

**ПРОГРАММА И МЕТОДИКА  
ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДВОДНЫХ  
ПЛОВЦОВ (СОПШ)**

**ТК-0424/20И**

# Оглавление

<b>1. Объект испытаний.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Цель и задачи испытаний.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Общие положения .....</b>	<b>3</b>
<b>4. Объем испытаний .....</b>	<b>4</b>
<b>5. Условия и порядок проведения испытаний.....</b>	<b>4</b>
<b>6. Материально-техническое и метрологическое обеспечение испытаний .....</b>	<b>5</b>
<b>7. Отчётность.....</b>	<b>5</b>
<b>8. Методика проведения испытаний .....</b>	<b>6</b>
<b>8.1 Общие положения .....</b>	<b>6</b>
<b>8.2 Методики проведения проверок характеристик обнаружения СОПП.....</b>	<b>6</b>
8.2.1. <i>Подготовительные работы.....</i>	<i>7</i>
8.2.1.1. <i>Проверка наличия или отсутствия рефракционных ограничений дальности действия СОПП</i>	<i>7</i>
8.2.1.2. <i>Определение протяжённости зоны обнаружения СОПП.....</i>	<i>8</i>
8.2.2. <i>Проверка дальностей обнаружения и сопровождения подводного пловца СОПП.....</i>	<i>9</i>
8.2.3. <i>Проверка отображения на индикаторах СОПП информации по обнаруженным объектам и её документирование в автоматическом режиме.....</i>	<i>12</i>
8.2.4. <i>Проверка автоматизированной выдачи информации по обнаруженным объектам в технические средства системы охраны в стандартах RS-485, RS-232 и Ethernet .....</i>	<i>13</i>
<b>8.3 Стендовые измерения СОПП серии «М».....</b>	<b>13</b>
<b>Приложение 1 Версии документа .....</b>	<b>15</b>

## 1. Объект испытаний

Объектом испытаний является гидроакустическая система обнаружения подводных пловцов (далее – СОПП) в модификациях:

1. Настенного базирования: СОПП-300, 600, 950;
2. Мобильного (донного) базирования: СОПП-300М, 600М, 950М;
3. Канального базирования: СОПП-300К и 600К.

СОПП предназначено для обнаружения проникновений в охраняемую акваторию подводных нарушителей (пловцов, необитаемых и обитаемых дронов и подводных лодок), определения места их проникновения и выдачи служебных (тревожных) извещений на пульт оператора и средства тревожной сигнализации, в случае интеграции с ней.

Принцип действия СОПП основан на методе активной гидролокации, реализующем новые способы обработки сигналов, обеспечивающие надёжное обнаружение подводных пловцов в условиях помех акваторий.

СОПП состоит из подводного антенного модуля, устанавливаемой в воде, и аппаратуры автоматизированного рабочего места оператора (АРМ), размещаемой в помещении на берегу или на судне.

Основные технические характеристики СОПП (в зависимости от модификации):

- сектор зоны обнаружения 1-360° в районах акваторий с глубинами от 2 до 300 м;
- энергетическая дальность обнаружения подводных пловцов до 950 м в пресной воде при неограничивающих гидрологических условиях (при отсутствии рефракционных ограничений);
- вероятность обнаружения 0,9-0,99 (в зависимости от модификации и условий).

## 2. Цель и задачи испытаний

Целью испытаний является проверка СОПП по назначению в контролируемых условиях использования.

Задачи испытаний:

1. Проверка дальности и вероятности обнаружения подводного пловца;
2. Проверка отображения на индикаторах СОПП информации по обнаруженным объектам и её документирование в автоматическом режиме;
3. Проверка автоматизированной выдачи информации по обнаруженным объектам в технические средства системы (в случае интеграции).

## 3. Общие положения

Настоящая программа устанавливает объем и методику проведения испытаний, связанных с проверкой характеристик СОПП по основному назначению.

