



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Информационных технологий и систем безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Бакалавр)

На тему Автоматические идентификационные системы для безопасного расхождения судов

Исполнитель Обухов Евгений Дмитриевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель д-р техн. наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Сикарев Игорь Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

доктор технических наук
(ученая степень, ученое звание)

Бурлов Вячеслав Георгиевич
(фамилия, имя, отчество)

« ____ » _____ 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ И ПОНЯТИЯ ОБ АИС

1.1. Основы АИС

1.2. История развития АИС

1.3. Принцип работы АИС

1.4. Спецификация передаваемой информации АИС

1.5. Способы передачи информации и используемые частоты

РАЗДЕЛ 2. РАСЧЁТ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АИС

2.1. Основы расчёта расстояния действия АИС

2.2. Основные факторы влияния на дальность действия АИС

2.3. Способы расчёта расстояний действия АИС

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АИС – Автоматическая идентификационная система;

ГНСС – глобальная навигационная спутниковая система;

СРДС – системы разделения движения судов;

УКВ – ультракороткие волны;

ВВЕДЕНИЕ

С течением времени человек, как разумное существо, всё больше и больше стал рассматривать информацию как жизненно важный ресурс. Для судоходства, что входит в значительную часть мировых поставок и зачастую, является сравнительно большим и неповоротным изделием, чрезвычайно необходимо иметь удобные и информативные способы получения информации об окружающей среде, особенно об опасных водных участках и других судах в районе, котором оно находится.

Но спрос рождает предложение, особенно, если спрос вызван безопасностью экипажа и его судна. В отличие от древних веков, когда у человека могла быть лишь горстка инструментов, таких как подзорная труба, чтобы наблюдать за горизонтом в случае опасности, что не могло спасти от подводных угроз или в ночное время суток, в не настолько далёком прошлом появились средства для создания подобного устройства.

И вот, объединив портативные радиоизлучатели и радиоприёмники, спутниковые информационные системы и специальную инфраструктуру получилось не сразу, но создать одно из таких устройств: автоматическую идентификационную систему, или же АИС для краткости. Данная система, хоть и не считывает показания грунта или не сканирует горизонт на наличие других судов или опасностей, что означает, что она сама по себе не способна спасти судно от любой неминуемой опасности, но она позволяет постоянно в автоматическом режиме получать и обрабатывать информацию от других таких же передающих станций, что делает её невероятно эффективной в предотвращении столкновений судов и не только.

Естественно предположить, что для обеспечения и проверки необходимого уровня эффективности были разработаны различные способы определения максимальных или "обыденных", то есть среднестатистических, расстояний действия подобных устройств. К сожалению, зачастую подобная

информация не соответствует действительности, когда в действие на сигнал влияют множество дополнительных факторов, которые нельзя надёжно предсказать, не зная заранее об их наличии. Ввиду этого, стоит понимать, что при изучении данной проблемы в теоретической среде стоит знать заранее об различных факторах, что могут повлиять на распространение сигнала.

К сожалению, при попытке поиска централизованной информации, содержащей как влияющие на распространение факторы, так и различные решения по расчёту максимального расстояния действия АИС, по данной теме удалось найти лишь разрозненную информацию.

Ввиду отсутствия во время написания подобного материала, данная работа представляет собой сборник как различных решений по расчёту дальности действия станции АИС, так и различных факторов, что могут повлиять на распространение сигнала. Также в ней приводится базовая информация по самим АИС как таковым для ознакомления.

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ И ПОНЯТИЯ ОБ АИС

1.1. Основы АИС.

Автоматизированная идентификационная система (АИС) – это система передачи данных, обеспечивающая обмен статическими и динамическими данными судов между собой и с береговыми службами^[2]. АИС прежде всего предназначена для обеспечения безопасного передвижения судов в водном пространстве посредством их постоянного информирования обо всех других судах, находящихся поблизости.

Работа АИС на внутренних водных путях в основном заключается в передаче информации от судна береговым станциям. В обратном направлении в основном передается текстовая информация, сигналы «запроса» и дифференциальные поправки глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС).

Использование АИС на современных судах предоставляет следующий ряд преимуществ:

- 1) Получение необходимой информации, такой как идентификатор судна, его скорость или пункт назначения, от ближайших судов в автоматическом режиме, без необходимости вмешательства человека во время плавания.
- 2) Увеличение дальности обнаружения судов.
- 3) Уменьшение влияния помех, возникающих от атмосферных явлений и морских препятствий, включая саму возможность обнаружения устройств АИС за препятствием.

Использование АИС для регулирования движения судов предоставляет следующий ряд преимуществ:

- 1) Автоматическая передача информации, исходящей как от судна (тип судна, осадка, пункт назначения), так и от береговых служб (навигационная, гидрометеорологическая информация, предупреждения об опасных явлениях);
- 2) Получение информации не только от судов, оборудованных АИС, но и от тех, что не имеют такового, но сопровождаются радиолокационными станциями СРДС;
- 3) Расширить зону мониторинга базовых (стационарных) станций, используя предусмотренный в АИС режим дальней связи.

К сожалению, у самой системы имеется ряд ограничений и проблем, которые невозможно игнорировать:

- 1) АИС может быть выключена, если её использование влечёт за собой отрицательные последствия, влияющие на безопасность судна и его экипажа (в качестве примера можно привести пиратскую активность в регионе);
- 2) Районы, подверженные высокой интенсивности судоходства, могут иметь специально пониженную дальность действия АИС, что используется для увеличения количества свободных слотов для передачи данных;
- 3) Влияние сильных радиопомех может кратковременно нарушить работу АИС;
- 4) На достоверность части информации влияют датчики, которые могут оказаться неисправными, а на другую часть вводимые данные, которые могут быть ошибочны или вовремя не изменены, что ведёт к потенциально опасным ситуациям.

Необходимо отметить, исходя не только из всех преимуществ и недостатков, но также из назначения систем АИС, что они не предназначены для замены других судовых систем и необходимы для использования в

тандеме с ними для обеспечения наибольшей безопасности передвижения судна.

1.2. История развития АИС:

Первоначальная идея АИС возникла в конце восьмидесятых годов 20-го века ввиду возросшей необходимости в обмене информации между судами и берегом, что, в свою очередь, увеличило бы эффективность и безопасность судоходства в целом ввиду роста интенсивности мирового судоходства, появления высокоэффективных дорогостоящих судов, увеличения их размеров и скоростей.

В качестве «предка» АИС можно представить устройство под названием «транспондер» (от transmit – передавать и respond – отвечать, реагировать) – устройство, отвечающее на запросы береговых станций системы регулирования движением судов и передающее самую необходимую информацию о судне^[1].

В результате возникновения и развития таких технологий и систем, как ГНСС и системы электронной картографии и автоматической цифровой радиосвязи было решено улучшить и расширить данную концепцию, в следствии чего и появилась АИС.

Ввиду содержания в своей основе идей, заложенных в транспондерах, современные АИС всё ещё могут упоминаться как таковые ввиду закрепившееся название.

К сожалению, первоначальная концепция, описывающая АИС как полностью автоматизированные устройства, не нуждающиеся в вмешательстве человека как такового, не смогла быть реализована. Причиной этого является необходимость ввода части данных (рейс, тип груза, осадка судна и т. д.) при каждом их изменении. Также не стоит

исключать возможность того, что сама АИС будет поставлять неправильную информацию ввиду поломки оборудования или иных причин, которые могут привести к ошибочному восприятию ситуации и, как следствие, к опасной для жизни ситуации.

В 1974 году была проведена конвенция по охране жизни на море (Конвенция СОЛАС-74), согласно которой АИС необходимо устанавливать на судах поэтапно, начиная с 1 июля 2002 года и согласно которой аппаратура АИС должна быть установлена на всех, совершающих международные рейсы, судах, начиная с 31 декабря 2004 года. Суда, которые не совершают международные рейсы, но имеющие тоннаж более 500 б.р.т. должны быть оборудованы АИС до 1 июля 2008 года.

На данный момент АИС используется повсеместно как один из основных элементов мониторинга судов, позволяя автоматически получать всю нужную информацию на больших расстояниях, используя спутниковую связь.

1.3. Принцип работы АИС.

Общий принцип работы судовой АИС представлен на следующем изображении (рис. 1).

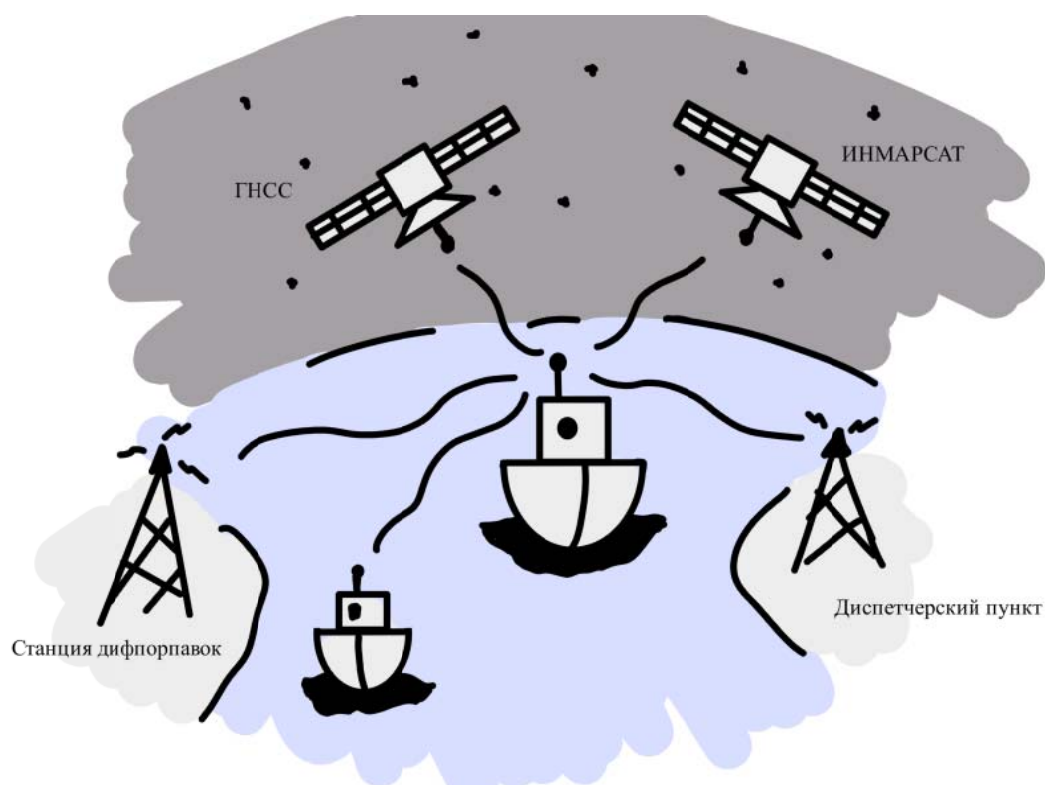


Рис. 1. Принцип функционирования АИС со стороны судна.

Устройство, храня заранее введённые данные и собирая остальные со всевозможных установленных на судне датчиков (информация об этих данных будет предоставлена далее), постоянно передаёт в своё окружение с определёнными интервалами информацию, в тоже время принимая её от других судов в радиусе действия. Принятая информация автоматически отображается на дисплее, будь то встроенный в само устройство или подключённый внешне.

