РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
2021, том 8, выпуск 4, с. 36–46

КОСМИЧЕСКИЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ. РАДИОЛОКАЦИЯ И РАДИОНАВИГАЦИЯ

УДК 629.783 DOI 10.30894/issn2409-0239.2021.8.4.36.46

Перспективы использования спутниковой аппаратуры для обмена информацией с морскими судами в ОВЧ-диапазоне с использованием сообщений AIS, ASM, VDE

С. В. Трусов, *к. т. н., sv_trusov@spacecorp.ru*
АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация
О. И. Барабошкин, *oi_baraboshkin@spacecorp.ru*
АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация
С. А. Бобровский, *sa_bobrovskiy@spacecorp.ru*
АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

Аннотация. Возможность передачи в сообщениях системы АИС не связанной с навигацией информации привела сначала к перегрузке каналов, а затем к модернизации системы АИС до полноценной системы обмена данными, с каналом сигнализации и каналом данных и предусматривающей как наземный, так и спутниковый сегменты.

Рассмотрены характеристики развивающейся в настоящее время автоматической системы обмена данными (АСОД) в морском ОВЧ-диапазоне длин волн. Проведена оценка требований к спутниковой аппаратуре для реализации необходимого функционала. Проведенный анализ планируемых морских услуг и востребованности спутникового канала для каждой из них показал актуальность размещения приемопередатчиков системы на космических аппаратах. Развитие спутникового сегмента АСОД имеет репутационные перспективы для государства, а также большой потенциал для рыбопромыслового флота, поскольку в рамках одной системы может производиться и мониторинг местоположения судна, и передача электронных промысловых журналов, и получение данных от береговых служб.

Ключевые слова: АИС, АСОД, VDES, е-Навигация

Application Prospects of Satellite Equipment to Exchange Information with Marine Vessels in the VHF Band Using AIS, ASM, and VDE Messages

S. V. Trusov, *Cand. Sci. (Engineering), sv_trusov@spacecorp.ru*
Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation
O. I. Baraboshkin, *oi_baraboshkin@spacecorp.ru*
Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation
S. A. Bobrovskiy, *sa_bobrovskiy@spacecorp.ru*
Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation

Abstract. The possibility of transmitting non-navigation information in AIS messages led first to channel congestion and then to upgrading of the AIS to a complete data exchange system with a signaling and data channels, that includes ground and satellite segments.

The characteristics of currently developing VHF Data Exchange System (VDES) are reviewed. The satellite equipment requirements to implement the necessary functionality are assessed. The analysis of the planned marine services and satellite channel demands for each of them showed the relevance of placing the system transceivers on satellite. The development of the satellite segment of the VDES has reputational prospects for the state as well as great potential for the fishing fleet since both vessel location monitoring, electronic fishing logs transmission, and receiving of data from the coastal services can be carried out within one system.

Keywords: AIS, VDES, e-Navigation

Введение

Возрастающая информационная загруженность каналов автоматической информационной системы (АИС), а также востребованность передачи все большего количества информации по каналам судно–берег и берег–судно привели к необходимости модернизации АИС в части используемых частот и протоколов передачи данных. Для гармонизации информационного обмена связанного с безопасностью судоходства и распространения навигационной информации в последние годы Международная морская организация (ИМО) и Международная ассоциация маячных служб (МАМС) начинают внедрять Концепцию е-Навигации, одним из компонентов которой является автоматическая система обмена данными (АСОД/VDES), использующая диапазон частот морской подвижной службы (156–162 МГц). Наряду с наземным сегментом, в системе АСОД/VDES предусмотрен низкоорбитальный спутниковый сегмент. Помимо сохранения каналов с сообщениями АИС, АСОД/VDES предусматривает организацию отдельных каналов для сообщений специальных применений (ASM), а также отдельных каналов для обмена различной вспомогательной информацией (карты ледовой обстановки, карты портов, текстовые сообщения и т. д.) между судами, берегом и спутниками. В соответствии с выпущенными ИМО и МАМС на сегодняшний день документами полное функционирование АСОД/VDES начнется с 2021 г. В мире уже проводятся эксперименты по приему сигналов АСОД/VDES как на земной поверхности, так и на орбите.

Цель данной работы состоит в определении текущего состояния технологий АИС и АСОД в части спутникового сегмента и оценки востребованности и перспектив использования этого канала для доставки на суда или от судов различных типов информации.

Текущее состояние технологий и решаемые задачи

В конце XX в. по инициативе ИМО с целью повышения безопасности мореплавания в полосе ОВЧ частот морской подвижной службы была организована передача сообщений Автоматической идентификационной системы (АИС) на двух частотных каналах со скоростью 9,6 кбит/с. Для обмена информацией в АИС предусмотрено 27 типов сообщений, отличающихся по структуре и назначению.

