

## РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

---

УДК 621.396.96:621.396.67

DOI: 10.34680/2076-8052.2023.3(132).419-425

ГРНТИ 47.49.29+47.45.29

Специальность ВАК 2.2.16

*Научная статья*

### МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ СИГНАЛ-ШУМ НА ВЫХОДЕ СИНТЕЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СТЕНДА ПРИ НАЛИЧИИ РАЗЛИЧНОГО ТИПА АКТИВНОЙ ПОМЕХИ

Семёнов А. А.

*Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского (Санкт-Петербург, Россия)*

**Аннотация** Рассматривается методика получения значений сигнал-шум на выходе синтезированной антенной решетки ультразвукового стенда при наличии различного типа активной помехи. Данная методика использует алгоритм реализации сценария эксперимента, который имеет пространственные корреляционные зависимости в процессе обработки радиолокационной информации в ультразвуковом локационном стенде. Показано, что при формировании процедуры измерений пространственное положение передатчика и углового отражателя также вносит вклад в оценку полученных данных, что и положение источника помехи, которое напрямую влияет на формирование результата. Приводятся примеры полученной информации о положении углового отражателя по данным ультразвукового локационного стенда при непосредственном помеховом воздействии. Рассмотренная методика позволяет проводить исследования по оценке влияния активных помех и шумов на алгоритмы работы и процессы функционирования реальных радиолокационных станций на базе ультразвукового локационного стенда.

**Ключевые слова:** ультразвуковой локационный стенд, активная помеха, диаграмма направленности, отношение сигнал-шум

**Для цитирования:** Семёнов А. А. Методика получения значений сигнал-шум на выходе синтезированной антенной решетки ультразвукового стенда при наличии различного типа активной помехи // Вестник НовГУ. 2023. 3(132). 419-425. DOI: 10.34680/2076-8052.2023.3(132).419-425

*Research Article*

### METHOD OF OBTAINING SIGNAL-TO-NOISE VALUES AT THE OUTPUT OF THE SYNTHESIZED ANTENNA ARRAY OF THE ULTRASONIC STAND IN THE PRESENCE OF VARIOUS TYPES OF ACTIVE INTERFERENCE

Semenov A. A.

*A. F. Mozhaysky Military-Space Academy (Saint Petersburg, Russia)*

**Abstract** A method of obtaining signal-to-noise values at the output of the synthesized antenna array of an ultrasonic stand in the presence of active interference is considered. This method uses an algorithm for implementing the experimental scenario, which has spatial correlations during processing radar information in an ultrasonic location stand. It is shown that when forming the measurement procedure, the spatial position of the transmitter and the angle reflector also contributes to the evaluation of the data obtained, as does the position of the interference source, which directly affects the formation of the result. Examples of the received information about the position of the corner reflector according to the ultrasonic location stand data with direct interference are given. The considered method makes it possible to conduct research to assess the effect of active interference and noise on the algorithms of operation and functioning processes of real radar stations based on an ultrasonic location stand.

**Keywords:** ultrasonic location stand, active interference, radiation pattern, signal-to-noise ratio

**For citation:** Semenov A. A. Method of obtaining signal-to-noise values at the output of the synthesized antenna array of the ultrasonic stand in the presence of various types of active interference // Vestnik NovSU. 2023. 3(132). 419-425. DOI: 10.34680/2076-8052.2023.3(132).419-425

## Введение

Реализация перспективных технических решений в концепции развития современных радиолокационных станций (РЛС) имеет стадии не только технического, но и теоретического этапа проектирования, начиная от первичного выбора основных принципов аппаратной организации, структурирования связей, создания перспективных опытных образцов, заканчивая реальными техническими испытаниями, которые формируют вектор значимости применения и характер эффективности функционирования станции в различные условия.