При этом, АИС, кроме ближайших судов, также связывается с береговыми станциями и портами, которые осуществляют надзор за движением и показателями судов. Связь же с ними осуществляется через глобальную навигационную спутниковую систему (или ГНСС), которая также помогает рассчитать текущие координаты судна и вектор его движения. Именно благодаря этому существует возможность отображать местонахождение и рейсы огромного числа судов на интерактивной(?) карте, к которой имеет доступ любой пользователь интернета.

Спутниковая связь также используется для синхронизации процессов устройства. Данное действие требуется ввиду используемых алгоритмов, передающих информацию в окружение за определённый период времени, что требует точного знания начала и конца данных периодов. В свою очередь неправильное чтение получаемых данных способно подорвать «понимание» одного устройства других, когда оно не способно прочитать передаваемые сообщения.

В прибрежных районах с установленными базовыми станциями АИС, информация, передаваемая судами, принимается базовыми станциями и поступает в распоряжение береговых служб (Среди которых могут быть службы поиска и спасения, пограничные и таможенные власти, портовые службы и т.д.).

Информация с базовых станций АИС может быть объединена, что позволяет получить целостную картину судоходства в контролируемом районе.

Ввиду выбранных для работы АИС частот дальность связи практически распространяется на пределы видимого горизонта, на что влияет также высота принимающей и передающей сигнал аппаратуры. Стоит отметить, что базовые станции зачастую находятся на большей высоте, чем судовые АИС за счёт нахождения на твёрдой земле.

Ввиду характера распространения в прибрежных районах радиоволн они распространяются не только прямолинейно, но также с учётом эффекта огибания препятствий и отражения от береговых массивов. Благодаря этому явлению связь двух станций АИС возможна без использования спутников, не имея прямой видимости между двумя антеннами.

Для повышения зоны действия базовой АИС могут использоваться репитерные АИС, что принимают сигнал от его источника и вместо того, чтобы просто их обрабатывать, ретранслируют его сами, что увеличивает

покрываемую сообщением территорию. Таким образом также возможно принятие сигнала от другой репитерной станции, что может создать целые цепочки передачи информации.

Для повышения же точности определения координат судна могут использоваться дифференциальные поправки, передающиеся с ближайших станций и радиомаяков и применяющиеся к непосредственно вычислениям координат. Могут передаваться через СВ (средневолновой) диапазон или по УКВ (ультракоротким) волнам в специальном сообщении.

В случае, когда станция АИС находится вне зоны действия базовой станции СРДС транспондер передаёт информацию через режим дальней связи. Данный режим предусматривает использование спутниковых средств для передачи данных. В настоящее время активно для этих целей используются каналы связи ИНМАРСАТ-С. Информация, передаваемая по данным каналам, посылается с периодичностью от 2-4 раз в час до 2-х раз за сутки. Такой способ связи позволяет существенно расширить дальность действия АИС.

Функции АИС:

- 1) Автоматическая идентификация судов, а также приём и передача информации по выделенным в регионе радиоканалам АИС;
- 2) Получение параметров судна от внешних источников, таких как ГНСС или компаса;
- 3) Вывод получаемой информации на встроенный или внешний дисплей;
- 4) Передача базовой станцией и приём мобильной дифференциальных поправок ГНСС;
- 5) Вывод информации о состоянии АИС на пульт управления и отображения и внешнее оборудование;

б) Ввод необходимых данных в АИС при установке и необходимости.

Схематичное представление внутренней работы АИС можно представить как на рис. 2^[2]:

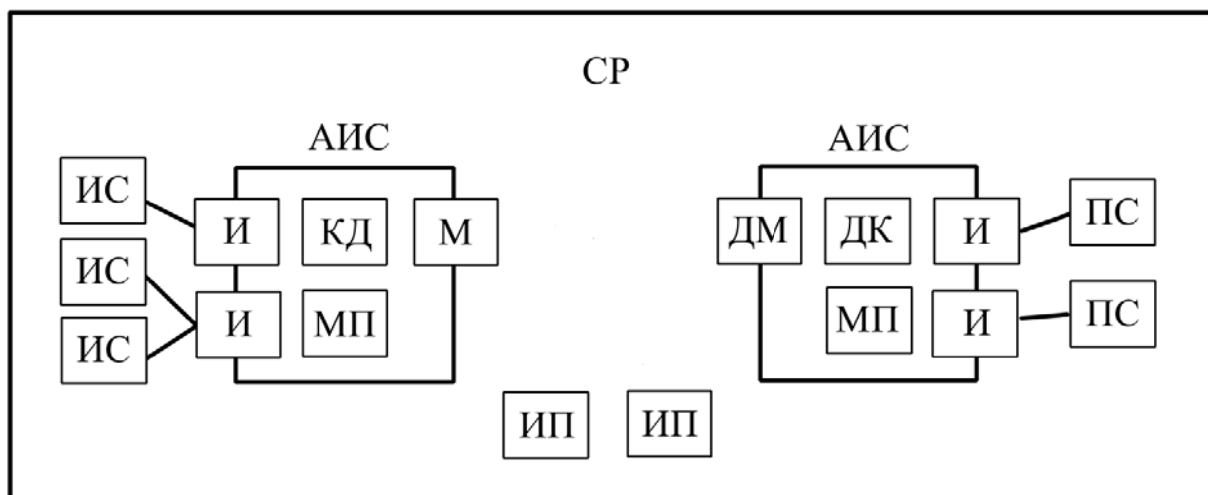


Рис. 2: Каноническая структурная схема АИС.

На данной схеме изображено:

ИС – источник сообщения, от которого исходит передаваемая информация. Может являться как человеком, вводящем данные самостоятельно, так и внешние устройства, такие как гироскоп или датчик угловой скорости;

ПС – получатель сообщения, будь то работающий за АИС человек или подключённая к нему аппаратура, которая уже в свою очередь может передавать полученную информацию персоналу судна (например, в случае, когда необходимо передавать информацию с АИС на другой монитор) или обрабатывать её самостоятельно;

И – интерфейс устройства, позволяющий ИС и ПС взаимодействовать с АИС. Так, если источник или получатель информации – человек, то обычно используется экран и клавиатура для ввода данных и навигации в программе устройства, в то время как для внешних устройств предусмотрены специальные порты подключения;

КД – кодер передатчика базовой станции, что преобразует передаваемую информацию в специально закодированное сообщение. Для любого передающего информацию устройства зачастую передаваемая информация кодируется для уменьшения места занимаемого в сообщении объёма или уменьшения влияния на него помех. Обычно является частью МП в виде программного компонента устройства;

ДК – декодер судового транспондера. Служит для преобразования полученной информации в необходимый для устройства и его пользователя формат, будь то числовая или текстовая информация. Обычно является частью МП в виде программного компонента устройства;

МП – микропроцессор или иной компонент устройства, отвечающий за управление его работой;

М – модулятор передатчика базовой станции, преобразующий посылаемое цифровое сообщение в электромагнитную волну, содержащую всю необходимую посылаемую информацию. Для модуляции сигнала в АИС используется частотная модуляция с гауссовской минимизацией сдвига (FM/GMSK – Frequency Modulation/Gaussian Minimum Shift Keying). Оба М и ДМ должны быть в состоянии принимать и посылать сигналы не только на каналах AIS-1 и AIS-2, но и на нескольких других. Для этого могут использоваться несколько антенн и приёмников информации;

ДМ – демодулятор приёмника, что преобразует принимаемое электромагнитное излучение от источника сигнала обратно в цифровую информацию. Приёмное устройство (ДМ) вместе с передающим устройством (М) и средой распространения (СР) вместе составляют информационный канал связи, получивший название VDL (VHF Data Link – канал передачи данных);

CP – среда распространения, через которую проходит сигнал. Ввиду особенности используемых в АИС волн, передача сигнала возможна только в прямой видимости антенн источника и получателя сигнала;

ИП – источник помех, влияющих на ясность принимаемого сигнала на приёмнике. Сильное влияние внешних сигналов способно полностью скрыть передаваемую информацию и сделать её нечитабельной для устройства.

АИС должно уметь принимать и передавать информацию на каналах AIS-1 и AIS-2

Стоит также отметить, что АИС подразделяют на отдельные виды, среди которых числятся:

АИС класса А, которые полностью отвечают всем предоставляемым требованиям:

- 1) Резолюция ИМО MSC.74(69), представляющей из себя рекомендации по эксплуатационным требованиям к универсальной судовой системе автоматического опознавания^[4];
- 2) Рекомендация МСЭ-Р М.1371-1, являющимися техническими характеристиками универсальной судовой автоматической идентификационной телекоммуникационной системы, использующей множественный доступ с временным уплотнением в полосе морской подвижной службы;
- 3) Стандарт МЭК 61993-2, отвечающий за требования к рабочим и эксплуатационным характеристикам, методы испытаний и их требуемые результаты;
- 4) устанавливаются на судах согласно требованиям главы 5 Конвенции SOLAS.

АИС класса В, что представляет собой упрощенный вариант аппаратуры класса А, не соответствующая в полной мере требованиям резолюции ИМО MSC.74(69). Также может отличаться на уровне интерфейса при

сопряжении с датчиками информации. Может устанавливаться на судах, которые не подпадают под требования конвенции SOLAS.

Основными отличиями аппаратуры АИС класса В от предыдущего класса являются^[5]:

- 1) Использование формата сообщений и интервалы передачи, отличные от таковых для аппаратуры класса А при передаче статической и динамической информации;
- 2) Использование внутреннего приемника ГНСС, как в целях АИС, так и в навигационных целях;
- 3) Возможно отсутствие части режимов и функций, среди которых могут быть: режим управления частотными каналами, режим дальней связи, назначенный режим работы;
- 4) Отличная от АИС класса А частота передачи сообщений для динамической информации;
- 5) Возможна меньшая дальность действия системы;
- 6) Возможность аппаратуры класса А подавить АИС класса В в случае нехватки эфира.

Станции, устанавливаемые на средствах навигационного оборудования (СНО) морских путей (плавающих и стационарных);

Лоцманские портативные станции АИС. Могут работать автономно или иметь необходимость в подключении к судовому оборудованию АИС;

АИС, используемые на летательных аппаратах для поисково-спасательных операций на море.

Также стоит упомянуть об РРСКЦ – речном региональном спасательно-координационном центре^[2]. Он существует для координации спасательных операций в районе своего действия и собирает все доступные ему данные, включая также и сигналы бедствия, передаваемые АИС.

Для дифференциальных поправок используют ККС – наземная контрольно-корректирующая станция, передающая на суда сигналы дифференциальных поправок для высокоточного местоопределения положения судов на внутренних водных путях^[9].

1.4. Спецификация передаваемой информации АИС.

