

Рассмотрение возможности использования слабонаправленных антенн для транспондеров в системах мониторинга подвижных объектов

Пырков В.Н., Дегай А.Ю., Черных В.Н.

*ИКИ РАН, Институт космических исследований,
Москва, e-mail: vpyrkov@mail.ru*

Во всех системах мониторинга подвижных объектов позиционная информация является основой для комплексного анализа данных при принятии управленческих решений, в том числе для верификации сопутствующей отчетной информации. В настоящее время во многих информационных системах для получения позиционной информации используются данные Автоматической идентификационной системы АИС, (англ. AIS Automatic Identification System) и SAT AIS (спутниковый АИС).

Ранее в докладе (Дегай и др., 2021) на примере позиционных данных в отраслевой системе мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (далее - ОСМ), показано, что при работе используемых в настоящее время транспондеров SAT AIS, информация о положении зарегистрированных в системе мониторинга объектов становится доступной любой развитой спутниковой системе. Таким образом, усилия по обеспечению информационной безопасности в системе мониторинга подвижных объектов кардинально обесцениваются.

Одним из основных источников спутниковой информации о позициях судов в ОСМ является Автоматическая идентификационная система (АИС) AIS Automatic Identification System.

Приемопередатчики – АИС транспондеры - устанавливаются на судах и на береговых станциях, которые образуют цепь береговых станций. Передача данных осуществляется на международных каналах связи AIS 1 и AIS 2 в диапазоне FM частот (161,975 МГц и 162,025 МГц). Обмен информацией происходит на основе TDMA (Time Division Multiple Access — множественный доступ с разделением по времени). Однако, сигналы транспондеров AIS достаточно мощные, чтобы обеспечить уверенный приём сигнала спутниками на высоте до 1000 км.

Основные провайдеры SatAIS: ExactEarth, Orbcomm, Lemur. В спутниковой группировке Lemur (США) непрерывно функционирует более ста спутников АИС.

Ранее было показано (Василец и др., 2018), что с помощью машинного обучения можно по трекам судов восстанавливать информацию о добыче (вылове) судов. Таким образом, можно утверждать, что до тех пор, пока нет возможности обеспечить защиту позиционной информации от спутниковых иностранных систем, становится сомнительным приложении сверх усилий по обеспечению информационной безопасности системы мониторинга в целом.

В связи с этим, в докладе (Дегай и др., 2021) показана необходимость технических и нормативных мероприятий по разработке транспондеров с большей защищенностью позиционной информации. Актуальной является задача перехода на альтернативные отечественные системы позиционирования, но параллельно должна решаться задача модернизации транспондеров AIS. Так чтобы сигналы были доступны окружающим, но не были доступны спутниковым системам.

Для обеспечения направленности сигнала используются антенны, размеры которых сравнимы с длиной волны.

Согласно обзору современного состояния исследований малогабаритных антенн (Киселев и др.) предельно достижимый минимальный размер антенных устройств, реализованных на обычных материалах, в большинстве случаев определяется соотношением

$$k\alpha = 0,6$$

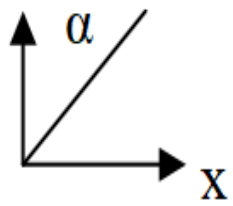
где k – волновое число свободного пространства

($k = 2\pi/\lambda$, λ – длина волны в свободном пространстве)

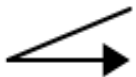
α – характерный размер антенны

В случае используемых в АИС частот длина волны несколько меньше двух метров. Для размещения на больших морозильных рыболовных траулерах (БМРТ) и средних рыболовных траулерах морозильщиках (СРТМ) длина которых более 50 метров препятствий для размещения антенны, размер которой около двух метров и вес не превышает ста килограмм нет. Отметим, что судами данного типа обеспечивается вылов более 90 процентов всей морской добычи водных биологических ресурсов России.