Несмотря на возможности современных методов компьютерного моделирования, радиолокационной станции как объекта моделирования в целом, так и отдельных ее структурных составляющих элементов, роль натуральных и полунатурных испытаний остается доминирующей при формировании различного рода решений. Именно основываясь на реальных полученных измерениях, полностью или частично выявляются особенности взаимодействия объекта со средой функционирования, определяются основные эксплуатационные характеристики, а в отдельных случаях устанавливаются новые частные физические явления, приводящие к их существенным доработкам, а зачастую к улучшениям [1].

Наличие и воздействие различного рода помеховых явлений приводит к уменьшению или искажению получаемых основных характеристик входных воздействий (как пример, отношения сигнал-шум в приёмном тракте РЛС). Следовательно, правильное обнаружение помехи и дальнейший ее учет на всех этапах технического цикла в процессе функционирования РЛС является приоритетной задачей теоретического, экспериментального и практического характера [2].

Экономические аспекты проведения реальных натуральных исследований, по оценке суммарных массивов информации с наличием в них стороннего воздействия в зоне нахождения РЛС, не всегда могут быть доступными. Придерживаясь основной идеи исследования, также отметим, что как доступную альтернативу натуральных исследований РЛС в узкой технической составляющей можно использовать технические возможности ультразвукового локационного стенда (УЛС), разработанного в Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского [3, 4].

Приведенные материалы являются еще одним этапом многолетней работы по формированию понимания о корреляционных законах соотношения получаемых экспериментальных данных полунатурного характера с реальным функционированием отдельных специфических узлов РЛС.

### Экспериментальная процедура

В рамках задачи по получению результатов приводим один из итогов выполнения экспериментальной процедуры по формированию комплекса измерений приемо-передающего устройства УЛС (ППУ УЛС).

Условные пространственные ограничения базируются в рамках границ целевого мишенного поля (ЦМП) УЛС [4]. Площадь данного поля в конкретном примере определена и составляет  $4 \text{ м}^2$ . Основной единичный элемент пространственного дискретного деления является N-подсектор ЦМП, стороны которого равны 10 см (рисунок 1 а).

