

УДК 621.396, 656.629

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.44.1.023](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.44.1.023)

## Концепция построения телекоммуникационной подсистемы системы управления движением пассажирских судов в городе Москве

С.Ф. Шахнов, С.В. Смоленцев, А.А. Буцанец, А.А. Иванова✉

*ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Российская Федерация*

**Резюме.** Возрастающая плотность движения водного транспорта в Москве требует упорядочения движения многочисленных туристических, прогулочных и рейсовых судов, а также обеспечения необходимого уровня безопасности пассажирских перевозок. Создаваемая Правительством города Москвы система организации движения пассажирских судов (СОД ПС) призвана решить указанные проблемы в акватории центрального бьефа города Москвы между шлюзами № 9 и № 10. В статье разработана концепция СОД ПС для города Москвы на основе инженерно-кибернетического подхода. Обоснован выбор системы высшего уровня (мета-системы), требованиям которой должна удовлетворять проектируемая система. Представлена структурная схема СОД ПС, включающая в себя пять подсистем. Рассмотрены факторы, определяющие свойства проектируемой системы, и ограничения, влияющие на функционирование СОД ПС. Разработанная концепция СОД ПС для города Москвы позволила выделить рациональную структуру телекоммуникационной подсистемы, формирующую каналы для мониторинга и управления элементами СОД ПС и осуществляющую обмен информацией между ними, а также между СОД ПС и внешними системами, и определить ее задачи. Описаны каналы связи, входящие в состав подсистемы телекоммуникации. Представлены внешние и внутренние факторы, способные повлиять на функционирование проектируемой СОД ПС и ее подсистемы телекоммуникации. Обоснована необходимость ввода в проектируемую СОД ПС модуля расчета точки встречи судов под мостами. Описаны способы передачи аварийных сигналов между СОД ПС и внешними системами. Представлен пример расстановки ретрансляторов УКВ-связи вдоль пассажирского маршрута № 1 на изгибах реки. Сделан вывод об оптимальности структуры подсистемы телекоммуникации, которая обеспечивает выполнение поставленных задач при минимизации привлекаемых ресурсов.

**Ключевые слова:** телекоммуникационная подсистема, система организации движения пассажирских судов, акватория Москвы, инженерно-кибернетический подход, канал связи, центр организации дорожного движения Правительства Москвы, АИС, АРМ оператора.

**Для цитирования:** Шахнов С.Ф., Смоленцев С.В., Буцанец А.А., Иванова А.А. Концепция построения телекоммуникационной подсистемы системы управления движением пассажирских судов в городе Москве. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(1). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1518> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.44.1.023

## The concept for designing a telecommunication subsystem of the traffic control system for passenger ships in Moscow

S.F. Shakhnov, S. V. Smolentsev, A.A. Butsanets, A.A. Ivanova✉

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

**Abstract.** The increasing density of water transport traffic in Moscow requires regulating the movement of numerous tourist, pleasure and scheduled boats, as well as ensuring the necessary level of safety for passenger transportation. The government of Moscow is creating a system for organizing the movement

of passenger ships (SOMPS), which is designed to solve these problems in the waters of the central pool of Moscow between locks No. 9 and No. 10. The SOMPS concept for Moscow based on the engineering-cybernetic approach is developed in the paper. The choice of a higher-level system (meta-system), the requirements of which the designed system must satisfy, is justified. A block diagram of the SOMPS, which includes five subsystems, is presented. The factors determining the properties of the designed system and the limitations affecting the functioning of the SOMPS are considered. The developed concept of the SOMPS makes it possible to isolate the optimal structure of the telecommunication subsystem, which provides the necessary channels of control, management and information exchange between the SOMPS elements and external systems, and to determine its tasks. The communication channels that are part of the telecommunication subsystem are described. External and internal factors that can affect the functioning of the designed SOMPS and its telecommunication subsystem are presented. The necessity of introducing a module for calculating the meeting point of vessels under bridges into the designed SOMPS is substantiated. Methods for transmitting alarm signals between the SOMPS and external systems are described. An example of the VHF repeaters placement along the passenger route No. 1 on the river bends is presented. A conclusion about the optimality of the telecommunication subsystem structure, which ensures the fulfillment of assigned tasks while minimizing the resources involved is made.

**Keywords:** telecommunication subsystem, system for organizing the movement of passenger ships, Moscow water area, engineering-cybernetic approach, communication channel, traffic management center of Moscow Government, AIS, automated operator workstation.

**For citation:** Shakhnov S.F., Smolentsev S.V., Butsanets A.A., Ivanova A.A. The concept for designing a telecommunication subsystem of the traffic control system for passenger ships in Moscow. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(1). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1518> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.44.1.023 (In Russ.).

## Введение

Существенный рост внутреннего туризма в Российской Федерации (РФ) привел, в том числе, к значительному росту пассажирских перевозок по внутренним водным путям (ВВП). Этому способствует и набирающий популярность рейсовый городской водный транспорт. Наиболее ярко эти тенденции проявляются в крупных туристических центрах, среди которых выделяется город Москва.

Однако постоянно возрастающая плотность движения водного транспорта в Москве приводит к ряду проблем, связанных с упорядочением движения многочисленных туристических, прогулочных, рейсовых судов, и обеспечения необходимого уровня безопасности пассажирских перевозок.

Для решения этих проблем, а также с целью соблюдения правил плавания, упорядочения расписания движения пассажирских судов различного назначения и контроля за его соблюдением, Правительством города Москвы создается система организации движения пассажирских судов (СОД ПС). Она предназначена для организации и контроля за движением пассажирских судов в акватории центрального бьефа города Москвы между шлюзами № 9 и № 10.

СОД ПС относится к классу организационно-технических систем. Разработка любой организационно-технической системы начинается с создания концепции ее построения. Необходимость концептуального исследования обусловлена потребностью в описании основных свойств проектируемой системы и способствует формированию оптимальной структуры данной системы, которая будет содействовать реализации целей и задач систем более высокого уровня, куда из-за невозможности своего независимого функционирования встраивается проектируемая система [1].

