

16. Saushev, A. V. "Method and algorithms of parametrical synthesis of electrotechnical systems by criterion of a stock of working capacity." *Information Technologies* 12 (2012): 24–29.
17. Saushev, A. V. "Synthesis algorithms of face values and admissions of multiple parameter systems." *Informacionnye tehnologii i vychislitelnye sistemy* 3 (2015): 65–73.
18. Abramov, O. V. "Selection of the minimum set of adjusting parameters." *Information Science and Control Systems* 2 (44) (2015): 23–32.
19. Saushev, A. V. "Synthesis of adjusted electrotechnical systems." *Zhurnal Universiteta vodnyh kommunikacij* 4 (2012): 46–56.
20. Mihajlov, O. P. *Avtomatizirovannyj jelektroprivod stankov i promyshlennyh robotov*. M.: Mashinostroenie, 1990.
21. Djatlov, V. A., A. N. Kabanov, and L. T. Milov. *Kontrol dinamicheskikh sistem*. L.: Jenergiya, 1978.
22. Abramov, O. V., F. I. Bernackij, and V. V. Zdor. *Parametricheskaja korrekciya sistem upravlenija*. M.: Jenergoizdat, 1982.
23. Antonova, G. M. *Setochnye metody ravnomernogo zondirovaniya dlja issledovaniya i optimizacii dinamicheskikh stohasticheskikh sistem*. M.: Fizmatlit, 2007.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Саушев Александр Васильевич —
кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
saushev@bk.ru, ep-gumrf@bk.ru
Бова Елена Владимировна — доцент.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
kaf_electroprivod@gumrf.ru
Гаспарян Каджик Корюнович — аспирант.
Научный руководитель:
Саушев Александр Васильевич.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
kaf_electroprivod@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Saushev Aleksandr Vasil'evich —
PhD, associate professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
saushev@bk.ru, ep-gumrf@bk.ru
Bova Elena Vladimirovna — associate professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
kaf_electroprivod@gumrf.ru
Gasparjan Kadzhik Korjunovich — postgraduate.
Supervisor:
Saushev Aleksandr Vasil'evich.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
kaf_electroprivod@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 17 октября 2016 г.

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-184-205
УДК 621.396

**А. Н. Маринич,
А. В. Припотнюк,
Ю. М. Устинов**

МОНИТОРИНГ СУДОВ НА ТРАССАХ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

В статье рассматривается возможность использования спутниковых систем связи для целей мониторинга судов в высоких широтах. Показано, что возрастающая роль Арктики в экономике обуславливает необходимость надежной и бесперебойной связи контроля положения судов. Приводятся проблемы, стоящие перед традиционной высокочастотной связью в высоких широтах. Высказывается предположение о необходимости использования спутниковой связи, альтернативной системе ИНМАРСАТ. Показано, что текущее состояние систем мониторинга основывается на возможностях системы ВИКТОРИЯ с использованием систем связи ИНМАРСАТ и АРГОС. Проводится общая оценка спутниковых низкоорбитальных и среднеорбитальных систем связи с круговыми орбитами для решения задач мониторинга. Срав-

ниваются возможности систем по энергетике, зоне охвата, количеству спутников в системе, пропускной способности и времени контакта. Анализируются характеристики низкоорбитальных спутниковых систем ИРИДИУМ, ГЛОБАЛСТАР, ОРБКОММ, АРГОС, TELEDESIC, CELESTRI, отечественных систем РОСТЕЛЕСАТ, СИГНАЛ, ГОНЕЦ, КУРС, среднеорбитальных систем ОДИССЕЙ и АЙКО. Рассмотрены характеристики и внешний вид терминалов систем, приводятся материалы по использованию направленных зональных лучей, особенностям обмена информацией со спутниками и при межспутниковом обмене в некоторых случаях. На основании анализа дана сравнительная таблица характеристик систем связи. Сформулировано заключение о возможности использовании систем для целей мониторинга либо постоянно, либо по расписанию. Предложено использовать спутниковые системы АРГОС, КУРС, ОРБКОММ и ГОНЕЦ как альтернативные системы для мониторинга судов в Арктике и на трассах Северного морского пути в связи с невозможностью использования системы ИНМАРСАТ.

Ключевые слова: спутниковая связь, мониторинг, Северный морской путь, терминалы, зональные лучи, центр мониторинга.

Актуальность задачи связи и мониторинга судов в северных широтах

Согласно прогнозам экспертов, через пятьдесят лет Арктика может стать одним из основных источников энергоресурсов и ключевым транспортным узлом планеты. Согласно официальной статистике, этот регион уже сегодня обеспечивает 11 % национального дохода России и 22 % объема ее экспорта. Здесь добывается никель и кобальт, медь, платиноиды, сконцентрирована добыча нефти и газа. В условиях глобального потепления ожидается таяние льдов и удешевление добычи природных ресурсов. Ожидается, что к 2050 г. Северный морской путь (СМП) будет открыт сто дней в году вместо двадцати.

Штокмановское газоконденсатное месторождение — одно из крупнейших месторождений в мире (рис. 1) — открыто в 1988 г. сотрудниками производственного объединения «Арктикморнефтегазразведка» (г. Мурманск) на судне ледового класса «Валентин Шашин». Месторождение расположено в центральной части шельфа российского сектора Баренцева моря в 600 км к северо-востоку от Мурманска. Разведанные запасы (2006 г) составляют 3,7 трлн м³ газа и 31 млн т конденсата.



Рис. 1. Схема транспортировки газоконденсатного сырья Штокмановского месторождения

С 2001 г. ведутся споры о признании российской зоной сектора Арктики с входящим в нее подводным хребтом Ломоносова, который пересекает весь Ледовитый океан — от Канады до России через Северный полюс. На рис. 2 красным цветом выделена площадь континентального шельфа в Северном Ледовитом океане за пределами 200-мильной зоны, на которую претендует Россия. Эта площадь равна 1,2 млн кв. км.