Информация, передаваемая через АИС, делится на несколько нижеперечисленных видов:

- 1) Статическая информация, которую вводят при установке оборудования на судно. В неё входят: идентификационный номер судна IMO (если он имеется), идентификационный номер морской подвижной службы MMSI, позывной судна, название судна, длина и ширина судна, тип судна (в региональной классификации), местонахождение антенны приемника ГНСС (внешнего и встроенного) (по этим данным определяются длина и ширина судна;
- 2) Динамическая информация, автоматически обновляемая и посылаемая всем находящимся по близости АИС. В неё входят: координаты судна с индикацией точности и целостности, время по UTC (Всемирное координированное время – стандарт, по которому общество регулирует часы и время), путевой угол (курс относительно грунта (COG)), путевая скорость (скорость относительно грунта (SOG)), курс судна по гирокомпасу, режим эксплуатации (в движении, на якоре и т. п.)(выбираются вручную), скорость поворота (ROT), углы качки и дифферента (если они доступны);
- 3) Рейсовая (маршрутная) информация, которую вводят в начале рейса. Может исправляться по мере необходимости. Включает: осадка

судна, наличие и тип опасных грузов, порт назначения, ожидаемое время прибытия (ETA);

- 4) Короткие и нерегулярные сообщения: специальные сообщения, передаваемые лишь в случае возникновения необходимости. Среди них можно выделить как те, что передаются автоматикой АИС для предоставления дополнительного набора данных, так и набираемые оператором для передачи коротких текстовых сообщений ASCII. Такие сообщения могут передаваться как конкретному судну или береговой станции, так и всем станциям в зоне досягаемости в зависимости от ситуации.

Статическая и рейсовая информация передается в так называемом сообщении №5 «Статические данные о судне и информация о рейсе».

Интервалы передачи информации приведены в таблице 1 «Интервалы передач АИС».

Таблица 1 – Интервалы передач АИС.

Вид информации	Интервал передачи
Статическая информация	Каждые 6 минут, при изменении данных и по требованию
Динамическая информация	Согласно таблице 1.2, в зависимости от режима плавания, изменения скорости и курса.
Информация о рейсе	Каждые 6 минут, при изменении данных и по требованию.
Сообщения по безопасности плавания	При необходимости

Динамическая информация передаётся по каналу связи со скоростью, зависящей от скорости судна и изменении его курса. Динамическая

информация передается в сообщении №1 «Сообщение о местоположении». Интервалы передач сообщений перечислены в таблице №2.

Таблица 2 – Интервалы передач динамической информации.

Динамическое состояние судна	Интервал между сообщениями
Судно на якоре, на швартовых или движущееся менее 3 узлов	3 минуты
Судно на якоре, на швартовых или движущееся быстрее 3 узлов	10 секунд
Судно на ходу (0-14 узлов)	10 секунд
Судно на ходу (0-14 узлов) и изменение курса	3.33 секунды
Судно на ходу (14-23 узлов)	6 секунд
Судно на ходу (14-23 узлов) и изменение курса	2 секунды
Судно на ходу со скоростью более 23 узлов	2 секунды

1.5. Способы передачи информации и используемые частоты.

Составление необходимых сообщений лишь пол пути. Далее устройству необходимо передать имеющуюся информацию другим судам в зоне досягаемости и службам, ответственным за район плавания, в котором находится судно.

Для уменьшения объёма информации, которое устройству АИС необходимо передать за определённый промежуток времени, и, как следствие, уменьшения количества занимаемых частот, используется временное разделение сигналов (Time Division Multiple Access (TDMA)): принцип, по которому весь интервал времени делится на отдельные слоты,

каждый из которых занимает 27,6 мс. Для синхронизации данного процесса среди всех устройств используется внешний и внутренний GPS или ГЛОНАСС/GPS приёмники.

В свою очередь, минутный интервал представляет собой кадр (или фрейм), включающий 2250 слотов. При подсчёте $2250 * 26,7$ мкс получается ровно 60 секунд.

Скорость передачи цифровой информации в канале АИС выбрана 9600 бит/сек, что обусловлено использованием различных частот, о чём будет поведено ниже. Это означает, что за один интервал времени АИС теоретически успевает передать $9600 \text{ бит/сек} * 27,6 \text{ мс}$, что примерно равняется 256 битам за интервал, включающим в себя флаги начала данных и их окончания, сигналы синхронизации, контрольную сумму битов, само сообщение с максимальным размером 168 бит.



Рис. 3: Составляющие одного слота сообщения.

Один слот содержит:

- 1) 8 бит «нарастания», за которые осуществляется выход передатчика на требуемую мощность и стабильность частоты;

- 2) 24 бита «обучающей последовательности», служащей для синхронизации работы демодулятора приёмника и состоящей из последовательных единиц и нулей;
- 3) 8 бит флага начала, обозначающего начало передаваемых данных;
- 4) 168 бит пакета данных;
- 5) 16 бит кода CRC, что генерируется во время приёма данных и сравнивается с пришедшим с сообщением кодом. Если принятая информация пришла без ошибок, то сгенерированный код будет совпадать с пришедшим;
- 6) 8 бит флага конца сообщения;
- 7) 24 зарезервированных под буфер бита, необходимых для предотвращения перекрытия сообщений.

Для уменьшения размера сообщений при посылке большого их объёма одновременно АИС может использовать до пяти слотов, расположенных последовательно. Таким образом удаётся избежать повторного использования излишних в таком случае данных.

В свою очередь передаваемая информация в виде символов кодируется по коду ASCII, использующем шесть значений нулей и единиц для кодировки 64 возможных значений.

Для повышения количества передаваемых данных используются два канала АИС. В свою очередь, данные каналы чётко определены как AIS-1 (87В – 161,975 МГц) и AIS-2 (88В – 162,025 МГц) и должны использоваться повсеместно. Единственным исключением являются регионы с особым частотным режимом, где в силу каких-либо обстоятельств нельзя использовать выделенные частоты. В таком случае авторитетные власти должны назначить альтернативные каналы связи.

В случае, когда судно с АИС находится на границе двух зон, судно находится в «транзитной зоне», где система поочерёдно передаёт на обоих

парах каналов, в тоже время принимая информацию на обоих одновременно, что позволяет предоставлять всю необходимую информацию без риска её потери.

Кроме двух рассмотренных каналов АИС одновременно работает также на DSC (Digital SelectionCall) канале (канал 70). По этому каналу обычно производится назначение рабочих каналов АИС со стороны береговой станции.

Такой малый размер интервалов в совокупности с необходимостью держать в памяти и менять частотные каналы связи хоть и позволяют существенно увеличить эффективность АИС, но в тоже время они же и накладывают существенные ограничения на используемое оборудование и компоненты передающих и приёмных устройств. Так, мощность передатчика была ограничена уровнем в 12,5 Вт (в режиме полной мощности) и 2 Вт (в режиме пониженной мощности)^[10].

Естественно, так как отдельный слот не может быть зарезервирован отдельным судном постоянно ввиду их количества, при включении АИС возникает вопрос об назначении слотов определённому судну. Для решения данного вопроса данное устройство необходимо включать заранее для его процедуры анализа нынешнего состояния окружения для возможности последующего выбора необходимых слотов.

Для работы с временными слотами предусмотрены определённые алгоритмы, собранные под одним именем TDMA (Time Division Multiple Access, в русскоязычной терминологии – множественный доступ с временным разделением (МДВР)). Сам TDMA подразделяется на следующие алгоритмы^[1,2,6]:

- 1) RАТDМА (Random – случайный) – это алгоритм, используемый для выбора слота, когда он не был предварительно объявлен, что обычно случается во время включения АИС в сеть или для передачи

сообщений неповторяющегося характера (как передача коротких текстовых сообщений);

- 2) ITDMA (Incremental – инкрементный) – это алгоритм для резервации слотов при первом включении АИС в работу и увеличении или уменьшении частоты передачи информации;
- 3) SOTDMA (Self-Organized – самоорганизующийся) – это наиболее сложный алгоритм TDMA доступа к сети. Он используется как продолжение ITDMA для резервирования слотов в последующие 3-7 минутные кадры. Данный алгоритм предусматривает передачу каждым судном своего расписания передач на ближайший период времени посредством включения в сообщения номеров забронированных слотов, которые судно планирует использовать для последующих передач. Все суда, получающие данную информацию, анализируют её и запоминают, какие слоты можно будет занять в ближайшее время;
- 4) FATDMA (Fixed – фиксированный) – это алгоритм, используемый для предварительной резервации слотов. Ключевое отличие данного алгоритма от остальных заключается в исключительном владении устройством выбранными слотами: другие АИС не могут занимать эти слоты ни при каких обстоятельствах. Используется в основном представителями власти для базовых станций АИС.

В зависимости от состояния судну необходимо передавать разную информацию в различное время. Чтобы не забивать эфир излишним количеством информации, тем самым сокращая максимально возможное количество судов в области, и была реализована различная скорость передачи сообщений.

На случай, если количество судов всё же превышает максимальное их количество, АИС может автоматически выбрать ячейки, занимаемые другим судном. Происходит это так: когда АИС обнаруживает, что не может занять

свободную ячейку (при этом не обязательно, чтобы все слоты были заняты, необходимо лишь, чтобы алгоритмы транспондера не могли занять новые ячейки), она занимает любую занятую ячейку другой АИС класса В, которая находится дальше всех от АИС первоначального судна. Ввиду данного действия для других судов, которые находятся поблизости, сигнал выбранного слота будет подавлен другим. Такое действие АИС может повториться неограниченное количество раз, но только не чаще чем раз в минутный интервал для одной станции АИС класса В. Это значит, что для того, чтобы подавить следующую ячейку, станции необходимо выбрать слот другой АИС класса В. По аналогии себя ведут и другие станции.

В результате данных действий при перегрузке канала связи, например, на 400-500% нет никакой необходимости в увеличении количества слотов в 4-5 раза, что неотвратимо привело бы к уменьшению передаваемой информации за ячейку. К сожалению, при данном подходе уменьшается дальность передаваемой информации, в данном случае реальная дальность приема каждой судовой станцией сообщений от других станций уменьшается до 8–10 миль, т. е. до дальности уверенного радиолокационного сопровождения судов – целей средних размеров. Конечно, данный подход годится только в том случае, если в радиусе действия устройства присутствует несколько станций класса В и в тоже время в районе плавания не находится слишком много судов, что может привести к полному подавлению сигнала от подавляемой станции, что не допустимо в случае чрезвычайной ситуации.

Расчёт же реальной пропускной способности канала связи АИС не может выполняться без учёта влияния как самого района плавания, влияющего на распространение сигнала, так и среднего и максимального количества судов, которые будут находиться в данном районе, при этом сами суда могут находиться в различных состояниях (стоящих на якорю, движущихся, высокоскоростных, маневрирующих и т. д.). Например, при

условии, что в радиусе действия АИС находится 40 судов с движением, которое приписывает посылать информацию раз в 2 секунды и каждое сообщение занимает ровно один свой слот, то всего будет занято 1200 слотов в минутном кадре, размер которого занимает 4500 слотов для двух частотных каналов.

Беря для примера районы судоходства с наиболее интенсивной активностью судов, таких как Сингапурский или Дуврский пролив, можно теоретически рассчитать, что для радиуса действия станции АИС размером в 40 миль необходимо обеспечить возможность передачи 2400–3200 сообщений в минуту от различных судов^[2]. Хотя не смотря на все принятые меры по обеспечению необходимой для АИС пропускной способности некоторые морские администрации и специалисты выражают обеспокоенность, что пропускная способность АИС вскоре может оказаться недостаточной с учетом реальной и перспективной интенсивности судоходства.