Ключевым компонентом СОД ПС является телекоммуникационная подсистема [2], формирующая каналы для мониторинга и управления элементами СОД ПС и

осуществляющая обмен информацией между ними, а также между СОД ПС и внешними системами. Рациональный вариант структуры телекоммуникационной подсистемы должен предусматривать реализацию всех поставленных задач, привлекая при этом минимальное количество ресурсов. Такой оптимальный вариант структуры может быть получен при разработке концепции СОД ПС для города Москвы.

### Методы и материалы

При разработке концепции СОД ПС в работе [2] был предложен инженерно-кибернетический подход к концептуальным исследованиям, который учитывает не только системную организацию сложных объектов, но и включает в себя эволюционный и управленческий аспекты, обеспечивающие постоянное совершенствование и повышение качества комплексной системы [3]. Там же представлен алгоритм концептуального исследования при создании СОД ПС и ее подсистемы телекоммуникации.

Проектируемая СОД ПС будет организовывать движение судов для перевозки пассажиров по городским маршрутам. Сюда относятся экскурсионные, прогулочные и банкетные суда.

Среди факторов, определяющих условия функционирования СОД ПС города Москвы, наибольшее значение имеют ограничения, связанные с безопасностью судоходства на заданных участках, ограничения по использованию частотного ресурса, а также возможности и состояние инфраструктуры (количество и расположение причалов, количество судов и их навигационные характеристики).

Для определения свойств системы важна способность к адаптации пространственно-временного алгоритма управления судопотоками с учетом влияния внешних и внутренних изменений. Этими факторами является устойчивость и самоорганизация.

Результатом станет рациональная версия структуры системы с учетом потенциальной эффективности этой системы в операции, направленной на достижение цели [4], при этом факторы пространственно-временной последовательности работ и способов связи и взаимодействия между основными элементами системы [5] характеризуют структуру и способы применения системы.

### Результаты

На мета-системном уровне концептуального исследования был произведен выбор мета-системы, в которую будет встроена проектируемая СОД ПС. В нашем случае это могла быть соответствующая служба или система Администрации бассейна «Канал им. Москвы» или центр организации дорожного движения (ЦОДД) Правительства Москвы.

Зоны диспетчерского регулирования на ВВП РФ определены Приказом Минтранса РФ № 47 от 01.03.2010 г<sup>1</sup>. Согласно этому документу, вся акватория центрального бьефа города Москвы между шлюзами № 9 и № 10 подлежит диспетчерскому регулированию.

Однако требования, предъявляемые со стороны городского департамента транспорта к проектируемой системе, значительно шире [2]. Поэтому ЦОДД Правительства Москвы выбран в качестве системы высшего уровня для проектируемой системы.

Процессы, реализуемые проектируемой СОД ПС, представлены на Рисунке 1.

---

<sup>1</sup> Порядок диспетчерского регулирования движения судов на внутренних водных путях Российской Федерации. Москва: Приказ Минтранса РФ № 47 от 01.03.2010.



Рисунок 1 – Процессы, реализуемые проектируемой СОД ПС  
Figure 1 – Processes implemented by the designed SOMPS

СОД ПС может быть построена в двух вариантах: как отдельная  $S^0$ -система [6], согласующая свои действия с мета-системой, или как подсистема комплексной информационной системы мониторинга речного транспорта (КИС МРТ) на водных путях города Москвы, созданной в ЦОДД для мониторинга движения судов и контроля нарушений Правил плавания на ВВП [7].

КИС МРТ включает в себя пять подсистем: видео аналитики речного пространства; диспетчеризации судов; учета нарушений на реке; администрирования и сервисов интеграции. Кроме того, система включает автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, выполняющего функции администрирования и диспетчеризации событий.

Анализ структуры и функций КИС МРТ позволяет сделать вывод, что ее функционал полностью соответствует требованиям к проектируемой СОД ПС, то есть проектируемая система может быть встроена в КИС МРТ. При этом на оператора КИС МРТ целесообразно дополнительно возложить функции оператора СОД ПС.

Таким образом, КИС МРТ будет выступать в качестве  $S^0$ -системы, в рамках которой формируется модель исследуемого процесса, а СОД ПС будет рассматриваться как ее подсистема. Очевидно, что преимущества данного варианта построения проектируемой системы с точки зрения эффективности ее функционирования не вызывают сомнений, так как в этом случае все вышеуказанные критерии эффективности будут выполнены.

В терминах  $S^0$ -системы, встраиваемая в КИС МРТ подсистема СОД ПС будет выступать в качестве потребляющей системы. Существующая часть КИС МРТ будет выполнять роль организационно-технического комплекса. При этом активные средства будут включать в себя: видеокамеры, транспондеры автоматической идентификационной системы (АИС), аппаратуру сотовой связи. Подсистемы видео аналитики речного пространства и диспетчеризации судов будут выполнять роль обеспечивающей системы, подсистема администрирования – роль обслуживающей системы, а АРМ оператора – роль управляющей системы. При этом сам оператор, включенный в мета-систему, будет представлять руководящую систему.

Исходя из требований к СОД ПС, она также будет включать в себя пять подсистем: модуль редактирования расписания движения; видео аналитики речного пространства; диспетчеризации судов; учета нарушений и администрирования; телекоммуникации.

Обобщенная структурная схема СОД ПС, выполненная в терминах теории систем автоматического управления, представлена на Рисунке 2.