Испытания проводятся в местах (районах), отвечающих требованиям технического задания по условиям эксплуатации СОПП.

Испытания выполняются испытательной группой разработчика СОПП- (АО «ТРАНЗАС Консалтинг»).

По результатам испытаний производится экспресс-анализ и оформляется акт, утверждаемый должностными лицами отдела технического контроля (ОТК) АО «ТРАНЗАС Консалтинг».

В процессе проведения испытаний настоящая программа может изменяться, уточняться и дополняться по решению специалистов, проводящих испытания исходя из опыта и сложившихся внешних условий испытаний.

## 4. Объем испытаний

На испытания поставляется комплект СОПП в составе:

- Подводный антенный модуль, содержащий излучающие и приёмные гидроакустические антенны, аппаратуру излучения, приёма и передачи сигналов, силовую аппаратуру и магистральный кабель, связывающей антенный модуль с надводным АРМ;
- АРМ в составе персонального компьютера/ноутбука/сервера с программным обеспечением ПО «Циклоп».

Испытания проводятся в два этапа:

1) На подготовительном этапе производится монтаж, настройка и проверка функционирования СОПП на позиции:

- Монтаж включает установку подводного антенного модуля и АРМ, и их подключения;
- Настройка и проверка функционирования устройства производится с учётом гидрологических и гидрофизических условий места проведения испытаний.
- Проверку функционирования СОПП:
  - а) Допускается производить с использованием имитатора подводного пловца (гидроакустического отражателя с эквивалентным радиусом отражения 0,4 м), буксируемого за шлюпкой на удалении 10-100 м от подводного антенного модуля;
  - б) Допускается производить в виде натуральных испытаний с использованием подводного пловца с баллонами на удалении до 10-100 м.

2) На втором этапе производится проверка и оценка достижимых значений ТХ в части обнаружения подводного пловца и набор статистического материала по условиям работы изделия на месте испытаний.

## 5. Условия и порядок проведения испытаний

Для испытаний выбирается район (место) с условиями, отвечающими требованиям технического задания на разработку СОПП.

Для получения максимальных показателей следует проводить испытания на неограниченной акватории.

Общие требования для всех модификаций СОПП:

- Глубина места от 20 до 50 м;
- Наклон дна в точке установки подводного антенного модуля не более 20°;
- Грунт дна: - ил-песок, песок, глина, ракушечник, галька, камень, бетон;
- Волнение не более 2 баллов (высота волнения поверхности до 0,5 м);
- Скорость течения не более 2 узлов;
- Отсутствие осадков (дождя, снега);
- Свободная и неограниченная акватория на тестируемое расстояние в секторе обзора (определяется модификацией);
- Уровень приведённых акустических шумовых помех на частоте 1 кГц в полосе 1 Гц не более 0,01 Па;
- отсутствие ревербераций по результатам установки СОПП.

Испытания проводятся в светлое время суток.

При проведении работ на воде должны быть соблюдены меры безопасности. Буксировочные лодки, шлюпки должны быть оборудованы средствами спасения на воде.

## 6. Материально-техническое и метрологическое обеспечение испытаний

Метрологическое обеспечение испытаний осуществляет разработчик СОПП.

Вспомогательное оборудование, имитатор пловца, измерительные приборы по перечню (таблица 1), предусмотренные настоящей программой, поставляет разработчик СОПП.

Таблица 1

Перечень вспомогательного оборудования испытаний	
Наименование (тип) прибора	Измеряемый диапазон значений
Секундомер или аналог	Точность – 1 с
Измерительная рулетка или лазерный дальномер	Точность – 0,1 м- рулетка Точность – 2,5 м- лазерный дальномер
Имитатор пловца или пловец с баллонами	$R_3 =$ не более 0,4 м
Гидрофон с усилителем и измеряющей аппаратурой	50кГц и 200кГц с 1 Па/В

## 7. Отчётность

Результаты испытаний СОПП оформляются протоколами испытаний и актом.