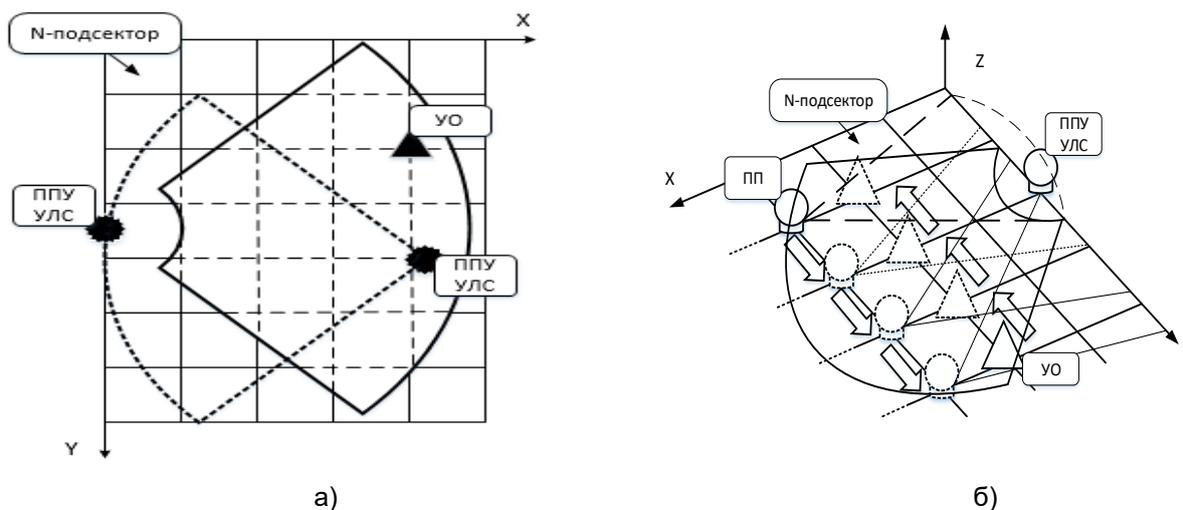


Рисунок 1. Моделирование зоны обзора и сценария проведения эксперимента

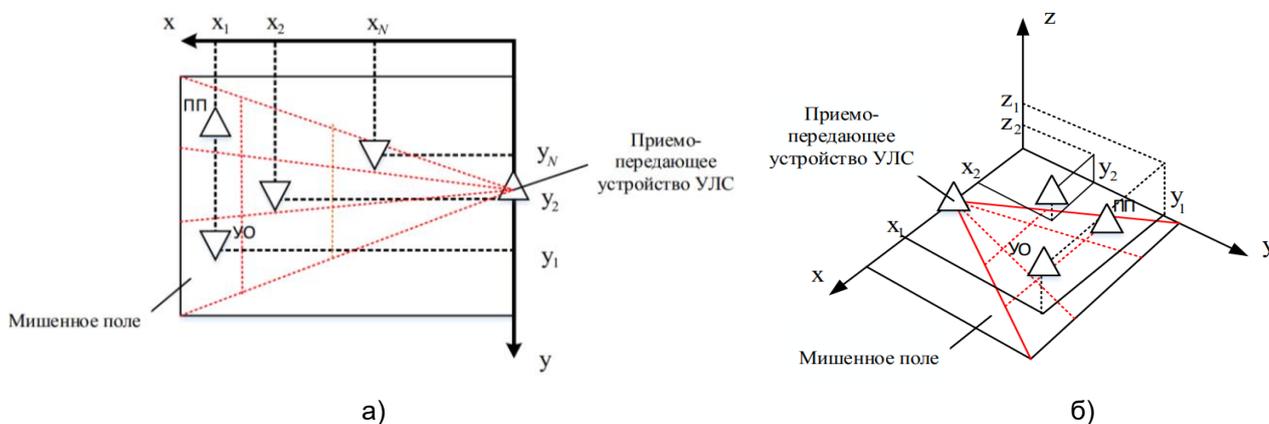


Рисунок 2. Моделирование сценария проведения эксперимента

Формирование набора данных, в основе которого лежит вышеуказанный подход деления пространства ЦМП, позволяет визировать моделируемые объект-цель (углоковый отражатель (УО)) и набор объект-целей (УО, с вариациями ЭПК), при условии изменения положения в азимутальной плоскости объектов-целей относительно ППУ УЛС, а также в экспериментальный процесс этапа измерений ввести наличие активного передатчика помех (ПП) в диаграмме направленности ППУ УЛС зоны ЦМП (рисунок 1 б).

Стоит уточнить, что ПП стационарен, и имеет перемещение в параметрах ЦМП, с изменением положения не только в азимутальной плоскости (рисунок 2 а) как объект-цель, но и угломерной плоскости ЦМП (рисунок 2 б).

Техническая реализация ПП позволяет формировать различные виды сигналов, как по мощности передачи, так и по структурной, при выполнении этапа измерений, с дальнейшим формированием наборов данных. Стоит подчеркнуть, что ПП обладает идентичными техническими характеристиками, что и ППУ УЛС.

### Результаты и решения

На рисунках 3-5 показана одна из динамик результатов эксперимента, которые позволяют сформировать корреляцию пространственного положения объекта исследования и мощности полезного сигнала на фоне помехового воздействия [4]. Помеха имеет только дискретную зависимость, которая сформирована путем реализации процентного соотношении от мощности сигнала излучения.