Исходя из вышеизложенной информации можно сделать вывод, что реальная дальность передачи информации в районах с высокой интенсивностью судоходства всегда меньше максимально возможной дальности радиосвязи.

Не сложно догадаться, что все приведённые ранее особенности и условия создают определённые требования к созданию аппаратуры АИС. Далее приведена таблица подобных требований для АИС класса А (с включением некоторых не озвученных в тексте требований, таких как температурный режим)^[1]:

Таблица 3 – Технические характеристики АИС класса А.

Параметр	Значение
Диапазон частот	156,025 – 162,025 МГц
Шаг частот	12,5; 25 кГц

Модуляция и скорость передачи	AIS – GMSK; 9600 бит/с DSC – FM/FSK; 1200 бит/с
Чувствительность	107 dBm

Продолжение таблицы 3.

Мощность излучения радиопередатчика	2 Вт; 12,5 Вт
Рабочая температура	-15 С – +55 С
Температура хранения	-20 С – +70 С
Допустимые вибрации	Соответствует IEC 60945
Климатическое исполнение	Защищённое, соответствует IEC60945, IP21
Частота определений координат приёмником GPS/GLONASS	1 раз в секунду
Погрешность определения координат	45 м; в DGNSS – 1-10 м

РАЗДЕЛ 2. РАСЧЁТ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АИС

2.1. Основы расчёта расстояния действия АИС.

Для любой системы наблюдения за судами, использующей АИС, необходимо наличие береговой базовой станции, что принимала бы сообщения с судов и использовала полученные данные для мониторинга окружения и передачи информации другим службам. Но проблема с реализацией такого проекта кроется в правильном распределении станций и ретрансляторов на всём протяжении контролируемой области. Для наиболее оптимального распределения передатчиков, а значит экономии средств на постройку и поддержание, необходимо грамотно вычислить расстояние, на которое этот передатчик будет действовать. Именно об этом и повествует данный раздел.

Стоит также отметить, что в данной работе и при большинстве серьёзных (например, коммерческих) вычислений изменение или полное искажение сигнала считается за уменьшение дальности действия его излучателя ввиду главной цели этого сигнала в передаче определённого сообщения. Сам сигнал в таком случае может доходить до приёмника сигнала и возможно считывается в осмысленное сообщение, но без возможности доставки правильной информации данное действие бессмысленно.

Учитывая, что УКВ волны распространяются в радиусе видимости, то теоретически, расчёт зоны действия станции АИС мог бы основываться лишь на данной формуле^[11]:

$$D = 3,57 * (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \quad (1)$$

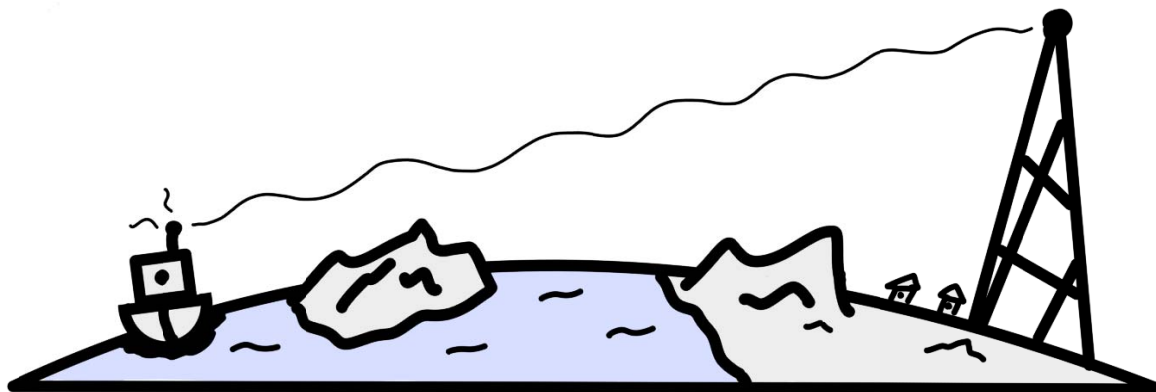


Рис. 4: Предположительное распространение УКВ.

Где:

$3,57$ — коэффициент рефракции, учитывающий кривизну поверхностной волны на частотах более 1ГГц. В свою очередь, если частоты менее 1ГГц, то коэффициент будет равен 4,12 или 4,56 (на частотах менее 500МГц).

D — расстояние между приёмником и передатчиком, которое необходимо пройти сигналу для достижения устройства, принимающего сигнал его источника, в км.

h_1, h_2 — высота, на которой находятся приёмная и передающая антенна соответственно, в метрах.

Данная формула отлично подходит для вычисления максимальной дальности действия АИС, когда на сам сигнал не воздействует никакой из внешних или внутренних факторов и, в тоже время, приёмник и передатчик идеально настроены друг относительно друга.

К сожалению, в реальности на дальность действия сигнала влияет множество факторов (некоторые из которых были описаны или упомянуты в предыдущей главе), что могут иметь как положительный, так и отрицательный эффект.

2.2. Основные факторы влияния на дальность действия АИС.

В данной подглаве описаны различные факторы, которые могут ухудшить, улучшить или помешать распространению волны и считыванию приёмником УКВ сигнала для ситуации передачи информации от базовой станции АИС к подвижной, от подвижной к базовой или от двух одинаковых базовых или подвижных станций. Передача информации между АИС и спутниковым устройством в данной работе не рассматривается.

Высота как антенны базовой станции, так и судовой АИС: при рассмотрении первоначальной формулы, с которой и начиналась данная глава, можно было заметить, что одним из основных факторов для расчёта расстояния являлась высота антенн и это неспроста. Именно эта характеристика определяет основную дальность действия передающих устройств, причём важны как высота передатчика, так и приёмника АИС. Наибольшая дальность действия, которая может быть достигнута, впрямую стоит за двумя базовыми станциями АИС, например между основной и репитерной станцией. Достигается это возможностью постановки антенн на очень большую высоту при помощи вышек или других достаточно высоких объектов, которые могут находиться лишь на твёрдой земле, в то время как судовые станции вынуждены брать в расчёт размер и другие характеристики занимаемого судна.

Кривизна Земли: как говорилось выше, дальность действия станции зависит, или скорее совпадает, с дальностью видимости двух источников. И что не обозначает максимальную дальность видимости устройства как не видимый горизонт. В теории, если бы Земля была плоской, человечество могло бы передавать информацию на бесконечно огромные расстояния, пока сигнал не встретится с антенной или с препятствием. Но кривизна Земли играет свою роль в данном действии и любой сигнал, выпущенный мимо

необходимой антенны и не встретивший препятствия, вылетит за пределы Земли. Можно считать, что это один из самых важных факторов для определения максимально возможного расстояния, хотя в природе существуют условия, по которым посылаемый сигнал может передаваться за пределы видимости двух устройств.

Препятствия: для распространения УКВ волн важно не только то, чего мы не видим, но и то, что стоит на пути видимости. Любая гора или строение между двумя устройствами могут поглотить УКВ сигнал, что полностью сведёт на нет любые попытки передачи сообщения. При этом сила поглощения тем сильнее, чем больше проводимость материи, из которой состоит препятствие, и чем больше сам объект, что заставляет сигнал при попытке прохождения через него дольше взаимодействовать с объектом.

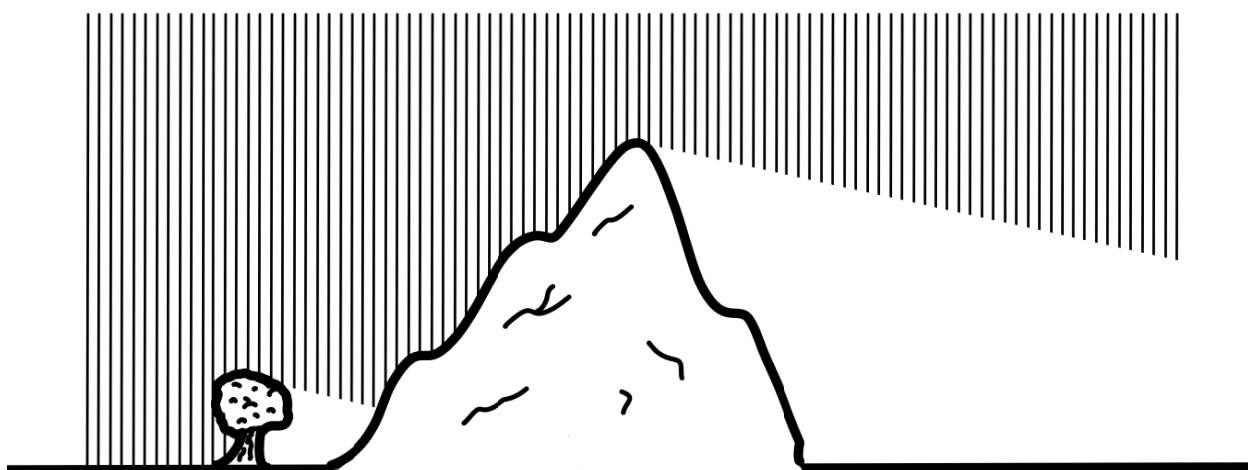


Рис. 5: УКВ и препятствие.

Хотя стоит отметить, что сигнал всё же может пройти через препятствие в двух разных условиях: если его поглощающих свойств недостаточно для используемой длины волны, хотя в таком случае сигнал окажется куда слабее, чем был раньше, или при возникновении дифракции.

Дифракция – явления, возникающие при встрече радиоволн с препятствиями. Радиоволна, встречая при распространении в однородной

среде препятствие, изменяется по амплитуде и фазе и проникает в область тени, отклоняясь от прямолинейного пути^[12].

В данном случае это означает, что волна, встретившись с препятствием, может частично или полностью вернуться в область, в которой в ином случае образовалась бы радиотень (зона ослабленного или отсутствующего сигнала).

Дифракция сильно зависит и имеет разное влияние в зависимости от размера и формы препятствия, от электрических свойств и гладкости её поверхности и длины самой волны. В общем и целом, чем меньше препятствие по сравнению с длиной волны, тем лучше проявляется эффект дифракции.

Что касается УКВ сигналов в обоих случаях, то они способны лишь на обгибание препятствий размером всего в несколько метров, но зато данные волны обладают хорошей проникающей способностью. Также среди недостатков находится их сравнительно быстрое затухание при встрече с препятствиями.

Если рассматривать ситуацию с препятствиями на морском пространстве, то влияние препятствий, в большинстве случаев, не является значительным фактором на работу АИС ввиду малого размера судов, наличия в них большого количества свободного пространства и отсутствия большого количества зданий и строений в морском пространстве.

В речном случае использования АИС суша играет куда большее значение в зависимости от характера распространения самой реки и характера суши.

Среда распространения: в пункте «Кривизна Земли» уже упоминалось, что сигнал может распространяться дальше своей возможной видимости. На такое воздействие способна среда распространения: неоднородная смесь газов, называемая атмосферой. Именно благодаря своей

неоднородности она способна вызывать такой эффект, который получил название рефракция.

