

---

---

# ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

---

---

Научная статья

УДК 621.391; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-45-53

## ПРОБЛЕМЫ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗОНАХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

✉ Дворников Сергей Викторович;

Якушенко Сергей Алексеевич.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия;

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург, Россия.

Погорелов Андрей Анатольевич.

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург, Россия

✉ [practicdsv@yandex.ru](mailto:practicdsv@yandex.ru)

*Аннотация.* В работе показана эффективность навигационного обеспечения группировки подвижных объектов в условиях действия в зоне с повышенной опасностью и деструктивными воздействиями на радионавигационное поле средств позиционирования. Вскрыты проблемы функционирования навигационной аппаратуры пользователя и предложены пути их решения. Результаты исследований могут быть применены при организации спасательных работ с использованием систем навигационного обеспечения, а также производителями навигационной аппаратуры определения местоположения подвижных объектов в сложных условиях ее эксплуатации.

*Ключевые слова:* навигационное обеспечение, навигационная аппаратура, проблемы позиционирования, навигационная ошибка, система навигационного обеспечения

**Для цитирования:** Дворников С.В., Якушенко С.А., Погорелов А.А. Проблемы навигационного обеспечения подвижных объектов в зонах чрезвычайной ситуации // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 45–53. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-45-53.

Scientific article

## PROBLEMS OF NAVIGATION SUPPORT FOR MOVING OBJECTS IN EMERGENCY ZONES

✉ Dvornikov Sergey V.;

Yakushenko Sergey A.

Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation, Saint-Petersburg, Russia;

Military academy of communications of Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, Saint-Petersburg, Russia.

Pogorelov Andrey A.

Military academy of communications of Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, Saint-Petersburg, Russia

✉ [practicdsv@yandex.ru](mailto:practicdsv@yandex.ru)

*Abstract.* The paper shows the effectiveness of navigation support for grouping mobile objects under conditions of action in a zone with increased danger and destructive effects on the radio navigation field of positioning means. The problems of functioning of the user's navigation

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2023

equipment are revealed and ways to solve them are proposed. The research results can be applied in the organization of rescue operations using navigation support systems, as well as by manufacturers of navigation equipment for determining the location of mobile objects in difficult operating conditions.

*Keywords:* navigation software, navigation equipment, positioning problems, navigation error, navigation software system

**For citation:** Dvornikov S.V., Yakushenko S.A., Pogorelov A.A. Problems of navigation support for mobile objects in emergency zones // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 45–53. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-45-53.

## Введение

В настоящее время бурно внедряются инновационные технологии в деятельность человека, что способствует повышению эффективности результатов его работы [1–4]. Особенно важно применение новых технологий в спасательных работах, связанных с безопасностью человеческих жизней в условиях стихийных и техногенных бедствий [5]. Большое влияние на оперативность проведения спасательных работ оказывают навигационные и телекоммуникационные технологии [6, 7].

Прежде всего это обусловлено необходимостью определения координат пострадавших, подвижных объектов и своевременной их передачи должностным лицам на пункт управления. Важную роль в эффективности спасательной операции играет точность определения местоположения пострадавших и прокладка к ним кратчайшего пути следования. Кроме того, эффективность многократно увеличивается при действиях спасателей на незнакомой местности и в сложных физико-географических условиях местности.

Навигационное обеспечение в России реализуется на основе глобальной спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС, в которой для позиционирования используются низкоэнергетические общедоступные радионавигационные линии [8–10]. Поэтому в условиях напряженной сигнально-помеховой обстановки и сложных физико-географических условиях местности нередко происходит технический сбой функционирования СРНС, о чем неоднократно указывалось в средствах массовой информации [11, 12]. Кроме того, навигационная аппаратура нередко являлась объектом атак злоумышленников международного и кибертерроризма, которые характерны для современной геополитической обстановки в мире [13].

Следовательно, для предотвращения или хотя бы снижения деструктивных последствий негативных воздействий на СРНС необходимо выявить основные факторы, влияющие на работоспособность навигационной аппаратуры, и определить меры по их нейтрализации. Исследованию этого вопроса и посвящена данная статья.

