

**ПРИБОРЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ,
ИЗГОТОВЛЕННЫЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ**

УДК 534.6

**ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО
ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ПРИЕМНИКА КГП10**

© 2026 г. А. О. Щербина

Поступила в редакцию 03.12.2025 г.

После доработки 17.12.2025 г.

Принята к публикации 12.01.2026 г.

Рассмотрены практические методы улучшения помехозащищенности комбинированных гидроакустических приемников соколеблющегося типа КГП10 производства ВНИИФТРИ. Представлены меры по улучшению экранирования измерительного тракта. Рассмотрена замена комплектного предварительного усилителя, построенного по типу усилителя заряда, на высокоимпедансный усилитель напряжения. В результате работы удалось полностью избавиться от всех видов электрических помех и повысить отношение сигнал/шум с 15 до 36 дБ.

Для определения направления на источники гидроакустических сигналов, помимо антенных решеток, могут применяться комбинированные приемники, позволяющие выполнять эту задачу, регистрируя сигнал в одной точке пространства [1]. В ИКИР ДВО РАН используются комбинированные гидроакустические приемники КГП10 производства ВНИИФТРИ. Конструктивно приемник состоит из сферического корпуса диаметром 53 мм, в котором размещены трехкомпонентный преобразователь градиента акустического давления и всенаправленный преобразователь акустического давления. Кабелем длиной 1.5 м прибор соединяется с экранированным герметичным предварительным усилителем, сигнал с которого передается по кабелю длиной 200 м на приемный пункт с устройством оцифровки и записи сигналов. Все компоненты датчиков реализованы с использованием пьезокерамических элементов.

Направление на источник сигналов определяется с использованием векторно-фазовых методов [1]. При этом точность определения направления на источник существенно зависит от амплитуды электромагнитных помех, действующих на цепи прохождения сигналов.

В ходе эксплуатации было установлено, что при регистрации сигналов геоакустической эмиссии в озере Микижа (полуостров Камчатка) корпус приемника и кабель, соединяющий

его с предварительным усилителем, не обеспечивают достаточную помехозащищенность. Вследствие этого в регистрируемом сигнале присутствуют различные электрические помехи с большой амплитудой (рис. 1а), а отношение сигнал/шум не превышает 10-15 дБ. Использовать такой сигнал для определения направления на источник невозможно, требуется снижение уровня помех.

Рис. 1. Пример исходного сигнала (а), сигнала после улучшения экранирования (б) и сигнала после замены предварительного усилителя (в)

Закрепить дополнительный экран на корпус приемника нельзя, так как нарушится заводская градуировка преобразователя градиента давления из-за изменения массы прибора. Поэтому приемник был помещен внутрь отдельного экранирующего корпуса цилиндрической формы с диаметром основания 0.2 и высотой 0.25 м, изготовленного из латунной сетки с размером ячейки 3 мм, которая не препятствует прохождению акустических сигналов. Корпус экрана соединен с корпусом предусилителя гибким рукавом из экранирующей медной сетки, внутри которого свободно помещен соединительный кабель.

Также был усовершенствован корпус предусилителя, который в изначальном варианте представлял собой один экранированный объем, содержащий схемы предварительного усиления, формирования выходных сигналов и фильтрации питания. Доработанный вариант состоит из трех отдельных экранированных объемов, каждый из которых содержит по одной из перечисленных схем.

В результате дополнительного экранирования удалось устранить помехи промышленной частоты и снизить импульсную составляющую на 10 дБ (рис. 1б).

Для большего снижения уровня помех был заменен предварительный усилитель приемника. Наиболее часто для работы с пьезокерамическими датчиками используется один из двух типов усилителей: усилители заряда и высокоимпедансные усилители напряжения [2, 3]. Комплектный усилитель приемника, построенный по типу усилителя заряда (рис. 2а), был заменен высокоимпедансной схемой (рис. 2б). На представленной схеме сопротивления R_1 и R_2 равны, а операционный усилитель оснащен входом на полевых транзисторах. Для пьезокерамических элементов с емкостью более 300 пФ номинал пленочного конденсатора C_1 может быть 0.01 мкФ или более, в ином случае он должен быть равен емкости пьезокерамического элемента [3].

