

Научная статья  
УДК 004.832.25  
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2024.28.14.028

## Метод расчёта эффективной ширины, полосы поиска уклоняющихся судов на основе текущей информации

*Дмитрий Алексеевич Колеров<sup>1</sup>*  
*Валерий Ильич Куватов<sup>2</sup>*

*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия,*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9800-4904>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-7149-8489>

*Автор ответственный за переписку: Дмитрий Алексеевич Колеров, dima11rus@inbox.ru*

**Аннотация.** Актуализируются проблемы увеличения числа маломерных судов на внутренних водоёмах РФ и количества аварий, связанными с их участием. Предлагается один из возможных вариантов решения, за счёт патрулирования акватории и выявления нарушений требований эксплуатации таких судов, а также правил навигации. В виду ограниченности числа патрульных судов и высокой занятости сотрудников Государственной инспекции по маломерным судам (ГИМС) данному направлению уделяется недостаточно внимания. Для повышения эффективности патрулирования акваторий, с учётом ограничения имеющихся ресурсов требуется разработка соответствующих моделей и методов. Описан метод расчёта эффективной ширины полосы поиска уклоняющихся судов, на основе текущей информации, разработанный для сотрудников ГИМС, осуществляющих патрулирование акватории. Применение метода может быть осуществлено для решения ряда других задач, связанных с поиском уклоняющихся судов, то есть плавсредств, которые стремятся скрыться из зоны видимости представителей закона. К примеру, для поиска браконьеров на водоёмах РФ. В рамках дальнейших исследований планируется разработка специального программного обеспечения для осуществления поддержки принятия управленческих решений сотрудниками ГИМС при патрулировании акватории.

**Ключевые слова:** метод, ширина полосы поиска, полоса поиска, уклоняющиеся суда, ГИМС, текущая информация

**Для цитирования:** Колеров Д.А., Куватов В.И. Метод расчёта эффективной ширины, полосы поиска уклоняющихся судов на основе текущей информации // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 3 (34). С. 56-65. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.28.14.028>.

Original article

## Method for calculating the effective search bandwidth for evading vessels based on current information

*Dmitry A. Kolerov<sup>1</sup>*  
*Valery I. Kuvatov<sup>2</sup>*

*Saint - Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia,*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9800-4904>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-7149-8489>

*Corresponding author: Dmitry A. Kolerov, dima11rus@inbox.ru*

**Abstract.** The problems of increasing the number of small vessels on inland waters of the Russian Federation and the number of accidents associated with their participation are becoming more pressing. One of the possible solutions is proposed by patrolling the water area and identifying violations of the operating requirements of such vessels, as well as navigation rules. Due to the limited number of patrol vessels and the high employment of employees of the State Inspectorate for Small Vessels (GIMS), insufficient attention is paid to this area. To increase the efficiency of patrolling water areas, taking into account the limitations of available resources, the development of appropriate models and methods is required. A method is described for calculating the effective width of the search lane for evading vessels, based on current information, developed for GIMS employees patrolling the water area. The method can be used to solve a number of other problems related to the search for evading vessels, that is, watercraft that try to hide from the visibility of representatives of the law. For example, to search for poachers in Russian water bodies. As part of further research, it is planned to develop special software to support management decisions by GIMS employees when patrolling the water area.

**Keywords:** method, search bandwidth, search lane, evading vessels, GIMS, current information

**For citation:** Kolerov D.A., Kyvatov V.I. Method for calculating the effective search bandwidth for evading vessels based on current information // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2024. № 3 (34). С. 56-65. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.28.14.028>.

## Введение

В связи с удешевлением технологий производства маломерных судов наблюдается тенденция снижения их стоимости и увеличения общего числа на водоёмах РФ. Данный факт влечёт за собой рост количества нарушений и аварий на водоёмах нашей страны. Более трети нарушений связаны с несоблюдением требований, предъявляемых к безопасности пассажиров [1]. Статистический анализ свидетельствует о том, что подавляющее большинство аварий связано именно с участием маломерных судов [2]. Осуществление контроля за соблюдением ряда правил при эксплуатации маломерных судов и обеспечение безопасности людей на водных объектах возложено на ГИМС МЧС России.