## Проблемы навигационного обеспечения подвижных объектов

В настоящее время навигационное обеспечение является неотъемлемой частью системы управления подвижными объектами. При этом значительное повышение эффективности управления происходит при проведении спасательных операций за счет создания интегрированной системы навигации и связи или системы навигационного обеспечения (СНО) подвижных объектов управления. Особенно заметно наблюдается сокращение временных показателей цикла управления в сложных условиях обстановки при действиях на незнакомой местности [14–16]. Количественная оценка успеха проведения спасательных операций в первую очередь будет определяться степенью доступности всех пользователей к ресурсам глобальных СРНС, достоверностью получаемой информации и точностью позиционирования подвижных объектов.

Из вышесказанного следует отметить, что применение СНО в различной деятельности человека становится реальностью настоящего дня, что также подтверждается в работах [15, 17]. Использование навигационной информации в спасательных операциях, где визуальное позиционирование объектов затруднено или невозможно приобретает первостепенное значение. С другой стороны, радионавигационные линии, линии передачи навигационной информации крайне уязвимы к деструктивным воздействиям (ДСВ) радиоэлектронного характера, физических особенностей местности и детального картографического ее обеспечения [18]. Поэтому далее рассмотрим характер и степень их влияния.

Влияние помех на функционирование навигационного приёмника оценивается помехозащищённостью [19]. Помехозащищённость аппаратуры спутниковой навигации (АСН) характеризует ее способность выполнять своё предназначение в условиях воздействия сторонних помех, сосредоточенных по спектру сигналов.

Основным показателем помехозащищённости является коэффициент помехозащиты, который согласно работе [5] можно представить как:

$$K_{пз} = P_{п}/P_{с}|_{\sigma_{пн} \leq \sigma_{пн}^*} \quad (1)$$

В соответствии с формулой (1), коэффициент помехозащиты – это наибольшее отношение мощности помехи  $P_{п}$  в полосе рабочих частот приемника к мощности полезного сигнала  $P_{с}$ , при котором обеспечивается требуемое качество навигации.

Критерием нарушения работы АСН является уровень снижения точности определения местоположения в три раза, то есть  $\sigma^* = 3\sigma$ .

Согласно работам [15, 16] к АСН предъявляются следующие оперативно технические требования в части помехозащищённости: 25 дБ для узкополосного диапазона частот (L1) и 35 дБ для широкополосного диапазона (L2) от различного вида помех.

В сложной электромагнитной обстановке и физико-географических условиях местности как радиосигнал, так и помехи носят случайный характер, глубина замираний которых описывается логнормальным законом распределения [20]. Так как случайные величины  $P_{с}$  и  $P_{п}$  в логарифмическом масштабе распределены нормально, то и их разность  $K_{пз} = P_{п} - P_{с}$  также распределена нормально.

Тогда помехозащищённость АСН можно оценить через вероятность того, что текущий коэффициент помехозащиты ( $K_{пз} = P_{п} - P_{с}$ , в дБ) не превысит требуемый в условиях воздействия помех в одном канале приема [15, 20, 21]:

$$p_{пр} \left( K_{пз} [\text{дБ}] \geq K_{пз}^* [\text{дБ}] \right) = p \left[ \frac{\left( P_{п} [\text{дБВт}] - P_{с} [\text{дБВт}] \right) - K_{пз}^* [\text{дБ}]}{\sigma_{пс}} \right] = \Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-t^2/2} dt,$$

где  $P_{п}$  – уровень мощности помехи на входе приемника АСН;  $P_{с}$  – уровень мощности полезного сигнала на входе приемника АСН;  $\sigma_{пс}$  – суммарное среднеквадратическое отклонение сигнала и помехи на входе приёмника АСН;  $u = (P_{п} - P_{с} - K_{пз}^*)/\sigma_{пс}$  – параметр интегрирования.