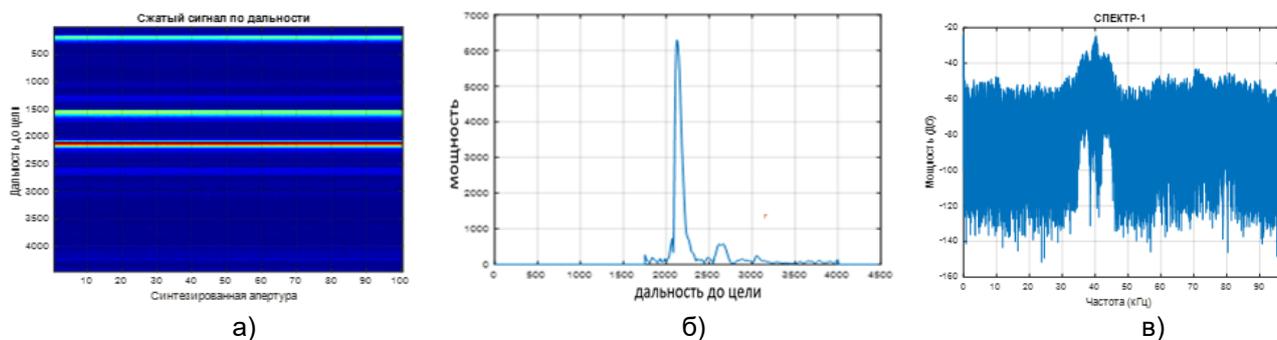


Рисунок 3. Мощность 0 %

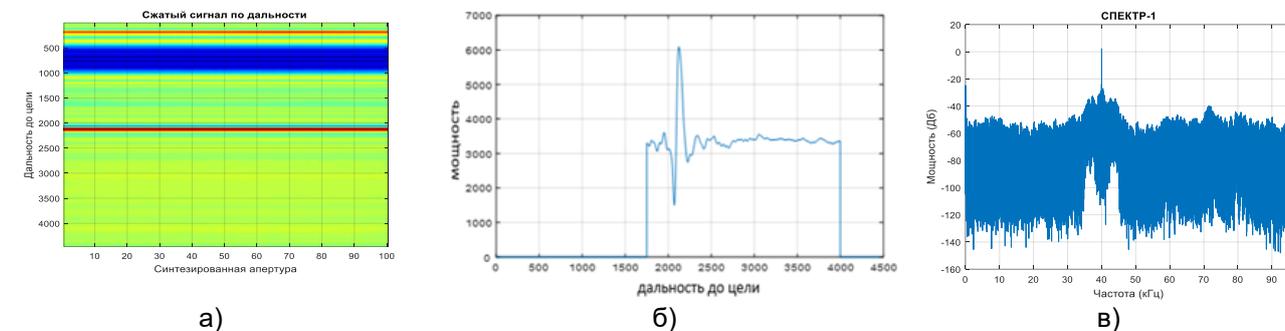


Рисунок 4. Мощность 10 %

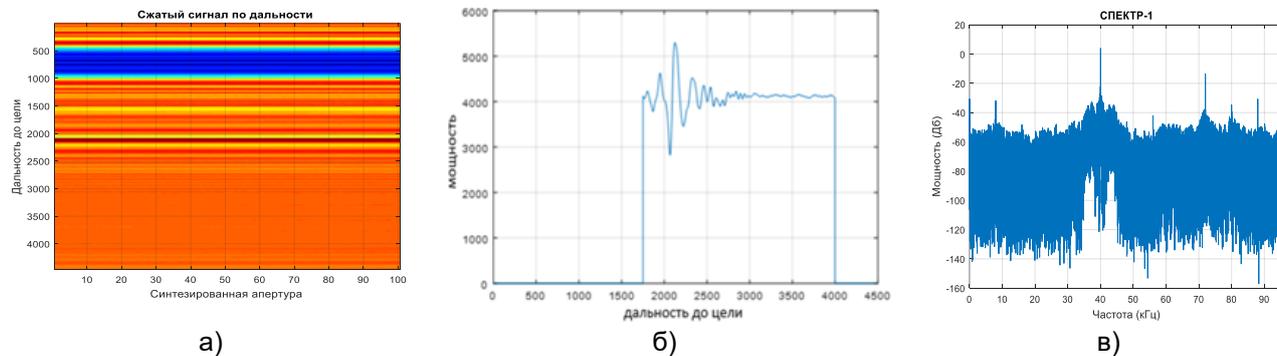


Рисунок 5. Мощность 15 %

При выполнении этапов измерений алгоритма сценария проведения эксперимента формируется набор данных, который показывает также результаты исследований при использовании в качестве помехи более сложную структуру сигнала (рисунки 6-8).