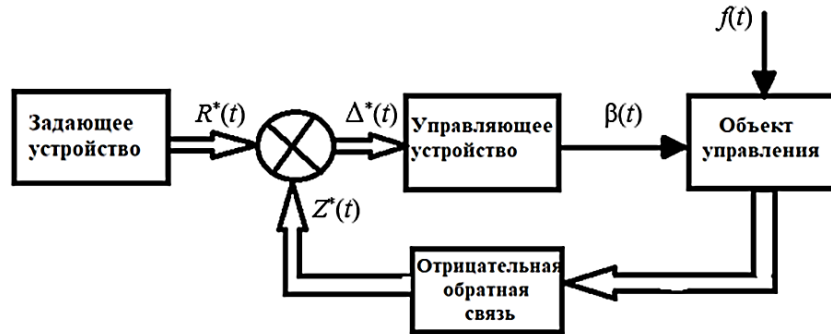


Рисунок 2 – Обобщенная структурная схема СОД ПС  
Figure 2 – Generalized block diagram of SOMPS

Здесь:

- задающее устройство – модуль редактирования расписания движения пассажирских судов;
- управляющее устройство – АРМ оператора СОД ПС;
- объект управления – флотилия пассажирских судов;
- отрицательная обратная связь – модуль регистрации телематики судов;
- схема сравнения – модуль выработки отклонений текущих значений местоположений судов от заданных значений;
- $R^*(t)$  – множество заданных значений местоположений судов;
- $Z^*(t)$  – множество текущих значений местоположений судов;
- $\Delta^*(t)$  – множество отклонений положения судов от заданных значений;
- $\beta(t)$  – управляющее воздействие (указания капитану);
- $f(t)$  – возмущающее воздействие (задержки при расхождении, посадке и высадке, при подзарядке, влияние погодных условий).

Система будет работать следующим образом. Задающее устройство, в которое загружено расписание движения, выдает в схему сравнения заданную на текущий момент времени дислокацию пассажирских судов. Также в схему сравнения по обратной связи поступает истинная дислокация судов. Схема сравнения вырабатывает множество отклонений судов от расписания движения, поступающее на управляющее устройство. При обнаружении отклонений от расписания система передает указания капитанам судов на их устранение. Таким образом, задача системы описывается условием:  $\Delta^*(t) \rightarrow 0$ .

На Рисунке 3 показана структурная схема встроенной в КИС МРТ проектируемой системы. Модуль исполнения и редактирования расписания движения пассажирских судов по маршрутам является ключевым элементом СОД ПС. Модуль регистрации телематики судов принимает от АИС-транспондера, установленного на пассажирском судне, данные о текущем местоположении судна, и передает их в схему сравнения и модуль исполнения и редактирования расписания. Модуль визуализации представляет собой сеть видеокамер, расположенных вдоль маршрутов пассажирских судов.

Каждое пассажирское судно должно быть оснащено оборудованием системы «Эра-ГЛОНАСС». Это позволит ускорить проведение спасательных операций при возникновении аварийных ситуаций на пассажирских судах благодаря наличию у оператора системы «Эра-ГЛОНАСС» прямой связи с Департаментом ГОЧСиПБ города Москвы.

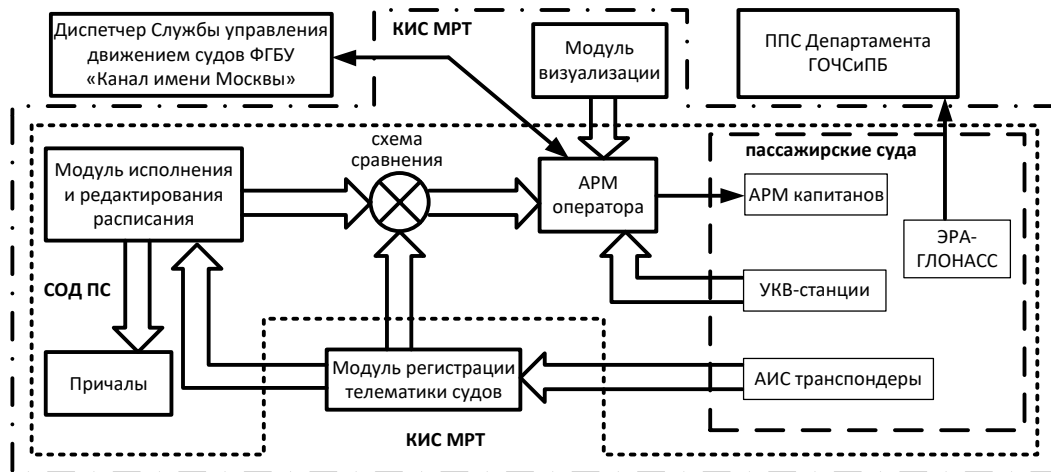


Рисунок 3 – Структурная схема СОД ПС  
Figure 3 – Structural scheme of SOMPS

Рассмотрим факторы, определяющие свойства проектируемой системы. Важнейшим свойством любой системы является устойчивость. В нашем случае под устойчивостью алгоритма функционирования СОД ПС будем понимать способность системы восстанавливать график движения судов после компенсации его значительного отклонения в какой-либо точке в результате возникновения нештатной ситуации. Проверка устойчивости системы должна производиться на четвертом (элементарном) уровне, который осуществляется на этапе НИОКР путем математического моделирования разрабатываемой системы.

Управляемость проектируемой системы определяется наличием устойчивых прямых и обратных связей, необходимое количество которых уже заложено в КИС МРТ.

Самоорганизация, применительно к проектируемой СОД ПС, определяет ее способность к изменению пространственно-временного алгоритма при изменении исходных данных и внешних факторов. Это качество также уже заложено в КИС МРТ, составной частью которой является проектируемая система.

Ограничения на процессы функционирования СОД ПС (ограничения по скорости, зоны запрета обгона и расхождения) полностью определены Приказом Минтранса № 19 от 19.01.2018 г.<sup>2</sup>, Приказом Минтранса РФ № 137 от 06.04.2017 г.<sup>3</sup> и указаны в атласе «Карта реки Москвы» [8].

Наиболее существенным ограничением, влияющим на функционирование СОД ПС, являются зоны с запретом обгона и расхождения. Так, согласно Правилам плавания судов по ВВП обгон и расхождение судов запрещены в пролетах мостов. При этом все московские мосты имеют один судоходный пролет, поэтому подо всеми мостами

<sup>2</sup> Правила плавания судов по внутренним водным путям. Москва: Приказ Минтранса РФ № 19 от 18.01.2018.

<sup>3</sup> Правила движения и стоянки судов в Московском бассейне внутренних водных путей Российской Федерации. Москва: Приказ Минтранса РФ № 137 от 05.04.2017.

расхождение запрещено. Также, между мостами Багратиона и Новоарбатским запрет на обгон и расхождение действует на Дорогомиловском перекате протяженностью 1 км.

Кроме того, обгон и расхождение запрещены в пределах 500 м выше и ниже мостов. Однако, если расстояние между мостами менее 1 км, то это правило не действует и зона запрета на расхождение сокращается до габаритов моста.

