи в задаче управления по части переменных при неконтролируемых помехах // Труды СПИИРАН. 2018. № 6 (61). С. 61–93. DOI:10.15622/sp61.3.
6. Ивакин Р. Я., Ивакин Я. А., Потапычев С. Н. Оптимизированный алгоритм статистической проверки гипотез ретроспективных исследований на основе геохронологического трекинга // Труды учебных заведений связи. 2020. Т. 6. № 1. С. 86–93. DOI:10.31854/1813-324X-2020-6-1-86-93.
7. Шатохин А. В. Информационно-сопроводительная сеть – новый подход к эксплуатации гидроакустического вооружения // Национальная оборона. 2020. № 2 (42). С. 81–88.
8. Шатохин А. В., Ивакин Я. А. Информационная инфраструктура поддержки эксплуатации гидроакустического вооружения ВМФ предприятиями морского приборостроения // Гидроакустика. 2020. № 42 (2). С. 38–47.
9. Коваленко В. В. Информационно-управляющие системы в задачах подводного наблюдения и обеспечения скрытности объектов // Морские информационно-управляющие системы. 2019. № 1 (19). С. 10–24.

10. Коваленко В. В. Состояние и мировые тенденции развития систем подводного наблюдения. // Морские информационно-управляющие системы. 2016. № 2 (10). С. 18–33.
11. Коваленко В. В., Корчак В. Ю., Хилько А. И., Чумаченко Б. Н. Сетевые мультистатические системы подводного наблюдения // Коллективная монография «Фундаментальная наука – Военно-морскому флоту». Материалы круглого стола в рамках VII Международного военно-морского салона МВМС-2017. Тверь, 2018. С. 30–40.
12. Ивакин Я. А., Потапычев С. Н. Модель информационно-сопроводительной сети для изделий отечественного гидроакустического вооружения // Гидроакустика. 2019. № 39 (3). С. 81–88.
13. Коваленко В. В. Океанологическое обеспечение распределенных систем подводного наблюдения // Морские информационно-управляющие системы. 2016. № 2 (10). С. 68–79.
14. Лоскутова Г. В., Полканов К. И. Пространственно-частотные и частотно-волновые описания и обработки гидроакустических полей. СПб.: Наука, 2007. 239 с.
15. Корякин Ю. А., Смирнов С. А., Яковлев Г. В. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы. СПб.: Наука, 2004. 410 с.
16. Теория обнаружения и поиска подвижных объектов / Под общей ред. д-ра техн. наук В. В. Поповича. СПб.: Наука, 2016. 424 с.
17. Лаверов Н. П., Попович В. В., Ведешин Л. А., Коновалов В. Е. Современные методы и возможности системы освещения обстановки в Арктике в интересах обеспечения безопасности Северного морского пути // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 141–157.
18. Красников И. А., Родимова Р. И. Создание систем технического диагностирования гидроакустических комплексов // Гидроакустика. 2019. № 37 (1). С. 47–55.
19. Красников И. А. Прогнозирующий контроль многоканальной части гидроакустического комплекса // Гидроакустика. 2019. № 38 (2). С. 59–66.
20. Потапычев С. Н., Ивакин Я. А. Использование геопространственных данных для интеллектуальной поддержки принятия диспетчерских решений // Вестник СПбГУТиД. Серия 1. Естественные и технические науки. 2018. № 2. С. 24–32.
21. Шатохин А. В., Ивакин Я. А. Новое качество взаимодействия предприятий морского приборостроения и служб ВМФ при эксплуатации гидроакустического вооружения // Материалы 15 Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики» ГА-2020. С. 256–264.

References

1. Ivakin, Yan A., Sergei N. Potapichev, and Roman Y. Ivakin. "Optimal algorithm of hypotheses testing at the ship use research based on the geochronological tracking." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.3 (2019): 448–460. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-3-448-460.
2. Ivakin Yan A., Potapichev Sergey N. Geochronology tracking — specialized gis-tool for history researches // *Historical Information Science. Information Technology and Quantitative Methods in Historical Research and Education*. 2016. No. 1-2. pp. 3–11.
3. Ivakin, Yan A., and Sergei N. Potapichev. "Information technology of geochronological tracking for hypotheses testing in research of ship use." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.2 (2018): 452–461. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-452-461.
4. Zykov A. A. *Osnovy teorii grafov*. M.: Vuzovskaya kniga, 2004. 664 s.
5. Vorotnikov V. I., Vokhmyanina A. V. Feedback liniarization method for problem of control of a part of variables in uncontrolled disturbances // *SPIIRAS Proceedings*. 2018. No. 6 (61). pp. 61–93. DOI:10.15622/sp61.3
6. Ivakin R. Y., Ivakin Y. A., Potapichev S. N. Refinement algoritm of hypotheses testing research based on geochronological tracking // *Proceedings of telecommunication universities*. 2020. Vol. 6. Iss. 1. pp. 86–93. DOI:10.31854/1813-324X-2020-6-1-86-93.
7. SHatohin A. V. Informacionno-soprovoditel'naya set' – novyj podhod k ekspluatatsii gidroakusticheskogo vooruzheniya // *Nacional'naya oborona*. 2020. № 2 (42). S. 81–88.