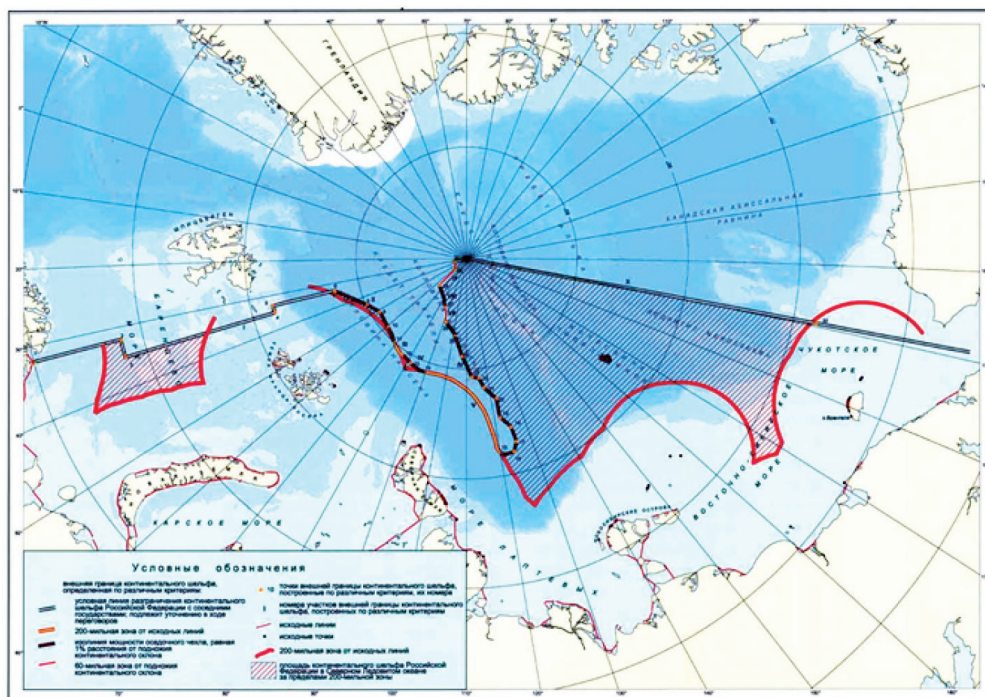


Рис. 2. Площадь континентального шельфа Российской Федерации в Арктике

СМП — судоходная магистраль, которая проходит вдоль северных берегов морей Северного Ледовитого океана и соединяет европейские и дальневосточные российские порты, а также устья судоходных сибирских рек в единую общесоюзную транспортную систему (рис. 3).



Рис. 3. Трасса СМП

Путь от Санкт-Петербурга до Владивостока по СМП равен 14280 км, от Санкт-Петербурга до Владивостока через Суэцкий канал — 23200 км, а вокруг мыса Доброй Надежды — 29400 км.

На рис. 4 сплошной жирной линией со стрелками показаны трассы канадского Северо-Западного пути, который открывает широкие возможности для транспортировки грузов между востоком и западом.

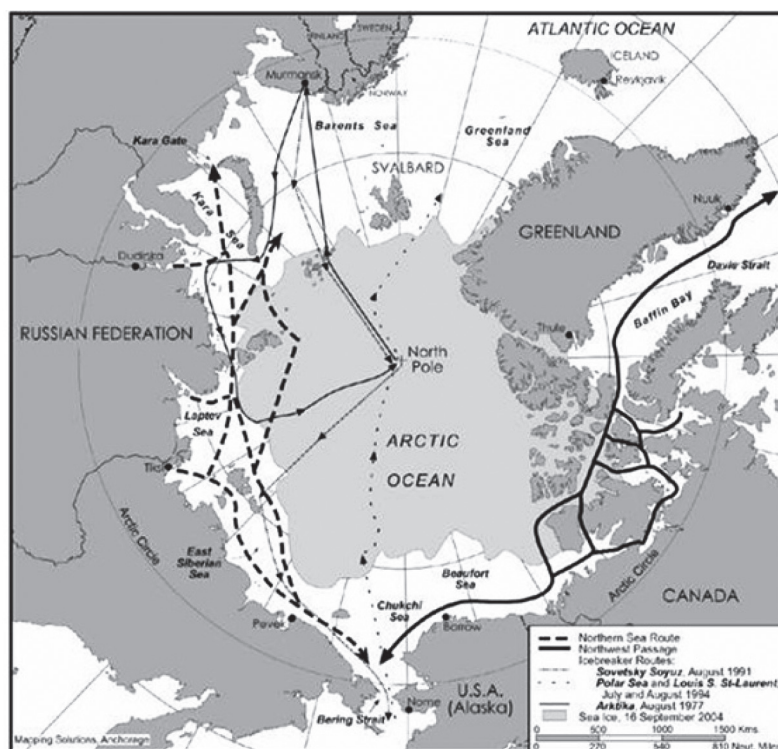


Рис. 4. Трассы СМП и Северо-Западного пути

Учитывая значимость Арктики и СМП для России и мирового сообщества, необходима надёжная и оперативная связь между судами различного назначения. Задачи связи и автоматизированного мониторинга судов решаются с помощью центров связи и мониторинга. Так, в 2000 г. создан глобальный национальный центр автоматизированной системы мониторинга и связи с судами «Виктория» для контроля за местоположением российских морских судов и судов смешанного плавания (*река – море*). Данные мониторинга передаются в Международный центр дальней идентификации и контроля местоположения судов (LRIT — Long-Range Identification and Tracing of ships) в Лондоне [1]. В 2008 г. в Москве создан центр системы мониторинга рыболовства и связи для обеспечения мониторинга водных биоресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью рыбопромысловых судов, а также развития и функционирования береговых объектов ГМССБ. Центр системы создан на базе действующих региональных центров мониторинга в г. Мурманске (1998 г.) и г. Петропавловске-Камчатском (1999 г.) [2].

Работа национального центра «Виктория» основана на получении данных по системе ИНМАРСАТ с помощью терминалов ИНМАРСАТ-С и ИНМАРСАТ- D+. Мурманский и Камчатский региональные центры решают задачи мониторинга на основе данных приёмников ГНСС, терминалов ИНМАРСАТ-С и спутниковой системы электронного документооборота АРГОС. Задача расширения зоны мониторинга усложняется из-за невозможности работы спутниковой системы ИНМАРСАТ на широтах более 70° (в морском районе А4).