В настоящее время на Москва-реке ЦОДД создано два рейсовых маршрута электроходов и восемь экскурсионных маршрутов, имеющих строгое расписание и отдельные причалы.

Наибольшие проблемы будут возникать при расхождении в километровой зоне Крымского моста, где функционирует сразу 4 экскурсионных маршрута: № 3 (Северный); № 4 (Исторический) от причала Новоспасский до причала Воробьевы горы; № 5 (Центральный) от причала Зарядье до причала парк Горького и № 11 (Лужники) от причала Зарядье до причала Лужники. При этом следует отметить, что расстояние между мостами: Патриарший, Крымский, Андреевские и Лужники незначительно превышает 1 км (Рисунок 4).

Здесь красным цветом выделены участки с запретом на расхождение. Как видно из Рисунка 4, на расхождение судам остаются участки между мостами протяженностью 100-300 м, что при строгом соблюдении правил может привести к массовым сбоям в расписании их движения и его постоянной перестройке.

Все это приводит к существенному увеличению объемов передачи информации от АРМ СОД ПС к АРМ капитанов и требует высокой пропускной способности каналов подсистемы телекоммуникации.

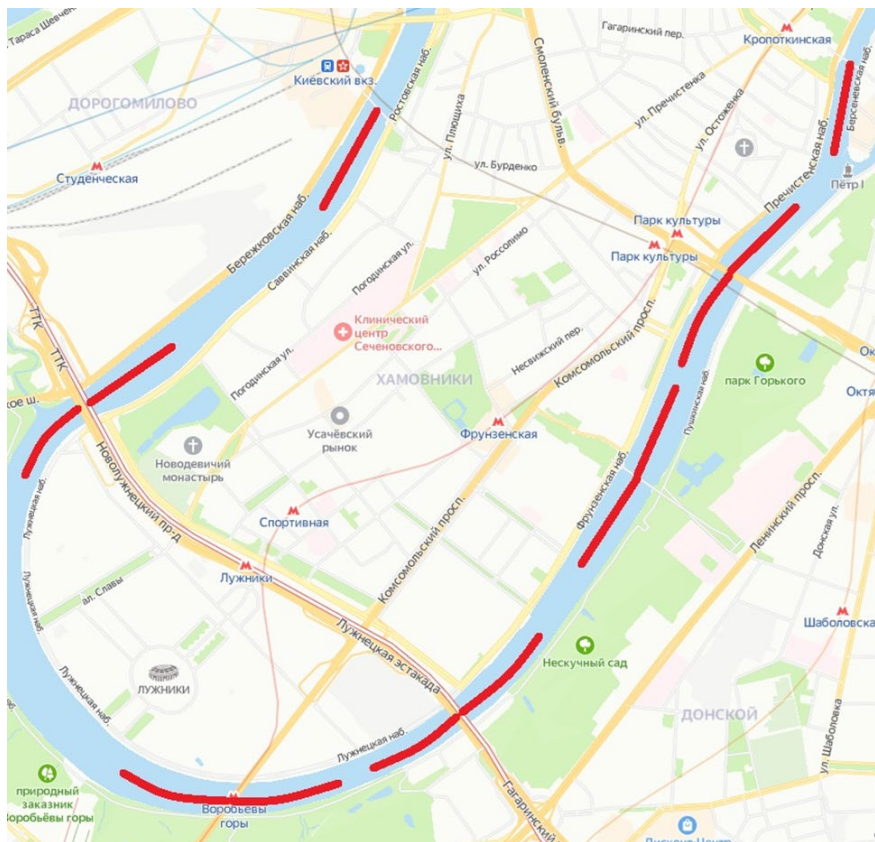


Рисунок 4 – Зоны запрета на обгон и расхождение на маршрутах № 3, 4, 5, 11  
Figure 4 – Zones for overtaking and divergence ban on the routes No. 3, 4, 5, 11

На основании предложенной структуры СОД ПС сформулированы задачи, которые должна решать ее телекоммуникационная подсистема (Рисунок 5).

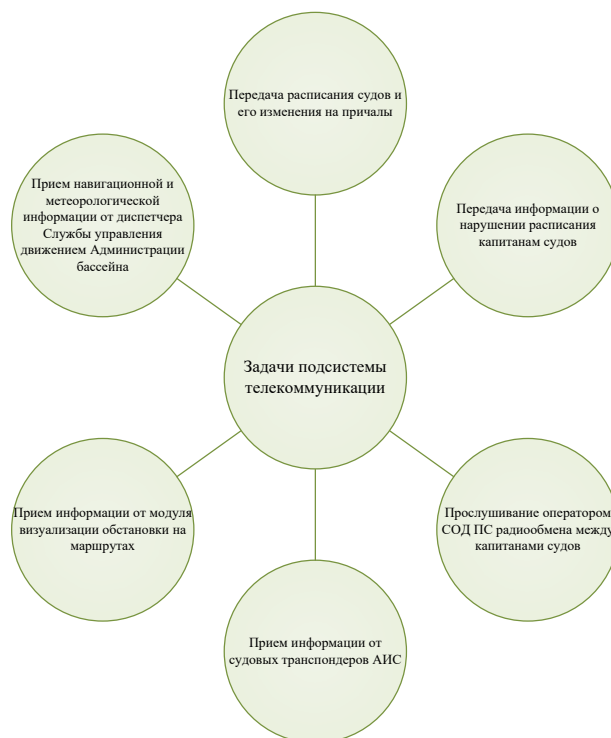


Рисунок 5 – Задачи телекоммуникационной подсистемы  
Figure 5 – Telecommunication subsystem tasks

Способы связи и взаимодействия капитанов пассажирских судов определены Приказом Минтранса № 83 от 25.03.2019<sup>4</sup>. Согласно этого Приказа все суда должны быть оборудованы УКВ-радиостанциями речного диапазона частот (300 МГц) и нести постоянную слуховую вахту на 5 канале.

В нашем случае, под эффективностью предлагаемого варианта построения подсистемы телекоммуникации СОД ПС подразумевается обеспечение необходимой пропускной способности и помехоустойчивости каналов контроля и управления и оптимальных способов взаимодействия между основными элементами СОД ПС.