С 2005 г. в мире начались работы по приему сигналов АИС приемниками космического базирования [1]. Для облегчения приема сигналов АИС на орбите в очередной редакции рекомендаций МСЭ-R М.1371 [2] были представлены специальные сообщения типа 27 (короткий отчет о местоположении дальнего радиуса действия). С 2012 г. для этих сообщений системы АИС определены отдельные частотные каналы (1075, 1076). В настоящее время функционируют многоспутниковые системы, функцией которых (или одной из функций) является мониторинг мирового судоходства по сигналам системы АИС [1].

В 2010 г. ИМО представила циркуляр SN.1/Circ.289 [3], в котором было представлено более 20 типов сообщений ASM, рекомендованных для международного использования и являющихся сообщениями АИС типа 6 и 8, основные из которых представлены в табл. 1.

Рост количества судов, оснащенных аппаратурой системы АИС, а также востребованность передачи сообщений ASM (длина которых может достигать пяти временных слотов) привели к перегрузке каналов АИС в районах с интенсивным трафиком и, как следствие, к снижению безопасности мореплавания. С целью устранения этой технической проблемы для сообщений ASM выделены 2 отдельных частотных канала (2027 и 2028), их использование определено с начала 2019 г., а скорость передачи данных увеличена в 2 раза.

Но принятые меры не могут обеспечить всех информационных потребностей судоходства. В последние годы в мире происходит активная цифровизация в различных областях жизнедеятельности. Не остался в стороне и водный транспорт.

Для гармонизации различных судовых и береговых средств связи и другого оборудования судовождения, информационных протоколов, информационных услуг и стратегий МАМС была сформулирована и предложена концепция продвинутой (enhanced) навигации «е-Навигации». В рамках этой концепции планируется обмен информацией,

Таблица 1. Назначение сообщений АИС и международных сообщений специальных применений ASM

Сообщения AIS (основные)	Сообщения ASM
Отчет о местонахождении	Количество человек на борту
Сообщение базовой станции	Уточненное время прибытия в порт
Статические и рейсовые данные	Сигнал морского трафика
Двоичное адресуемое сообщение	Информация для причаливания
Двоичное сообщение широкого вещания	Судовой отчет о метеообстановке
Стандартный отчет о местонахождении воздушного судна SAR	Уведомление для определенной области широковещательное
Запрос UTC/даты, Ответ с UTC/датой	Уведомление для определенной области адресованное
Адресуемое сообщение, связанное с безопасностью	Расширенная информация о судне и его движении
Связанное с безопасностью сообщение широкого вещания	Оповещение об опасном грузе
Подтверждение, связанное с безопасностью	Информация об окружающей обстановке
Двоичное сообщение широкого вещания ДГНСС	Информация о маршруте — широковещательная
Стандартный отчет о местонахождении аппаратуры класса B	Информация о маршруте — адресованная
Расширенный отчет о местонахождении аппаратуры класса B	Текстовое сообщение — широковещательное
Двоичное сообщение длительностью один интервал	Текстовое сообщение — адресованное
Двоичное сообщение длительностью несколько интервалов с режимом связи	Метеорологическая информация
Сообщение о местоположении для применений большого радиуса действия	Расписание приливов

связанной с судоходством, в объемах больших, чем позволяют АИС и ASM. Для передачи данных с большей скоростью в диапазоне ОВЧ предложено использовать каналы связи с другими характеристиками (VDE: VHF Data Exchange), что позволяет достичь скоростей 300 кбит/с. На Всемирной конференции по радиосвязи 2019 г. были утверждены частотные диапазоны для использования VDE. Комплекс из нескольких потоков данных (AIS, ASM, VDE) сейчас объединяется в единую систему морской связи (VDES). В русскоязычной литературе для нее применяется понятие Автоматическая система обмена данными (АСОД) [4]. Основными задачами АСОД является непрерывное информационное обеспечение судовождения со стороны береговых служб (вплоть до обеспечения безэкипажного судовождения), призванное повысить безопасность мореплавания, а также автоматическая передача от судов другим судам и береговым службам навигационной, рейсовой и другой требуемой различными морскими регламентами информации.

Основной обмен данными в АСОД происходит напрямую между судами или между судами и береговыми службами (типы сообщений ASM-TER, VDE-TER). В то же время в стандарте предусмотрено взаимодействие судно–спутник и спутник–судно с отдельными видами сообщений (ASM-SAT, VDE-SAT) при нахождении судна вне зоны видимости береговых станций (рис. 1).

В дальнейших разделах мы рассмотрим технические решения, применяемые для передачи сигналов судно–судно, судно–берег и судно–спутник, состав передаваемой информации и сделаем попытку оценить целесообразность создания национального спутникового сегмента АСОД.