В протоколы испытаний заносятся следующие данные:

- Оцениваемые показатели;

- Материально-техническое обеспечение испытаний;
- Условия проведения испытаний;
- Результаты испытаний;
- Замечания и результаты;
- Выводы.

Протоколы оформляются в рабочих (офисных) условиях и подписываются ответственным лицом (лицами).

## 8. Методика проведения испытаний

### 8.1 Общие положения

---

Для проведения испытаний выбирается район (место), соответствующий, условиям эксплуатации СОПП (см. п. 5 выше).

В выбранном районе испытаний определяется:

1. Стенка для крепления антенного модуля (для СОПП-300, 600, 950);
2. Площадка 2 x 2 м с уклоном дна не более 20° (для СОПП-300М, 600М, 950М, 300К и 600К).

В окрестности места установки выбираются участки акватории для проведения испытаний размером:

1. 400 x 1200 м, глубиной 30 м или глубже (для СОПП-300, 600, 950);
2. 1200 x 1200 м, глубиной 30 м или глубже (для СОПП-300М, 600М, 950М);
3. 30 x 300 м глубиной 30 м или глубже (для СОПП-300К, 600К).

На выбранном участке не должно быть возвышенностей дна (отмелей, банок) и различного вида гидротехнических сооружений. Также должны отсутствовать препятствия для визуального просмотра поверхности акватории.

От места установки антенного модуля с помощью плавсредств (шлюпки, лодки) прокладывается магистральный кабель связи для подключения к аппаратуре АРМ.

Аппаратура АРМ размещается в непосредственной близости антенного модуля, по возможности в помещениях, либо в подвижном посту.

Установка СОПП, производится согласно эксплуатационной документации.

### 8.2 Методики проведения проверок характеристик обнаружения СОПП

---

Работы выполняются в два этапа: подготовительного и основного.

На первом этапе выполняются работы по определению (уточнению) внешних границ устойчивого гидроакустического контроля зоны выделенного участка акватории.

На втором (основном) этапе проводятся работы по оценке характеристик обнаружения СОПП.

### 8.2.1. Подготовительные работы

#### 8.2.1.1. Проверка наличия или отсутствия рефракционных ограничений дальности действия СОПП

В выбранном районе производится проверка наличия или отсутствия рефракционных ограничений дальности действия СОПП.

Для этого определяется вертикальное распределение скорости звука (ВРСЗ) по глубине  $C(h)$  путём измерения распределения температуры воды по глубине  $T(h)$  с помощью температурного датчика. Температурный разрез  $T(h)$  измеряется с шагом по глубине 1 м.

С учётом температурного разреза производится расчёт распределения скорости звука по глубине используя формулу:

$$C(h) = 1450 + 4,20T(h) - 0,0366T^2(h) + 1,137(S - 35) + 0,0175h$$

где  $C$  - скорость звука в воде, м/с;

$T$  - температура воды, °C;

$S$  - солёность воды, ‰ (в пресной воде  $S=0$ );

$h$  - глубина, м.

Определив зависимость  $C(h)$ , находят значения скорости звука на глубине антенного модуля  $C_o = C(h_{DM})$  и градиент изменения скорости звука от поверхности ( $C_n$ ) до заглубления ДМ  $g_C = (C_o - C_n)/h_{DM}$ , с учётом которых рассчитывается геометрическая дальность действия в районе испытаний

$$D_G = \sqrt{2C_o/g_C} \cdot (\sqrt{h_{DM}} + \sqrt{h_{Ц}})$$

где  $h_{DM}$  - горизонт заглубления антенного модуля;

$h_{Ц}$  - горизонт заглубления цели.

При значениях  $D_G$ , меньше заявленной дальности действия гидроакустического устройства СОПП ( $D_{GAУ}$ ), условия испытаний считаются ограничивающими. При этом фактические дальности обнаружения СОПП в районе испытаний будут ограничены рефракционной геометрической дальностью  $D_G$  (рис. 8.2.1.1.1).