Прием навигационной и метеорологической информации от диспетчера Службы управления движением Администрации бассейна будет осуществляться по наземной линии связи.

Передача расписания судов и его изменения на причалы, а также передача информации от модуля визуализации на АРМ СОД ПС – по выделенным линиям сети Интернет.

Для связи и взаимодействия оператора СОД ПС с капитанами пассажирских судов целесообразно использовать ту же сотовую связь, которая предусмотрена для передачи указаний оператором КИС МРТ капитанам экскурсионно-прогулочных судов.

Передача информации о нарушении расписания от АРМ СОД ПС на АРМ капитанов в автоматическом режиме должна производиться по сотовым линиям связи с использованием технологии GPRS.

Для прослушивания радиообмена между капитанами судов на рабочем месте

<sup>4</sup> Правила радиосвязи подвижной службы и подвижной спутниковой службы на внутренних водных путях. Москва: Приказ Минтранса РФ № 83 от 25.03.2019.



оператора СОД ПС должен быть установлен УКВ-приемник речного диапазона частот.

Для приема навигационной информации от судов в модуле регистрации телематики судов должен быть установлен приемник АИС.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, подсистема телекоммуникации должна включать в себя:

- наземные линии связи «оператор СОД ПС – диспетчер Службы управления движением»;
- наземные линии передачи данных «модуль расписания – причалы», «модуль визуализации – АРМ оператора»;
- радиолинии передачи данных «судовые АИС – модуль телематики», «АРМ оператора – АРМ капитанов»;
- локальную сеть «модуль расписания – АРМ оператора – модуль телематики»;
- радиолинии связи «капитаны судов – оператор СОД ПС».

### Обсуждения

Маршруты пассажирских электроходов и экскурсионно-прогулочных судов, время начала и окончания движения определены расписанием, однако экскурсионно-прогулочные суда компании, арендующей причал у гостиницы Украина, заданных маршрутов и строгого расписания не имеют и их учет на сегодняшний день возможен только с использованием методов математической статистики.

Целенаправленное противодействие работе подсистемы телекоммуникации может быть связано с близостью некоторых участков маршрутов проектируемой системы к комплексу правительственных зданий, а также с кибератаками [9, 10]. Кроме того, в городе Москве, являющемся крупным промышленным центром, радиоканалы подвержены влиянию индустриальных помех [11].

Также в качестве внешних факторов, способных повлиять на функционирование проектируемой СОД ПС и ее подсистемы телекоммуникации, могут выступать погодные условия, транспортные происшествия, нарушения в работе средств навигационного оборудования (СНО), изменения габаритов судового хода. Кроме того, к внешним факторам, способным повлиять на работу СОД ПС, относятся грузовые, туристические суда и суда технического и вспомогательного флота, а также экскурсионно-прогулочные суда, базирующиеся на причале гостиницы Украина, совершающие рейсы на участках пассажирских маршрутов, которые будут создавать задержки в движении пассажирских судов в зонах запрета обгона и расхождения.

Однако, в настоящее время решается вопрос о разрешении движения грузовых судов на реке Москве между шлюзом № 9 и № 10 только в ночное время, без пересечения с временным интервалом расписания движения пассажирских судов.

Как показывает анализ статистики движения судов технического и вспомогательного флота на участках пассажирских маршрутов, их интенсивность достаточно велика и может оказывать существенное влияние на работу проектируемой системы.

К внутренним факторам, способным повлиять на устойчивость проектируемой системы, можно отнести изменение количества электроходов на различных этапах внедрения рейсовых маршрутов, а также ежегодное изменение количества и состава экскурсионных судов и их эксплуатационных характеристик. Также возможно изменение количества и конструкций причалов [12, 13] для экскурсионных судов и количества причалов для электроходов.

При формировании расписания на весь рабочий период возможны три подхода – разработка либо «статического», либо «динамического» расписания, либо их

комбинации. Статическое расписание формируется один раз и затем поддерживается с помощью различных компенсирующих мероприятий. Динамическое же расписание перестраивается после каждой существенной задержки одного из судов.

Использование динамического расписания предъявляет значительно более жесткие требования к пропускной способности подсистемы телекоммуникации, так как объем трафика в системе резко возрастает. Однако использование статического расписания при сохранении ограничений на расхождение судов под мостами не представляется возможным, так как это приведет к нарушению устойчивости системы, то есть к появлению недопустимых задержек движения судов. Поэтому при проектировании подсистемы телекоммуникации необходимо ориентироваться на наиболее жесткие требования по пропускной способности ее каналов.

Путевая и навигационная информация предоставляется судам диспетчерами Службы регулирования движения Администрации бассейна. Однако, внутри участка нижнего бьефа реки Москвы из-за нестабильности УКВ-связи вышеуказанная информация не передается. Поэтому обеспечение капитанов пассажирских судов путевой и навигационной информацией должно осуществляться через АРМ оператора СОД ПС по каналам сотовой связи КИС МРТ. Для этого необходимо обеспечить надежный канал связи «оператор СОД ПС – диспетчер Службы регулирования движения Администрации бассейна».

В настоящее время на участках под мостами, где правило 500 м не действует, капитаны расходящихся судов оценивают необходимость для судна, идущего снизу, сбросить скорость для пропуска судна, идущего сверху, исходя из визуальной оценки, опыта и «хорошей речной практики» судовождения. Однако при существенном увеличении интенсивности движения на этом участке после полного введения в эксплуатацию пассажирских маршрутов, такой подход уже не будет обеспечивать выполнение одного из основополагающих требований мета-системы к проектируемой системе – сохранение уровня безопасности плавания на уровне, не ниже существующего.

Поэтому предлагается, используя возможности КИС МРТ, в частности, наличие АИС и электронной картографии, ввести в проектируемую СОД ПС модуль расчета точки встречи судов под мостами с автоматической передачей по существующим каналам КИС МРТ указаний для капитана идущего снизу судна о снижении скорости до расчетного значения, обеспечивающего безопасное расхождение по Правилам.

