

## Software search for coordinate foster sonar systems

Safronov S.<sup>1</sup>, Sharabanova A.<sup>2</sup>

### Программное обеспечение для поиска координат приемных гидроакустических систем

Сафронов С. В.<sup>1</sup>, Шарабанова А. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сафронов Сергей Владимирович / Safronov Sergej – магистрант;

<sup>2</sup>Шарабанова Анастасия Вадимовна / Sharabanova Anastasia – магистрант,  
кафедра систем автоматического управления и контроля,  
Национальный исследовательский университет

Московский государственный институт электронной техники, г. Зеленоград

**Аннотация:** в статье рассматривается метод поиска координат приемной гидроакустической системы, основанный на методе наименьших квадратов, проводится моделирование поиска координат в системе Matlab с помощью разработанного программного обеспечения. В качестве примера используется дальномерная система, в которой путем измерения времени распространения сигнала определяются расстояния до трех или более излучателей. Координаты приемной системы находятся как точка пересечения сфер, центры которых расположены в точках установки излучателей, а радиусы равны наклонным расстояниям от излучателей до приемной системы.

**Abstract:** the article discusses the method of finding the coordinates of the reception hydroacoustic system based on the method of least squares, simulation of search of coordinates in Matlab. As an example, used distance measuring system in which by measuring the time of propagation of the signal determined by the distance from three or more emitters. The coordinates of the receiving system is located as the intersection of spheres, centres of which are located at the points of installation of the emitters, and the radii equal to the inclined distance from the emitters to the receiving system.

**Ключевые слова:** позиционирование подводного объекта, поиск координат, моделирование, Matlab.

**Keywords:** positioning an underwater object, location, modelling, Matlab.

Позиционирование подводного объекта требуется в разнообразных областях: в научных исследованиях, промышленности, в военно-инженерных задачах. Нередко в задачах гидроакустических измерений с использованием приемных измерительных систем необходимы координаты, информирующие о месте установки измерительной системы.

Была разработана программа поиска координат на вход которой подаются наклонные дистанции от приемников до искомого объекта. Программа разработана таким образом, что можно использовать данные, полученные со многих приемников, их количество может быть больше трех. После получения дистанций программа рассчитывает координаты с помощью численного метода решения, методом наименьших квадратов. После выполнения алгоритма на выходе получаем искомые оценки координат [1].

Блок-схема работы программы продемонстрирована на рисунке 1.



*Рис. 1. Блок-схема программы поиска координат*

Программа для определения координат использует в качестве входных данных значения наклонных дальностей и значения координат размещения гидрофонов. Так как измерить наклонные дальности в реальной обстановке не представляется возможным, необходимо прибегнуть к моделированию искомой координаты для возможности расчета наклонных дальностей. Блок-схема работы программы моделирования продемонстрирована на рисунке 2.