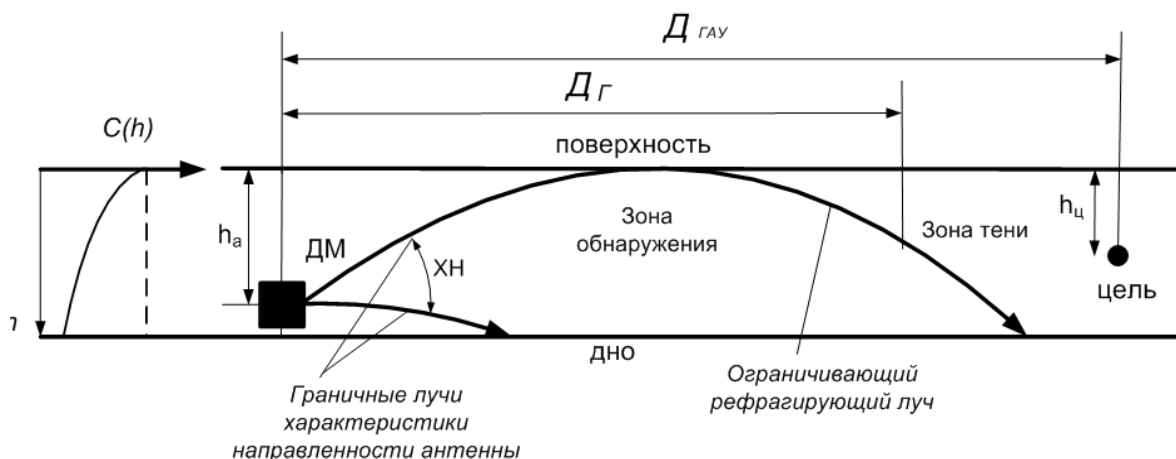


Рисунок 8.2.1.1.1 - Рефракционное ограничение дальности действия СОПП

При расчётных значениях  $D_r$ , превышающих дальность действия гидроакустического устройства СОПП, считается, что рефракционные ограничения при работе изделия отсутствуют и можно проводить испытания.

В этом случае определяется фактическая протяжённость зоны обнаружения СОПП, в которой должны проводиться испытания.

### 8.2.1.2. Определение протяжённости зоны обнаружения СОПП

Работы по определению внешних границ контролируемой зоны изделия выполняется с имитатором подводного пловца (сферическим отражателем с эквивалентным радиусом отражения ~ до 0,4 м) или с помощью водолаза.

Ниже приведён порядок определения зоны обнаружения для СОПП-300, 600, 950 с помощью лодки и сферического отражателя с эквивалентным радиусом отражения.

Определения зоны для других модификаций СОПП производится аналогично с учётом особенности антенного модуля, места установки и цели.

Сферический отражатель подвешивается к поплавку (бую) на глубине 2-3 м от поверхности и буксируется за шлюпкой на расстояние не менее 10 м от неё (рисунок 8.2.1.2.1).