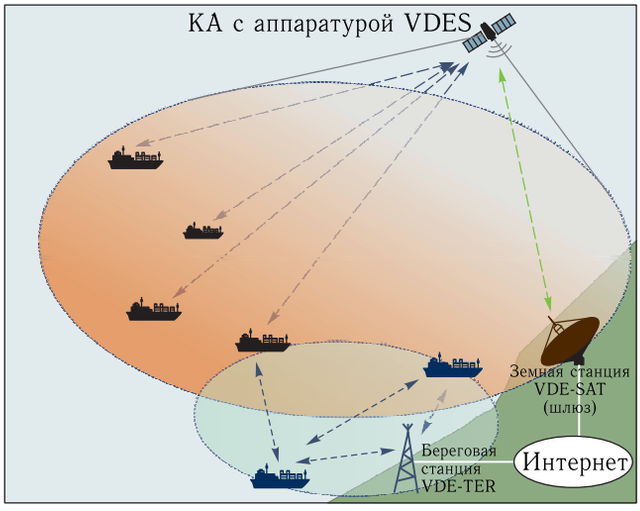

Рис. 1. Осуществление связи между судами и берегом по каналам АСОД

Характеристики каналов AIS, VDE, ASM

Требования к АСОД представлены в документах МАМС, ИМО и МСЭ [5–7]. Распределение частот между сегментами АСОД представлено на рис. 2. Сравнительная характеристика технических аспектов сегментов представлена в табл. 2.

Одной из ключевых особенностей реализации радиоканалов ASM и VDE является использование адаптивных кодирования и модуляции, при которых модуляция и скорость передачи динамически меняется исходя из отношения сигнал/шум, измеренного абонентом в процессе установления связи.

Границы пакетов в АСОД привязываются к секундным границам UTC. Это приводит к возникновению временных задержек при приеме данных от и на КА. Для их учета в спецификации [5] введены специальные спутниковые сообщения с защитным интервалом в конце равным 8 мс (у наземных сообщений он в 10 раз меньше). Это накладывает ограничение на расстояние от передатчика до приемника 3000 км, что соответствует полному обзору с высоты круговой орбиты 600 км, или пропорционально меньшему углу обзора при более высоких орбитах.

Распределение временных и общих частотных ресурсов определяется с помощью электронной доски объявлений, которой обмениваются участники АСОД. Доска объявлений определяет такие параметры сетевой конфигурации, как каналы сигнализации (каналы управления) и каналы передачи данных, версии протокола и конфигурацию будущей сети.

В спецификации определены 7 типов канального кодирования сообщений ASM, из которых один предназначен для спутников; 24 типа сообщений VDE, из которых 15 спутниковых. Все типы сообщений отличаются модуляцией, кодовой и канальной скоростями. Используемые для космического сегмента схемы модуляции и кодирования сведены в табл. 3. Вид кодирования для VDE выбирается в соответствии со стандартом DVB (ETSI EN302583).

Информационная нагрузка АСОД

В [5] предложены следующие сценарии применения спутникового сегмента АСОД:

- инициированное с берега получение данных от судна (спутник–судно–спутник);
- инициированный спутником запрос информации с берега (судно–спутник–судно);
- инициированная судном передача данных на берег (судно–спутник);
- сбор информации с передающих терминалов АСОД по расписанию либо по событию (судно–спутник);
- многопоточная мультипакетная передача данных вниз (спутник–судно);
- инициированная берегом однопоточная мультипакетная передача данных через спутник (спутник–судно).

При введении понятия е-Навигация ИМО при участи международной гидрографической организации разделила необходимую для навигации, а также вспомогательную информацию на 16 портфелей морских услуг (Maritime Service Portfolios, MSP), которые представлены в табл. 4. В правой графе мы дали свою оценку целесообразности использования спутникового канала для каждого случая, из которой видно, что применение спутникового сегмента целесообразно в половине и может быть целесообразно еще в трети случаев.