Для рассмотрения вариантов предлагаемых к внедрению антенн, приведем оценки для сравнения с излучением диполя Герца, которое хорошо описывает излучение используемых в АИС круговых всенаправленных антенн. Отметим, что в рассматриваемой проблеме нет необходимости добиваться очень высокой направленности. Учитывая волнение, в котором движется судно, в нашем случае нет необходимости добиваться расходимости лучше, чем 0,2 радиан:



$$I(\alpha) = \frac{I(\pi)}{4/3} \int_0^\alpha \sin^3(\theta) d\theta = \frac{I(\pi)}{4/3} \left(\frac{2}{3} - \cos(\alpha) + \frac{\cos(\alpha)^3}{3} \right)$$

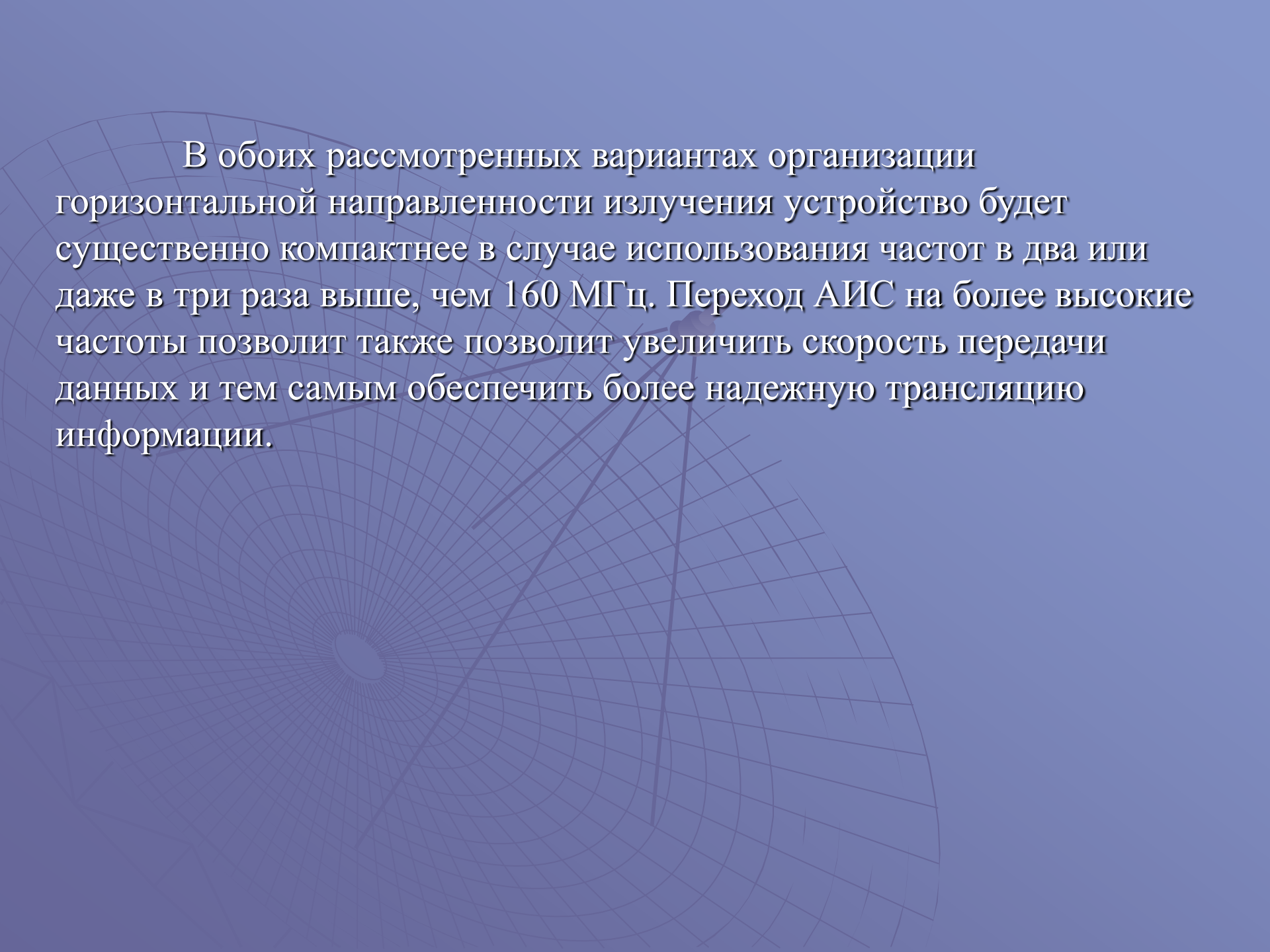
тогда в «полезные» 15°  попадает 20% излучаемой энергии

в «паразитные» 75°  попадает 30%

То есть нам необходимо добиться соотношения мощностей попадающих в «полезную» и «паразитную» часть сферы существенно лучше чем 3/2.