Рефракция – геодезическая, собирательный термин, которым иногда объединяют различные виды и проявления рефракции электромагнитных волн, обусловленные искривлением траектории распространения этих волн и сопутствующие всевозможным геодезическим измерениям^[10].

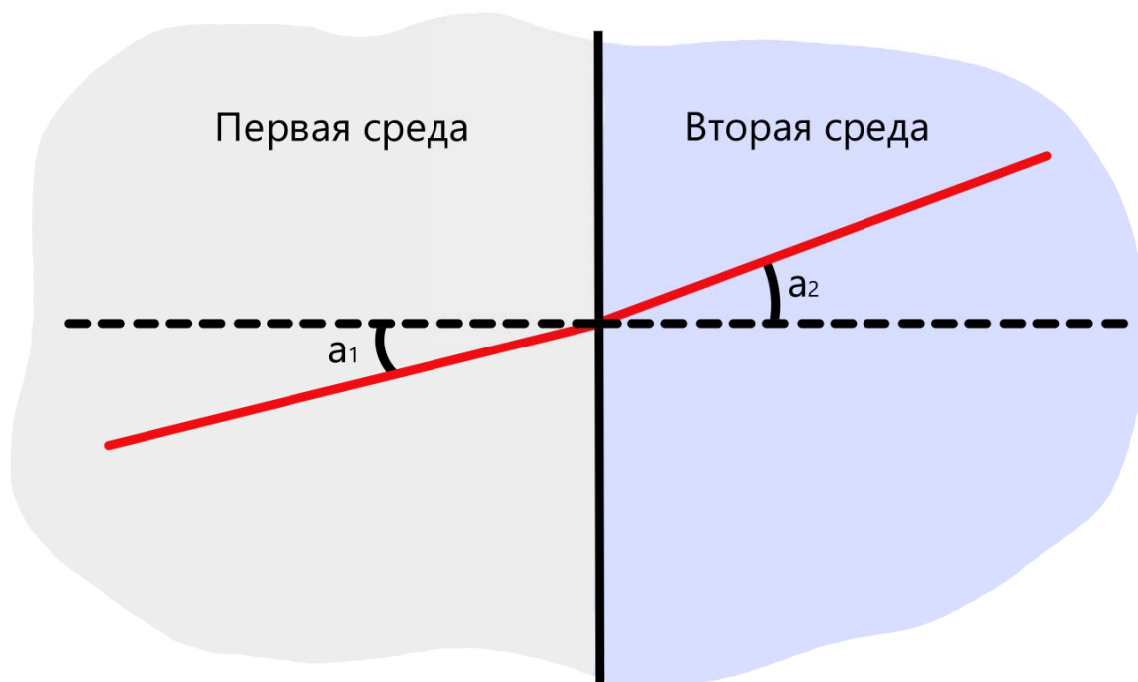


Рис 6. Пример рефракции.

Рефракция как эффект возникает во время перехода волны через среды с разными показателями диэлектрической проницаемости, из-за чего сама волна меняет своё направление движения.

При этом стоит заметить, что изменение траектории волны тем больше, чем больше отличаются друг от друга диэлектрические проницаемости.

Явление рефракции может как уменьшить дальность действия АИС, так и увеличить её на существенное значение.

Длина волны: при упоминании УКВ не имеется ввиду какая-то определённая длина волны. Ведь всё же, УКВ – это целый диапазон

радиоволн, ограниченных длиной от 10 до 0,1 метров. Как следствие, свойства волн разной длины могут различаться по тем же причинам, по которым различаются свойства разных частотных диапазонов. Как правило, чем выше длина волны, тем большее расстояние пройдёт сигнал. Так, при дифракции эффект тем сильнее, чем больше длина волны. Так как УКВ, следуя из своего названия, обладают невероятно малой длиной, то и любые эффекты, зависящие от длины волны, будут невероятно слабы при расчёте её распространения.

Мощность передатчика: Основным параметром, к которому предъявляются требования при проектировании антенн, является мощность сигнала, излучаемого в прямой эфир. От мощности передатчика зависит расстояние, на которое сможет распространиться волна, а также скорость передачи сигнала, обе характеристики которой увеличиваются с увеличением мощности сигнала.

Данный фактор имеет малое влияние на вычисления расстояния действия станций АИС, так как мощность передатчика для таких систем строго ограничена.

Чувствительность приемника: данный фактор является своеобразной противоположностью мощности передатчика. Если мощность – это «сила, с которой передатчик излучает», то чувствительность – это «сила, которая необходима для приёма сигнала».

Чувствительность приемника – это минимальный уровень входящего сигнала для обеспечения приёма данных с клиентского устройства, и влияющий на дальность связи и скорость приёма данных^[21].

Скорость движения передатчика: на качество связи между двумя устройствами влияет не только их позиционирование, но и скорость их движения относительно друг друга. Данный эффект назван эффектом Доплера.

Стоит сразу же отметить, что данный эффект оказывает минимальное влияние на распространение сигнала АИС систем и опасен только при неграмотном проектировании станций АИС. Приведён же он в данном разделе по тем причинам, что он всё же ещё может повлиять на возможность считывания сигнала, хоть и в **ОЧЕНЬ** редких случаях.

Эффект Доплера –это изменение частоты и длины волн, регистрируемых приёмником, вызванное движением их источника и/или движением приёмника^[14].Эффект назван в честь австрийского физика Кристиана Доплера.

Данный эффект вызван тем, что при движении источника/приёмника волн к или от приёмника/источника сигнала каждый последующий гребень волны, созданный источником, будет немного ближе или дальше от приёмника соответственно. Исходя из этого, каждый последующий гребень будет приходить чуть быстрее или медленнее, чем должен был бы без движения одного из объектов. Таким образом получается, что для приёмника волна имеет совершенно другую частоту, чем задумывалось изначально.

Также, для данного эффекта важна скорость обоих объектов относительно друг друга.Наилучшая ситуация происходит, когда обе станции являются базовыми и не двигаются с места относительно Земли.Хотя стоит понимать, что все объекты постоянно находятся в движении, в данном случае они двигаются со скоростью, равной вращению Земли в данной точке.Для наиболее дотошных вычислений можно даже учитывать, что скорость вращения Земли неравномерна на всём её протяжении и увеличивается по приближении к экватору, но данное действие считается излишним ввиду малых расстояний действия АИС.

Отражённые волны:одним из выделяющихся явлений, связанных с земной поверхностью и радиосвязью, можно полноправно считать отражённые волны.

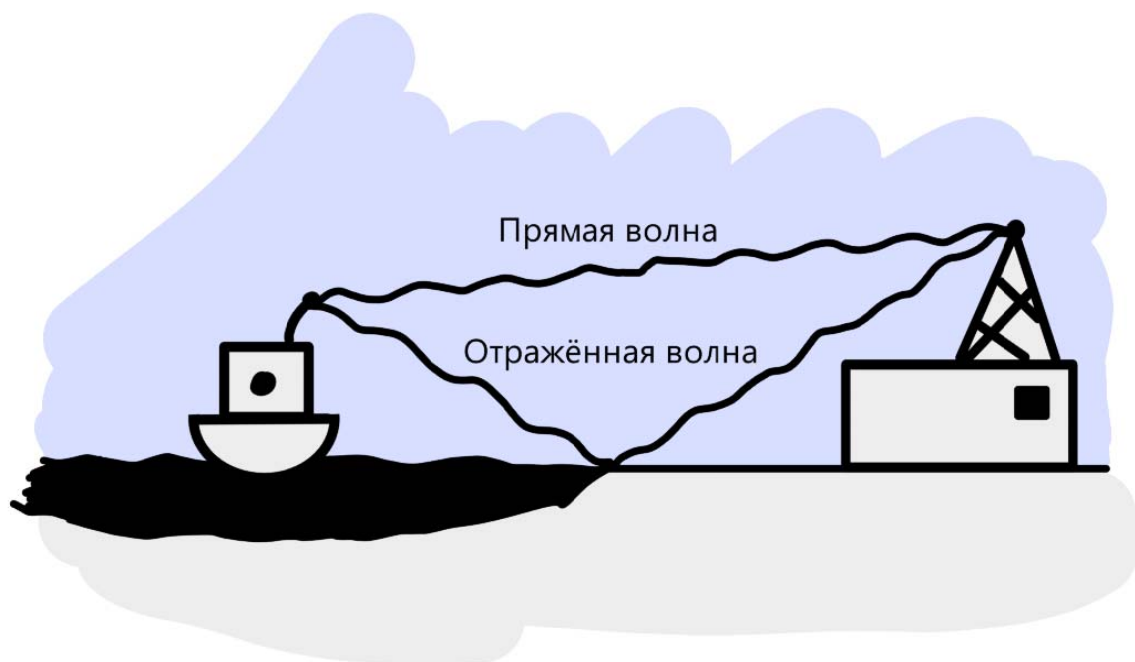


Рис 7. Отражённая и прямая волна.

В отличие от прямой (падающей) волны, что идёт прямо от источника сигнала к его приёмнику, обратная, или же отражённая, волна верная своему названию добирается до цели передачи отражаясь от поверхности местности. При этом данное явление сопровождается последующей интерференцией волн.

Интерференция – явление, возникающее при наложении двух или неск. волн и состоящее в устойчивом во времени их взаимном усилении в одних точках пространства и ослаблении в др. в зависимости от соотношения между фазами этих волн^[12].

При этом отражённая волна имеет сдвиг фазы на 180° , что могло бы плачевно сказаться на качестве сигнала, если бы обе волны проходили бы одинаковое расстояние, так как их векторная сумма бы в итоге равнялась бы нулю, что полностью бы нивелировало бы сигнал у приёмника.

В реальности же отражённая волна проходит большее расстояние, чем прямая волна. Из-за этого приобретает серьёзное значение расстояние,

которое прошли обе волны, ведь от этого будет зависеть разность фаз, от которой и будет зависеть эффект интерференции волн.

При этом, данный эффект тем сильнее, чем выше частота (или короче длина) волны. Учитывая, что УКВ одни из наиболее высокочастотных используемых волн, данный эффект имеет влияние и принимается во внимание при проектировании и использовании станций АИС. На более низких частотах данный эффект не имеет такого сильного влияния и может не учитываться.

Также стоит взять во внимание, что при отражении луча от любой поверхности не проходит безвозвратно, из-за чего сигнал постепенно слабеет с каждым отражением ввиду потерь энергии.

Следует отметить, что подобный эффект может происходить не только с поверхностью Земли, но и с любым объектом, которое может достаточно хорошо отразить сигнал. Характерным явлением для более длинных волн является отражение от ионосферы Земли, что позволяет им путешествовать на гораздо более далёкие расстояния, хотя УКВ сигнал почти не подвержен данному событию и не предсказуем.

Посторонние сигналы(помехи): в данную категорию можно включить как природные явления, излучающие сигнал в окружение, так и другие суда в данном районе плавания. Основным эффектом воздействия помех заключается в воздействии на приёмник радиосигнала, из-за чего он не может нормально считать и разобрать принимаемую радиоволну.

Все виды помех носят случайный характер. Исключения могут составить лишь помехи, специально созданные для подавления сигнала его источника.

Электромагнитные помехи – это непоражающие электромагнитные излучения, которые ухудшают качество функционирования

радиоэлектронных средств (РЭС), работающих на принципе приема, усиления и преобразования энергии электромагнитных волн^[17, 19].