Согласно Правилам радиосвязи на ВВП РФ, все суда, терпящие бедствие на ВВП, должны передавать вызов бедствия на 5 канале УКВ, на котором должны нести слуховую вахту все судовые и береговые радиостанции. Однако из-за плохого прохождения УКВ-связи, вызванного извилистостью русла реки Москва в центре города, и наличием большого массива высотных зданий, создающих области радиотени для данного диапазона частот, радиовахта на 5 канале береговыми станциями на данном участке не несется.

В морских и речных условиях для передачи аварийных сигналов предусмотрено несколько вариантов [14]. На водных акваториях Москвы поисково-спасательными операциями занимается поисково-спасательная служба (ПСС) Департамента ГОЧСиПБ города Москвы. Поэтому для обеспечения организационной поддержки спасательных операций при авариях с пассажирскими судами предлагается установить на них оборудование системы «Эра-Глонасс», операторы которой имеют прямую связь с этой спасательной службой. Возможность такого дооснащения обуславливается тем, что в перечне услуг, предоставляемых официальными дистрибьютерами АО «Глонасс», значится возможность установки оборудования системы «Эра-Глонасс» на речные суда.

Кроме того, согласно п. 17 «Правил радиосвязи на ВВП», вызовы бедствия, срочности и безопасности могут передаваться с помощью оборудования автоматической

идентификационной системы (АИС). Включение в состав подсистемы телекоммуникации приемника АИС позволит оператору СОД ПС своевременно информировать подконтрольные пассажирские суда о возникновении нештатной ситуации и исключить возникновение заторов на судовом ходу вблизи аварийного участка.

Также, установка на рабочем месте оператора СОД ПС приемника речного диапазона частот (300 МГц) позволит контролировать переговоры капитанов судов на 5 канале УКВ при расхождении под мостами и при проведении спасательных операций.

Вопросы проектирования локальных телекоммуникационных сетей хорошо проработаны и проблемы не представляют [15, 16]. В то же время создание надежных радиолиний подсистемы телекоммуникации в городских условиях имеет некоторые сложности [17].

Помимо индустриальных и преднамеренных помех, из-за извилистости русла реки Москва возникают большие зоны затенения. Поэтому для устойчивого приема УКВ-сообщений вдоль пассажирских маршрутов на изгибах реки будет необходимо установить несколько ретрансляторов. Пример расстановки ретрансляторов на маршруте № 1 приведен на Рисунке 6.

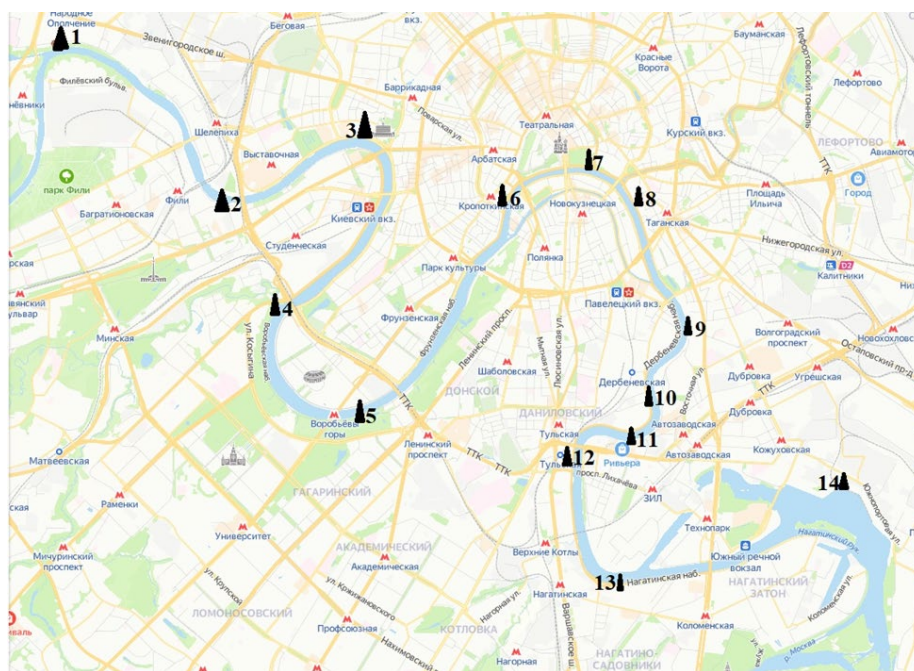


Рисунок 6 – Расположение УКВ-ретрансляторов  
Figure 6 – Location of VHF repeaters

Для удобства оператора СОД ПС расписание из модуля исполнения и редактирования расписания поступает на АРМ оператора в текстовом и графическом виде. Для графического представления отклонений на электронную карту, загруженную на дисплей АРМ, накладывается изображение АИС и графическое представление расписания.

При прохождении судами зон с запретом на расхождение, система является полностью автоматической, так как указания капитанам об изменении скорости или задержки у причала вырабатываются модулем расчета точки встречи судов, который должен быть встроен в АРМ оператора, и передаются на АРМ капитанов автоматически. При этом оператор СОД ПС будет только контролировать работу системы и выполнение

капитанами ее указаний, а также вмешиваться в работу автоматики при возникновении нестандартных ситуаций.

Однако все это приводит к дополнительному повышению объема трафика и требует оценки возможности использования сотовых сетей в подсистеме телекоммуникации.

### Заключение

В работе представлена структура подсистемы телекоммуникации, предназначенная для мониторинга и управления элементами создаваемой Правительством города Москвы СОД ПС и осуществляющая обмен информацией между ними, а также между СОД ПС и внешними системами. Оптимальный вариант структуры подсистемы телекоммуникации формируется на основании разработки концепции СОД ПС для города Москва, которая создается для организации и контроля за движением пассажирских судов в акватории центрального бьефа города Москвы между шлюзами № 9 и № 10.

На основании концептуального исследования был обоснован выбор центра организации дорожного движения (ЦОДД) Правительства Москвы в качестве системы высшего уровня (мета-системы), куда будет внедрена разрабатываемая СОД ПС. Установлено, что входящая в ЦОДД комплексная информационная система мониторинга речного транспорта (КИС МРТ) имеет такой же функционал, как и СОД ПС, поэтому проектируемую систему целесообразно встроить в КИС МРТ. При этом на оператора КИС МРТ целесообразно дополнительно возложить функции оператора СОД ПС.