Если помеха и сигнал не коррелированы, то  $\sigma_{пс} = (\sigma_{п}^2 + \sigma_{с}^2)^{-2}$ . При детерминированном сигнале  $\sigma_{пс} = \sigma_{п}$  [15].

Рассмотрим воздействие помех в диапазоне всех принимаемых частот (каналов) АСН. Так как АСН определяет координаты при приеме минимум четырех радионавигационных сигналов, то помехозащищённость многоканального приемника можно оценить на основе модели Бернулли [22]:

$$p_{пз}(n, m) = \sum_{i=m}^n p_{i,n} = \sum_{i=m}^n C_n^m p_{пф}^m (1 - p_{пф})^{n-m},$$

где  $m$  – количество навигационных космических аппаратов (НКА), радиосигналы которых использует АСН;  $n$  – количество видимых навигационных космических аппаратов (НКА) в заданной зоне;  $C_n^m = n! / (n!(n-m)!)$  – биномиальный коэффициент;  $p_{нф} = 1 - p_{рп}$  – вероятность нормального функционирования одного канала в условиях воздействия одной помехи.

Зависимость помехозащищенности АСН в режиме многоканального приема радионавигационных сигналов от вероятности нормального функционирования одного канала и количества видимых и используемых (неподавленных) каналов приемника АСН приведена на рис. 1, а в режиме 2D на рис. 2.

Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением количества помех на входе приемника и количества неработоспособных каналов нормальное функционирование АСН ухудшается, однако с увеличением количества видимых НКА и с переходом АСН в режим 2D или комбинированное использование НКА ГЛОНАСС и GPS возможности СНО улучшаются.

Ухудшение нормального функционирования АСН связано со снижением точности определения местоположения подвижных объектов, которая может оказаться недостаточной для позиционирования спасателей и транспортных средств. Например, в городских условиях, где сигнал может быть затруднен высокими зданиями или густой растительностью, ГЛОНАСС может не обеспечить достаточной точности для точного определения местоположения. Для количественной оценки точности позиционирования в условиях снижения уровня радионавигационного сигнала или повышения уровня мощности помехи на входе приемника используем формулу [15]:

$$\sigma_{ш}(S) = \frac{c}{2F_1} \sqrt{\frac{2N_{ш}k}{P_c T_n}},$$

где  $F_1$  – тактовая частота псевдослучайной последовательности дальномерного кода в диапазоне  $L_1$  (Гц);  $c$  – скорость света (м/с);  $P_c$  – мощность навигационного радиосигнала на входе приёмника;  $N_{ш}$  – спектральная мощность помехи на входе приёмника;  $k$  – коэффициент ухудшения энергетического потенциала в приёмнике ( $k \sim 1,5$ );  $T_n$  – интервал усреднения (накопления) измерений (с).

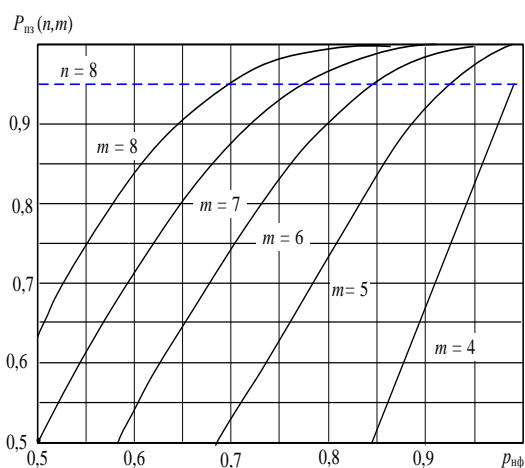


Рис. 1. Помехозащищенность навигационного приемника АСН в режиме 3D ( $n=8, m=8...4$ )