Одним из действенных способов минимизации количества аварий, в том числе с участием маломерных судов, является патрулирование акватории, позволяющее предотвращать нарушения. В виду невысокой численности штатных должностей центров ГИМС МЧС России по субъектам РФ и их высокой занятости вопросам патрулирования уделяется недостаточное внимание [3]. Одним из возможных вариантов снижения количества аварий на водоёмах нашей страны является оптимизация процесса патрулирования, за счёт более эффективного использования имеющихся ресурсов.

Решение задачи по обеспечению безопасности людей на водных объектах, является особенно актуальной в связи с указанными ранее обстоятельствами. Её научная новизна связана с возможностью использования методов теории поиска для обнаружения судов с потенциальными нарушителями сотрудниками ГИМС МЧС России. Одним из направлений её решения является разработка моделей и методов, позволяющих осуществлять поддержку принятия решений (ППР) при поиске судов. Целью настоящей статьи является разработка метода расчёта эффективной ширины полосы поиска уклоняющихся судов на основе текущей информации.

Аналитический обзор научных исследований показал, что методы теории поиска применяются для ППР при обнаружении судов терпящих бедствие [4], проведении поисковых операций [5], обследовании района поиска терпящего бедствие судна [6]. Происходит активное внедрение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга и исследования водных объектов, опасных гидрологических явлений [7], поиска браконьеров [8], и решения ряда других задач [9].

Статьи зарубежных авторов посвящены решению задач поиска судов на море, за счёт разработки систем ППР [10], в том числе с элементами искусственного интеллекта [11,12] и использования космического мониторинга для получения данных о местоположении судна [13].

Статистический анализ показал, что за 2023 год в России зарегистрировано порядка 4000 аварий, связанных с маломерными судами. Поскольку доступность маломерных судов для населения продолжает расти, то снижения в количестве аварий, связанных с ними, не прогнозируется.

### **Материалы и методы исследования**

Существующие на текущий момент модели поиска, как правило, предназначены для поиска аварийных судов, которые являются неподвижными [14]. Однако на практике сотрудники ГИМС МЧС России в подавляющем большинстве случаев осуществляют поиск движущихся судов, так как именно они являются потенциальными нарушителями. Кроме того, развитие научно-технического прогресса приводит к появлению у нарушителей различных средств наблюдения (биноклей и т.д.), которые им позволяют первыми заметить патрульное судно и предпринять попытки к уклонению от визуального контакта с ним. В случае если патрульное судно первым обнаружило нарушителей и имеет перед ним преимущество в скорости, то с большой долей вероятности нарушители будут задержаны. При диаметрально противоположных исходных данных вероятнее всего исход сценария сложится наоборот. В иных случаях вероятность обнаружения и задержания судна будет зависеть от множества факторов и в некоторых случаях нарушители могут скрыться из зоны видимости и избежать наказания, а в некоторых – нет. Для повышения вероятности обнаружения потенциальных нарушителей предлагается метод, позволяющий определять эффективную ширину полосы поиска уклоняющихся судов на основе текущей информации и рассчитывать оптимальное число патрульных судов. В основе разработанного метода лежат основные положения теории поиска [15]. В качестве текущей информации выступают параметры, складывающиеся в акватории в определенный момент времени, то есть при патрулировании акватории сотрудниками ГИМС. Получение значений параметров осуществлено на основе эвристических методов и экспертного опыта должностных лиц [16].

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Ключевым фактором успеха сотрудников ГИМС МЧС России при возникновении сценария, описанного выше, является зависимость от взаимных скоростей и взаимных дальностей обнаружения. От их величины будет зависеть, сможет судно уклониться или нет. Для повышения вероятности обнаружения судна с потенциальными нарушителями необходимо определить эффективную ширину полосы поиска таких судов. Для решения этой задачи в статье разработан приведённый ниже метод. Схематично процесс поиска уклоняющегося судна на основе разработанного метода представлен на Рис.1.



На Рис.1  $K_p$  совпадает по направлению с вектором относительной скорости  $V_p$ . Назовем отрезок AG полосой поиска. Из Рис.2 видно, что длина этого отрезка равна  $2 \cdot D_r$ .