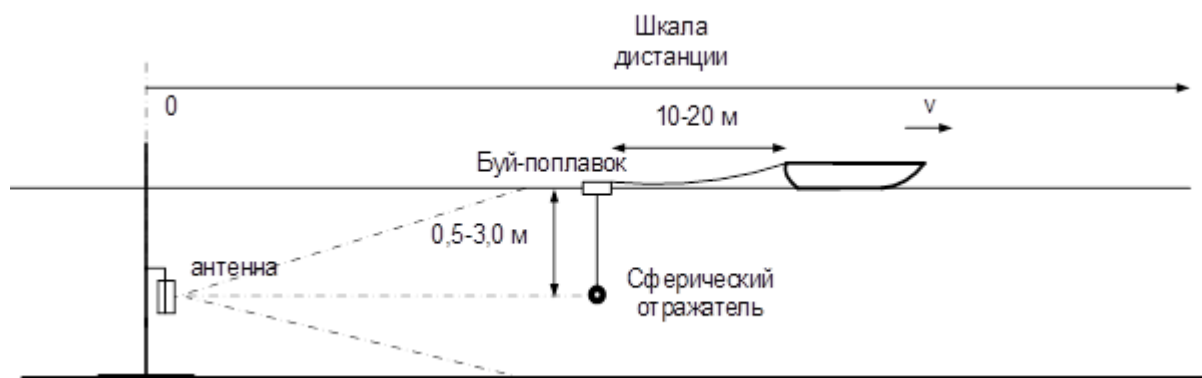


Рисунок 8.2.1.2.1 - Схема буксировки имитатора пловца

На выбранном для испытаний участке акватории с использованием плавсредств (шлюпка, лодка) устанавливают буй-маркеры конечных точек буксировочных галсов (БМ1 и БМ2).

Схема расстановки буйев и направление галсов приведена на рисунке 8.2.1.2.2.



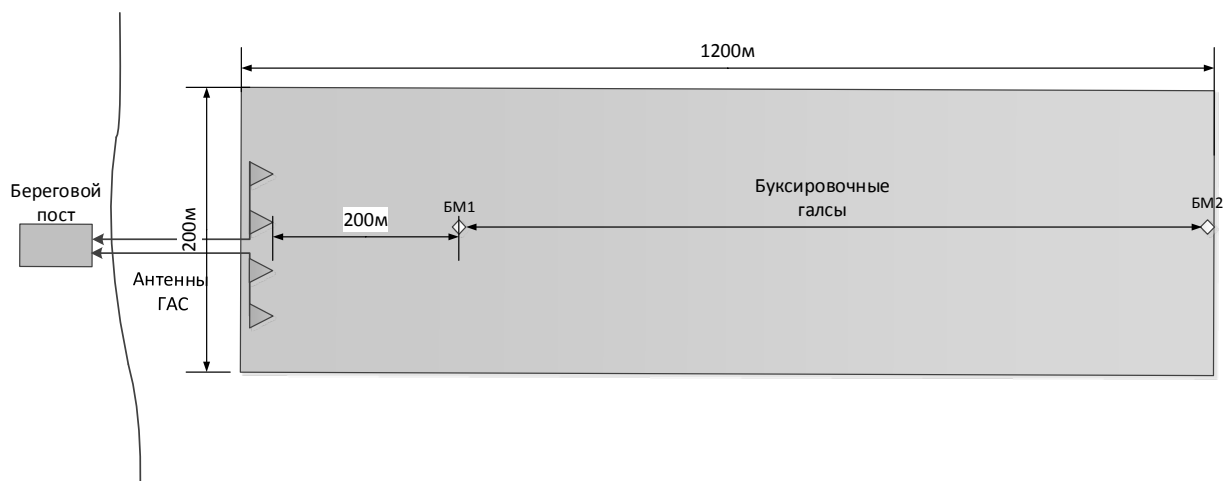


Рисунок 8.2.1.2.2 - Схема расстановки буев и направление буксировочных галсов.

Для определения фактических внешних границ зоны обнаружения СОПП по линии БМ1-БМ2 выполняется не менее двух галсов (туда и обратно).

При этом по формулярным данным гидроакустического устройства СОПП сопровождения имитатора оператор отмечает максимальную дальность его обнаружения ( $D_{\max}$ ) при входе в контролируемую зону и при выходе из неё. В процессе выполнения галсов рекомендуется осуществлять фотосъёмку индикатора СОПП с трассой движения имитатора.

Полученные фактические дальности обнаружения имитатора учитываются при проведении основного этапа испытаний с подводным пловцом.

### 8.2.2. Проверка дальностей обнаружения и сопровождения подводного пловца СОПП.

Порядок проведения проверки дальности обнаружения подводного пловца СОПП аналогичный выполнению работ с эквивалентом по п. 8.2.1.2. Отличие заключается в удалении точки маркерного буя БМ1 с целью сокращения протяжённости контрольных галсов.