Практика работы со спутниковыми системами показала, что надёжный приём сигналов спутников возможен, если они видны под углом не менее 10°. Это положение касается не только терминалов спутниковых систем связи, но и приемников спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и GPS. Для замены системы ИНМАРСАТ на судах в морском районе А4 в качестве обязательного оборудования установлены радиостанции, работающие в ВЧ-диапазоне. Однако использование их для целей автоматизированного мониторинга связано с рядом трудностей:

- сложность выбора частотного канала связи;
- низкая скорость передачи данных, не превышающая 100 бит/с;
- высокий уровень импульсных помех: атмосферных, промышленных, контактных;

- высокий уровень взаимных помех в выбранном канале связи;
- высокий уровень замираний сигнала;
- возможность полного отсутствия связи на северных широтах при мощных вспышках на Солнце, особенно во время одиннадцатилетних пиков солнечной активности.

С учётом этого ВЧ-связь и мониторинг по сравнению со спутниковой связью и мониторингом проигрывают последнему по оперативности и надёжности [3]. При сопоставлении отечественных и зарубежных систем следует принимать во внимание, что средства, выделяемые на эксплуатацию центров мониторинга в настоящее время, в основном (более 70 %) уходят на оплату трафика иностранных спутниковых систем.

Общая оценка спутниковых низкоорбитальных и среднеорбитальных систем связи с круговыми орбитами для решения задач мониторинга

Задача связи и мониторинга судов в северных широтах может быть решена с помощью низкоорбитальных и среднеорбитальных спутниковых систем связи. Низкоорбитальные спутниковые системы связи используют спутники, высота круговых орбит которых лежит в пределах 700 – 1500 км, высота круговых орбит спутников среднеорбитальных систем расположена на высоте около 10000 км. Работе спутниковых систем в высоких широтах мешают пояса радиации Ван-Аллена на высотах 1,6 – 5,0 тыс. км и 13,0 – 19,0 тыс. км.

Многие действующие спутниковые системы на наклонных орбитах в пределах 45 – 50° не являются глобальными, для этого требуются спутники с большими наклонами орбит. Доказано, что для того чтобы система связи была глобальной при конечной пропускной способности, необходимо использовать сорок восемь низкоорбитальных спутников в четырех – восьми плоскостях. В среднеорбитальных спутниковых системах связи и мониторинга при той же зоне покрытия поверхности Земли необходимо меньшее число спутников при большей мощности передатчиков. Для систем, работающих в режиме телефонии, обязательна непрерывность, для мониторинга непрерывность необязательна, число узловых наземных станций может быть значительно уменьшено. Число узловых станций для глобальной низкоорбитальной системы должно быть 152 – 210, а для глобальной среднеорбитальной системы — в 2 – 3 раза меньше.

Для увеличения пропускной способности спутниковых систем связи используются методы многостанционного доступа: TDMA, FDMA, CDMA. Высокая скорость передачи данных достигается с помощью фазированных антенных решёток или зеркальных антенн, установленных на спутниках. В подспутниковой зоне видимости формируется не одна, а несколько зон с высокими энергетическими характеристиками [4]. В системе с непрерывной связью запрос данных мониторинга может производиться из центра мониторинга в любое время, в системах с прерывной связью данные мониторинга передаются по расписанию [5].

Низкоорбитальные спутниковые системы с высотой орбит $h_1 = 700 - 1500$ км обладают лучшими энергетическими характеристиками, чем среднеорбитальные системы с высотой орбит $h_2 = 5000 - 13000$ км, так как потеря мощности сигналов при распространении радиоволн возрастает в $\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^2$ раз. Вместе с тем технический ресурс низкоорбитальных систем меньше. Так, если

период обращения спутников составляет 100 мин, то в среднем 30 мин они находятся на теневой стороне Земли. Соответственно солнечные и аккумуляторные батареи должны обеспечивать приблизительно 5000 циклов зарядки / разрядки в год, поэтому технический ресурс спутников низкоорбитальных систем, как правило, не превышает 5 – 7,5 лет. Период обращения среднеорбитальных спутников составляет около 6 ч, из которых они находятся в зоне тени лишь несколько минут. Технический ресурс среднеорбитальных спутников достигает 12 – 15 лет.

Для низкоорбитальной системы ИРИДИУМ средняя продолжительность видимости спутника составляет 6 мин, для ГЛОБАЛСТАР — 7 мин, для среднеорбитальных спутников с высотой орбит 10000 км — 50 мин [6] – [8].

Низко- и среднеорбитальные системы связи на круговых орбитах для решения задачи мониторинга

Глобальная спутниковая низкоорбитальная система связи и мониторинга ИРИДИУМ.

Глобальная спутниковая низкоорбитальная система ИРИДИУМ (MOTOROLA, США) (ныне IRIDIUM SATELLITE LLC), которая была создана в 1998 г., является первой в мире системой мобильной спутниковой связи. Она обеспечивает работу в режимах дуплексной телефонии, ФАКС, передачи данных и имеет доступ к сетям сотовой связи и к сети Интернет [9].

Орбитальная группировка состоит из шестидесяти шести основных и шести резервных спутников, равномерно размещенных на шести приполярных орбитах (рис. 5).

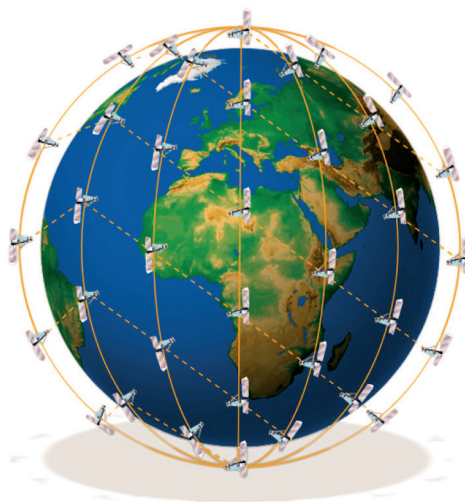


Рис. 5. Структура орбитальной группировки системы ИРИДИУМ

Наклонение орбит спутников — $86,4^\circ$, высота орбит — 780 км, период обращения вокруг Земли — 100,28 мин. Масса спутника составляет примерно 700 кг.

В состав наземного сегмента входят:

- центр управления системой (ЦУС);
- сети узловых наземных станций сопряжения (УЗС);
- посты слежения за спутниками и передачи данных в ЦУС.

