

УДК 534.6

*М.В. Лантев, Г.А. Петров*

## ВЛИЯНИЕ ПОМЕХ НА КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В АКУСТИЧЕСКИХ СОДАРАХ

***Аннотация:** в данной статье рассмотрены вопросы воздействия шумов на работу вертикальных профилометров (сонаров). Проанализированы виды помех, их характерные особенности. Изучена зависимость значения ошибки от отношения сигнал/шум, что является основным показателем качества работы акустического лоатора. Авторами показано, что помехи существенно влияют на точность акустических измерений. На основе проведенного исследования сделаны краткие выводы.*

***Ключевые слова:** акустика, содар, акустическое зондирование, помеха сигнала, отношение сигнал/шум.*

*M.V. Laptev, G.A. Petrov*

## THE IMPACT OF NOISE DISTURBANCES ON THE QUALITY OF SIGNAL PROCESSING IN THE ACOUSTIC SODAR

***Abstract:** the article describes how noise impacts the work of vertical profilers (SODAR). The authors analyzed the types of noise disturbances, their features. The dependence of the error value from the signal/noise ratio, which is the main indicator of the quality of the acoustic locator. The authors showed that noise disturbances affect the accuracy of acoustic measurements significantly. Moreover, the article contains a brief summary based on the research.*

***Keywords:** acoustic, SODAR, acoustic sensing, signal disturbance, signal/noise ratio.*

Существует большое количество технологий дистанционного определения характеристик ветра в нижних слоях атмосферы. Это лидары, радиолокаторы, радиоакустические системы и содары. Последние работают на принципах рассеивания, поглощения и отражения акустических волн в атмосфере, происходящие из-за наличия в ней неоднородностей. В отдельных случаях такая технология

имеет преимущество над другими дистанционными методами: оптическим, радиолокационным и радиоакустическими системами, комбинирующими акустическое и электромагнитное излучение. Например, при зондировании нижних слоев атмосферы на высотах до 1000 метров [1].

Достоинствами содаров являются, во-первых, простота и дешевизна оборудования, во-вторых, повышенное вертикальное разрешение, что позволяет говорить о надлежащей точности технологии, в-третьих, компактность оборудования и, как следствие, его мобильность. Это позволяет утверждать об актуальности применения технологий дистанционного зондирования с использованием акустического излучения.

Основной проблемой использования данной технологии в зондировании нижних слоев атмосферы является существенное влияние помех на точность измерения, как в любом другом виде активной локации. В акустическом зондировании атмосферы это обусловлено низким уровнем принимаемого сигнала вследствие малой доли рассеянной энергии в заданном направлении и существенного ослабления звукового сигнала на пути до рассеивающего объема и далее к приемнику.

В отличие от обычных звукоприемных систем в акустическом зондировании необходимо считаться с помехами переотражения и помехами наложения. Природой помех переотражения являются переотражения зондирующего сигнала от близкорасположенных локальных объектов искусственного или природного происхождения. Помехи наложения возникают за счет наложения рассеянного сигнала из предыдущего акустического пакета излучения с последующим. Это обусловлено недостаточной величиной выбранного периода излучения акустического пакета. Третьим видом помех являются обычные шумы, как внутренними, и так и внешними, которые, в свою очередь, можно классифицировать по нескольким признакам [2, с. 31]. Классификация помех представлена на рис. 1.