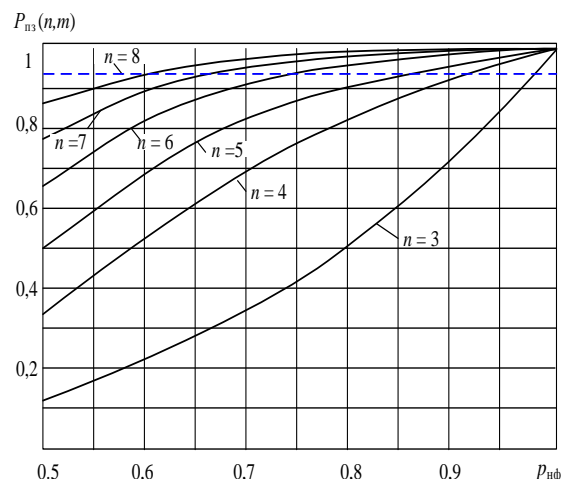


Рис. 2. Помехозащищенность навигационного приемника АСН в режиме 2D ( $m=3, n=3...8$ )

Зависимость точности определения местоположения АСН от отношения мощности навигационного радиосигнала к спектральной мощности помехи на входе приёмника приведена на рис. 3. Ухудшение точности позиционирования происходит при увеличении

мощности помехи на входе приемника. Однако точность можно улучшить при увеличении времени накопления радионавигационного сигнала  $T_n$  и при переходе в режим  $2D$ .

Второй из возможных проблем навигации в системе МЧС России может быть неточность или устаревание картографических данных, которые используются для прокладки маршрутов и планирования операций спасательных служб. Старение карт происходит по прошествию некоторого промежутка времени, которое составляет 8...15 лет в зависимости от района картографирования. При этом погрешность растета может привести к ошибкам в навигации и потере времени при доставке помощи на место происшествия.

Цифровизация моделей местности и обработка данных создают начальную погрешность припасовки цифровых карт к реальной местности  $\sigma_0$ , которая с течением времени увеличивается. Увеличение погрешности можно аппроксимировать экспоненциальным законом [23]:

$$\sigma_{\text{цк}} = \sigma_0 (1 + \exp(t/T)) ,$$

где  $\sigma_0$  – начальная погрешность цифровизации карт на цифровой модели местности;  $T$  – масштабируемый коэффициент;  $t$  – текущее время после создания цифровой карты.

Результаты исследований погрешности цифровых карт приведены на рис. 4.

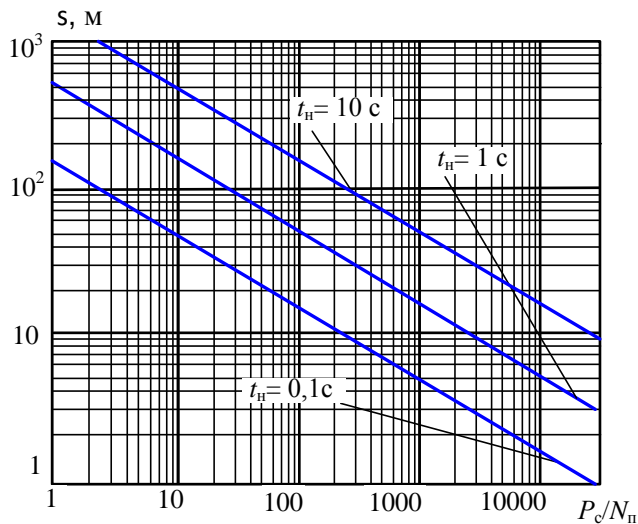


Рис. 3. Зависимость точности определения местоположения от уровня мощности помех на входе приемника АСН

