

### РЕЦЕНЗИЯ № 3

на статью «СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДОПУСИМОГО СНИЖЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МАГНИТОМЕТРА ПРИ СОХРАНЕНИИ ТРЕБУЕМОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО ОБЪЕКТА»

авторского коллектива: Б. А. Нерсесов, Н. А. Римский-Корсаков

Работа посвящена методике обнаружения подводных объектов с использованием буксируемых магнитометрических систем. В работе обосновывается возможность надежного обнаружения подводного объекта по магнитометрическим измерениям без повышения чувствительности магнитометра. Тема работы представляется вполне актуальной, а постановка задачи достаточно ясной.

Однако работа, на мой взгляд, не лишена некоторых недостатков. А именно: единственным источником помех, рассмотренным в работе, является магнитный сигнал буксировщика. Представляется целесообразным, если бы авторы обсудили и другие возможные источники помех, например, поля морского волнения.

Кроме того, необходимо более подробное пояснение происхождения данных, приведенных в таблицах 1 и 2, поскольку на этих данных основаны главные результаты работы.

Считаю, что при устранении указанных недостатков работа может быть опубликована в журнале «Океанологические исследования».

**Подпись: Рецензент № 3. 07.07.2022.**

**От редакции:** рецензия была направлена редакцией авторскому коллективу.

**Ответ рецензенту № 3 на Рецензию от 07.07.2022 на статью авторского коллектива: Б. А. Нерсесов, Н. А. Римский-Корсаков «СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДОПУСИМОГО СНИЖЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МАГНИТОМЕТРА ПРИ СОХРАНЕНИИ ТРЕБУЕМОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО ОБЪЕКТА».**

**Рецензент:** *Единственным источником помех, рассмотренным в работе, является магнитный сигнал буксировщика. Представляется целесообразным, если бы авторы обсудили и другие возможные источники помех, например, поля морского волнения.*

**Авторы:** *Согласны с заключением рецензента. На стр. 1 добавлено:*

Важным техническим решением, снижающим уровень различных помех, является переход от одиночного датчика магнитного поля (ДМП) к градиентометрической системе датчиков, снижающей уровень не только геомагнитных вариаций, но и других естественных помех.

**Рецензент:** *2. Необходимо более подробное пояснение происхождения данных, приведенных в таблицах 1 и 2, поскольку на этих данных основаны главные результаты работы.*

**Авторы:** *Согласны с заключением рецензента. На стр. 4–6 отмечено:*

Для решения задач гарантированного обнаружения ПО целесообразно использование показателя статистического расхождения альтернативных гипотез «сигнал–помеха» в полосе поиска рекомендуемой ширины (Нерсесов Б. А., Римский-Корсаков Н. А. 2020).

Анализ зависимости величины расхождения альтернативных гипотез – статистического расстояния математических ожиданий максимальных амплитуд магнитограмм ПО и буксировщика, приведенного к среднеквадратическому

отклонению  $\sigma$  их распределений, – показал, что существуют граничные условия селекции сигнала ПО с абсолютным значением вероятности обнаружения:

$$\sqrt{J}_{кр} = \frac{m_c - m_n}{\sigma} \geq 6, \text{ при } \sigma_c = \sigma_n = \sigma$$

Причем, при значительном расхождении гипотез альтернативных распределений, характерных для обнаружения объекта в ближней зоне поиска ( $m_c \gg m_n$ ), наступает случай абсолютной селекции:  $P_c=1, P_{co}=0, J_{0,5} \geq 6$  (рис. 2).

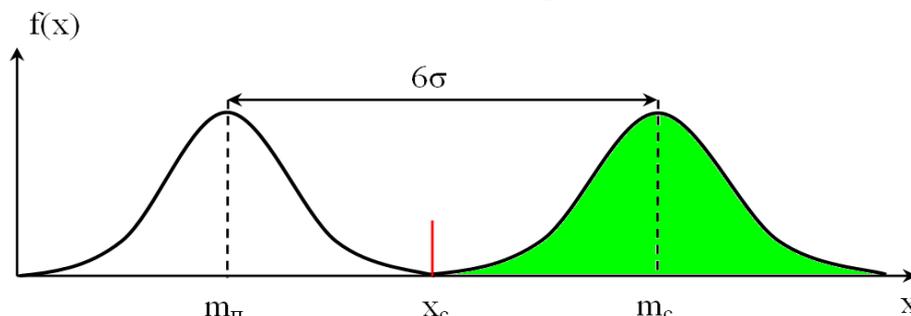


Рис. 2. Пример абсолютной селекции сигнала ПО на фоне сигнала помехи (буксировщика).