Удаление точки маркерного буя БМ1 от антенного модуля выбирается на 50 м ближе от внешней границы зоны обнаружения СОПП, полученной при выполнении работ по п. 8.2.1.2

Подводный пловец выполняет контрольные галсы на приближение и на удаление относительно антенного модуля в области границы зоны обнаружения СОПП.

Всего выполняется не менее 10-12 контрольных галсов на удаление и приближение.

Во время испытаний на каждом галсе фиксируется время и дальность обнаружения пловца, время и дальность потери с ним контакта, трасса текущего сопровождения, результаты определения пеленга. Одновременно производится документирование информации на электронный носитель, а также фото и видео регистрация текущих моментов испытаний.

Формулярные данные СОПП о дальности обнаружения пловца на контрольных галсах заносят в таблицу 8.2.2.1.

Таблица 8.2.2.1

№ Галса	Направление галса	Дальность обнаружения (потери контакта), м	Текущее время обнаружения (потери контакта),

Оценки дальности обнаружения осуществляют путём анализа формуляров цели, полученных в процессе испытаний.

С учётом данных таблицы 2 производится расчёт дальностей и вероятностей обнаружения по следующей методике:

1) По результатам испытаний выбираются максимальное и минимальное значение зафиксированных дальностей обнаружения -  $D_{обн.мах}$  и  $D_{обн.мин.}$ .

Весь промежуток дистанций между  $D_{обн.мах}$  и  $D_{обн.мин.}$  разбивается на  $k$  равных интервалов:

$$от [D_{обн.мин.} + (i-1) \Delta D] \ до [D_{обн.мин.} + i \Delta D],$$

где  $i$  – порядковый номер интервала дистанции ( $i=1, 2, 3 \dots k$ ).

Число интервалов  $k$  выбирается для ширины интервала  $\Delta D$ , равной  $\leq 15$  м.

2) В каждом  $i$ -ом интервале подсчитывается частота  $n_i$  обнаружений (число галсов с дальностями обнаружения, перекрывающих этот интервал).

Результаты записываются в таблицу 8.2.2.2 и строится график (рис. 8.2.2.1, а)

Таблица 8. 2. 2. 2

№ интервала, $i$									
частота, $n_i$									

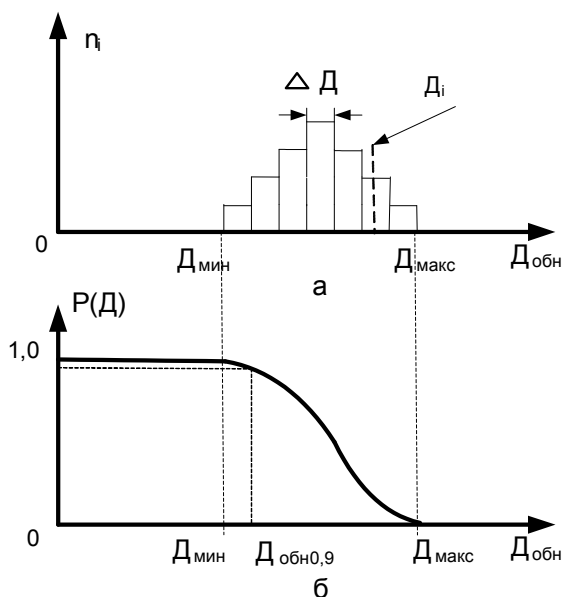


Рисунок 8.2.2.1 – Зависимости частности и вероятности обнаружения.

3) По данным таблицы 3 производится оценка вероятностей обнаружения от дистанции в пределах зафиксированных минимальной и максимальной дистанций:

$$P_{\text{обн}}(D_{\text{мин}} + k\Delta D) = 1 - \sum_{i=1}^k \frac{n_{(i-1)} - n_i}{N}$$

где N – общее число галсов в обрабатываемом массиве данных.