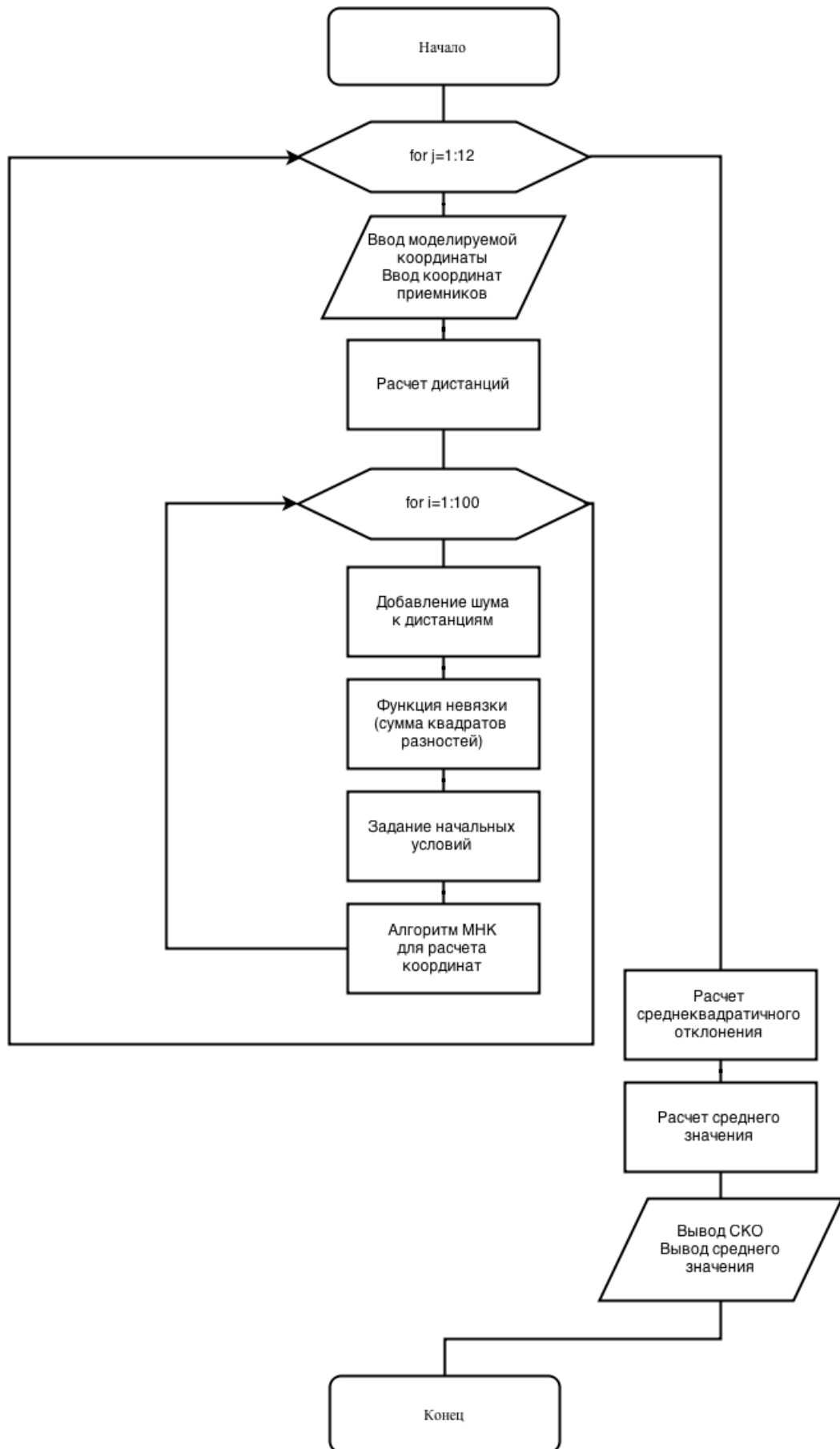


Рис. 2. Блок-схема программы моделирования

Моделирование в Matlab проводилось с целью оценки погрешностей определения координат в условиях, когда заданы состав и координаты опорных точек. Под опорными точками понимаем координаты установки излучателей. В качестве характеристик погрешности определения координат используются среднеквадратическое отклонение (СКО) и смещение оценки.

В качестве примера берется точка  $x = 325$   $y = 5$   $z = 100$ . До нее от 4 излучателей с координатами из таблицы 1 рассчитываются наклонные дальности.

Таблица 1. Координаты излучателей

№ излучателя	Координата X	Координата Y	Координата Z
1	0	0	20
2	50	0	20
3	50	10	20
4	0	10	20

Получившиеся наклонные дальности: 334.7387 286.4437 286.4437 334.7387. Далее к дальностям добавляется шум. Получившиеся наклонные дальности с шумом 334.7056 286.4607 286.3958 334.7582. Теперь, когда есть координаты приемников и наклонные дистанции от них до искомого объекта, нужно подставить их в алгоритм. Алгоритм поиска координат совершает 100 итераций, то есть 100 вычислений координат с разным шумом для сбора статистики и для получения необходимых результатов. Результаты моделирования представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты моделирования

Оценки координат	Координата X	Координата Y	Координата Z
	324,9828	5,0005	99,9838
Моделируемые координаты	325	5	100
Среднеквадратическое отклонение	0,1524	0,5993	0,5483
Смещение оценки	0,0235	0,0850	- 0,0982

Полученные результаты показывают, что x координата отклоняется на 15 сантиметров, y координата - на 59 сантиметров, z координата - на 54 сантиметра. Большое отклонение на y и z координате можно объяснить выбранной прямоугольной апертурой и дальностью расположения искомого объекта.

### Литература

1. Сафронов С. В. О методе поиска координат приемных гидроакустических систем // Вестник науки и образования / Bulletin of Science and Education, 2015. № 4 (6). С. 73-75.