Помехи можно разделить на два вида помех: естественные и искусственные.

К естественным помехам можно причислить:

Атмосферные помехи, характеризующиеся электромагнитной активностью атмосферы Земли. В данную категорию входят также погодные условия региона, такие как дождь, снег, наличие молний и грозы и т. д. Имеют очень слабое влияние на УКВ диапазон и в основном охватывают только более длинные волны.

Космические помехи, как и следует из названия, вызваны электромагнитными процессами на космических телах, таких как планеты, звёзды (в число которых также входит само Солнце нашей звездной системы, которое также излучает радиопомехи в сторону Земли, из-за чего дальность чёткого приёма сигнала может варьироваться от времени суток и времён года) и другие космические тела во вселенной.

Шумы, возникающие из-за теплового излучения Земли в УКВ диапазоне.

Искусственные помехи, возникающие в результате воздействия устройств, излучающих энергию электромагнитных колебаний, или отражателями, рассеивающими энергию падающих на них волн, подразделяются на:

Индустриальные (промышленные) помехи, возникающими в результате изменения тока в электрических цепях и установках.

Помехи, вызванные посторонними радиостанциями, излучающих свой сигнал на той же частоте, что и рассматриваемый источник сигнала. Учитывая рассмотренный режим работы АИС, важно не только наличие

посторонних сигналов от других станций на той же частоте, но и их излучение сигнала в то же самое время (или, если говорить применительно к АИС, в тот же временной промежуток или интервал). Подобные помехи всю используют при необходимости станции типа А занять ячейку станции типа В.

Внутренние шумы приёмника сигнала, обусловленные хаотическим движением носителей зарядов в усилительных приборах, сопротивлениях, колебательных контурах и других составляющих аппаратуры приёмной системы. Этот вид помех особенно сказывается в диапазоне ультракоротких волн.

2.3. Способы расчёта расстояний действия АИС.

Как уже упоминалось выше, в реальности на распространение сигнала влияет множество факторов, воздействующих на него и даже меняющих курс самой волны. Можно сказать, что существует бесконечное число вероятностей, как и где в конечном итоге сигнал закончит своё путешествие.

Но это серьёзная проблема, если задумываться об расчёте этого самого пути перемещения. Невозможно рассчитать то, что невозможно предугадать заранее. Именно поэтому людям пришлось разработать ряд методик и практик, помогающим им наиболее точно определить расстояние, на которое будет передавать информация.

Самый распространённый способ упростить вычисление – это убрать составляющие этого самого вычисления. Такое может произойти в случае, когда влияние фактора слишком мало для того, чтобы считаться важным для расчётов. И это касается не только силы воздействия. Даже если сигнал излучателя полностью подавляется данным фактором, но лишь на короткий промежуток времени (как один день раз в год промежуток) то его тоже могут не учитывать при расчёте дальности действия.

Не трудно понять, что для наиболее точных расчётов приходится полагаться на изучение местности и периодических явлений, происходящих на ней, будь то природные или искусственные, как периодическое возрастание трафика речного канала. Такая методика применяется при разработке базовой станции АИС, когда происходит постоянный мониторинг лишь одной заранее известной области.

Но всё же не стоит забывать, что сколько бы ни было убрано переменных, если теоретическое расстояние находится не практическим методом, то любые полученные числа используются в вычислительной формуле, которая и выводит необходимый результат (в данном случае максимальное расстояние, на которое может передать информацию станция АИС).

В начале второй главы уже была приведена базовая формула, позволяющая максимально просто вычислить максимальное расстояние, которое сможет пройти сигнал от передатчика к приёмнику сигнала. Её более «точная» версия может быть получена путём учёта эффекта рефракции в атмосфере. Данная формула представлена в следующем виде:

$$R = \sqrt{2R_3}(\sqrt{H} + \sqrt{h}), \quad (2)$$

Где при помощи метода эквивалентного радиуса Земли получили уравнение прямолинейного распространения радиолуча около сферы:

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_3} + \frac{dn}{dh} 10^{-6}, \quad (3)$$

Которое легко преобразуется в

$$R_3 = 1 / \left(\frac{1}{R_3} + \frac{dn}{dh} 10^{-6} \right) \quad (4)$$

В данных уравнениях: R – расстояние между приёмником и передатчиком, $R_э$ – эквивалентный радиус Земли, $R_з$ – радиус Земли, $\frac{dn}{dh}$ – постоянный градиент коэффициента преломления в тропосфере.

Ещё одной формулой, которой можно воспользоваться для подобных вычислений, является формула передачи Фрииса, датско-американского радиоинженера.

Упрощённая её версия, определяющая, при идеальных условиях, мощность принимающей антенны (без учёта потерь) при знании мощности передающей антенны, расстояния между двумя данными антеннами и длины волны, представлена в виде данной формулы^[20]:

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2, \quad (5)$$

Где G_t и G_r – коэффициенты усиления передающей и приёмной антенны соответственно, P_t – мощность передающей антенны без учёта потерь, P_r – мощность принимающей антенны без учёта потерь, R – расстояние между антеннами, λ – длина волны, соответствующая частоте передачи.

Зная необходимые характеристики принимаемой волны, можно переставить слагаемые этой формулы и получить в качестве искомого расстояние между антеннами:

$$R = \sqrt{G_t G_r \frac{P_t}{P_r} \frac{\lambda^2}{16\pi^2}} \quad (6)$$

Проблема с данным методом заключается в полном игнорировании не идеальных условий (полное отсутствие препятствий, эффектов рефракции и дифракции, несколько возможных траекторий передачи т. д.). Также предполагается, что антенны со направлены по поляризации. Следует отметить, что данную формулу необходимо использовать только в тех случаях, когда известны мощности антенн. Вызвано это тем, что данная

формула подходит только для условий, когда ни одна из передающих станций не является подвижной и находится лишь на одном месте. Данная формула может использоваться, например, для расчёта позиционирования стационарной станции АИС и её ретрансляторов.

Ещё один способ расчёта максимального расстояния действия станции АИС является формула Введенского:

$$E_{\text{пр}} = \frac{4\pi\sqrt{60P_{\text{изл}}G}}{\lambda r^2} h_1 h_2, \quad (7)$$

В данной формуле использовались: $E_{\text{пр}}$ – амплитуда напряжённости поля в точке приёма, $P_{\text{изл}}$ – мощность излучения радиопередающего устройства, G – коэффициент усиления передающей антенны, λ – длина волны, r – расстояние между двумя антеннами, h_1, h_2 – высота передающей и приёмной антенны соответственно.

Стоит пояснить, что антенны передают свой сигнал при помощи генерации электромагнитных волн. Эти волны, в свою очередь – это электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью. Логичный вывод, идущий из данного определения, заключается в том, что УКВ сигнал, приходящий к принимающей антенне, будет изменять вокруг неё электромагнитное поле.

В свою очередь, зная необходимый показатель амплитуды напряжённости поля в точке приёма, можно изменить данную формулу к подобному виду:

$$r = \sqrt{\frac{4\pi h_1 h_2 \sqrt{60P_{\text{изл}}G}}{\lambda E_{\text{пр}}}} \quad (8)$$

Другой способ, которым можно вычислить расстояние действия передатчика АИС, является использование формулы вероятности ошибки поэлементного некогерентного приёма в канале с постоянными параметрами,

представленная в книге «помехоустойчивость и функциональная устойчивость автоматизированных идентификационных систем мониторинга и управления на речном транспорте». Данная формула имеет вид:

$$P_{err}(R) = \frac{1}{2} \int_{G(\mu)} \int_{G(R)} \int_{G(H)} \exp\left(-\frac{\chi}{R^4} 10^{0.1F(\gamma)\frac{H}{b}}\right) W(\mu)W(R)W(H)dHdRd\mu, (9)$$

Где:

$P_{err}(R)$ – вероятность возникновения ошибки;

$W(\mu)$ – плотность вероятности, описывающая канал связи, по которому передаётся УКВ сигнал;

$W(R)$ – плотность вероятности перемещения транспондера судна относительно базовой станции;

$W(H)$ – плотность вероятности для высот рельефа, в который теоретически может войти сигнал;

$G(\mu), G(R), G(H)$ – области, определяемые амплитудным коэффициентом μ , расстоянием R и высотой H соответственно;

$$b = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda R/3} \quad (10)$$

H – высота заграждающего рельефа;

R – расстояние между двумя станциями АИС;

b – радиус первой зоны Френеля (зона, представляющая из себя чередующиеся в пространстве максимумы и минимумы радиосигнала в точке его приема, которые возникают из-за интерференции радиосигнала);

Через $F(\gamma)$ учитывается форма экранирующего препятствия и в данном случае определяется модулем ослабления сигнала;

χ – энергетический параметр радиолинии, в свою очередь зависящий от мощности передатчика, чувствительности приемника, высот подъема судовой и береговой антенн и от высоты заграждающего рельефа, представлен следующей формулой:

$$\chi = \frac{\mu P_u G_1 \eta_1 G_2 \eta_2 \lambda^2 (h_1^2 + h_0^2)(h_2^2 + h_0^2)}{2 P_{sens} 10^{-12}}, \quad (11)$$

Где P_{sens} – минимально допустимая мощность сигнала на входе приёмника; h_1 и h_2 – высоты подъема судовой и береговой антенны соответственно; G_1 – коэффициент усиления антенны передатчика базовой станции; G_2 – коэффициент усиления антенны передатчика транспондера; η_1 – КПД фидера (устройство, предназначенное для передачи электромагнитных волн от радиопередатчика к антенне или от антенны к радиоприёмнику), соединяющего передатчика и антенну базовой станции; η_2 – КПД фидера, соединяющего передатчик и антенну транспондера;

Используя графоаналитический метод для этой формулы вместе с заранее выбранной допустимой вероятностью ошибки можно найти оптимальный радиус действия базовой станции АИС.

Используемые же стохастические модели информационных каналов, основанные на вероятностной природе своих явлений, являются следствием последних 15-20 лет развития вычислений подобных задач. Они представляют собой три основные группы факторов, влияющих на вероятность передачи данных:

- 1) Распространение УКВ радиоволн с учетом параметров приемопередающих трактов аппаратуры;
- 2) Изменение заграждающего рельефа между береговой (базовой) станцией и судовым приемником (приемоиндикатором);

3) Процесс перемещения судового приемника (приемоиндикатора) относительно береговой (базовой) станции.

Основные методы, используемые для учёта данных факторов, приведены в таблице 3 ниже.

Таблица 4 – Основные модели.

Фактор/Модель	Канал связи «Базовая станция-судовая АИС»	Заграждающий рельеф	Перемещение транспондера относительно базовой станции
1	Четырехпараметрическая модель	Модель равномерного заграждающего рельефа	Модель закона Релея
2	Трехпараметрическая модель Бекмана	Модель показательного закона	Модель равномерного закона
3	Двухпараметрическая модель Райса	Модель нормального закона	Модель закона Максвелла
4	Однопараметрическая модель Релея		
5	Модель канала с постоянными параметрами		

Далее будут перечислены все приведённые в таблице модели, начиная с каналов связи «базовая станция-судовая АИС»:

Канал связи «Базовая станция-судовая АИС»: представляет из себя вероятность наступления события, при котором сигнал достигнет приёмника, не потеряв во время пути слишком много энергии. В общем, должно выполняться три события: приёмник и передатчик находятся на достаточно близком расстоянии для возможности приёма сигнала; случайный рельеф между корреспондентами не перекрывает 1-й зоны Френеля; Уровень сигнала, проходящий на антенну, не должен быть ниже чувствительности принимающего устройства.