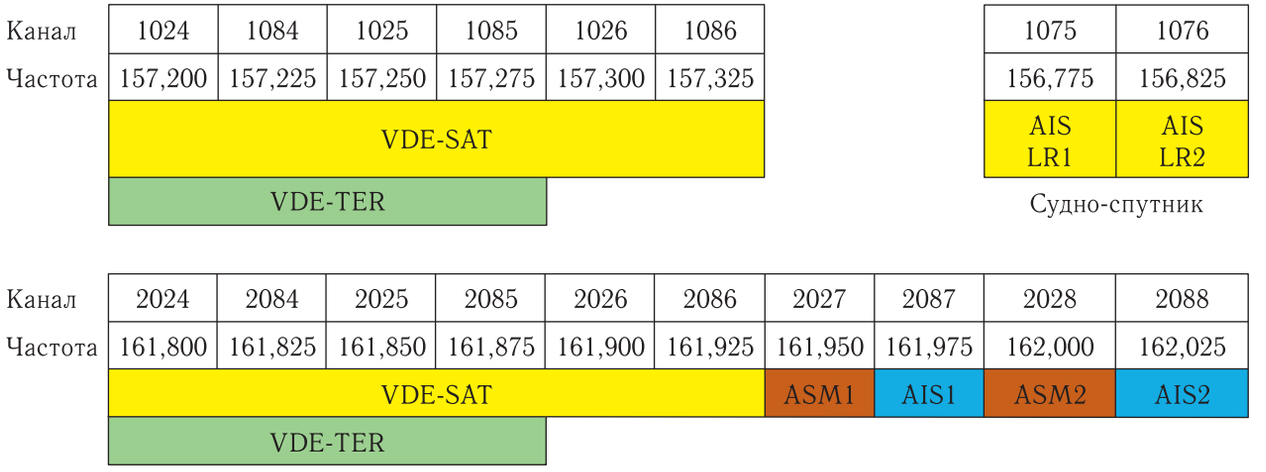

Рис. 2. Распределение каналов системы обмена данными в диапазоне ОВЧ

Таблица 2. Параметры каналов связи АСОД (на основе данных [6])

Параметр	Каналы 25 кГц для AIS	Каналы 25 кГц для ASM	Каналы до 100 кГц для VDE
Стандарт МСЭ	МСЭ-R M.1371	МСЭ-R M.1842-1 Приложение 1	МСЭ-R M.1842-1 Приложение 4
Цифровая модуляция	GMSK, с одной несущей	$\pi/4$ QPSK, с одной несущей	16-QAM, 32, с несколькими несущими, разнос 2,7 кГц
Скорость передачи данных (необраб.)	9,6 кбит/с (1X)	19,2 кбит/с (2X)	307,2 кбит/с (32X)
Количество каналов	4	2	12
Чувствительность	−107 дБм (мин) −112 дБм (стандарт)	−107 дБм (мин) −112 дБм (стандарт)	−98 дБм (суда) −103 дБм (базовые станции)
Подавление помех в совмещенном канале (CCR)	10 дБ	19 дБ	19 дБ
Типы сообщений AIS	1, 2, 3, 5, 18, 19, 27 …	6, 7, 8, 12, 13, 14, 25, 26 и ASM	Сообщения VDE
Содержимое	Существующая функциональность АИС: идентификация, положение, курс, скорость и др.	Поддержка навигации, гидрологические данные, метеоинформация, маршрутная информация и др.	Данные морских услуг
Причина использования	Оптимальный выбор (лучшее CCR) для передачи данных позиционирования в безопасной среде навигации судно–судно	Обеспечивает более высокую (2X) скорость передачи данных, чем AIS. Менее эффективное CCR (+9 дБ) и худшая разрешающая способность по дальности по сравнению с AIS	Обеспечивает гораздо более высокую (32X) скорость передачи данных, чем AIS. Менее эффективное CCR (+9 дБ) и худшая разрешающая способность по дальности по сравнению с AIS

Таблица 3. Основные характеристики спутниковых каналов ASM и VDE

Идентификатор формата физического уровня	Символьная скорость, кбод/с	Ширина канала, кГц	Ширина полосы сигнала, кГц	Модуляция	FEC rate	Отношение Es/No, дБ
ASM-MCS-1.16-4	9,6	16	13	$\pi/4$ QPSK	3/4	4,5
SAT-MCS-1.50-2	2,1	50	42	QPSK/ CDMA	1/4	−0,9
SAT-MCS-1.50-3	33,6	50	42	PI/4 QPSK	2/3	3,9
SAT-MCS-1.50-4	33,6	50	42	PI/4 QPSK	2/3	3,9
SAT-MCS-3.50-2	33,6	50	42	8PSK	2/3	8
SAT-MCS-5.50	33,6	50	42	16QAM	5/6	12,2
SAT-MCS-0.50-1	4,2	50	42	BPSK/CDMA	1/2	−2,0
SAT-MCS-1.50-1	33,6	50	42	PI/4 QPSK	1/4	−2,4
SAT-MCS-3.50-1	33,6	50	42	8PSK	1/2	5,0
SAT-MCS-0.100	36,0	100	90	BPSK/CDMA	1/4	−2,0
SAT-MCS-0.150	56,4	150	141	BPSK/CDMA	1/4	−2,0
SAT-MCS-0.300	116,4	300	291	BPSK/CDMA	1/4	−2,0
SAT-MCS-0.500	196,8	500	492	BPSK/CDMA	1/4	−2,0
SAT-MCS-0.50-2	4,2	50	42	BPSK/CDMA	1/4	−4,5
SAT-MCS-0.50-3	33,6	50	42	BPSK	1/3	−3,6
SAT-MCS-1.50-2	33,6	50	42	$\pi/4$ QPSK	1/3	−0,6