ЦУС расположен в США, резервный ЦУС — в Италии. УЗС расположены во многих странах мира. В России размещены три УЗС: в г. Москве, г. Геленджике и г. Ижевске.

В системе применяется уникальная технология межспутниковой связи, при которой сообщения, принятые на спутнике от абонента, передаются от одного спутника другому, пока не достигнут того места, где находится вызываемый абонент. Благодаря межспутниковой связи, глобальность системы обеспечивается при ограниченном числе УЗС [10].

Увеличение мощности сигнала в месте приема достигается путем формирования сорока восьми зональных лучей с помощью антенн с фазированными решетками, установленными на каждом спутнике. Один луч высвечивает на поверхности Земли зону диаметром 600 км, в совокупности сорок восемь лучей формируют зону диаметром 4000 км.

Диапазон занимаемых частот системой составляет 1621,35 – 1626,50 МГц ($\lambda \approx 18$ см). Разделение сигналов при многостанционном доступе производится методом многостационарного доступа с временным разделением — МДВР (TDMA). Максимальная скорость передачи данных «вверх» — 180 кбит/с, «вниз» — 400 кбит/с. В режиме телефонии скорость передачи 64 кбит/с, в режиме ФАКС — 4,8 кбит/с, в режиме передачи данных — 134 кбит/с. Максимальная пропускная способность системы — 172000 дуплексных телефонных каналов. Тариф за телефонные переговоры лежит в пределах 0,7 – 1,4 долл./мин, стоимость мобильных телефонов — 1800 – 2000 долл.

На рис. 6 приведена комплектация судового терминала, который производит фирма EUROCOM INDUSTRIES.



Рис. 6. Внешний вид судового терминала фирма EUROCOM INDUSTRIES

На рис. 7 показан внешний вид мобильного терминала DeLORME inReach для передачи коротких текстовых сообщений и данных мониторинга.



Рис. 7. Внешний вид мобильного терминала DeLORME inReach

С 2014 г. начался запуск спутников второго поколения IRIDIUM NEXT. С окончанием развертывания системы в 2017 г. скорость передачи данных возрастет до 1 Мбит/с [11]. Ожидается, что число абонентов системы в 2017 г. достигнет трех миллионов.

Глобальная низкоорбитальная спутниковая система связи и мониторинга ГЛОБАЛСТАР. Низкоорбитальная спутниковая система связи и мониторинга ГЛОБАЛСТАР (США) разработана Международным консорциумом GLOBALSTAR L.H. на базе корпорации LORAL SPACE and COMMUNICATIONS (Нью-Йорк) и компании QUAICOMM (Сан-Диего) и эксплуатируется с 2001 г. ГЛОБАЛСТАР обеспечивает пользователей телефонной связью, передачей данных, мониторингом, доступом в сеть Интернет. Передача данных ведётся со скоростью 9,6 кбит/с, определение координат объектов для целей мониторинга производится доплеровским методом или с помощью приёмников ГНСС.

ГЛОБАЛСТАР с учетом действующих УНС обеспечивает услугами территорию земного шара от 70° ю. ш. до 70° с. ш. В Российский наземный сегмент входят три УНС, расположенные в г. Москве, г. Новосибирске и г. Хабаровске. На рис. 8 приведена карта, на которой показана территория с гарантированным качеством обслуживания системы. Расширение рабочей зоны на территории России возможно путём увеличения числа УНС.

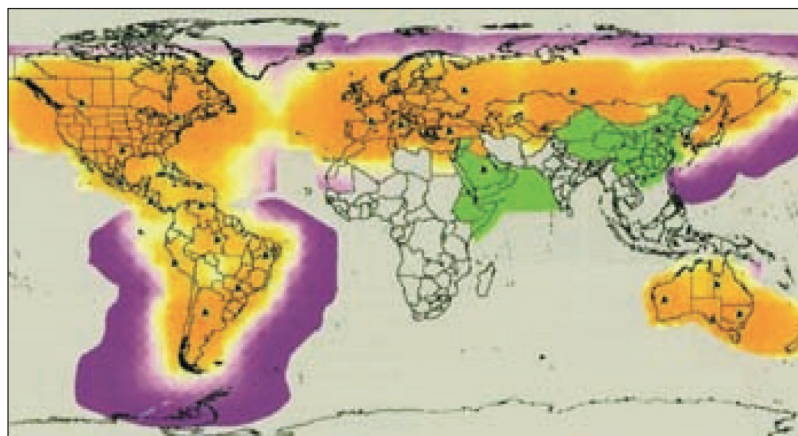


Рис. 8. Территория обслуживания системы ГЛОБАЛСТАР

Орбитальная группировка спутников ГЛОБАЛСТАР состоит из 48 рабочих и четырех резервных спутников. Высота орбит спутников — 1414 км, число орбит — восемь, наклонение орбит — 52° , число рабочих спутников на одной орбите — шесть, период обращения спутников вокруг Земли — 113 мин, излучаемая мощность — 1100 Вт, масса спутника — 450 кг. Орбитальная группировка обеспечивает видимость не менее трех спутников в обслуживаемой зоне (рис. 9).

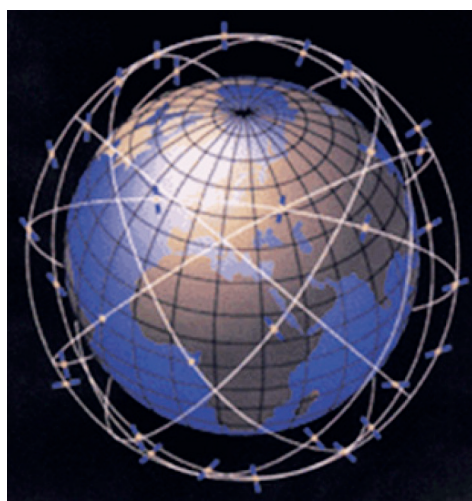


Рис. 9. Структура орбитальной группировки системы ГЛОБАЛСТАР

Текущая зона обслуживания одним спутником на поверхности Земли представляет собой круг диаметром 7780 км при угле места спутника $\beta = 0^\circ$, при $\beta = 5^\circ$ диаметр круга равен 6670 км, площадь зоны — 35×10^6 км². Каждый спутник с помощью фазированной решётки формирует шестнадцать зональных лучей (рис. 10). Диаметр формируемого пятна — 1920 км, площадь — $2,9 \times 10^6$ км².