Четырёхпараметрическая модель: в самом общем случае амплитудный коэффициент передачи μ может быть описан четырёхпараметрической одномерной плотностью вероятности в виде:

$$W(\mu) = \frac{\mu}{\sigma_x \sigma_y} \exp \frac{-m_y^2 + \mu^2}{2\sigma_y} - \frac{m_x^2}{2\sigma_x^2} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{H_{2k}(\alpha)}{(2k)!! 2^k} \mu^k \left(\frac{\sigma_y}{m_y}\right)^k \left(\frac{1}{\sigma_x^2} - \frac{1}{\sigma_y^2}\right)^k I_k\left(\frac{\mu m_y}{\sigma_y^2}\right), \quad (12)$$

Где $m_x, m_y, \sigma_x, \sigma_y$ – это параметры распределения, причем m_x, m_y – математическое ожидание ортогональных компонент передаточной функции радиоканала;

$$\alpha = m_x / \left(\sqrt{2\sigma_y^2} \sqrt{\frac{1}{\sigma_x^2} - \frac{1}{\sigma_y^2}} \right), \quad (13)$$

σ_x^2, σ_y^2 – дисперсии ортогональных компонентов, при этом $\sigma_x^2 \leq \sigma_y^2$, $\sigma_x^2 / \sigma_y^2 < 1$, $I_k\left(\frac{\mu m_y}{\sigma_y^2}\right)$ – модифицированная функция Бесселя первого рода k -го порядка, $H_{2k}(\alpha)$ – полином Эрмита порядка $2k$.

В свою очередь, остальные описываемые модели в этом разделеполучаются путём упрощения данного уравнения, убирая определённые переменные из уравнения.

Трёхпараметрическая модель Бекмана: если в четырёхпараметрической модели переменные m_y и μ_p равны 0 и модулю m_x соответственно, при этом сам m_x не равен 0, то данное выражение преобразуется в трёхпараметрическое распределение Бекмана:

$$W(\mu) = \frac{\mu}{\sigma_x \sigma_y} \exp\left(\frac{\mu^2 + \mu_p^2}{2\sigma_x^2}\right) \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(2k-1)!! (\sigma_y^2 - \sigma_x^2)}{k! 2^k \sigma_y^{2k} \mu_p^k} I_k\left(\frac{\mu \mu_p}{\sigma_x^2}\right), \quad (14)$$

Двухпараметрическая модель Райса: данная модель вступает в силу, когда составляющие σ_y^2 и σ_x^2 равны друг другу ($\sigma_y^2 = \sigma_x^2 = \sigma^2$). В таком случае получается:

$$W(\mu) = \frac{\mu}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{\mu^2 + \mu_p^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{\mu \mu_p}{\sigma^2}\right), \quad (15)$$

Где $\mu \geq 0$.

Однопараметрическая модель Релея: в свою очередь, при отсутствии регулярной составляющей сигнала (или же, иначе выражаясь, $\mu_p = 0$) имеет место подобная формула:

$$W(\mu) = \frac{\mu}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{\mu^2}{2\sigma^2}\right), \quad (16)$$

При всё тех же $\mu \geq 0$.

Модель канала с постоянными параметрами: в том случае, когда при отсутствии случайных изменений квадратурных компонентов сигнала $\mu = \mu_p$, $W(\mu)$ становится дельта-функцией.

Заграждающий рельеф: описывает вероятность попадания сигнала на антенну приёмника рельефом местности. Стоит отметить, что в данном случае рассматривается только рельеф местности ввиду спорадического характера возможных препятствий на пути сигнала.

Модель равномерного заграждающего рельефа: наиболее простая среди моделей заграждающего рельефа формула, предназначенная для равномерной местности, представляет из себя следующее:

$$W(H) = \frac{1}{H_{max} - H_{min}}, \quad (17)$$

Где H_{max} – максимальная высота заграждающего рельефа, а H_{min} – минимальная высота заграждающего рельефа, $H_{min} \leq H \leq H_{max}$.

Модель показательного закона:

$$W(H) = \alpha * \exp(-\alpha H), \quad (18)$$

Где α – это параметр распределения высот, который обычно равен 0,01-0,1, а $H \geq 0$.

Исходя из второго источника из соответствующего списка данный закон характерен для районов Прибалтики Северо-Западной части России, в том числе Волго-Балтийского водного пути, для ряда районов юга России, в том числе Волго-Донского судоходного канала^[2].

Модель нормального закона:

$$W(H) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_H}} \exp\left(-\frac{(H - m_H)^2}{2\sigma_H^2}\right), \quad (19)$$

Где m_H и σ_H^2 – среднее значение и дисперсия рельефа трассы между антеннами соответственно. Стоит также отметить, что, ввиду нескольких различных причин, необходима также приниматься во внимание площади заграждающего рельефа, для которых определяют законы распределения высот, ввиду их достаточно заметного влияния на данные характеристики (m_H и σ_H^2) даже при малых изменениях^[22].

Перемещение судового транспондера относительно базовой станции: как уже было указано во втором параграфе данной главы, одно из наиболее

важных влияний на верность передачи данных является перемещение передатчика относительно приёмника:

Модель закона Релея:

$$W(R) = \frac{R}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right), \quad (20)$$

Где $R \geq 0$,

$$\sigma^2 = \frac{2}{\pi} R_{\text{ср}}^2, \quad (21)$$

Где $R_{\text{ср}}$ - среднее значение расстояния R .

Модель равномерного закона: в теории вероятности представляет собой совокупность определённых значений, о которых заранее известно, что случайная величина может принимать вид одного из них с одинаковой вероятностью. В виде формулы для данных нужд модель представлена в следующем виде:

$$W(R) = \frac{1}{R_{\text{max}} - R_{\text{min}}}, \quad (22)$$

Где R_{max} и R_{min} – максимальное и минимальное возможное удаление передатчика соответственно, при этом $R_{\text{min}} \leq H \leq R_{\text{max}}$.

Модель закона Максвелла: описание перемещения судового транспондера с помощью данной модели может быть представлено как формула в следующем виде:

$$W(R) = \sqrt{\frac{2R^2}{\pi\sigma^3}} \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^3}\right), \quad (23)$$

Где $R \geq 0$ и

$$\sigma^2 = \frac{\pi}{8} R_{\text{ср}}^2, \quad (24)$$

Где, в свою очередь, $R_{\text{ср}}$ – это среднее значение R .

В свою очередь, для наиболее точного расчёта расстояний не стоит полагаться лишь на одну формулу или модель исследования, если это возможно. Наиболее безопасным решением будет рассчитать данные по нескольким математическим моделям, что в теории позволит получить более точные результаты, хотя стоит также понимать, что каждая из них создана преимущественно для своих условий и может показывать худшие результаты, что также может испортить точность вычислений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе, исходя из поставленных задач, были выполнены следующие шаги:

Исследованы сами АИС, а также для чего они используются, как они устроены и какова у них была история. Изучены их основные преимущества и недостатки, общий принцип работы, функции, их классификация, основные виды передаваемой и получаемой информации (среди которых были выделены: статическая, динамическая, рейсовая, а также короткие и нерегулярные сообщения), способ составления информационного сообщения и способы передачи данной информации по каналам связи и во времени.

Проанализированы основные факторы, влияющие на распространение УКВ сигнала. Среди таковых были представлены следующие виды: кривизна Земли, возможные препятствия и эффект дифракции, среда распространения с эффектом рефракции, длина волны, мощность передатчика и чувствительность приемника, движение передатчика относительно приёмника сигнала ввиду эффекта Доплера, отражённые волны и интерференция, а также влияние помех.

Изучены возможные варианты теоретического расчёта максимального расстояния, которое может пройти сигнал до его полного затухания или встречи с приёмником или препятствием. При этом некоторые изученные формулы могут применяться лишь для базовых станций АИС, в то время как другие могут быть применены для расчёта с участием подвижного передатчика, расположенного на корпусе судна. Были рассмотрены такие способы, как: уравнение прямолинейного распространения радиолуча около сферы, использование формулы Фрисса, формулы Введенского, а также формулы вероятности ошибки поэлементного некогерентного приёма в

канале с постоянными параметрами, используя различные модели расчёта для учёта трёх основных своих характеристик.

Все задачи, поставленные в данной работе, были выполнены в полном объёме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кошевой В.М., Шишкин А.В., Купровский В.И. Система и устройства автоматической идентификации судов: Учебное пособие. – Одесса: ОНМА, 2005. - с.
2. Сикарев И. А. Помехоустойчивость и функциональная устойчивость автоматизированных идентификационных систем мониторинга и управления на речном транспорте. - СПб.: СПГУВК, 2010 – с.
3. Государственный Морской Университет им. Адмирала Ф. Ф. Ушакова: Автоматическая идентификационная система [Электронный ресурс] // Файловый архив для студентов. StudFiles URL: <https://studfile.net/> (дата обращения 03.02.2023).
4. RESOLUTION MSC.74(69) [Электронный ресурс] // URL: [https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1683032808&tld=ru&lang=en&name=Resolution%20MSC.74\(69\).pdf&text=4.%20РЕЗОЛЮЦИЯ%20ИМО%20MSC.74\(69\)&url=https%3A%2F%2Fwwwcdn.imo.org%2Flocalresources%2Fen%2FOurWork%2FSafety%2FDocuments%2FAIS%2FResolution%2520MSC.74\(69\).pdf&lr=119804&mime=pdf&l10n=ru&sign=6d39e851332dc5625826dd25ea9def73&keyno=0&nosw=1&serpParams=tm%3D1683032808%26tld%3Dru%26lang%3Den%26name%3DResolution%2520MSC.74\(69\).pdf%26text%3D4.%2B%25D0%25A0%25D0%2595%25D0%2597%25D0%259E%25D0%259B%25D0%25AE%25D0%25A6%25D0%2598%25D0%25AF%2B%25D0%2598%25D0%259C%25D0%259E%2BMSC.74%252869%2529%26url%3Dhttps%253A%2F%2Fwwwcdn.imo.org%2Flocalresources%2Fen%2FOurWork%2FSafety%2FDocuments%2FAIS%2FResolution%252520MSC.74%252869%2529.pdf%26lr%3D119804%26mime%3Dpdf%26l10n%3Dru%26sign%3D6d39e851332dc5625826dd25ea9def73%26keyno%3D0%26nosw%3D1](https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1683032808&tld=ru&lang=en&name=Resolution%20MSC.74(69).pdf&text=4.%20РЕЗОЛЮЦИЯ%20ИМО%20MSC.74(69)&url=https%3A%2F%2Fwwwcdn.imo.org%2Flocalresources%2Fen%2FOurWork%2FSafety%2FDocuments%2FAIS%2FResolution%2520MSC.74(69).pdf&lr=119804&mime=pdf&l10n=ru&sign=6d39e851332dc5625826dd25ea9def73&keyno=0&nosw=1&serpParams=tm%3D1683032808%26tld%3Dru%26lang%3Den%26name%3DResolution%2520MSC.74(69).pdf%26text%3D4.%2B%25D0%25A0%25D0%2595%25D0%2597%25D0%259E%25D0%259B%25D0%25AE%25D0%25A6%25D0%2598%25D0%25AF%2B%25D0%2598%25D0%259C%25D0%259E%2BMSC.74%252869%2529%26url%3Dhttps%253A%2F%2Fwwwcdn.imo.org%2Flocalresources%2Fen%2FOurWork%2FSafety%2FDocuments%2FAIS%2FResolution%252520MSC.74%252869%2529.pdf%26lr%3D119804%26mime%3Dpdf%26l10n%3Dru%26sign%3D6d39e851332dc5625826dd25ea9def73%26keyno%3D0%26nosw%3D1) (дата обращения 15.03.2023).