Таблица 4. Виды морских услуг

ID	Вид морских услуг	ЦИСК*
MSP1	Информационные услуги СУДС	+
MSP2	Услуги навигационной поддержки	+
MSP3	Услуги по организации трафика, динамическое предвычисление движения судна, обмен маршрутной информацией и выдача рекомендаций по маршруту следования	+
MSP4	Услуги портовыми службами	
MSP5	**Услуги по обеспечению морской безопасности, передача уведомления мореплавателям о запрете прохода через указанный район**	++
MSP6	Лоцманские услуги	
MSP7	Буксирные услуги	
MSP8	**Услуги по передаче судовых отчетов, автоматически формируемых на судне**	++
MSP9	Услуги по оказанию удаленной медицинской помощи	+
MSP10	Услуги по оказанию любой помощи, запрошенной судном	+
MSP11	**Услуги по уточнению навигационных карт**	++
MSP12	**Услуги по обеспечению навигационными публикациями**	++
MSP13	**Услуги по обеспечению данными о ледовой обстановке**	++
MSP14	**Услуги по обеспечению метеорологической информацией**	++
MSP15	**Услуги по обеспечению в реальном масштабе времени гидрографический и метеорологической информацией, состоянием окружающей среды**	++
MSP16	**Услуги по поддержке поисково-спасательной операции**	++

*ЦИСК — Целесообразность использования спутникового канала. + может быть целесообразно; ++ целесообразно.

Рис. 3. Расположение береговых станций АИС в Евразии по данным ресурса marinetraffic.com

Логично предположить, что основное распространение АСОД будет идти путем замены оборудования на уже существующих береговых станциях АИС. Карта распределения береговых станций АИС в мире в 2020 г. (рис. 3) демонстрирует практически полное их отсутствие в северной части России и на большинстве внутренних водных путей. В соответствии дорожной картой национальной технологической инициативы «Маринет» [8] решения по е-Навигации являются одним из приоритетных направлений развития цифровой навигации и, следовательно, развитие инфраструктуры АСОД планируется. Если принять во внимание протяженность морских и речных путей РФ, а также текущее оснащение этих путей наземными станциями АИС (АСОД), то напрашивается вывод, что только наземными средствами покрытие требуемой территории сигналами АСОД будет достигнуто еще очень нескоро. В связи с этим создание спутникового сегмента АСОД, осуществляющего поддержку обмена данными в отсутствие контроля эфира со стороны наземных станций, выглядит достаточно перспективным решением.

е-Навигация в мире и России

Реализация положений концепции е-Навигации в последние годы осуществляется несколькими странами в рамках пилотных проектов в тестовых акваториях. Это AMSA VDES в Австралии, европейская инициатива EfficientSea2 в районе Балтики, южнокорейский проект SMART Navigation [4, 9]. Совместными усилиями участников создана Платформа морской связи (Maritime Connectivity Platform, MCP) — электронный сервис, обеспечивающий регистрацию абонентов, регистрацию сервисов и функционирование службы передачи сообщений от абонента к абоненту или от сервиса к абоненту [10].

В России развитием е-Навигации занимается Группа компаний «Кронштадт». В рамках ОКР «е-Море» в Ленинградской области была организована тестовая акватория «Эрмитаж» для отработки создаваемых навигационных, информационных и связных систем для интеграции береговых и судовых средств е-Навигации. Отработку проходят опытные образцы систем управления движением судов, информационные системы электронной картографии, персональное лоцманское мобильное оборудование и пр. [4].

В настоящее время на рынке уже представлено оборудование поддерживающее протоколы АСОД. Первым устройством был модуль VDES1000 от компании CML Microcircuits. В 2020 г. концерн Saab выпустил береговую базовую станцию R60 VDES Base station, а также корабельный приемо-

передатчик R6 Supreme. Все устройства основаны на программно-определяемом радио, поддерживают частоты, виды модуляции и скорости, определенные в [5]

К текущему моменту в задаче развертывания АСОД решены практически все основные вопросы — выпущены стандарты, выделены необходимые частотные каналы, проведены пилотные испытания, разработано и выпущено на рынок поддерживающее стандарты оборудование, создана MCP-платформа для маршрутизации данных из контура АСОД в другие сети связи и обратно. Трафик информационных сообщений с 2019 г. запрещен в каналах АИС и разрешен только в каналах ASM. Таким образом, переход от АИС к АСОД — это вопрос ближайших лет.