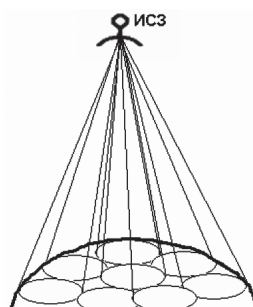


Рис. 10. Вид зоны, формируемой фазированной антенной решеткой спутника

В ГЛОБАЛСТАР используются следующие диапазоны частот:

- для направления *пользователь – ИСЗ*, МГц 610,0 – 1626,5;
- для направления *ИСЗ – пользователь*, МГц 2483,5 – 2500,0;
- для направления *ИСС – ИСЗ*, МГц 6875,95 – 7055,0;
- для направления *ИСЗ – ИСС*, МГц 5091,0 – 5250,0.

Для уплотнения телефонных каналов применяется комбинация методов многостанционного доступа с частотным и кодовым разделением каналов, соответственно МДЧР и МДКР. Для этого общая полоса частот шириной 16,5 МГц разделена на 13 поддиапазонов шириной 1,25 МГц, в каждом из которых выполняется кодовое уплотнение каналов для пятидесяти абонентов. Сигнал каждого абонента преобразуется в широкополосный сигнал шириной 1,25 МГц.

С помощью многостанционного доступа в одном из шестнадцати лучей одновременно обслуживаются 650 абонентов, а в шестнадцати лучах — 10400 абонентов. В режиме телефонной связи осуществляется плавный переход от луча к лучу, от спутника к спутнику. Качество передачи голоса не хуже, чем в сотовой связи. Время установления соединения абонентов — 5 с, вероятность потери вызова в часы наибольшей нагрузки — 0,05. Общее число обслуживаемых системой абонентов — 10^9 . Взаимодействие с сетями общего пользования производится через узловые наземные станции.

Терминалы ГЛОБАЛСТАР выпускаются двухмодовыми, т. е. работающими как по сигналам ГЛОБАЛСТАР, так и в сети сотовой связи стандартов GSM, CDMA, AMPS. Стоимость терминала примерно 559 долл., стоимость 1 мин звонка из любой точки территории России в любую другую точку — примерно 0,99 долл., максимальная выходная мощность — примерно 400 мВт. Погрешность определения местоположения пользователя доплеровским методом — 300 м. При наличии у абонента телефонного роуминга телефоном ГЛОБАЛСТАР можно пользоваться в Западной Европе, на северном и южном Американском континенте (всего более чем в 50 странах мира). В 2007 г. компания GLOBALSTAR SPOT выпустила терминал SPOT SATELLITE MESSANGER для подачи сигнала бедствия пользователем.

На рис. 11 представлена комплектация судового терминала SAT550X системы ГЛОБАЛСТАР. В состав терминала входит антенна (надпалубное оборудование) и мини-трубка для телефонной связи, встроенная в адаптер связи (подпалубное оборудование). Адаптер подключается к персональному компьютеру, обеспечивающему передачу данных, ФАКС, SMS в режиме GSM 900, данных мониторинга и сообщений тревоги и бедствия.



Рис. 11. Внешний вид судового терминала системы ГЛОБАЛСТАР

Максимальная выходная мощность передатчика терминала — 2 Вт, скорость передачи данных — 7,2 кбит/с.

Глобальная низкоорбитальная спутниковая система связи и мониторинга ОРБКОММ. Низкоорбитальная спутниковая система связи ОРБКОММ (ORBITAL COMMUNICATION (США, Канада)) предназначена для передачи данных в формате коротких сообщений. Система отличается

низкой стоимостью предоставляемых услуг [12]. В состав наземного сегмента кроме ЦУС входят УЗС и региональные центры управления. Региональный центр управления в России развернут в Москве, три необслуживаемых УЗС действуют в г. Москве, г. Новосибирске, г. Хабаровске. В перспективе в России будут работать шесть УЗС. ОРБКОММ начал функционировать с 1991 г. с постепенным увеличением числа спутников в орбитальной группировке до 48.

Состав орбитальной группировки:

- 24 спутника с наклонением орбит 45° ;
- восемь спутников с наклонением 70° ;
- по восемь спутников с наклонениями 108° и 0° .

Высота круговых орбит — 825 км, время оборота вокруг Земли — 100 мин, диаметр подспутниковой зоны видимости — 5000 км. Вес спутника — 40,7 кг, технический ресурс — 4 года.

Диапазон используемых частот: «вверх» — 148,0 – 150,05 МГц, «вниз» — 137,0 – 138,0 МГц. Скорость передачи данных от абонента — 2,4 кбит/с, от спутника 0151 4,8 кбит/с.

Система ОРБКОММ используется для следующих целей:

- мониторинга подвижных объектов;
- передачи аварийных сообщений;
- слежения за местоположением и состоянием объектов;
- обмена информацией в режиме передачи данных между абонентами системы и абонентами других сетей: электронной почты, X.25, X.400 и др.;
- передачи коротких сообщений абонентам через диспетчерские центры.

Передаваемые короткие сообщения имеют длину 10 бит или 256 бит.

Если абонент системы находится в зоне действия УЗС, то сообщение передается пакетами по 10 бит. Пакет считается принятым, если от УЗС получено подтверждение приема, если подтверждение не получено, то пакет передается еще один раз. Если абонент не находится в зоне действия УЗС, то сообщение состоит из 256 бит и архивируется в памяти спутникового процессора до установления контакта спутника с терминалом получателя или УЗС [13]. На рис. 12 приведен внешний вид мобильного терминала GSC-100 (MAGELLAN). В терминал встроен приемник GPS.



Рис. 12. Внешний вид терминала системы ОРБКОММ

Глобальная спутниковая низкоорбитальная квазидоплеровская радионавигационная система АРГОС. Спутниковая радионавигационная система АРГОС (автоматизированная реляционная геодисциплинарная оперативная система) начала функционировать с 1978 г. (разработка США и Франции), ориентирована на сбор информации в центрах мониторинга со множества объектов. В настоящее время система обслуживает более 16000 таких объектов. АРГОС широко используется для мониторинга рыбопромысловых судов в региональных центрах г. Мурманска и

г. Петропавловска-Камчатского. Система АРГОС не позволяет судам-браконьерам фальсифицировать координаты судов при передаче данных позиционирования.