5. Чем отличается АИС класса А от АИС класса Б [Электронный ресурс] // Интернет-магазин Маринэк URL: <https://seacomm.ru/> (дата обращения 17.02.2023).
6. Transmission types [Электронный ресурс] // All About AIS – Everything you need to know about AIS URL: <http://www.allaboutais.com/index.php/en/> (дата обращения 17.02.2023).
7. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л. Поддержка решений по расхождению с судами: Фенікс, 2010. – 229 с.
8. АИС-транспондер [Электронный ресурс] // Интернет-магазин Маринэк URL: <https://seacomm.ru/> (дата обращения 15.02.2023).
9. Математическое и информационное обеспечение спутниковых систем связи и радионавигации для мониторинга и управления судоходством на внутренних водных путях [Электронный ресурс] // Платформа материалов Pandia.ru. Авторские, энциклопедические, справочные материалы. Блоги. URL: <https://pandia.ru/> (дата обращения 21.03.2023).
10. Применение на судовых станциях автоматических идентификационных систем [Электронный ресурс] // Studbooks – Студенческая библиотека URL: <https://studbooks.net/> (дата обращения 10.02.2023).
11. Трактат о радиотрактах или некоторые маркетинговые заблуждения о радиосвязи [Электронный ресурс] // Хабр URL: <https://habr.com/ru/all/> (дата обращения 15.04.2023).
12. Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс] // Академик – словари и энциклопедии URL: <https://dic.academic.ru/> (дата обращения 06.05.2023).
13. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОСВЯЗИ И WI-FI ОБОРУДОВАНИИ [Электронный ресурс] // Бевард – системы видеонаблюдения URL: <https://www.beward.ru/> (дата обращения 22.04.2023).

14. Тульский Государственный Университет. Конспекты по физике [Электронный ресурс] // Файловый архив для студентов. StudFilesURL: <https://studfile.net/> (дата обращения 28.04.2023).
15. Факторы, влияющие на распространение сигналов УКВ-диапазона [Электронный ресурс] // Studbooks – Студенческая библиотека URL: <https://studbooks.net/> (дата обращения 22.04.2023).
16. Долуханов М. П. Д 64 Распространение радиоволн. Учебник для вузов. М., «Связь», 1972. 336 с.
17. Виды помех радиосвязи, основные мероприятия по защите радиосвязи от радиопомех. [Электронный ресурс] // КиберПедияURL: <https://cyberpedia.su/> (дата обращения 23.04.2023).
18. В. М. Журавлёв. Топологическая структура зон действия систем транкинговой радиосвязи на внутренних водных путях / Журнал университета водных коммуникаций.
19. Приемники систем фиксированной и мобильной связи [Электронный ресурс] // studref – Студенческие реферативные статьи и материалы URL: <https://studref.com/> (дата обращения 24.04.2023).
20. Агатаева Б.Б., Артюхин В.В. МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ [Электронный ресурс] // АУЭС – Алматинский Университет Энергетики и Связи URL: <https://libr.aues.kz/> (дата обращения 05.05.2023).
21. Мощность сигнала и радиус работы [Электронный ресурс] // UrouterURL: <https://urouter.ru/> (дата обращения 01.05.2023).
22. С. В. Рудых, Т. А. Волкова, А. М. Тихоненко. Математическая модель цифровых информационных каналов речных автоматизированных информационных систем при воздействии взаимных помех / Журнал университета водных коммуникаций.

23. Бураченко Д. Л, Савищенко Н. В. Сигнальные конструкции. Приложения. Часть 3: Учебное пособие / СПбГУТ, СПб, 2005.
24. А. В. Микушин, Выходная мощность сигнала передатчика [Электронный ресурс] // digteh – Цифровая техника в радиосвязи URL: <https://digteh.ru/> (дата обращения: 05.05.2023).
25. Теория радиоволн: ликбез [Электронный ресурс] // Хабр URL: <https://habr.com/ru/all/> (дата обращения 10.05.2023).

РЕФЕРАТ

Дипломная работа состоит из 55 с., 2 разделов, 7 рисунков, 4 таблиц, список использованной литературы включает 25 источников.

АИС, УКВ, РАССТОЯНИЕ, ФАКТОР, МЕТОД, РАСЧЁТ, МОДЕЛЬ.

Объект исследования: автоматические идентификационные системы.

Предмет исследования: автоматические идентификационные системы и расчёт дальности действия базовых станций АИС.

Цель работы: изучение способов расчёта расстояния передачи сигнала между станциями АИС.

Задачи работы:

- 1) Рассмотрение и изучение АИС и их особенностей, характеристик, требований и разновидностей;
- 2) Изучение распространения волн, используемых в данных системах по закону Российской Федерации и компонентов, используемые для создания и принятия этих сигналов;
- 3) Рассмотрение распространённых способов вычисления расстояния распространения воздействия базовых станций АИС;

В работе собраны различные методы расчёта и основные факторы, которые могут повлиять на дальность действия и связи систем АИС.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Информационных технологий и систем безопасности

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой

_____ Бурлов В.Г.

«__» _____ 202__ года

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

студенту _____ Обухову Евгению Дмитриевичу _____
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема Автоматические идентификационные системы для безопасного расхождения судов _____

закреплена приказом ректора Университета от «__» _____ 20__ года, № _____.

2. Срок сдачи законченной работы «__» _____ 20__ года.

3. Исходные данные к работе:

4. Основные вопросы, подлежащие разработке (краткое содержание ВКР):

- Введение. Актуальность темы.
- Раздел 1: Обзор основных сведений об АИС.
- 1.1. Изучение основ АИС.
- 1.2. Исследование истории АИС.
- 1.3. Рассмотрение основных принципов работы АИС.
- 1.4. Рассмотрение информации, передаваемой при помощи АИС.
- 1.5. Рассмотрение передачи информации и используемых частот АИС.
- Раздел 2. Расчёт дальности действия АИС.
- 2.1. Рассмотрение основ расчёта дальности действия АИС.
- 2.2. Анализ факторов, воздействующих на распространение радиосигнала в открытой среде.
- 2.3. Перечисление методов теоретического расчёта дальности действия станций АИС.

5. Перечень материалов, представляемых к защите:

- Пояснительная записка;
- Отзыв руководителя;
- Заключение о проверке работы в системе «Антиплагиат ВУЗ»;
- Иллюстративный материал (слайды);
- Рецензия.

6. Дата выдачи задания: «__» _____ 20__ года

Руководитель выпускной квалификационной работы
профессор, д-р техн. наук, профессор Сикарев Игорь
Александрович

(должность, ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество)

(подпись)

Задание принял к исполнению «__» _____ 20__ года

Студент Обухов Евгений Дмитриевич КВ-Б19-2

(фамилия, имя, отчество, учебная группа)

(подпись)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Информационных технологий и систем безопасности

Отзыв на выпускную квалификационную работу

Вид работы: _____ бакалаврская работа _____

Тема: Автоматические идентификационные системы для безопасного
расхождения судов

Студент: Обухов Евгений Дмитриевич, четвёртый курс, КВ-Б19-2

(ФИО, курс, № учебной группы)

Руководитель ВКР: доктор технических наук, профессор, профессор Сикарев
Игорь Александрович

В представленной выпускной квалификационной работе собраны материалы, представляющие ценность как для использования в работах по расчёту теоретического местоположения базовых станций автоматических идентификационных систем, расчёта дальности действия при проектировании данных систем, так и для академических и ознакомительных целей.

В ходе написания выпускной квалификационной работы:

- изучены основные сведения по автоматическим идентификационным системам, в том числе их устройство и способ работы.
- собраны сведения об различных факторах, влияющих на распространение УКВ сигнала;
- рассмотрены различные способы расчёта расстояния действия автоматических идентификационных систем.

В ходе выполнения работы студент проявил самостоятельность, показал хорошие теоретические знания, способность и умение проводить исследования, анализировать и обобщать научные материалы. Работа имеет практическую ценность и может быть рекомендована к применению в учебном процессе.

Работа написана логически, последовательно, чётко и ясно, соответствует заданной теме, выполнена грамотно, согласно методическим указаниям. Тема раскрыта достаточно полно. Список литературы содержит

достаточное количество источников и оформлен в соответствии с требованиями.

Среди недостатков можно выделить избыток теоретической информации в первой главе, большинство источников ссылаются на интернет-ресурсы. Указанные недостатки не являются существенными и не влияют на положительную оценку работы в целом.

Выводы:

Текст выпускной квалификационной работы может быть опубликован в ЭБС в полном объеме.

Выпускная квалификационная работа соответствует требованиям ФГОС ВО, заслуживает оценки «Отлично» и рекомендуется к защите на заседании Государственной аттестационной комиссии.

Студент Обухов Евгений Дмитриевич _____ достоин
(ФИО)
присвоения квалификации бакалавра по направлению подготовки
Корабельное вооружение _____.

Руководитель ВКР _____
(подпись) (расшифровка Ф.И.О.)

«__» _____ 20__ г.

С отзывом ознакомлен _____
(подпись студента)

«__» _____ 20__ г.

Рецензия

На выпускную квалификационную работу Обухова Евгения Дмитриевича,
обучающегося по специальности 17.03.01 на кафедре
«Информационные технологии и системы безопасности»

По теме «Автоматические идентификационные системы для безопасного
расхождения судов»

В работе автора проводится исследование теоретических вычислений дальности действия автоматических идентификационных систем (далее – АИС).

Актуальность представленной выпускной квалификационной работы заключается в том, что в ней собрана информация о расчётах дальности действия станций АИС при передаче информации между собой. Указанная информация может использоваться при расчёте необходимых данных для проектирования и использования станций АИС.

Данная работа в первой части исследует АИС как таковые, в то время как во второй части проводится исследование различных переменных, способных повлиять на дальность действия УКВ сигнала между АИС и предоставляет читателю несколько теоретических способов расчёта максимальной дальности связи.

Оценивая работу в целом, можно выделить способность автора к поиску и систематизации информации, а также грамотному написанию работы. Дипломная работа логически целостна, содержания работы соответствует проблематике.

В целом, данная работа отвечает всем поставленным требованиям и рекомендуется к защите на оценку «Отлично».

Рецензент: _____

«__» _____ 20__ г.

Подпись _____