Построив линию AD, касательную окружности  $D_r$ , параллельно относительному курсу уклонения вправо и линию DG параллельно относительному курсу уклонения влево, получим треугольник ADG. Из Рис.1 видно, что если судно с потенциальными нарушителями попадет внутрь этого треугольника, то при заданных скоростях  $V_r$  и  $V_{ц}$  оно уклониться не сможет. Из этого же рисунка следует, что при заданной  $D_{ц}$  граница зоны обнаружения судна с потенциальными нарушителями сотрудников ГИМС представляет собой точки С и Е. Если такое судно будет обнаружено, находясь на границе зоны обнаружения, расположенной между этими точками, то оно уклониться не сможет.

Построив через точки С и Е параллельно полосе движения судна сотрудников ГИМС получим отрезки FC и IE. Следовательно, отрезок FI и к CE есть ширина полосы обнаружения судов с потенциальными нарушителями. Назовем ее эффективной шириной поиска и обозначим  $D_{эф}$ . Из Рис.2 следует, что:

$$D_{эф} = AG - AC - EG = 2 \cdot D_r - AC - CEG$$

В свою очередь:

$$CE = CO_1 + O_1E$$

Тогда задача определения  $D_{эф}$  сводится к задаче определения  $O_1H$ . Из Рис.2 видно, что:

$$CE = O_1D \cdot \sin(\beta) = D_{ц} \cdot \sin(\beta), \text{ где } \beta = Q - a$$

Таким образом:

$$D_{эф} = 2 \cdot D_r - 2 \cdot [D_r + D_{ц} \cdot \sin(Q - a)] = 2 \cdot D_r - 2 \cdot D_{ц} \cdot \sin(Q - a)$$

Пусть Q есть угол между векторами  $V_r$  и  $V_p$ . Для курса судна с потенциальными нарушителями, позволяющего ей разойтись с сотрудниками ГИМС на максимальной дистанции, угол Q рассчитывается по формуле:

$$Q = \arcsin\left(\frac{V_{ц}}{V_r}\right)$$

Угол  $a$  вычисляется по формуле  $a = \arcsin\left(\frac{D_r}{D_{ц}}\right)$ . Отсюда следует:

$$\begin{aligned} O_1H &= D_{ц} \cdot \sin(\beta) = D_{ц} \cdot \sin(Q - a) = D_{ц} [\sin(Q) \cdot \cos(a) - \cos(Q) \cdot \sin(a)] \\ &= D_{ц} \left[ \frac{V_{ц}}{V_r} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{D_r}{D_{ц}}\right)^2} - \left[ \frac{D_r}{D_{ц}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{V_{ц}}{V_r}\right)^2} \right] \right] = \frac{V_{ц} \cdot \sqrt{D_{ц}^2 - D_r^2} - D_r \cdot \sqrt{V_r^2 - V_{ц}^2}}{D_{ц} \cdot V_r} \end{aligned}$$

В ходе последних преобразований использовалось тождество:

$$\cos(\arcsin(x)) = \sqrt{1 - x^2}$$

Формула для расчета эффективной ширины полосы поиска уклоняющихся судов будет иметь вид:

$$D_{эф} = 2 \cdot D_r - 2 * \frac{V_{ц} \cdot \sqrt{D_{ц}^2 - D_r^2} - D_r \cdot \sqrt{V_r^2 - V_{ц}^2}}{D_{ц} \cdot V_r}$$

В случае если скорость уклоняющегося судна превышает скорость патрульного судна целесообразно увеличение числа последних. Тогда постановка задачи будет иметь несколько другой вид. Пусть сотрудники ГИМС на n однотипных судах обследуют патрулируемую акваторию, параллельно друг другу. На Рис.2 дальность обнаружения судов сотрудниками

ГИМС и судов, патрулирующих акваторию потенциальными нарушителями, отображены отрезками  $O_1C$  и  $O_2D$  соответственно. Пусть это судно, обнаружив патрулирующие суда и определив параметры их движения, ложится на курс расхождения с ними на максимальной дистанции. Для этого оно должно отвернуть на курс перпендикулярный своему относительному курсу  $K_\rho$ . На Рис.2  $K_\rho$  совпадает с вектором относительной скорости  $V_\rho$ . Назовем отрезок  $AF$  полосой поиска. Из Рис.2 видно, что длина этого отрезка равна  $2 \cdot n \cdot D_r$ .