В этой формуле в первом члене суммы (при  $i=1$ )  $n_{i-1} = N$ .

Значения вероятностей от дистанции заносятся в таблицу 8.2.2.3 и строится график (рис. 8.2.2.1, б)

Таблица 8.2.2.3

$P_{\text{обн}}$									
$D_{\text{мин}} + k \Delta D, \text{ м}$									

Из графика на рис. 8.2.2.1,б определяют дальность обнаружения подводного пловца СОПП и соответствующую ей вероятность обнаружения.

Пересчёт дальности по фактическим результатам испытаний

В случае отсутствия возможности проведения испытаний на открытой воде с определенными глубинами (согласно п. 4,5 и 8 выше) существует возможность математического моделирования (пересчёта) полученных дальностей в стеснённых условиях.

При пересчёте необходимо учесть, что он моделирует идеальные условия испытаний по реверберации, глубинам, дальностями и пр.

Расчётная дальность обнаружения СОПП определяется из уравнения гидролокации, характеризующее необходимое отношение сигнала/помеха (ОСП) на входе порогового устройства обнаружителя, при котором сигнал принимается с заданной вероятностью:

$$\delta_{\text{п}} \geq \frac{U_c}{U_{\text{п}}} = K \cdot \frac{P_{\text{э}}}{P_{\text{п}}} = K \frac{P_o R_{\text{э}} 10^{-0,1 \beta r_o}}{2 r_o^2} \tag{1}$$

где  $\delta_{\text{п}}$  – пороговое ОСП – расчётный коэффициент распознавания СОПП;

$U_c$  – напряжение обнаруживаемого сигнала на выходе приёмного тракта;

$U_{\text{п}}$  – напряжение помехи на выходе приёмного тракта;

$P_o$  – звуковое давление сигнала, излучаемого СОПП на расстоянии 1 м от антенны;

$P_{\text{п}}$  – звуковое давление помехи в полосе приёмного тракта;

$K$  – расчётный (проектный) коэффициент передачи приёмного такта;

$R_э$  – отражательная способность цели;

$r_о$  – расчётная дальность действия СОПП (300-950 м);

$\beta$  — коэффициент затухания звука в воде.

При испытаниях на определенной дистанции до цели  $r = r_ф$  при тех же значениях параметров  $P_о$  и  $K$  измеряется фактическое отношение сигнал/помеха  $\delta_ф$

$$\delta_ф \geq \frac{U_c}{U_n} = K \cdot \frac{P_э}{P_n} = K \frac{P_о R_э 10^{-0,1 \beta r_ф}}{2 r_ф^2} \quad (2)$$

Берём измеренное отношение ОСП к расчётному (проектному на заданную дальность  $r = r_о$ ), которое в результате сокращения одинаковых параметров имеет вид

$$\frac{\delta_ф}{\delta_n} = \frac{r_о^2}{r_ф^2} 10^{-0,1 \beta (r_ф - r_о)} \quad (3)$$

Из формулы (3), зная фактическое значение ОСП на дальности  $r = r_ф$  находим расчётную дальность СОПП, которая при этих же значениях параметров СОПП соответствует проектному пороговому ОСП

$$r_о^I = \sqrt{\frac{\delta_ф}{\delta_n}} \cdot r_ф \cdot 10^{0,05 \beta (r_ф - r_о)} \quad (4)$$

При малых потерях на затухание (пресная вода) формула для пересчёта замеренной дальности к потенциальной для данной ГАС получается в виде

$$r_о^I = \sqrt{\frac{\delta_ф}{\delta_n}} \cdot r_ф \quad (5)$$

В общем случае для морской воды формула (4) может быть получена в следующем виде

$$r_о^I = \sqrt{\frac{\delta_ф}{\delta_n}} \cdot r_ф \cdot 10^{0,05 \beta r_ф}$$

### 8.2.3. Проверка отображения на индикаторах СОПП информации по обнаруженным объектам и её документирование в автоматическом режиме

Данный вид проверок выполняется при совмещении работ по п. 8.2.2 путём видео-фото регистрации и проверки документирования на магнитном носителе путём проверки архивации данных обнаружения.