Спутниковый сегмент АСОД в мире

С целью исследования распространения сигналов VDE для спутникового сегмента Норвегией в 2017 г. был запущен спутник Norsat-2. В качестве полезной нагрузки, кроме приемника сигналов AIS, был установлен программно-определяемый приемопередатчик сигналов VDE, разработанный компанией Konsberg Seatex при поддержке космического агентства Норвегии.

Направленная антенна типа Yagi (волновой канал) имеет угол обзора 69° и направлена вдоль касательной к поверхности Земли (рис. 4). Для увеличения времени покрытия спутник запрограммирован на перенастраивание на целевой район. Технологические тесты линий «вверх» и «вниз» завершились успешно, результаты изложены в отчете МСЭ-R M.2435-0 [11].

В 2018 г. состоялся запуск британского КА VESTA (разработка Honeywell Aerospace для ExactEarth), выполненного в форм-факторе CubeSat 3U, который должен был продемонстрировать возможность спутникового VDES, однако о результатах миссии не сообщается.

В 2022 г. планируется к запуску еще один норвежский КА NorSat-TD с приемопередатчиком АСОД. В планах тестирование связи на линиях спутник–берег, спутник–судно и межспутниковой связи.

В августе 2020 Saab, ORBCOMM и AAC Clyde объявили о кооперации для работы над спутниковой низкоорбитальной группировкой для морских коммуникаций при поддержке Министерства транспорта Швеции. Основой группировки должны стать КА EPIC-3U (AAC Clyde), запуск первого КА-демонстратора запланирован на 2023 г. В работе [12] проведен анализ построения спутниковой группировки АСОД/VDES на основе малых КА и с аналогичными использованной на Norsat-2 антеннами, который показал, что для глобального покрытия необходима группировка из 91 КА.

Разработкой спутниковой группировки АСОД также занимается другой консорциум, состоящий из датского спутникового оператора Sternula, разработчиков спутниковой связи GateHouse, Space Inventor, Satlab, а также Aalborg University и Датского метеорологического института. Основной целью консорциум ставит доставку карт ледового покрытия судам через спутниковые каналы в рамках

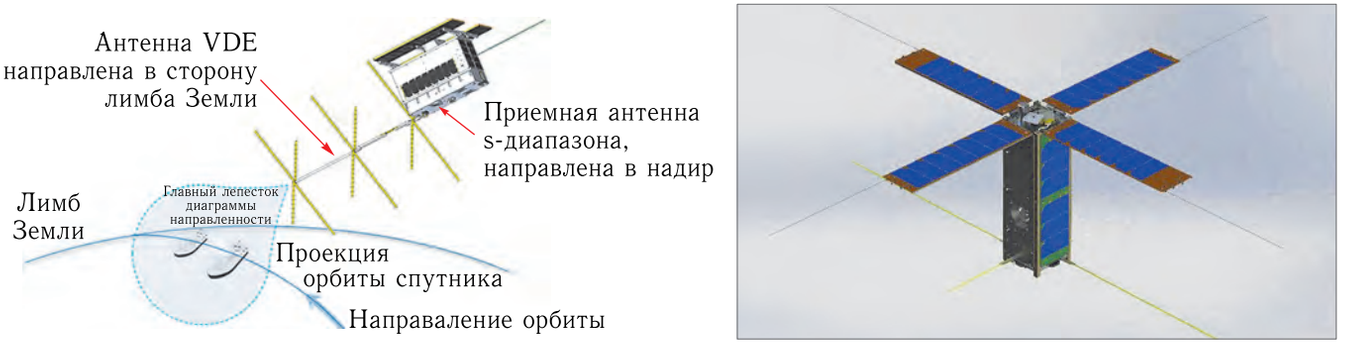

Рис. 4. КА Norsat-2 с узконаправленной Yagi-антенной (слева, рисунок UTIAS-SFL) и КА VESTA (справа, рисунок Honeywell)

АСОД. Всего планируется запустить 50 КА [13]. Проект поддержан датским фондом инноваций.

Многие участники рынка морских технических и информационных систем расценивают АСОД как среду передачи данных для морского «интернета вещей». По оценке DataBridge [14], объем рынка услуг для морской связи (АСОД) будет в ближайшие годы линейно расти и для европейского региона составит к 2028 г. 142 млн $, а для глобального — 316 млн $.

Если сравнить основные характеристики АСОД, традиционных морских спутниковых связных систем и альтернативных систем с глобальным покрытием (табл. 5), то видно, что уже существует система с близкими характеристиками — Iridium, сходными параметрами будет обладать планируемый «Гонец-М1». В 2020 г. ИМО одобрила Iridium в качестве провайдера услуг Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности ГМССБ (ранее можно было пользоваться только каналами Inmarsat). В ближайшем будущем должны появиться глобальные спутниковые провайдеры Интернета OneWeb и Starlink. Наличие последних позволяет судам легко получать и отправлять все спутниковые информационные потоки, которые предусмотрены концепцией е-Навигации, с использованием МСР. На уровне этих спутниковых систем нет формирования широковещательных сообщений для определенных районов, однако эту функциональность можно реализовать на уровне МСР.