Программное обеспечение УЛС позволяет получить оценку результата путем формирования цветной гистограммы, определяющей зависимость синтезированной апертуры и дальности до цели (рисунки 3а-5а), дальности до цели и приведенных единиц (рисунки 3б-5б) для формирования огибающей частоты передатчика и мощности в приемном тракте (рисунки 3в-5в).

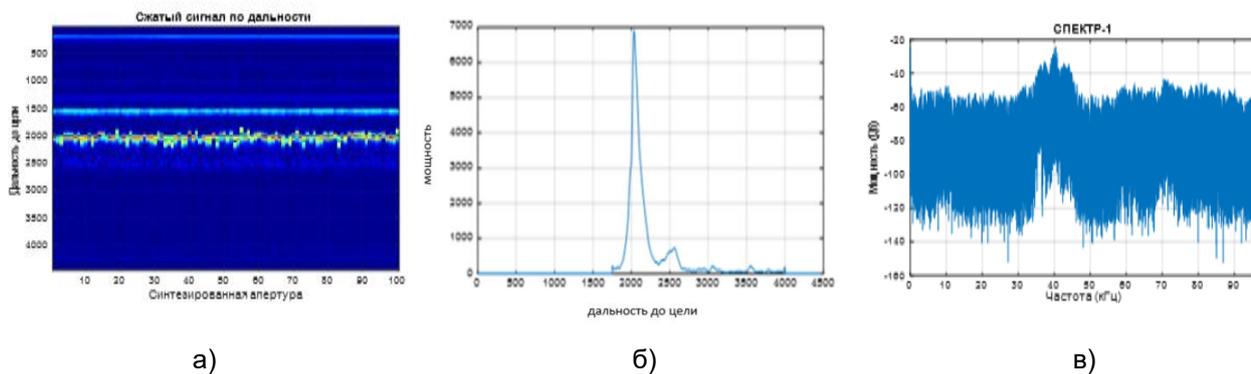


Рисунок 6. Помеха ЛЧМ мощность 20 %

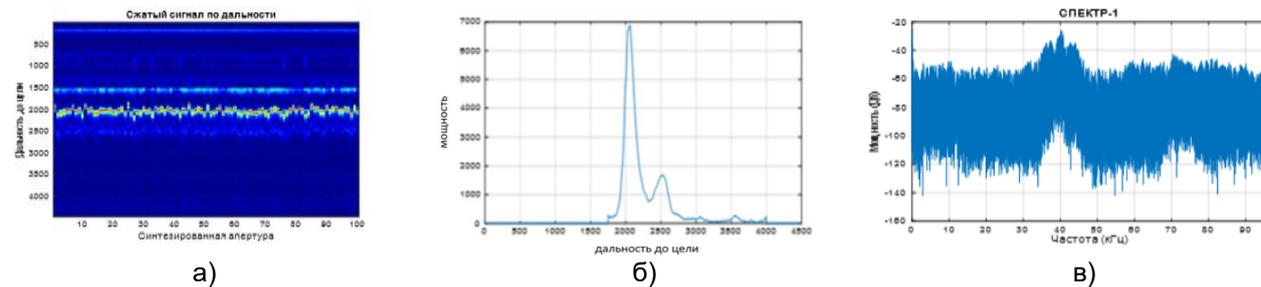


Рисунок 7. Помеха ЛЧМ мощность 60 %

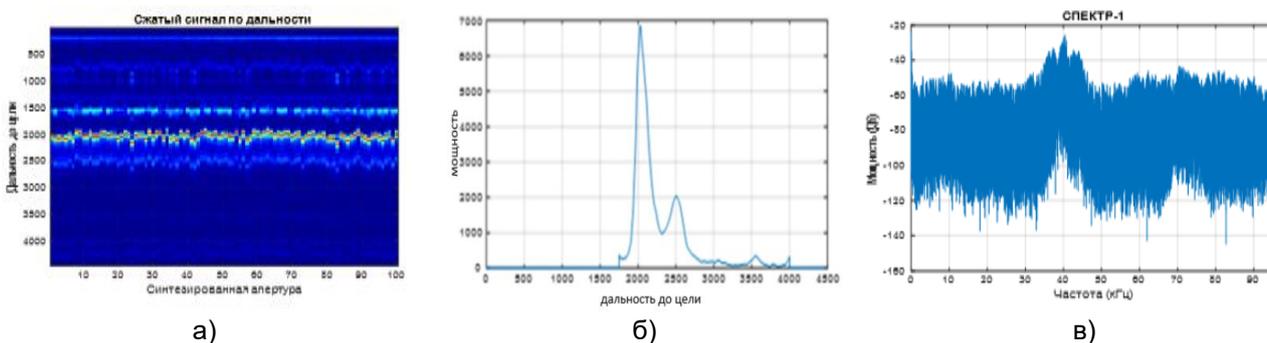


Рисунок 8. Помеха ЛЧМ мощность 60 %