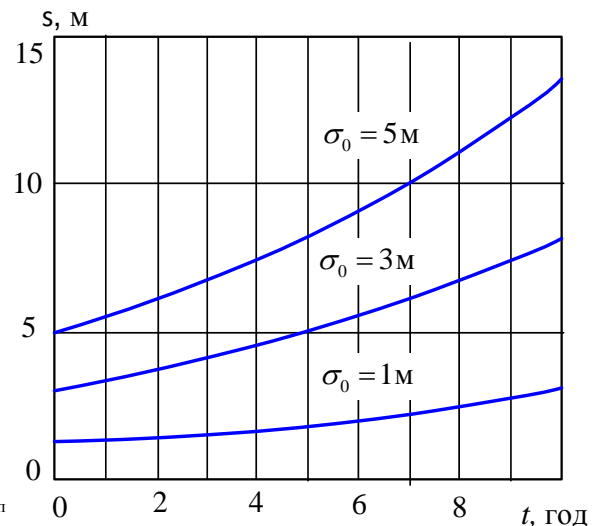


Рис. 4. Динамика изменения погрешности цифровых карт

Анализ результатов расчета показывает, что с течением времени погрешность определения местоположения подвижных объектов на цифровой карте увеличивается. Так, если период обновления составляет 10 лет, то погрешность может увеличиться в 2,5 раза.

Таким образом, на качество функционирования АСН влияют две составляющие – воздействие помех, старение цифровых карт, которые снижают точность определения координат. Суммарная погрешность определяется среднегеометрическим значением [15]:

$$\sigma_{x,y} = \sqrt{\sigma_{\text{гн}}^2 + \sigma_{\text{гцк}}^2} , \quad \sigma_h = \sqrt{\sigma_{\text{гн}}^2 + \sigma_{\text{гцк}}^2} ,$$

где  $\sigma_{\text{гн}}$ ,  $\sigma_{\text{гнн}}$  – суммарная погрешность определения местоположения плоских и вертикальных координат АСН;  $\sigma_{\text{гцк}}$ ,  $\sigma_{\text{гцкн}}$  – погрешность определения местоположения на цифровой карте плоских и вертикальных координат соответственно.

Следующей проблемой навигационного обеспечения подвижных объектов МЧС России может быть недостаточное обучение персонала МЧС России по использованию

навигационного оборудования [9], что может привести к ошибкам в навигации и потере времени при доставке помощи на место происшествия. Необходимо обеспечить персонал МЧС России достаточным обучением и тренингом, чтобы они могли эффективно использовать навигационное оборудование в условиях экстренной ситуации.

### Заключение

Необходимо отметить, что в работе определена важность навигационного обеспечения подвижных объектов для МЧС России при проведении спасательных операций. Наибольший эффект в оперативности проведения спасательных работ дает интеграция навигационных и инфотелекоммуникационных технологий, объединяющая их в систему навигационного обеспечения подвижных объектов управления. В результате проведенных в статье исследований вскрыты некоторые проблемы навигационного обеспечения, связанные с воздействием на элементы системы преднамеренных и непреднамеренных помех, старением картографических средств навигационной аппаратуры и недостаточной подготовкой пользователей аппаратуры спутниковой навигации. Для повышения эффективности применения АСН необходимо совершенствовать ее в этих направлениях, которые являются дальнейшими приоритетными вопросами исследования [24, 25].

### Список источников

1. Тхакохов А.А. Инновационные технологии и техника для ликвидации чрезвычайных ситуаций // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2023. № 5-4 (80). С. 161–163.
2. Воронин Д.А., Кнутов М.С. Инновационная разработка в области противопожарной защиты // *Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. Иваново, 2021*. С. 227–233.
3. Апарин А.А., Закинчак А.И. Совершенствование процесса адаптации технических инноваций в системы обеспечения безопасности // *Гражданская оборона на страже мира и безопасности: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Всемирному дню гражданской обороны. 2020*. С. 173–180.
4. Костерин И.В. Развитие инноваций в образовательных и научных организациях МЧС России // *Инновации. 2020*. № 6 (260). С. 94–98.
5. Грязнов С.Н., Пономарев А.И. Разработка и обоснование приоритетов в сфере инновационной политики МЧС России на период до 2020 года // *Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2012*. Т. 2. № 1 (2). С. 93–94.
6. Терёхин С.Н., Корольков А.П., Печёнов С.Н. Применение современной навигационной системы при подготовке сотрудников ГПС в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России // *Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. 2007*. С. 100–104.
7. Филиппов А.Г. Методы и модели информационно-навигационного обеспечения аварийно-спасательных формирований МЧС России // *Школа молодых ученых и специалистов МЧС России-2013. Актуальные проблемы обеспечения комплексной безопасности и пути их решения: сб. статей по материалам конф. 2013*. С. 142–149.
8. Дробушко А.Г., Сафонова Н.Л. Использование технологий ГЛОНАСС в структуре МЧС России // *Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015*. № 1-1 (4). С. 217–220.
9. Рыженко Н.Ю. Использование геоинформационных систем в структурах МЧС России // *Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016*. № 1-1 (7). С. 480–484.
10. Зайцева И.Н., Пшеничникова Ю.С. К вопросу об информационно-техническом обеспечении оперативных подразделений МЧС России // *Фундаментальные проблемы*