Проектируемая система по аналогии с КИС МРТ включает в себя пять подсистем. Основу СОД ПС составляет модуль исполнения и редактирования расписания движения пассажирских судов по маршрутам. Определены свойства проектируемой системы, такие как устойчивость, управляемость, самоорганизация. Выявлены ограничения, влияющие на функционирование СОД ПС, наиболее существенными из которых являются зоны с запретом обгона и расхождения. Представлены внешние и внутренние факторы, способные повлиять на функционирование проектируемой СОД ПС и ее подсистемы телекоммуникации.

При существенном увеличении интенсивности движения судов для сохранения уровня безопасности плавания на участках под мостами целесообразно ввести в проектируемую СОД ПС модуль расчета точки встречи судов под мостами, откуда по существующим каналам КИС МРТ будут автоматически передаваться указания судну, идущему снизу, о снижении скорости.

Установлено, что из-за нестабильности УКВ-связи обеспечение капитанов пассажирских судов путевой и навигационной информацией должно осуществляться через АРМ оператора СОД ПС по каналам сотовой связи КИС МРТ. В проектируемой СОД ПС предусмотрено несколько способов передачи аварийных сигналов: с помощью устанавливаемого на суда, контролируемые СОД ПС, оборудования системы «Эра-ГЛОНАСС», имеющей прямую связь с поисково-спасательной службой Департамента ГОЧСиПБ; посредством приемника АИС, входящего в состав подсистемы телекоммуникации, а также с помощью устанавливаемого на рабочем месте оператора СОД ПС УКВ-приемника (300 МГц). Для создания надежных радиолиний подсистемы телекоммуникации вдоль пассажирских маршрутов на изгибах реки устанавливаются ретрансляторы.

Таким образом, полученная в ходе исследований структура подсистемы телекоммуникации является оптимальной, поскольку обеспечивает необходимые каналы

контроля, управления и обмена информацией между элементами СОД ПС и внешними системами при минимизации привлекаемых ресурсов.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шахнов С.Ф., Рудых С.В. Концепция построения подсистемы телекоммуникации дистанционно пилотируемого морского буксира. *Качество. Инновации. Образование*. 2022;(6(182)):60–68. DOI: 10.31145/1999-513x-2022-6-60-68
2. Шахнов С.Ф., Смоленцев С.В., Буцанец А.А., Иванова А.А. Концепция построения подсистемы телекоммуникации системы управления движением пассажирских судов в крупных туристических центрах России. *Научные технологии в космических исследованиях Земли*. 2023;15(6):52–58. DOI: 10.36724/2409-5419-2023-15-6-52-58
3. Курносков В.И., Лихачев А.М. *Методология проектных исследований и управления качеством сложных технических систем электросвязи*. СПб.: Тирекс; 1999. 496 с.
4. Karetnikov V.V., Shakhnov S.F., Brodsky E.L. Concept for Construction of Unmanned Ferry Lines on Russia's Inland Waterways. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2022;988(4):042057. DOI: 10.1088/1755-1315/988/4/042057
5. Shakhnov S.F., Karetnikov V.V., Butsanets A.A., Sazonov A.E. The concept of introducing a decision support system into the structure of the vessel traffic management system. *Transportation Research Procedia*. 2023;68:363–371. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.02.049
6. Сикарев И.А. *Помехоустойчивость и функциональная устойчивость автоматизированных идентификационных систем мониторинга и управления на речном транспорте*. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та; 2010. 142 с.
7. Комплексная информационная система мониторинга речного транспорта на водных путях города Москвы: руководство пользователя. М.: ЦОДД; 2021. 40 с.
8. Карта реки Москвы. М.: ГБУ Волго-Балт; 2005. 41 с.
9. Дворников С.С., Дворников С.В., Леонов Д.М., Махфуд М.Г. Эффективность функционирования локальных радиосетей в сложной радиоэлектронной обстановке. *Информация и космос*. 2023;(1):29–34.
10. Столбинский Д.В., Бем П.П., Андреев В.А., Матвеев Д.В. Воздействие внешних условий на работоспособность радиоэлектронных средств. *Научные технологии в космических исследованиях Земли*. 2023;15(2):18–22. DOI: 10.36724/2409-5419-2023-15-2-18-22
11. Иванова А.А., Шахнов С.Ф., Буцанец А.А. Оценка влияния промышленных помех при построении системы контроля и управления речной локальной дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС/GPS. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2019;11(3):509–518. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-3-509-518.
12. Буцанец А.А., Ксенофонтов Н.М., Волкова Т.А. Исследование проблемы построения автоматизированной системы управления для обеспечения безопасного пропуска безэкипажных судов через судоходные шлюзы. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2023;15(6):1115–1129. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1115-1129.
13. Гарибин П.А., Егоров С.В., Буцанец А.А. Некоторые проблемы обследования плавучих причалов яхтенных марин. *Вестник Государственного университета*

- морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2023;15(5):783–797. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-5-783-797.
14. Будко Н.П., Аллакин В.В., Каретников В.В. Метод передачи аварийных сигналов на распределенной информационно-телекоммуникационной сети Росморречфлота. *Научные технологии в космических исследованиях Земли*. 2023;15(2):10–17. DOI: 10.36724/2409-5419-2022-15-2-10-17.
  15. Пшеничников А.П., Короткова В.И., Поскотин Л.С. Перспективные инфокоммуникационные технологии и сетевые услуги. *Научные технологии в космических исследованиях Земли*. 2023;15(3):57–64. DOI: 10.36724/2409-5419-2023-15-3-57-64
  16. Ясинский С.А., Романенко П.Г., Султанов Р.С., Филин А.В., Мережко Ю.А., Филин Ф.В. Подход к моделированию структурной устойчивости транспортных направлений телекоммуникационной сети. *Информация и космос*. 2023;(3):26–32.
  17. Шахнов С.Ф., Иванова А.А. Построение системы контроля и управления функциональным дополнением ГНСС ГЛОНАСС/GPS с подсистемой оповещения. *Транспортное дело России*. 2019;(5):160–162.