Построив линию  $KC$ , касательную окружности  $D_r$ , параллельно относительному курсу уклонения вправо и линию  $DL$  параллельно относительному курсу уклонения влево. Из Рис.2 видно, что если судно с потенциальными нарушителями попадет внутрь многоугольника, образованного ломаной  $KAFL$  и отрезками  $KC$ ,  $LD$  до их пересечения между собой, то при заданных скоростях  $V_r$  и  $V_\rho$  оно уклониться не сможет. Из этого же рисунка следует, что при заданной  $D_\rho$  граница зоны обнаружения судна с потенциальными нарушителями сотрудников ГИМС представляет собой точки  $C$  и  $D$ . Если такое судно будет обнаружено, находясь на границе зоны обнаружения, расположенной между этими точками, то оно уклониться не сможет.

Построив через точки  $C$  и  $D$  параллельно полосе движения группы судов сотрудников ГИМС получим отрезки  $CH$  и  $DG$ . Следовательно, отрезок  $CD$  и к  $HG$  есть ширина полосы обнаружения судов с потенциальными нарушителями. Назовем ее эффективной шириной поиска и обозначим  $D_{эф}$ . Из Рис.2 следует, что:

$$D_{эф} = AF - AH - HG - GF = AF - 2 \cdot AH - HG = 2 \cdot n \cdot D_r - 2 \cdot AH - HG$$

В свою очередь:

$$AH = AO_1 + O_1H = D_r + O_1H$$

Тогда задача определения  $D_{эф}$  сводится к задаче определения  $O_1H$ . Из Рис.2 видно, что:

$$O_1H = O_1C \cdot \sin(\beta) = D_\rho \cdot \sin(\beta), \text{ где } \beta = Q - a$$

Таким образом:

$$D_{эф} = 2 \cdot n \cdot D_r - 2 \cdot [D_r + D_\rho \cdot \sin(Q - a)] = 2 \cdot (n - 1) \cdot D_r - 2 \cdot D_\rho \cdot \sin(Q - a)$$

Пусть  $Q$  есть угол между векторами  $V_r$  и  $V_\rho$ . Для курса судна с потенциальными нарушителями, позволяющего ей разойтись с сотрудниками ГИМС на максимальной дистанции, угол  $Q$  рассчитывается по формуле:

$$Q = \arcsin\left(\frac{V_\rho}{V_r}\right)$$

Угол  $a$  вычисляется по формуле  $a = \arcsin\left(\frac{D_r}{D_\rho}\right)$ . Отсюда следует:

$$\begin{aligned} O_1H &= D_\rho \cdot \sin(\beta) = D_\rho \cdot \sin(Q - a) = D_\rho [\sin(Q) \cdot \cos(a) - \cos(Q) \cdot \sin(a)] \\ &= D_\rho \left[ \frac{V_\rho}{V_r} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{D_r}{D_\rho}\right)^2} - \left[\frac{D_r}{D_\rho} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{V_\rho}{V_r}\right)^2}\right] \right] = \frac{V_\rho \cdot \sqrt{D_\rho^2 - D_r^2} - D_r \cdot \sqrt{V_r^2 - V_\rho^2}}{D_\rho \cdot V_r} \end{aligned}$$

В ходе последних преобразований использовалось тождество:

$$\cos(\arcsin(x)) = \sqrt{1 - x^2}$$

Формула для расчета эффективной ширины полосы поиска уклоняющихся судов будет иметь вид:

$$D_{\text{эф}} = 2 \cdot (n - 1) \cdot D_r - 2 * \frac{V_{\text{ц}} \cdot \sqrt{D_{\text{ц}}^2 - D_r^2} - D_r \cdot \sqrt{V_r^2 - V_{\text{ц}}^2}}{D_{\text{ц}} \cdot V_r}$$

Схематично поиск уклоняющегося судна 2 патрульными судами показан на Рис.2 [17].