системной безопасности: материалы III Школы-семинара молодых ученых: в 2-х ч. 2016. С. 53–58.

11. Крылов Д. Навигаторы не смогут противостоять искажению сигнала GPS у Кремля. URL: [https://ria.ru/organization\\_Gazetaru](https://ria.ru/organization_Gazetaru) (дата обращения: 12.07.2023).

12. The village. В Москве вновь произошел сбой в работе GPS. URL: <https://www.the-village.ru/village/city/news-city/294774-sboi-gps> (дата обращения: 12.07.2023).

13. Лукавский С. Некоторые аспекты кибертерроризма. URL: <https://www.geopolitica.ru/article/nekotorye-aspekty-kiberterrorizma> (дата обращения: 12.07.2023).

14. Ожерельев М., Байтулаев А., Ефименко Д.Б. Навигационное обеспечение системы диспетчерского управления транспортом // Молодой ученый. 2011. № 4. Т. 3. С. 97–100.

15. Снежко В.К., Якушенко С.А. Военные интегрированные системы навигации, связи и управления: учеб. пособие. ВАС. СПб., 2014. 356 с.

16. Навигационная система для наземного транспортного средства «БИНС-Тек» // ОАО «ТеКнол»-Электрон.дан. М., 2009.

17. Первая сетецентрическая война // Военное обозрение. 2013. 22 нояб. URL: <https://topwar.ru/34855-pervaya-setecentricheskaya-voyna.html> (дата обращения: 12.07.2023).

18. Дворников С.В., Духовницкий О.Г. Оценка помехозащищенности профессионального радионавигационного оборудования системы ГЛОНАСС // Информация и космос. 2015. № 4. С. 73–77. EDN VJFNCJ.

19. Работа линий радиосвязи с ППРЧ в условиях преднамеренных помех / М.А. Вознюк [и др.] // Информационные технологии. 2012. № 10. С. 64–67.

20. Симонов А.Н., Волков Р.В., Дворников С.В. Основы построения и функционирования угломерных систем координатометрии источников радиоизлучений: учеб. пособие / под ред. А.Н. Симонова. СПб.: ВАС, 2017. 248 с.

21. Дворников С.В. Методика оценки имитостойчивости каналов управления роботизированных устройств // Радиопромышленность. 2016. № 2. С. 64–69.

22. Якушенко С.А., Малышев А.К., Мешков И.С. Непараметрический метод оценки помехозащищенности спутниковых радионавигационных приемников в условиях воздействия ретрансляционных помех // Успехи современной радиоэлектроники. 2016. № 11. С. 9–13.

23. Якушенко С.А., Сазонов М.А. Информационно-расчетные задачи навигационно-связных комплексов специального назначения // Успехи современной радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 37–40.

24. Повышение помехоустойчивости сигналов КАМ-16 с трансформированными созвездиями / С.В. Дворников [и др.] // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Техника телевидения. 2014. № 2. С. 51–56.

25. Теоретические положения повышения помехоустойчивости сигнально-кодовых конструкций квадратурных сигналов / С.В. Дворников [и др.] // Информация и космос. 2015. № 3. С. 13–16.

## References

1. Thakohov A.A. Innovacionnye tekhnologii i tekhnika dlya likvidacii chrezvychajnyh situacij // Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2023. № 5-4 (80). S. 161–163.