Также исследования показали возможность не только в подавлении полезной информации, но и в имитации ложной цели.

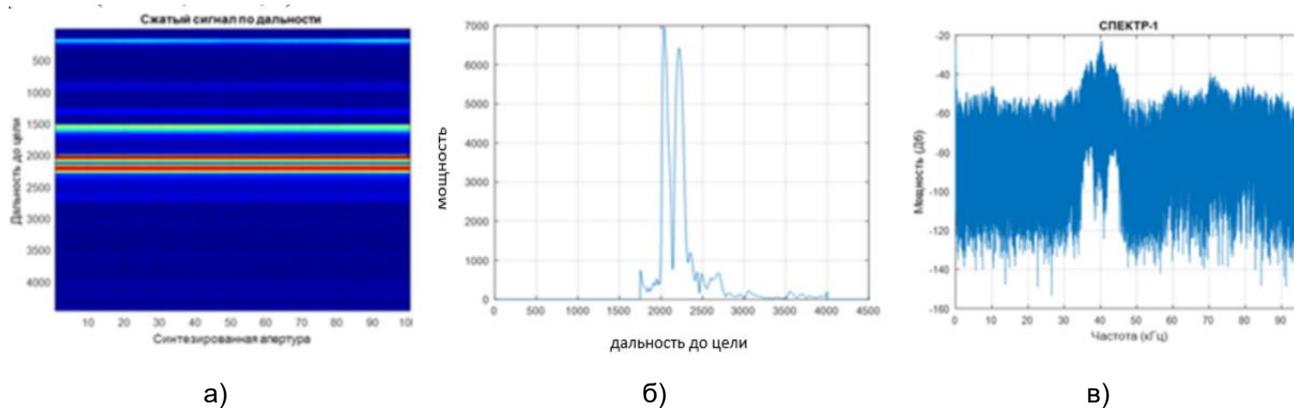


Рисунок 9. Ложная цель

### Вывод

Приведенные результаты демонстрируют непосредственное проявление помехового воздействия и его влияния на физические процессы локации при помощи полунатурного моделирования.

Представленные наборы корреляционных связей позволяют предположить о дальнейших направлениях развития тематических исследований в данном направлении, что, конечно, является более доступным предметом и экономически выгодным предметом исследования по сравнению с реальными радиолокационными системами.