В состав системы входит два спутника, которые размещены на круговых полярных орбитах, высота орбит — 850 км. Время оборота спутников вокруг Земли составляет примерно 102 мин. При таком времени один и тот же спутник находится над одной и той же точкой поверхности Земли через каждые 24 ч. Среднее время видимости спутника составляет примерно 10 мин, диаметр зоны видимости — 5000 км. На рис. 13 показана полоса покрытия поверхности Земли за два оборота спутника. Эта полоса, из-за вращения Земли, смещается примерно на $25,71^\circ$ на запад (примерно на 2800 км на экваторе) с каждым оборотом спутника.

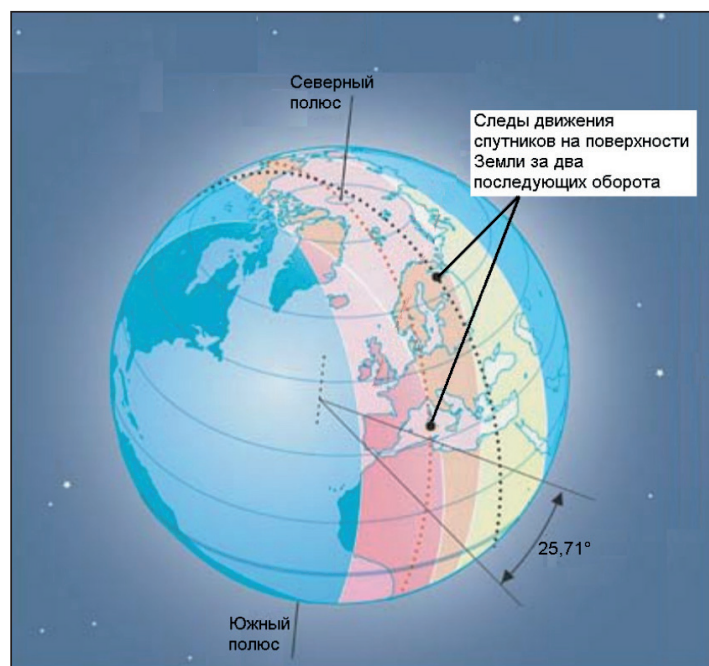


Рис. 13. Зона покрытия за два прохода спутника системы АРГОС

На экваторе каждый спутник в течение суток виден четыре раза: два раза через интервал времени 102 мин и еще два раза с тем же интервалом через 12 ч, когда Земной шар сделает пол-оборота вокруг своей оси. На полюсе каждый спутник за сутки виден 14 раз (по числу оборотов спутника вокруг Земли). Общее число видимых спутников возрастает в 2 раза, так как в состав системы входит два спутника [14].

Технические средства контроля (ТСК), установленные на судах, периодически излучают сигналы на частоте $401,650 \text{ МГц} \pm 30 \text{ МГц}$, длительность излучаемого сигнала — 360 – 920 мс, период повторения сигнала — 45 – 200 с. В передаваемом сигнале содержится сообщение, состоящее из 256 – 4608 бит, в котором передается идентификационный номер ТСК и данные сенсорных датчиков: температура, давление, солёность, сила ветра и др. В сообщении, передаваемом ТСК для спутников АРГОС-1 и АРГОС-2, содержится 256 – 500 бит, для спутников АРГОС-3 — 5608 бит.

Спутники АРГОС-2 и АРГОС-3 обеспечивают двухстороннюю связь с ТСК. В состав ТСК кроме передатчика входят приёмник и процессор. Приёмник предназначен для регистрации сигнала подтверждения о том, что спутник принял и замерил значения доплеровских частот, переданных ТСК. Процессор по данным альманаха, переданного спутником, включает передатчик ТСК лишь на время пролёта спутника над ним. Замеренные значения квазидоплеровских частот сбрасываются со спутника на один из региональных центров, откуда данные передаются в глобальный центр. В глобальном центре после определения координат ТСК результаты передаются заказчику в центр мониторинга.

Координаты объекта рассчитываются глобальным центром обработки на основе переданных данных региональными центрами [15]. Среднеквадратическая погрешность (СКП) определения координат по широте для третьего поколения спутников — менее 250 м. На рис. 14 приведена карта, на которой показаны места расположения региональных и глобальных центров.



Рис. 14. Сеть центров мониторинга системы АРГОС

Глобальные центры обработки измерений находятся в Тулузе (Франция) и около Вашингтона (США), региональные центры сбора измерений расположены по всему миру. Число прохождения спутников системы АРГОС над полюсом — 84 раза в сутки.

Судовая аппаратура ТСК MAR E2 и MAR GE может работать до 48 ч от внутренней батареи и неограниченное время — от внешнего питания. ТСК MAR GE является более совершенной, так как в её состав входит приемник GPS. Внешний вид ТСК MAR GE, установленной на мачте судна, приведен на рис. 15.

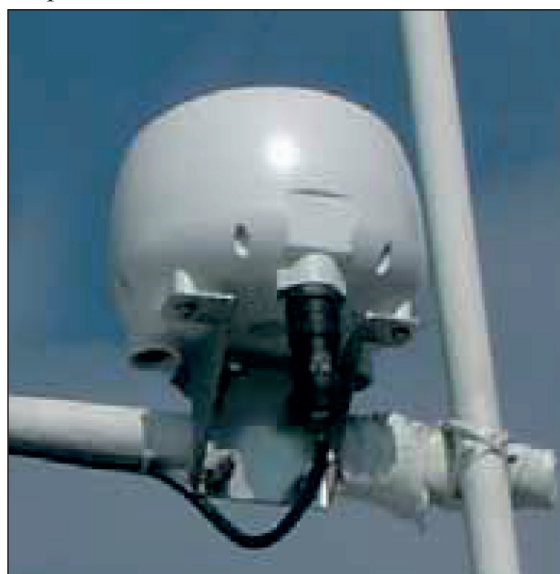


Рис. 15. Внешний вид аппаратуры MAR GE

ТСК MAR GE запоминает показания приемника GPS в момент окончания часа (на 0 ч, 0 мин, 0 с каждого часа) и каждые 140 с передает эти данные на спутник. Передается семь

показаний приемника GPS в предшествующие семь часов, а также показания на момент излучения сигнала. ТСК MAR GE имеет встроенный аккумулятор. К ТКС подключаются сенсоры — устройства, преобразующие физические параметры контролируемого объекта в цифровой код. С помощью передатчика ТСК можно передавать короткие сообщения длиной от 256 до 4608 бит. Для этого к ТСК через коммутационный блок подключается терминал с небольшой клавиатурой.