Выбирается из предоставленного списка архивов последняя по времени запись и выводится на экран в текстовом виде последовательность формуляров обнаружения, выполняется команда записи

архива на диск, вызывается команда просмотра архива и наблюдается в списке архивных данных запись, соответствующая выбранному архиву.

#### 8.2.4. Проверка автоматизированной выдачи информации по обнаруженным объектам в технические средства системы охраны в стандартах RS-485, RS-232 и Ethernet

Проверка автоматизированной выдачи информации (опционально) по обнаруженным объектам внешним потребителям также выполняется при совмещении работ по п. 8.2.2.

Данные по в формулярном виде и по команде оператора передаются в стандартах RS-485, RS-232 и Ethernet внешним потребителям. После передачи формуляра цели по линии передачи данных, на индикаторной картине появился формуляр цели, аналогичный переданному.

### 8.3 Стендовые измерения СОПП серии «М»

В случае отсутствия технической возможности проведения испытаний в неограниченной акватории согласно п. 5 выше, возможно проведение испытаний в ограниченном бассейне.

Основные требования к бассейну:

- Размеры бассейна: в плане не менее 20 м в длину и в ширину.
- Глубина бассейна не менее 10 м.
- Стенки бассейна должен быть заглушены акустически-поглощающим покрытием.
- Дно и поверхность воды должны быть заглушены акустически-поглощающим покрытием.

#### Схема и порядок и измерений

Антенная система (1) устанавливается в бассейне (рис. 8.3) в середине слоя воды на одинаковом расстоянии от стенок бассейна не ближе 10 м к ним.



Рис. 8.3. Расположение антенны в бассейне

На расстоянии 3 м от антенны (1) на её горизонте устанавливается имитатор пловца (2) (сфера заданного радиуса). В том же месте устанавливается измерительный гидрофон (3).

В системе СОПП серии «М» устанавливается минимальный уровень излучения сигнала длительностью не более 0,5 мс.

Измеряется величина акустического давления принятого гидрофоном (3) сигнала и пересчитывается к приведённому значению  $P_{\text{omin}}$  на расстоянии 1 м.

На выходе приёмного тракта одного из трёх приёмных каналов по отражённому сигналу от имитатора измеряется отношение сигнал/помеха  $\delta_{\text{ф}}$ , соответствующее расстоянию до имитатора  $r_{\text{ф}}=3\text{м}$ .

Далее производится пересчёт дальности  $r_{\text{ф}}$  к расчётной  $r_0$  для СОПП серии «М», при значении ОСП (отношение сигнал/помеха), соответствующего ее порогу обнаружения  $\delta_{\text{п}}=1,5$ , по формуле

$$r_0 = r_{\text{о min}} = r_{\text{ф}} (\delta_{\text{ф}} / \delta_{\text{п}})^{0,5} \quad (6)$$

Полученная расчётная дальность обнаружения  $r_{\text{omin}}$  для фактического значения излучённого сигнала  $P_{\text{omin}}$  пересчитывается к штатному значению приведённого давления  $P_0$  излучаемого сигнала СОПП серии «М». Пересчёт производится по формуле

$$r_0 = r_{\text{о min}} (P_0 / P_{\text{omin}})^{0,5} \quad (7)$$

## Приложение 1

### Версии документа

Версия	Дата выпуска	Изменения
1.0	24 апреля 2020	Первое издание
1.1	12 июня 2020	Корректировка параметров
1.2	19 сентября 2020	Уточнение параметров под СОПП-К
1.3	26 ноября 2020	Добавление методики пересчёта
1.4	06 мая 2021	Корректировка
1.5	22 августа 2024	Уточнение методики испытаний