### Список литературы

1. Козлов А. В., Косынкин А. И., Мороз А. В., Сахно И. В., Пименов В. Ф. Технология и результаты полунатурного моделирования в условиях ультразвукового полигона системы цифровой обработки траекторного сигнала РЛС ОЗП, использующей различные типы сложных широкополосных зондирующих сигналов // Труды XXX Всероссийского симпозиума «Радиолокационное исследование природных сред», 18-19 апреля 2017 г. Вып. 12: в 2-х т. Т. 2. Санкт-Петербург, Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, 2017. 50-63.

2. Звонарев В. В., Мороз А. В., Шерстюк А. В. Методика оценивания характеристик диаграммы направленности ультразвукового локатора в режиме синтезирования апертуры антенны // Труды Московского авиационного института. 2019. 106. 6-26.

3. Макаренков В. В., Мороз А. В., Сахно И. В., Семёнов А. А. Методика формирования диаграммы направленности и расчета отношения сигнал-шум на выходе синтезированной антенной решетки ультразвукового локационного стенда в условиях помехового воздействия // Вестник метролога. 2021. 3. 28-33.

4. Дворов А. Н., Семёнов А. А. Методика получения значений сигнал-шум на выходе синтезированной антенной решетки ультразвукового стенда при наличии активной помехи // Вестник метролога. 2022. 4. 7-11.

### References

1. Kozlov A. V., Kosynkin A. I., Moroz A. V., Sakhno I. V. Tekhnologiya i rezul'taty polunatural'nogo modelirovaniya v usloviyakh ul'trazvukovogo poligona sistemy tsifrovoy obrabotki trayektornogo signala RLS OZP, ispol'zuyushchey razlichnyye tipy slozhnykh

shirokopolosnykh zondiruyushchikh signalov [Technology and results of semi-natural modeling in the conditions of an ultrasonic polygon of the digital processing system of the trajectory signal of the OZP radar using various types of complex broadband probing signals] // Radiolokatsionnoye issledovaniye prirodnykh sred [Proceedings of the 30<sup>th</sup> All-Russian Symposium "Radar research of natural environments"], April 18–19, 2017: In 2 volumes. Is. 12, vol. 2. St. Petersburg, A. F. Mozhaysky Military-Space Academy, 2017. 50-63.

2. Zvonarev V. V., Moroz A. V., Sherstyuk A. V. Metodika otsenivaniya kharakteristik diagrammy napravlenosti ul'trazvukovogo lokatora v rezhime sintezirovaniya apertury anteny [Methodology for estimating the characteristics of the directional pattern of an ultrasonic locator in the mode of synthesizing the antenna aperture] // Trudy MAI. 2019. 106. 6-26.

3. Makarenkov V. V., Moroz A. V., Sakhno I. V., Semenov A. A. Metodika formirovaniya diagrammy napravlenosti i rascheta otnosheniya signal-shum na vykhode sintezirovannoy antennoy reshetki ul'trazvukovogo lokatsionnogo stenda v usloviyakh pomekhovogo vozdeystviya [The method of forming a directional pattern and calculating the signal-to-noise ratio at the output of a synthesized antenna array of an ultrasonic location stand under interference conditions] // Vestnik Metrologa. 2021. 3. 28-33.

4. Dvorov A. N., Semenov A. A. Metodika polucheniya znacheniy signal-shum na vykhode sintezirovannoy antennoy reshetki ul'trazvukovogo stenda pri nalichii aktivnoy pomekhi [Method of obtaining signal-to-noise values at the output of a synthesized antenna array of an ultrasonic stand in the presence of active interference] // Vestnik Metrologa. 2022. 4. 7-11.

#### **Информация об авторах**

*Семёнов Александр Александрович* – кандидат технических наук, доцент, Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0009-0003-0255-5747, [semenov.aleksand@mail.ru](mailto:semenov.aleksand@mail.ru)