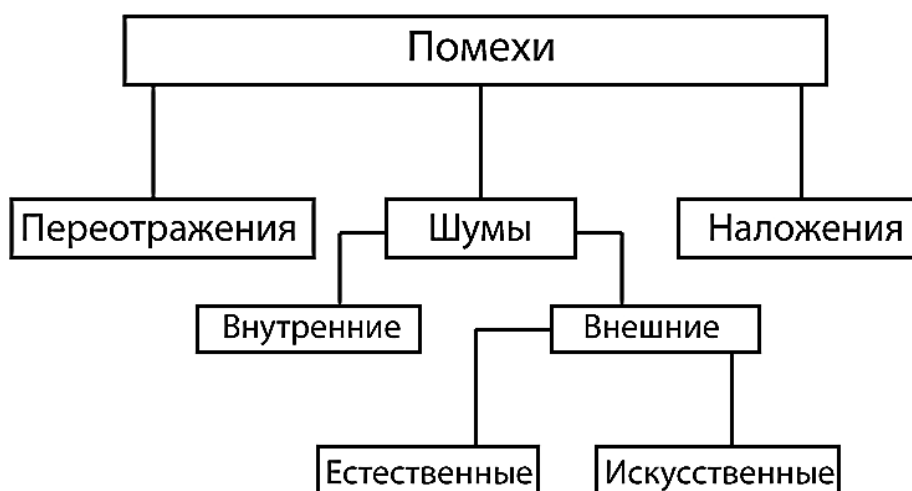


Рис. 1. Классификация источников помех

Внешние шумы можно разделить на две группы по признаку происхождения: на шумы естественные и шумы искусственные. Среди них наибольшую значимость на точность измерения ветровых характеристик в содарах представляют шумы искусственного происхождения: шумы индустриального характера, автомобильного и воздушного транспорта. Естественные шумы возникают при непосредственном контакте осадков с приемной антенной, ветровой шум, шумы атмосферного происхождения, производимые турбулентностью нижнего слоя атмосферы, гром, шумы, производимые животными, птицами, насекомыми и т. п., а также шум, обусловленный нестабильностью воздуха вокруг мембраны электроакустического преобразователя (флуктуационный шум). Следовательно, акустический содар работает при наличии как внутренних (электрических), так и внешних звуковых шумов, генерируемых различными источниками естественного и искусственного происхождения.

Все это влияет на отношение средних мощностей сигнала и шума, которое является основным показателем качества системы акустического зондирования атмосферы содаром. По значениям этой величины можно в целом судить о работе прибора. Добившись максимального отношения сигнал/шум, можно полагать, что система работает в оптимальном режиме.

Существуют несколько способов борьбы с помехами с целью минимизации их уровня и увеличения отношения сигнал/шум. Это выбор оптимальных параметров передающего сигнала (его мощности [3] и частоты [4]), проектирование защитных оболочек для антенной системы и использование обработки данных акустического зондирования, с помощью которой можно восстанавливать целый ряд характеристик атмосферы [5]. В целом, методы и алгоритмы обработки сигналов в акустическом зондировании применяются и в других видах дистанционного зондирования, например, в лидарах [6].

В настоящее время для увеличения точности измерений при разработке акустических локаторов большое внимание уделяется достижению максимального отношения сигнал/шум. Рассмотрим зависимость ошибки от отношения сигнал/шум, на примере акустического содара. Для нахождения зависимости были сгенерированы шумы различной величины, для каждого из которых было посчитано СКО и найдено отношение сигнал/шум. По аппроксимирующим коэффициентам для каждого сигнала с шумом была найдена соответствующая ошибка. По полученным данным (16 точек) был построен график, представленный на рис. 2.