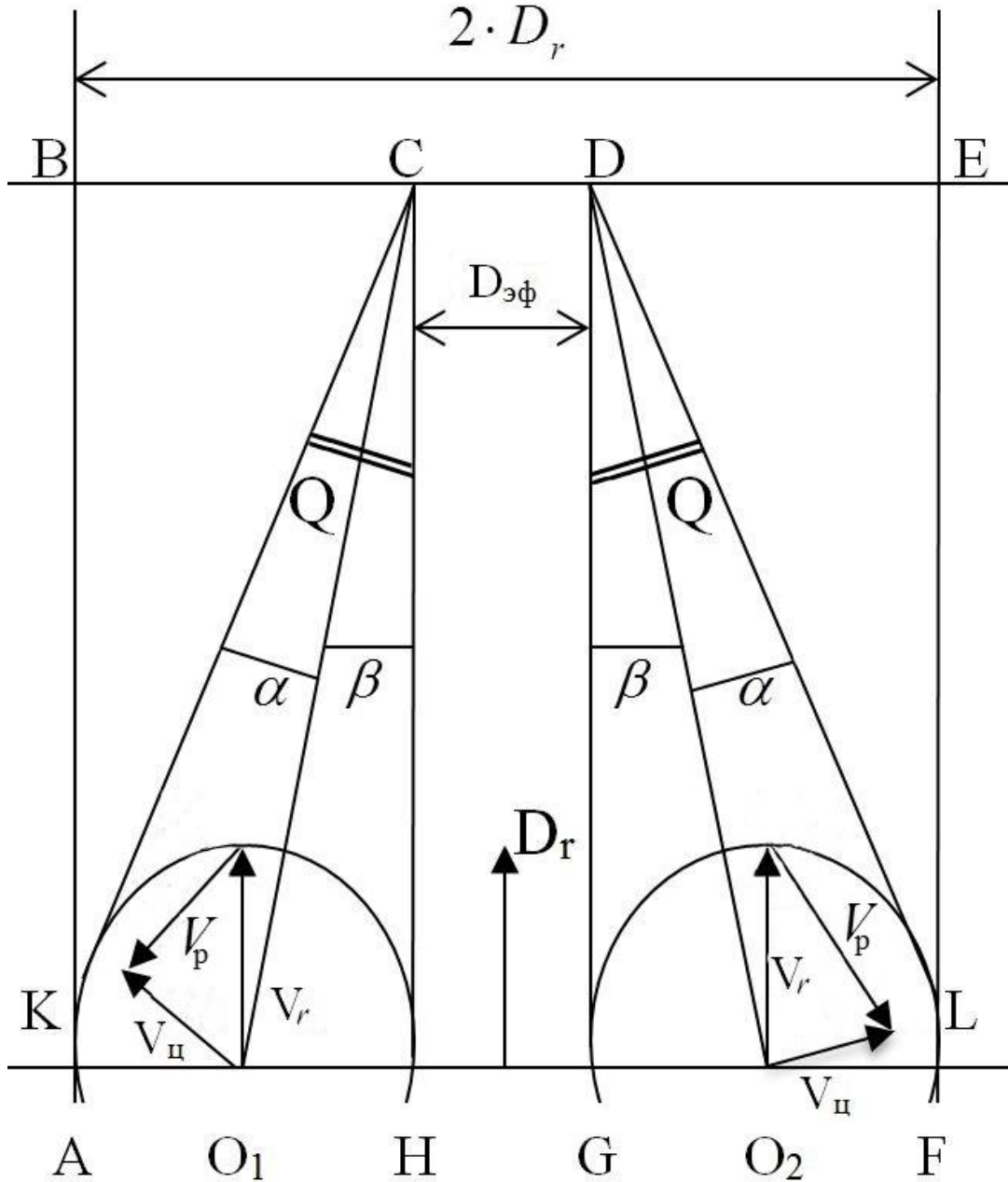


Рис.2. Схема поиска уклоняющегося судна

Подставив вместо  $D_r$  эффективную ширину полосы поиска  $D_{\text{эф}}$ , в модели поиска с постоянной, убывающей и возрастающей интенсивностью, можно оценить эффективность поиска и обнаружения уклоняющихся судов.

Используя приведённые выше выкладки можно составить формулу для расчёта необходимого количества патрульных судов с целью обнаружения судна с потенциальными нарушителями с вероятностью не ниже заданной:

$$P_{\text{обн}}(n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) > 0.8$$

где  $P_{\text{обн}}$  – вероятность обнаружения судна с потенциальными нарушителями, к примеру, она должна быть не менее 80%. Эта формула позволяет рассчитать вероятность обнаружения нарушителя хотя бы одним патрульным судном.