Обсуждение

Анализируя текущую обстановку с развитием АСОД и, в частности, спутникового сегмента, можно видеть, что это направление развивается и, скорее всего, имеет хорошие перспективы реализации.

Возможность использования существующих коммерческих спутниковых систем связи для АСОД кажется эффективным решением, однако в перспективе данный путь может оказаться ошибочным в случае проблем у компании-оператора, введения политических санкций и т. п. Для международного использования оптимален открытый протокол, который позволяет создание аппаратуры независимыми компаниями, а также несколько операторов со своими группировками, старающихся поддерживать со своей стороны необходимый минимум, как это делается в системе КОСПАС–SARSAT.

В силу компактности и простоты судового приемного оборудования АСОД использование этого канала связи видится востребованным большим количеством малых морских судов, доставляя им сообщения о безопасности мореплавания, а также позволяя связаться с берегом в случае необходимости.

Что касается коммерческой стороны, здесь выгода не прослеживается явно, поэтому в европейских странах разработка идет преимущественно за счет средств государственных агентств. В то же время выгода от развития спутникового сегмента может быть непрямой, как это было с развитием спутникового сегмента АИС.

Таблица 5. Существующие и перспективные системы спутниковой связи

Система	Скорость, кбит/с	Передача	Покрытие
Navdat	0,012–0,018	Широковещательная	250–300 миль
АСОД (VDES)	9,6–300	**Адресная/широковещательная**	**30 миль, спутник — глобально**
Inmarsat-C	9,6–64 (2048)	-«»-	±72°
Iridium	176–704	-«»-	Глобально
Orbcomm	0,6	-«»-	Глобально, исключая полюса
Гонец-Д1М (М1)	4,8–9,6	-«»-	Глобально
Thuraya	до 444	Адресная	∼ ± 72°
Starlink	50 000–150 000	Адресная	Глобально, кроме полюсов
OneWeb	25 000–50 000	Адресная	Глобально

В редакции дорожной карты Marinet от 2016 г. планировалось создание российской системы спутниковых морских коммуникаций как проекта, направленного на построение и эксплуатацию российской системы глобальной спутниковой морской связи (включая создание организационных, технологических и коммерческих средств). В последующем это направление из дорожной карты было удалено.

Реализация такой системы была бы полезна для России, поскольку позволит передавать трафик от российских судов преимущественно через российские спутники, передавать трафик от других судов, обеспечить предоставление цифровых сервисов на внутренних водных путях и окрестных морях без размещения большого количества береговых станций. Общие для спутникового сегмента АСОД плюсы и минусы (с точки зрения авторов) сведены в табл. 6.

Вопрос о необходимом количестве КА на орбите может быть решен после определения типа используемой антенны, а также при задании параметров частоты наблюдения спутников судами в определенных акваториях, но уже сейчас понятно, что речь может идти о нескольких аппаратах, поэтому логично говорить о группировке КА АСОД.

При создании российского космического сегмента АСОД для повышения скорости разработки и внедрения целесообразно создать по примеру европейских проектов кооперацию из частных компаний, занимающихся строительством и запуском малых КА, производителей спутниковой радиоаппаратуры, разработчиков и эксплуатантов наземных станций, а также специалистов по е-Навигации. При этом финансировать и курировать работы должно государство. Опыт разработки приемников АИС для КА «Ресурс-П» и «Ресурс-ПМ» свидетельствует о кратном возрастании требований, сроков и финансирования при размещении их в качестве попутной полезной нагрузки на большом аппарате по сравнению с проектами запуска аппаратуры на малых КА. Для развертывания космического сегмента АСОД в срок менее 5 лет, по мнению авторов, необходимо: планировать приемопередатчик АСОД как основную нагрузку КА; в качестве КА выбрать готовую платформу, требующую минимальных доработок; количество КА в группировке планировать не менее 4 (для покрытия приполярных областей); в качестве приемопередатчика либо покупать готовые, либо дорабатывать технически близкие решения.

Заключение

Цифровизация морских коммуникаций привела к развитию концепции е-Навигации, отдельные положения которой отрабатываются в тестовых акваториях в разных странах мира.