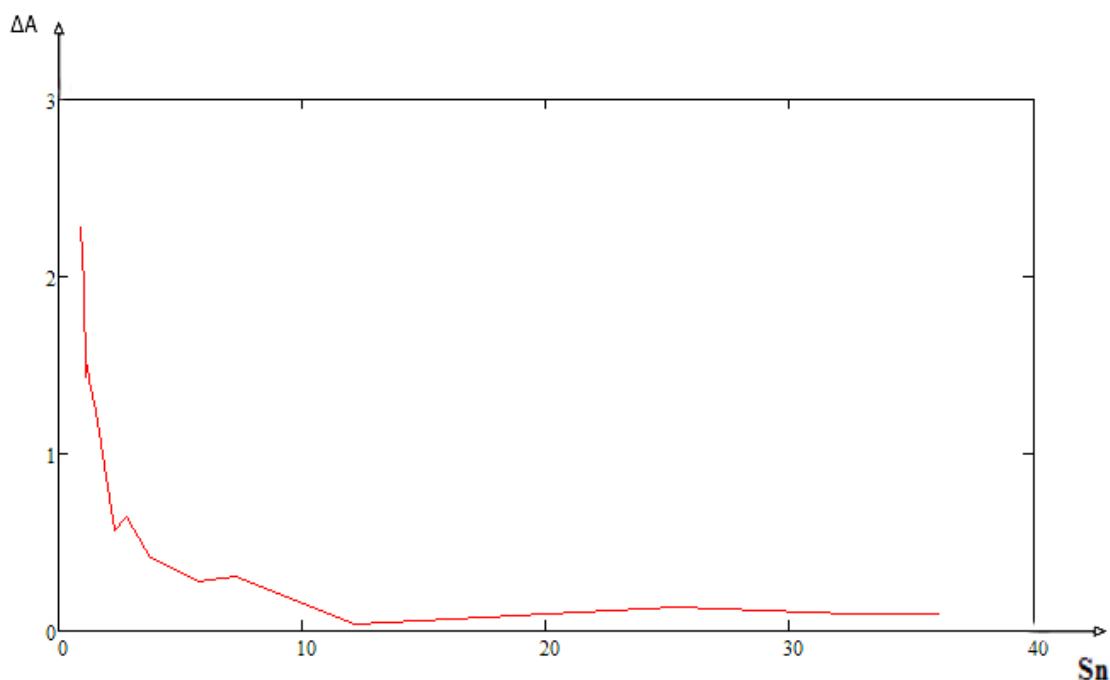


Рис. 2. График зависимости ошибки от отношения сигнал/шум

На графике наглядно показано, что с уменьшением отношения сигнал/шум резко возрастает значение ошибки, и, как следствие, сильно ухудшается точность измерений. Особенно сильно сказывается ошибка на значениях отношения сигнал/шум, лежащих в диапазоне от 1 до 2. Далее этот показатель снижается и почти совершенно исчезает на уровне 10–15.

В итоге можно сделать выводы о том, что для минимизации влияния шума на качество принимаемого сигнала решающим является увеличение соотношения сигнал/шум. Решение этой проблемы в акустических содарах может базироваться на изменении параметров алгоритма обработки сигналов.

### ***Список литературы***

1. Стерлядкин В.В. Обзор методов и средств ветрового зондирования атмосферы / В.В. Стерлядкин, А.Г. Горелик, Г.Г. Щукин // Проблемы дистанционного зондирования, распространения и дифракции радиоволн: III Всероссийские Армандовские чтения: Молодежная школа. – Муром, 2013. – С. 24–42.
2. Красненко Н.П. Внешние шумы при акустическом зондировании атмосферы / Н.П. Красненко, С.Л. Одинцов // IV Всесоюзный симпозиум по лазерному зондированию атмосферы. – Томск : ИОА СО АН СССР, 1976. – С. 229–231.
3. Coulter R. I. Two decades of progress in SODAR techniques / R.I. Coulter, M.A. Kallistratova // Meteorol Atmos Phys. – 2003. – P. 2–7.
4. Красненко Н.П. Мощные направленные акустические излучатели в атмосферных приложениях. – Томск : ТГУСУР, 2009. – С. 129–130.
5. Шаманаева Л.Г. Содарные измерения ветровых и турбулентных характеристик атмосферы / Л.Г. Шаманаева, Н.П. Красненко // XI Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. – Томск, 2015. – С. 221–222.
6. Козинцев В.И. Лазерный метод оперативного измерения скорости и направления ветра / В.И. Козинцев, С.Е. Иванов, М.Л. Белов, В.А. Городничев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Сер. «Приборостроение». – 2011. – №1. – С. 57–66.

**Лаптев Максим Владимирович** – студент ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Россия, Санкт-Петербург.

**Laptev Maxim Vladimirovich** – student of FSEI of HPE “V.I. Ulyanov (Lenin) St. Petersburg Electrotechnical University “LETI”, Russia, St. Petersburg.

**Петров Глеб Анатольевич** – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Россия, Санкт-Петербург.

**Petrov Gleb Anatolevich** – candidate of engineering science, associate professor of FSEI of HPE “V.I. Ulyanov (Lenin) St. Petersburg Electrotechnical University “LETI”, Russia, St. Petersburg.

---