Таким образом, разработанный метод позволяет осуществлять расчёт эффективной ширины полосы поиска уклоняющихся судов на основе текущей информации. Что в свою очередь позволит оптимизировать процесс ППР и определять оптимальное количество судов, для осуществления патрулирования.

### Заключение

Описанный метод расчёта эффективной ширины полосы поиска уклоняющихся судов, на основе текущей информации, разработан для сотрудников ГИМС, осуществляющих патрулирование акватории, однако может быть для решения ряда других задач, связанных с поиском уклоняющихся судов, то есть плавсредств, которые стремятся скрыться из зоны видимости представителей закона. К примеру, после небольшой адаптации метод может быть с успехом применён для поиска браконьеров на водоемах РФ.

В рамках дальнейших исследований планируется разработка специального программного обеспечения для осуществления поддержки принятия управленческих решений сотрудниками ГИМС при патрулировании акватории. Программная реализация позволит снизить когнитивную нагрузку на должностных лиц, сократить скорость проведения итераций и минимизировать вероятность допущения ошибки из-за человеческого фактора.

### Список источников

1. Колеров Д.А., Потапов А.И., Уткин О.В. Комплексный анализ причин возникновения чрезвычайных ситуаций на транспорте // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 3. С. 38-46.
2. Куватов В.И., Заводсков Г.Н., Колеров Д.А. Оценка эффективности управления безопасностью на объектах водного транспорта // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". 2022. № 4. С. 81-90.
3. Копейкин Н.Н. Анализ деятельности Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России в области безопасности и охраны жизни людей на водных объектах // Транспорт России: проблемы и перспективы: Материалы международной-научно-практической конференции, 2018. С. 176-181.
4. Колеров Д.А., Куватов В.И. Математическая модель и алгоритм поддержки принятия решений при обнаружении судов терпящих бедствие // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 1(50). С. 37-43.
5. Яппаров Е.Р., Алексеев В.В. Особые способы проведения поисковой операции // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. № 4. С. 23-35. DOI 10.24143/2073-1574-2020-4-23-35.
6. Яппаров Е.Р., Алексеев В.В. Обследование района поиска терпящего бедствие судна // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. № 4. С. 53-60. DOI 10.24143/2073-1574-2020-4-53-60.
7. Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Фазылов В.А. Мониторинг и исследования водных объектов и опасных гидрологических явлений горных территорий с применением беспилотных летательных аппаратов // Вестник Международного Университета Кыргызстана. 2021. № 2(43). С. 348-355.
8. Ки-Ян-шуй В.А., Коробова Л.А., Толстова И.С. Применение БПЛА для поиска браконьеров // Актуальная биотехнология. 2021. № 1. С. 251-253.



9. Деревянко Д.В. Применение беспилотных летающих аппаратов в гражданских целях и их безопасность // *Инновации. Наука. Образование*. 2021. № 32. С. 1438-1452.
10. Ли Дж. и др. Обзор морских беспилотных поисковых систем: теория, применение и будущие направления // *Океаническая инженерия*. 2023. С. 115-359.
11. Чэнь И. и др. Дистанционное обнаружение судов в сложных морских условиях на основе глубокой семантической сегментации // *Дистанционное зондирование*. 2020, № 4, С. 625.
12. Ясир М. и др. Ранжирование методов обнаружения судов с использованием изображений SAR на основе машинного обучения и искусственного интеллекта // *Журнал морской науки и техники*. 2023. № 10. С. 1916.
13. Ван И., Чжоу И., Ся С. Алгоритм обнаружения морских целей на основе глубокого обучения // 2021 Китайский конгресс по автоматизации (САС). IEEE, 2021. С. 1375-1380.
14. Закревский Ю.Н., Матвеев Р.П. Современные проблемы организации поиска, спасения и оказания помощи пострадавшим в морских катастрофах Обзор литературы // *Экология человека*. 2011. № 3. С. 33-39.
15. Бардулин Е.Н., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Вопросы принятия управленческих решений в случае неопределенности и риска // *Региональные аспекты управления, экономики и права Северо-Западного федерального округа России: межвузовский сборник научных трудов*. СПб. Выпуск 3 (44), 2018. С. 18-25.
16. Куватов В.И., Балобанов А.А., Колеров Д.А. Исследование операций: учебное пособие. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2024. 236 с.
17. Куватов В.И., Величко Г.А. Исследование операций. Учебник. СПб, 2005 г. 435 с.