Рис. 2. Принципиальная схема комплектного усилителя заряда (а) и примененная в работе схема высокоимпедансного усилителя напряжения (б)

Результаты принятого комплекса мер представлены на рис. 1в. Как видно, удалось полностью избавиться от всех видов электрических помех и повысить отношение сигнал/шум до 36 дБ. Полученное качество данных позволяет успешно применять векторно-фазовые методы для определения направления на источники сигналов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания ИКИР ДВО РАН (№ 124012300245-2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гордиенко В.А.* Векторно-фазовые методы в акустике. Москва: Физматлит, 2007.
2. *Пейтон А.Дж., Воли В.* Аналоговая электроника на операционных усилителях. Москва: Бином, 1994.
3. Методы практического конструирования при нормировании сигналов с датчиков. По материалам семинара “Practical design techniques for sensor signal conditioning”. URL: <https://studfile.net/preview/5028067/>.

Адрес для справок: Россия, 684034, Камчатский край, Елизовский район, с. Паратунка, ул. Мирная, 7, Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН. E-mail: albert_pkam@mail.ru

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис. 1. Пример исходного сигнала (**а**), сигнала после улучшения экранирования (**б**) и сигнала после замены предварительного усилителя (**в**).

Рис. 2. Принципиальная схема комплектного усилителя заряда (**а**) и примененная в работе схема высокоимпедансного усилителя напряжения (**б**).

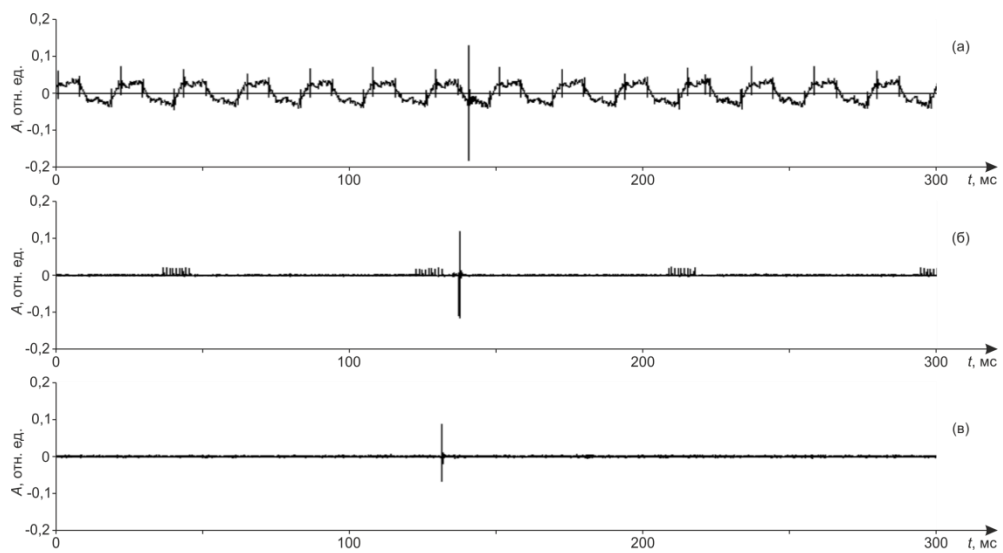


Рис. 1

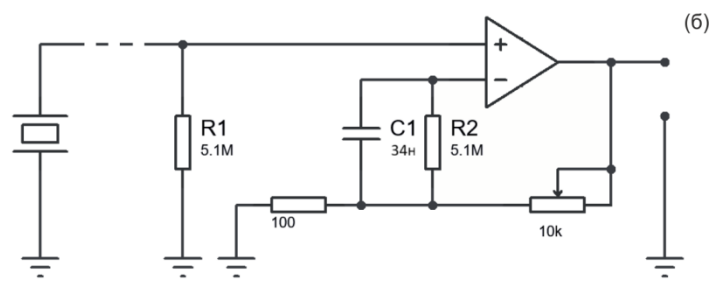
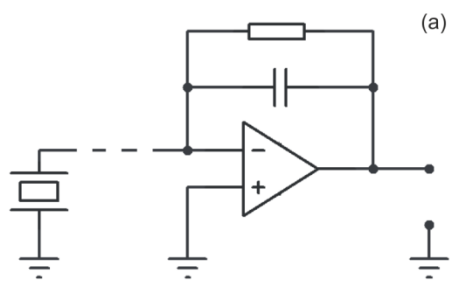


Рис. 2