Антенна Янга-Уда – волновой канал, имеющая характерные размеры длины волны, заведомо выполняет такое требование. Но такой вариант предусматривает направленное излучение не только по вертикальному углу, но и по горизонтали. Поэтому необходимо использование либо модификаций антенны Янга-Уда, либо их многоэтажную комбинацию.

В рамках второго варианта организации излучения в горизонтальной плоскости, в среде с высоким показателем преломления можно компактно создать хорошо направленный луч (самый лучший Гауссов пучок). При выходе в воздух будет дифракция и расходимость резко увеличится. Численным экспериментом было показано, что можно управлять с помощью распределения диэлектрической проницаемости на границе раздела распределением электрического поля в поперечном сечении в волновой зоне.



В обоих рассмотренных вариантах организации горизонтальной направленности излучения устройство будет существенно компактнее в случае использования частот в два или даже в три раза выше, чем 160 МГц. Переход АИС на более высокие частоты позволит также увеличить скорость передачи данных и тем самым обеспечить более надежную трансляцию информации.

В связи с успехами применения метаматериалов и конструкций на их основе для малогабаритных слабонаправленных антенн, необходимо отметить, насколько их использование может быть полезно для решения проблемы обсуждаемой в данном докладе.

В обзоре (Бойко и др., 2012) рассмотрены основные геометрии построения слабонаправленных антенн с использованием метаматериалов, в том числе:

- окруженные мета материалом
- выполненные на подложке из мета материала
- выполненные непосредственно из мета материала

На основе анализа вышеуказанных конструкций в обзоре сделан вывод, что ощутимое уменьшение габаритных размеров антенн может быть достигнуто только для двух категорий антенн – окруженных метаматериалом и выполненных непосредственно из метаматериала, при этом минимально возможный размер антенны a с метаматериалом составляет $\lambda/50$. Однако необходимо отметить, что указанная выше оценка не учитывает размер экрана. Размер которого на порядок больше размера антенны.

В целом можно отметить, что основные успехи в развитии конструкций малогабаритных слабо направленных антенн связаны с увеличением КПД.

Заключение

В настоящее время существенного продвижения в улучшении направленности антенн на основе метаматериалов не отмечено, поэтому основным направлением решения проблемы информационной безопасности позиционных данных является кардинальное организационное увеличение рабочей частоты транспондеров.

Финансирование работы

Работа по анализу возможности использования слабонаправленных антенн выполнялась в рамках темы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Мониторинг», (госрегистрация № 122042500031-8).

Работы проводились с использованием возможностей ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019) <http://ckp.geosmis.ru>

Литература

1. Василец П.М., Терентьев Д.А., Коробов С.А., Пырков В.Н., Солодилов А.В., Дегай А.Ю. Возможности оценки достоверности пространственной информации по вылову донных рыб в отраслевой системе мониторинга Росрыболовства на основе комплексного анализа производственно-промысловой отчетности и данных спутникового позиционирования промысловых судов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 35-42. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-35-42.
2. Дегай А.Ю., Солодилов А.В., Пырков В.Н., Черных В.Н., Пыркова О.А. Новые проблемы обеспечения информационной безопасности в системах мониторинга подвижных объектов и возможности их устранения на примере системы мониторинга рыболовства Москва. // Материалы 19-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Москва, ИКИ РАН, 15–19 ноября 2021 г.
3. Бойко С.Н., Веселаго В.Г., Виноградов Е.А., Жуков А.А. Малогабаритные антенны на основе метаматериалов (Практические аспекты) // Антенны. 2012. 187. С. 2-11
4. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Ефремов В.Ю., Кашницкий А.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Суднева О.А., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263-284.
5. Киселёв В.П., Сайко В.Г., Ильинов М.Д., Федяев В.Е. Современное состояние исследований малогабаритных антенн, <http://www.qrz.ru/schemes/contribute/antenns/small/>.