## References

1. Kolerov D.A., Potapov A.I., Utkin O.V. Comprehensive analysis of the causes of emergency situations in transport // *Natural and man-made risks (physical, mathematical and applied aspects)*. 2022. issue 3. pp. 38-46.
2. Kuvatov V.I., Zavodskov G.N., Kolerov D.A. Assessing the effectiveness of safety management at water transport facilities // *Scientific and analytical journal "Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia"*. 2022. Issue 4. pp. 81-90.
3. Kopeikin N.N. Analysis of the activities of the State Inspectorate for Small Vessels of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the field of safety and protection of human life on water bodies // *Transport of Russia: problems and prospects: Materials of the international scientific-practical conference*. 2018. pp. 176-181.
4. Kolerov D.A., Kuvatov V.I. Mathematical model and algorithm for decision support when detecting ships in distress // *Modern problems of civil protection*. 2024. issue 1(50). pp. 37-43.
5. Yapparov E.R., Alekseev V.V. Special methods of conducting search operations // *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technology*. 2020. issue 4. pp. 23-35. DOI 10.24143/2073-1574-2020-4-23-35.
6. Yapparov E.R., Alekseev V.V. Survey of the search area for a ship in distress // *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technology*. 2020. issue 4. pp. 53-60. DOI 10.24143/2073-1574-2020-4-53-60.
7. Safarov M.S., Fazylov A.R., Fazylov V.A. Monitoring and research of water bodies and hazardous hydrological phenomena in mountain areas using unmanned aerial vehicles // *Bulletin of the International University of Kyrgyzstan*. 2021. issue 2(43). pp. 348-355.
8. Ki-Yan-shui V.A., Korobova L.A., Tolstova I.S. Application of UAVs to search for poachers // *Current biotechnology*. 2021. issue 1. pp. 251-253.
9. Derevianko D.V. Application of unmanned aerial vehicles for civil purposes and their safety // *Innovations. The science. Education*. 2021. issue 32. pp. 1438-1452.
10. Li J. et al. A survey of maritime unmanned search system: theory, applications and future directions // *Ocean Engineering*. 2023. P. 115359.
11. Chen Y. et al. Remote sensing image ship detection under complex sea conditions based on deep semantic segmentation // *Remote Sensing*. 2020, issue 4, P. 625.

12. Yasir M. et al. Ranking Ship Detection Methods Using SAR Images Based on Machine Learning and Artificial Intelligence // Journal of Marine Science and Engineering. 2023. issue 10. P. 1916.
13. Wang Y., Zhou Y., Xia X. Marine Target Detection Algorithm Based on Deep Learning // 2021 China Automation Congress (CAC). IEEE, 2021, pp. 1375-1380.
14. Zakrevsky Yu. N., Matveev R. P. Modern problems of organizing search, rescue and assistance to victims of marine disasters Review of literature // Human Ecology. 2011. issue 3. pp.33-39.
15. Bardulin E.N., Skripnik I.L., Voronin S.V. Issues of making management decisions in case of uncertainty and risk // Regional aspects of management, economics and law of the North-Western Federal District of Russia: interuniversity collection of scientific papers. SPb. issue 3 (44), 2018. pp. 18-25.
16. Kuvatov V.I., Balobanov A.A., Kolerov D.A. Operations Research: A Textbook. SPb.: St. Petersburg. State Fire Department EMERCOM of Russia, 2024. 236 p.
17. Kuvatov V.I., Velichko G.A. Research of operations. Textbook. St. Petersburg, 2005, 435 p.

Информация об авторах

В.И. Куватов – доктор технических наук, профессор

Information about the author

V.I. Kuvatov - Doctor of Engineering Sciences, Professor

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 28.07.2024, одобрена после рецензирования 21.08.2024, принята к публикации 31.08.2024.

The article was submitted 28.07.2024, approved after reviewing 21.08.2024, accepted for publication 31.08.2024.