8. Shatohin A. V., Ivakin YA. A. Informacionnaya infrastruktura podderzhki ekspluatatsii gidroakusticheskogo vooruzheniya VMF predpriyatiyami morskogo priborostroeniya // Scientific and technical journal «HYDROACOUSTICS». 2020. № 42 (2). S. 38–47.
9. Kovalenko V. V. Informacionno-upravlyayushchie sistemy v zadachah podvodnogo nablyudeniya i obespecheniya skrytnosti ob"ektov // Morskie informacionno-upravlyayushchie sistemy. M.: AO «Koncern «Morinsis-Agat», 2019. № 1 (19). S. 10–24.
10. Kovalenko V. V. Sostoyanie i mirovye tendencii razvitiya sistem podvodnogo nablyudeniya // Morskie informacionno-upravlyayushchie sistemy. 2016. № 2 (10). S. 18–33.
11. Kovalenko V. V., Korchak V. YU., Hil'ko A. I., CHumachenko B. N. Setevye mul'ti-staticheskije sistemy podvodnogo nablyudeniya // Kollektivnaya monografiya «Fundamental'naya nauka – Voenno-morskomu flotu». Materialy kruglogo stola v ramkah VII Mezhdunarodnogo voennomorskogo salona MVMS-2017. Tver', 2018. S. 30–40.
12. Ivakin J. A., Potapychev S. N. Model of information and maintenance network for products of domestic sonar armament // Scientific and technical journal «HYDROACOUSTICS». No. 39 (3). pp. 81–88.
13. Kovalenko V. V. Okeanologicheskoe obespechenie raspredelennykh sistem podvodnogo nablyudeniya // Morskie informacionno-upravlyayushchie sistemy. 2016. № 2 (10). S. 68–79.
14. Loskutova G. V., Polkanov K. I. Prostranstvenno-chastotnye i chastotno-volnovye opisaniya i obrabotki gidroakusticheskikh polej. SPb.: Nauka, 2007. 239 s.
15. Koryakin YU. A., Smirnov S. A., YAKovlev G. V. Korabel'naya gidroakusticheskaya tekhnika: sostoyanie i aktual'nye problemy. SPb.: Nauka, 2004. 410 s.
16. Teoriya obnaruzheniya i poiska podvizhnykh ob"ektov / Pod obshej red. d-ra tekhn. nauk V. V. Popovicha. SPb.: Nauka, 2016. 424 s.
17. Laverov N. P., Popovich V. V., Vedeshin L. A., Konovalov V. E. Modern approaches and capabilities of the Arctic monitoring system for maritime safety of the Northern Sea route // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2017. Vol. 14. No. 3. pp. 141–157.
18. Krasnikov I. A., Rodimova R. I. Creation of technical diagnosis systems of intergated sonar systems // Scientific and technical journal «HYDROACOUSTICS», 2019. No. 37 (1). pp. 47–55.
19. Krasnikov I. A. Predictive control of multichannel part of sonar suite // Scientific and technical journal «HYDROACOUSTICS», 2019. No. 38 (2). pp. 59–66.
20. Potapychev S. N., Ivakin Ya. A. Using geophysical data for intelligent support of acceptance of control board decisions // Vestnik of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1. Natural and technical sciences. 2018. No. 2. pp. 24–32.
21. Shatohin A. V., Ivakin Ya. A. Novoe kachestvo vzaimodejstviya predpriyatij morskogo priborostroeniya i sluzhb VMF pri ekspluatatsii gidroakusticheskogo vooruzheniya // Materialy 15 Vserossijskoj konferencii «Prikladnye tekhnologii gidroakustiki i gidrofiziki» GA-2020. S. 256–264.

Ивакин Ян Альбертович – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, АО «Концерн «ОКЕАНПРИБОР», ivakin@oogis.ru

Ivakin Yan – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Leading Researcher, St. Petersburg Institute of Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, JSC «Concern «Oceanpribor», ivakin@oogis.ru

Потапычев Сергей Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, АО «Концерн «ОКЕАНПРИБОР», potapychev@mail.ru

Potapichev Sergey – Candidate of Engineering Sciences, Senior Research Officer, St. Petersburg Institute of Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, JSC «Concern «Oceanpribor», potapychev@mail.ru