Центры обработки АРГОС передают своим пользователям вычисленные координаты ТСК, а также данные сенсорных датчиков, подключенных к ТСК в виде файлов определенного формата. Формат данных представляет собой последовательность буквенно-цифровых символов и содержит идентификационный номер ТСК, который передал информацию, показания сенсоров, широту и долготу местоположения передатчика. Система АРГОС обеспечивает обслуживание 100 тыс. объектов.

Глобальная низкоорбитальная спутниковая система связи и мониторинга TELEDESIC. Проект глобальной низкоорбитальной спутниковой системы связи и мониторинга TELEDESIC (США) является самым амбициозным проектом из всех известных, включая действующие системы спутниковой связи. Система TELEDESIC является широкополосной коммуникационной системой, которая создается компаниями Calling Communications, Microsoft, Boeing. Система TELEDESIC — это проект глобальной спутниковой связи, которая сможет охватить до 95 % поверхности Земли, предусмотрена также межспутниковая связь [16].

В состав системы будут входить 288 спутников на 12 орбитах. Все спутники объединяются в единую сеть «космического Интернета» (Internet in the sky) для телефонной связи и пакетной передачи данных. Для системы выделены две полосы по 500 МГц в диапазоне частот 20 – 30 ГГц ($\lambda = 1 - 1,5$ см). Для работы терминалов «вверх» выделена полоса частот 28,6 – 29,1 ГГц, «вниз» — 18,8 – 19,3 ГГц. Терминалы оснащены антеннами диаметром от 16 до 180 см, мощность передатчиков терминалов находится в пределах от 0,01 до 4,7 Вт (для высокоскоростных терминалов — от 1,0 до 49 Вт). Приведенные характеристики терминалов зависят от погодных условий. Стандартный терминал поддерживает канал связи со скоростью обмена данными от 16 кбит/с (базовая величина) до 2,048 Мбит/с (что эквивалентно 128 базовым каналам). Высокоскоростные терминалы работают со скоростью 155,52 Мбит/с и 1,24416 Гбит/с. Для сравнения: в системе ИНМАРСАТ - BGAN максимальная скорость передачи данных 0,144 Мбит/с, т. е. в 450 раз меньше. Большая скорость в системе TELEDESIC объясняется широкополосностью этой системы. Передача данных мониторинга производится с помощью приёмников GPS и доплеровским методом.

Глобальная низкоорбитальная группировка спутниковой связи CELESTRI. Система спутниковой связи CELESTRI (celestial — небесный) создаётся фирмой Motorola и состоит из геостационарных и низкоорбитальных спутников. Ранее фирма Motorola разработала успешно функционирующую систему связи IRIDIUM. Система CELESTRI будет обеспечивать пользователей набором мультимедийных услуг: телефон, данные, мониторинг, факс, e-mail, Интернет и видеоконференции.

Низкоорбитальная группировка будет состоять из 63 спутников, расположенных на семи орбитах, высота орбит — 1400 км, наклонение — 48° , период обращения — 1,9 ч. Каждый спутник будет вести передачу данных с пользователями со скоростью до 80 Гбит/с. Предусмотрена межспутниковая связь.

Система CELESTRI работает в диапазоне СВЧ 3,0 – 30,0 ГГц, ($\lambda = 1 - 10$ см).

Частотный диапазон для радиосвязи:

- в направлении «вверх» — 28,6 – 29,1 и 29,5 – 30,0 ГГц;
- в направлении «вниз» — 18,8 – 19,3 и 19,7 – 20,2 ГГц.

Скорость межспутниковой связи — 4,5 Гбит/с.

Набор пользовательской аппаратуры предусматривает терминалы, скорость которых составляет от 64 Кбит/с до 155 Мбит/с. Стоимость самого дешевого комплекта оборудования не превышает 750 долл.

Система CELESTRI обладает высокой скоростью передачи данных и полным набором мультимедийных услуг, однако надёжность связи зависит от погодных условий: наличие дождя, снега и др. Терминалы должны быть оснащены пространственно-избирательными антеннами.

Глобальная низкоорбитальная спутниковая система связи и мониторинга РОСТЕЛЕСАТ.

Глобальная низкоорбитальная спутниковая система связи и мониторинга РОСТЕЛЕСАТ (Россия) является многофункциональной телекоммуникационной системой и предназначена для непрерывной связи между подвижными и стационарными абонентами. Режимы работы системы: телефония, передача данных, мониторинг. После окончания развертывания система РОСТЕЛЕСАТ будет близка к системе ИРИДИУМ. Орбитальная группировка системы будет состоять из 91 спутников, число орбитальных плоскостей равно семи (по 13 спутников в каждой плоскости), высота круговых орбит — 700 км, угол наклона орбит — 82°. Зеркальные антенны, установленные на спутниках, формируют 37 парциальных зональных лучей. Терминалы системы будут работать в диапазоне частот 1900 – 2100 МГц ($\lambda = 14 - 15$ см). Скорость передачи данных 19,2 – 64 кбит/с [17].

Глобальная спутниковая низкоорбитальная система связи и мониторинга СИГНАЛ.

Спутниковая низкоорбитальная система связи и мониторинга СИГНАЛ, разрабатываемая международным концерном космической связи (Россия), по характеристикам будет близка к системе ГЛОБАЛСТАР. Система с учетом действующих УНС обеспечивает непрерывную связь на средних и северных широтах. Режимы работы: телефония, передача данных, мониторинг. Орбитальная группировка состоит из 48 спутников, расположенных в четырех плоскостях с разносом по долготе восходящего узла на 90°. На каждой круговой орбите размещено 12 спутников, угол наклона орбит — 74°, высота орбит — 1500 км.

На спутниках установлены три зеркальные антенны, работающие в диапазоне частот:

- 300 – 400 МГц — один луч, покрывающий всю зону;
- 1500 – 1600 МГц — шесть лучей, покрывающие всю зону;
- 11000 – 14000 МГц — три луча, покрывающие всю зону.