2. Voronin D.A., Knutov M.S. Innovacionnaya razrabotka v oblasti protivopozharnoj zashchity // Sovremennye pozharobezopasnye materialy i tekhnologii: sb. materialov V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ivanovo, 2021. S. 227–233.

3. Aparin A.A., Zakinchak A.I. Sovershenstvovanie processa adaptacii tekhnicheskikh innovacij v sistemy obespecheniya bezopasnosti // Grazhdanskaya oborona na strazhe mira i bezopasnosti: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. Vsemirnomu dnyu grazhdanskoj oborony. 2020. S. 173–180.



4. Kosterin I.V. Razvitiye innovacij v obrazovatel'nyh i nauchnyh organizacijah MCHS Rossii // *Innovacii*. 2020. № 6 (260). S. 94–98.
5. Gryaznov S.N., Ponomarev A.I. Razrabotka i obosnovanie prioritetov v sfere innovacionnoj politiki MCHS Rossii na period do 2020 goda // *Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya*. 2012. T. 2. № 1 (2). S. 93–94.
6. Teryohin S.N., Korol'kov A.P., Pechyonov S.N. Primenenie sovremennoj navigacionnoj sistemy pri podgotovke sotrudnikov GPS v Sankt-Peterburgskom universitete GPS MCHS Rossii // *Podgotovka kadrov v sisteme preduprezhdeniya i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* 2007. S. 100–104.
7. Filippov A.G. Metody i modeli informacionno-navigacionnogo obespecheniya avarijno-spasatel'nyh formirovanij MCHS Rossii // *Shkola molodyh uchenyh i specialistov MCHS Rossii-2013. Aktual'nye problemy obespecheniya kompleksnoj bezopasnosti i puti ih resheniya: sb. statej po materialam konf.* 2013. S. 142–149.
8. Drobushko A.G., Safonova N.L. Ispol'zovaniya tekhnologij GLONASS v strukture MCHS Rossii // *Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij*. 2015. № 1-1 (4). S. 217–220.
9. Ryzhenko N.Yu. Ispol'zovanie geoinformacionnyh sistem v strukturah MCHS Rossii // *Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij*. 2016. № 1-1 (7). S. 480–484.
10. Zajceva I.N., Pshenichnikova Yu.S. K voprosu ob informacionno-tekhicheskom obespechenii operativnyh podrazdelenij MCHS Rossii // *Fundamental'nye problemy sistemoj bezopasnosti: materialy III Shkoly-seminara molodyh uchenyh: v 2-h ch.* 2016. S. 53–58.
11. Krylov D. Navigatory ne smogut protivostoyat' iskazheniyu signala GPS u Kremlya. URL: [https://ria.ru/organization\\_Gazetaru](https://ria.ru/organization_Gazetaru) (data obrashcheniya: 12.07.2023).
12. The village. V Moskve vnov' proizoshel sboj v rabote GPS. URL: <https://www.the-village.ru/village/city/news-city/294774-sboi-gps> (data obrashcheniya: 12.07.2023).
13. Lukavskij S. Nekotorye aspekty kiberterrorizma. URL: <https://www.geopolitica.ru/article/nekotorye-aspekty-kiberterrorizma> (data obrashcheniya: 12.07.2023).
14. Ozherel'ev M., Bajtulaev A., Efimenko D.B. Navigacionnoe obespechenie sistemy dispetcherskogo upravleniya transportom // *Molodoj uchenyj*. 2011. № 4. T. 3. S. 97–100.
15. Snezhko V.K., Yakushenko S.A. Voennye integrirovannye sistemy navigacii, svyazi i upravleniya: ucheb. posobie. VAS. SPb., 2014. 356 s.
16. Navigacionnaya sistema dlya nazemnogo transportnogo sredstva «BINS-Tek» // OAO «TeKnol»-Elektron.dan. M., 2009.
17. Pervaya setecentricheskaya vojna // *Voennoe obozrenie*. 2013. 22 noyab. URL: <https://topwar.ru/34855-pervaya-setecentricheskaya-vojna.html> (data obrashcheniya: 12.07.2023).
18. Dvornikov S.V., Duhovnickij O.G. Ocenka pomekhozashchishchennosti professional'nogo radionavigacionnogo oborudovaniya sistemy GLONASS // *Informaciya i kosmos*. 2015. № 4. S. 73–77. EDN VJFNCJ.
19. Rabota linij radiosvyazi s PPRCH v usloviyah prednamerennyh pomekh / M.A. Voznyuk [i dr.] // *Informacionnye tekhnologii*. 2012. № 10. S. 64–67.
20. Simonov A.N., Volkov R.V., Dvornikov S.V. Osnovy postroeniya i funkcionirovaniya uglomernyh sistem koordinatometrii istochnikov radioizluchenij: ucheb. posobie / pod red. A.N. Simonova. SPb.: VAS, 2017. 248 s.
21. Dvornikov S.V. Metodika ocenki imitoustojchivosti kanalov upravleniya robotizirovannyh ustrojstv // *Radiopromyshlennost'*. 2016. № 2. S. 64–69.
22. Yakushenko S.A., Malyshev A.K., Meshkov I.S. Neparаметрический метод оценки помехозащитности спутниковых радионавигационных приемников в условиях воздействия ретрансляционных помех // *Uspekhi sovremennoj radioelektroniki*. 2016. № 11. S. 9–13.
23. Yakushenko S.A., Sazonov M.A. Informacionno-raschetnye zadachi navigacionno-svyaznyh kompleksov special'nogo naznacheniya // *Uspekhi sovremennoj radioelektroniki*. 2015. № 1. S. 37–40.