Таблица 6. Плюсы и минусы спутникового сегмента АСОД

Плюсы АСОД	Минусы АСОД
Новое поколение морской цифровой системы связи	Небольшая ширина канала
Эффективный робастный, глобальный обмен данными в морском диапазоне ОВЧ	Ориентированность (неуниверсальность) канала передачи данных
Объединяет существующие средства и способы обмена данными: AIS, ASM, VDE-TER, VDE-SAT, стандартизованные по всему миру	Неясен статус операторов спутникового сегмента, процесс возмещения расходов на разработку и эксплуатацию
Использование спутниковой связи на линии «вниз» — это эффективное средство доставки информации в широковещательном режиме (например, информации о погодной или ледовой обстановке для серверных широт) большому числу судов, находящихся в зоне покрытия спутника	Для эффективной работы АСОД необходимо оснащение соответствующим оборудованием всех участников судоходства
Непрерывная отправка отчетов береговым службам	Возможные задержки в канале за счет неравномерности распределения наземных станций
Простое недорогое оборудование	

Основным каналом связи в е-Навигации определена АСОД. В мире уже проводятся эксперименты по приему сигналов АСОД как на земной поверхности, так и на орбите. В России в настоящее время разрабатывается только наземное оборудование для АСОД.

Целесообразность разработки спутниковой аппаратуры АСОД и группировки КА для ее функционирования диктуется следующими факторами:

- планируется замена приемопередатчиков АИС на АСОД как на берегу, так и на большинстве судов, ожидается рост рынка информационных слуг в рамках АСОД и в отсутствие развитой наземной инфраструктуры АСОД в РФ суда будут передавать сообщения через зарубежные спутниковые группировки;
- с каждым годом становится все более востребованным информационное обеспечение судов по всему миру, и в особенности в таких зонах научных и экономических интересов РФ, как Арктика и Антарктика, обмен информацией с судами в малонаселенных районах РФ (бассейны рек Лена, Енисей, Обь), в морях Арктического бассейна (весь Северный морской путь), Охотском и Беринговом морях;
- разработка и запуск космического сегмента АСОД будет способствовать поддержанию имиджа России как высокотехнологичной державы.

Список литературы

1. *Романов А. А.*, *Романов А. А.*, *Урличич Ю. М.*, *Токарев А. С.*, *Кузнецов А. М.*, *Бобровский С. А.*, *Трусов С. В.* Космические средства автоматической идентификационной системы. М.: Радиотехника, 2016. 208 с.
2. Рекомендация МСЭ-R М.1371-5 Технические характеристики автоматической системы опознавания, использующей многостанционный доступ с временным разделением в полосе ОВЧ морской подвижной службы. URL: http://www.itu.int/publ/R-REC/en (Дата обращения 01.04.2021).
3. ИМО SN.1/Circ.289 Рекомендация по использованию сообщений специальных применений (ASM) системы АИС.
4. *Базаров Ю. И.*, *Исмагилов М. И.*, *Рогов А. Н.* Новая морская цифровая связь для е-Навигации // Транспорт РФ. 2018. № 3(76). С. 48–54.
5. Рекомендация МАМС G1139. Техническая спецификация VDES. URL: http://iala-asm.org/product/g1139-technical-specifcation-vdes (Дата обращения 01.04.2021).
6. Рекомендация МСЭ-R М.2092-0. Технические характеристики для системы обмена данными в ОВЧ-диапазоне в полосе ОВЧ морской подвижной службы. URL: http://www.itu.int/rec/R-REC-M.2092-0-201510-I/en (Дата обращения 01.04.2021).
7. Рекомендация МСЭ-R М.1842-1. Характеристики радиосистем и оборудования ОВЧ для обмена данными и сообщениями электронной почты по каналам морской подвижной службы, указанным в Приложении 18 РР. URL: http://www.itu.int/rec/R-REC-M.1842 (Дата обращения 01.04.2021).
8. Национальная технологическая инициатива Маринет. URL://nti2035.ru/markets/marinet (Дата обращения 01.04.2021).
9. *Ривкин Б. С.* е-Навигация. Прошло 5 лет // Гироскопия и навигация. 2020. Т. 28, № 1 (108). С. 101–120.
10. Электронный сервис Maritime Connectivity Platform. URL: http://marittimeconnectivity.net (Дата обращения 01.04.2021).
11. Отчет МСЭ-R М.2435-0 Technical studies on the satellite component of the VHF data exchange system. URL: http://www.itu.int/publ/R-REC/en (Дата обращения 01.04.2021).
12. *Grujicic J.* A feasibility study for a satellite VHF Data Exchange System (VDES). Degree project in mechanical engineering. URL: http://urn.kb.se/resolve?urn=urn.nbn:se:kth:diva-262890 (Дата обращения 01.04.2021).
13. Страница проекта Морской интернет вещей. URL: http://gatehouse.com/the-mariot-project (Дата обращения 01.04.2021).
14. Global VHF Data exchange system (VDES) Market — Industry trends and Forecast to 2028. URL: http://databridgemarketsearch.com/reports/global-vhf-data-exchange-system-vdes-market (Дата обращения 01.04.2021).