## REFERENCES

1. Shakhnov S.F., Rudykh S.V. The concept of building a telecommunications subsystem of a remotely piloted sea tug. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie*. 2022;(6(182)):60–68. DOI: 10.31145/1999-513x-2022-6-60-68 (In Russ.).
2. Shakhnov S.F., Smolentsev S.V., Butsanets A.A., Ivanova A.A. The concept of building a telecommunication subsystem of passenger vessel tracking management system in major tourist centers of Russia. *Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyakh Zemli = High Tech in Earth Space Research*. 2023;15(6):52–58. DOI: 10.36724/2409-5419-2023-15-6-52-58. (In Russ.).
3. Kurnosov V.I., Likhachev A.M. *Methodology for design research and quality management of complex technical telecommunication systems*. Saint Petersburg, Tires; 1999. 496 p. (In Russ.).
4. Karetnikov V.V., Shakhnov S.F., Brodsky E.L. Concept for Construction of Unmanned Ferry Lines on Russia's Inland Waterways. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;988(4):042057. DOI: 10.1088/1755-1315/988/4/042057.
5. Shakhnov S.F., Karetnikov V.V., Butsanets A.A., Sazonov A.E. The concept of introducing a decision support system into the structure of the vessel traffic management system. *Transportation Research Procedia*. 2023;68:363–371. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.02.049.
6. Sikarev I.A. *Noise immunity and functional stability of automated identification monitoring and control systems for river transport*. Saint Petersburg, Izd-vo Politekh. un-ta; 2010. 142 p. (In Russ.).
7. *Integrated information system for monitoring river transport on the waterways of Moscow: user manual*. Moscow, TsODD; 2021. 40 p. (In Russ.).
8. *Map of the Moscow River*. Moscow, GBU Volgo-Balt; 2005. 41 p. (In Russ.).
9. Dvornikov S.S., Dvornikov S.V., Leonov D.M., Makhfud M.G. Efficiency of functioning of local radio networks in a complex radio electronic environment. *Informatsiya i kosmos = Information and Space*. 2023;(1):29–34. (In Russ.).
10. Stolbinskii D.V., Bem P.P., Andreev V.A., Matveev D.V. The impact of external conditions on the performance of radio-electronic means (RES). *Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyakh Zemli = High Tech in Earth Space Research*. 2023;15(2):18–22. DOI: 10.36724/2409-5419-2023-15-2-18-22 (In Russ.).

11. Ivanova A.A., Shakhnov S.F., Butsanets A.A. Assessment of the man-made interference impact at the construction of control and management system of the river local differential subsystem GLONASS/GPS. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2019;11(3):509–518. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-3-509-518. (In Russ.).
12. Butsanets A.A., Ksenofontov N.M., Volkova T.A. Studying the problem of constructing an automated control system to ensure the safe passage of unmanned vessels through shipping locks. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2023;15(6):1115–1129. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1115-1129. (In Russ.).
13. Garibin P.A., Egorov S.V., Butsanets A.A. Some issues of surveying floating berths of yacht marinas. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2023;15(5):783–797. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-5-783-797. (In Russ.).
14. Budko N.P., Allakin V.V., Karetnikov V.V. Method of transmission of emergency signals on the distributed information and telecommunication network of Rosmorrechflot. *Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyakh Zemli = High Tech in Earth Space Research*. 2023;15(2):10–17. DOI: 10.36724/2409-5419-2022-15-2-10-17 (In Russ.).
15. Pshenichnikov A.P., Korotkova V.I., Poskotin L.S. Perspektivnye infokommunikatsionnye tekhnologii i setevye uslugi. *Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyakh Zemli = High Tech in Earth Space Research*. 2023;15(3):57–64. DOI: 10.36724/2409-5419-2023-15-3-57-64. (In Russ.).
16. Yasinskii S.A., Romanenko P.G., Sultanov R.S., Filin A.V., Merezhko Yu.A., Filin F.V. An approach to modeling the structural stability of transport directions of a telecommunications network. *Informatsiya i kosmos = Information and Space*. 2023;(3):26–32. (In Russ.).
17. Shakhnov S.F., Ivanova A.A. Constructing a control and management system with a warning subsystem for GNSS augmentation. *Transportnoe delo Rossii*. 2019;(5):160–162. (In Russ.).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Шахнов Сергей Федорович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Судоходства на внутренних водных путях, ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Российская Федерация.

*e-mail*: [shahnovsf@gumrf.ru](mailto:shahnovsf@gumrf.ru)

ORCID: [0000-0002-1683-9252](https://orcid.org/0000-0002-1683-9252)

**Sergey F. Shakhnov**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor at the Navigation on Inland Waterways Department, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, the Russian Federation.

**Смоленцев Сергей Викторович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Автоматики и вычислительной техники, ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Российская Федерация.

*e-mail*: [SmolencevSV@gumrf.ru](mailto:SmolencevSV@gumrf.ru)

ORCID: [0000-0002-3297-7962](https://orcid.org/0000-0002-3297-7962)

**Sergey V. Smolentsev**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Automation and Computer Science Department, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, the Russian Federation.

**Буцанец Артем Александрович**, кандидат технических наук, начальник отдела НТИ и ИС, ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Российская Федерация.  
e-mail: [butsanetsaa@gumrf.ru](mailto:butsanetsaa@gumrf.ru)  
ORCID: [0000-0002-9921-0301](https://orcid.org/0000-0002-9921-0301)

**Artem A. Butsanets**, Candidate of Engineering Sciences, Head of the Department of Scientific and Technical Information and Intellectual Property at Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, the Russian Federation.

**Иванова Александра Анатольевна**, специалист по НТИ, ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Российская Федерация.  
e-mail: [uid@gumrf.ru](mailto:uid@gumrf.ru)  
ORCID: [0000-0002-0715-0592](https://orcid.org/0000-0002-0715-0592)

**Aleksandra A. Ivanova**, Specialist at Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, the Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 16.02.2024; одобрена после рецензирования 06.03.2024; принята к публикации 20.03.2024.*

*The article was submitted 16.02.2024; approved after reviewing 06.03.2024; accepted for publication 20.03.2024.*