24. Povyshenie pomekhustojchivosti signalov KAM-16 s transformirovannymi sozvezdiyami / S.V. Dvornikov [i dr.] // Voprosy radioelektroniki. Ser.: Tekhnika televideniya. 2014. № 2. S. 51–56.

25. Teoreticheskie polozheniya povysheniya pomekhustojchivosti signal'no-kodovyh konstrukcij kvadratnyh signalov / S.V. Dvornikov [i dr.] // Informaciya i kosmos. 2015. № 3. S. 13–16.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 15.07.2023; одобрена после рецензирования: 07.08.2023; принята к публикации: 10.09.2023

**Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 15.07.2023; approved after review: 07.08.2023; accepted for publication: 10.09.2023

*Сведения об авторах:*

**Дворников Сергей Викторович**, профессор кафедры радиотехнических и оптоэлектронных комплексов (Кафедра 21) Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67); профессор кафедры радиосвязи Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, доктор технических наук, профессор, e-mail: [practicdsv@yandex.ru](mailto:practicdsv@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4889-0001>, SPIN-код: 7109-9590

**Якушенко Сергей Алексеевич**, доцент кафедры Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А), кандидат технических наук, доцент, SPIN-код: 7330-3298

**Погорелов Андрей Анатольевич**, доцент кафедры Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного (194064, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 3), кандидат технических наук, доцент, e-mail: [anpog@yandex.ru](mailto:anpog@yandex.ru), SPIN-код: 6413-0148

*Information about authors:*

**Dvornikov Sergey V.**, professor of the department of radio engineering and optoelectronic complexes (Department 21) Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (190000, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 67); professor of the department of radio communications of the Military academy of communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, doctor of technical sciences, professor, e-mail: [practicdsv@yandex.ru](mailto:practicdsv@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4889-0001>, SPIN: 7109-9590

**Yakushenko Sergey A.**, associate professor of the department of the Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (190000, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 67, lit. A), candidate of technical sciences, associate professor, SPIN: 7330-3298

**Pogorelov Andrey A.**, associate professor of the department Military academy of communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny (194064, Saint-Petersburg, Tikhoretsky pr., 3), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: [anpog@yandex.ru](mailto:anpog@yandex.ru), SPIN: 6413-0148