Отметим, что более распространенной характеристикой приема полезного сигнала на фоне помехи является их отношение «сигнал–помеха» (С/П). Поэтому исследовалась динамика отношений средних значений сигналов объекта и буксировщика –  $m_c/m_n$ .

Кроме того, для демонстрации снижения индукции магнитного поля по мере удаления от поискового галса приводятся значения потенциальной (расчетной) дальности обнаружения –  $D_0$ , представляющей максимальное расстояние до объекта, на котором индукция магнитного поля спадает до заданных значений чувствительности датчика магнитного поля.

При этом под эффективной дальностью –  $D_э$  понимается расстояние от поискового галса до ПО с заданной вероятностью селекции полезного сигнала на фоне помехи.

Таблица 1. Основные характеристики динамики амплитуд индукции МП аварийного ОПА

$P_c$	1,0	0,9	0,8	0,5
$\sqrt{J}$	6,0	3,0	2,0	0
С/П	14,5	11,5	7,5	1,0
$D_0$ (м)	56	60	72	94

Таким образом, в зоне абсолютной вероятности обнаружения аварийного ОПА  $P_c=1,0$ ;  $P_{co}=0$  отношение С/П превышает значение 14,5, в то время как в зоне неопределенности ( $P_c=0,5, P_{co}=0,5$ ;  $C/P=1$ ) возникает риск пропуска ПО.

Кроме того, представляет интерес анализ влияния чувствительности магнитометра на эффективную дальность обнаружения ПО в зависимости от требуемых вероятностных характеристик ( $P_c = 0,8-1,0$ ).

Исследование динамики амплитудных значений индукции магнитного поля подводного объекта в полосе поиска проводилось с целью определения гарантированного значения вероятности обнаружения аварийного ОПА при использовании буксируемой ММС.

Необходимо определение степени реализации потенциальной чувствительности магнитометрических датчиков в условиях помехи буксировщика –  $K = D_э/D_0$ .

Проведена оценка отношения эффективной и потенциальной дальностей обнаружения подводного объекта (для значений чувствительности датчика – 0,1, 0,5, 1,0, 1,5 нТл).

При этом оценивалась степень реализации потенциальной чувствительности магнитометрических датчиков в условиях помех буксировщика  $K = D_3/D_0$  в зависимости от требуемых вероятностных характеристик ( $P_c=0,8 \dots 1,0$ ) обнаружения ПО (табл. 2, рис.3).

Таблица 2. Зависимость коэффициентов реализации чувствительности ММС от значений эффективной дальности обнаружения аварийного ОПА

Чувствительность ММС (нТл)	0,1	0,5	1,0	1,5
$K(0,8)$	0,53	0,76	1,11	1,31
$K(1,0)$	0,41	0,59	0,83	1,02

Как показали исследования, существующая практика повышения ширины полосы поиска за счет увеличения чувствительности магнитометра и без учета требуемой вероятности обнаружения ПО (отношения уровней полезного сигнала и технических помех буксировщика ММС) – не вполне корректна (Семевский, Аверкиев, 2002).

**С уважением, авторский коллектив. 08.07.2022.**

**От редакции:** ответ и доработанная версия статьи были направлены редакцией рецензенту.

### **Подтверждение Рецензента № 3 на публикацию:**

Здравствуйте.

Я ознакомился с ответом рецензенту и доработанной версией статьи.

Считаю, что в доработанном варианте статья «Статистическое обоснование допустимого снижения чувствительности магнитометра...» может быть опубликована в журнале «Океанологические исследования».

**Подпись. Рецензент № 3. 12.07.2022.**