Наземный сегмент системы состоит из центра управления системой (ЦУС), командно-измерительных комплексов (КИП) и сети УНС, расположенных в г. Москве, г. Самаре, г. Екатеринбург, г. Томске, г. Чите, г. Комсомольске-на-Амуре.

Терминалы системы работают на частотах:

- в режимах передачи данных и мониторинга — 300 – 400 МГц;
- в режиме телефония — 1500 – 1600 МГц. [18].

Глобальная спутниковая низкоорбитальная система связи и мониторинга ГОНЕЦ.

Спутниковая низкоорбитальная система связи и мониторинга ГОНЕЦ функционирует с 1996 г. по заказу Федерального космического агентства в рамках федеральной космической программы России, по своим характеристикам близка к системе ОРБКОММ. Система предназначена для передачи данных и мониторинга судов, непрерывность связи не обеспечивается [19]. На начальном этапе в состав орбитальной группировки системы будет входить девять спутников, размещённых на двух взаимоперпендикулярных круговых орбитах: на одной орбите размещено три спутника, на другой — шесть. Высота орбит — 1500 км, наклонение — 82,5°, период обращения спутников вокруг Земли — 115 мин.

Наземный комплекс системы состоит из ЦУС и трёх УНС. ЦУС расположен в г. Москве, УНС — в г. Москва, в г. Железногорск Красноярского края и в г. Южно-Сахалинск. Три УНС обеспечивают размер рабочей зоны, представленной на рис. 16.

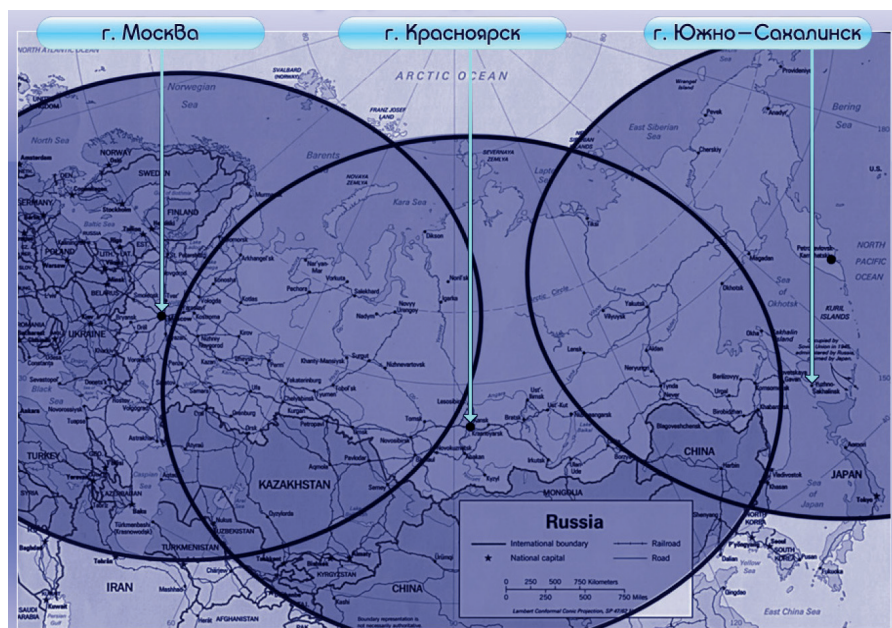


Рис. 16. Рабочая зона системы ГОНЕЦ

Так как диаметр подспутниковой зоны видимости спутника при угле места $\beta = 5^\circ$ равен 4300 км, при расположении дополнительных УНС на побережье Северного Ледовитого океана рабочая зона системы будет перекрывать весь район Арктики. Когда отправитель и получатель сообщения находятся в зоне действия одной и той же УНС, сообщение передается непосредственно между их терминалами через спутник. Когда регионы разные, то сообщение передается от отправителя через спутник на свою УНС, далее через наземный канал связи на УНС получателя и далее через спутник на абонентский терминал получателя. При трёх УНС среднее время ожидания связи на 56° с. ш. составляет 20 мин, при этом один раз в сутки возможно увеличение длительности ожидания до 3 ч.

В северных широтах более 70° для угла места 10° время ожидания связи с вероятностью 0,9 не превышает 28 мин и с вероятностью 0,7 — 9 мин. При увеличении числа спутников в орбитальной группировке до двенадцати на широтах более 70° связь будет практически непрерывной. При расположении абонентов (отправителя и получателя) в зоне обслуживания одной УНС время доставки информации составляет 1 – 2 мин. Пропускная способность спутника равна 15 Мбит/сут, скорость передачи информации — 2,7 Кбит/с, диапазон используемых частот в направлениях *терминал – спутник* и *спутник – терминал* — 200 – 300 МГц. Система способна одновременно обслуживать 4000 – 10000 абонентов. Выходная мощность передатчика терминала — 8 – 10 Вт, скорость передачи данных «вверх» — 9,6 – 76,8 кбит/с, «вниз» — 2,4 – 9,6 кбит/с. Разрабатывается второе поколение системы ГОНЕЦ. В состав системы на шести орбитах будет входить 36 спутников и пять – семь УНС. Система будет обеспечивать связью и мониторингом около 200000 объектов. Пропускная способность системы ГОНЕЦ — 4,86 Гбит/сут.

Глобальная спутниковая низкоорбитальная квазидоплеровская радионавигационная система КУРС. Глобальная спутниковая низкоорбитальная квазидоплеровская радионавигационная система КУРС, разрабатываемая в России, по принципу действия подобна системе АРГОС (США, Франция). В систему КУРС входит два спутника, расположенных на высоте 1000 км на двух взаимно-перпендикулярных круговых полярных орбитах. Время оборота спутников вокруг Земли равно 104 мин [20]. Система КУРС предназначена для мониторинга судов доплеровским методом. Несущая частота сигнала составляет 405 МГц.

Для работы суда должны быть оснащены ТСК, излучающими на частоте 405 МГц синусоидальные послылки длительностью около 1 с с периодом следования посылок 1 мин. В послыл-

ках передается цифровой идентификатор ТСК. Планируется производить ТСК, которые будут передавать в посылках короткие сообщения (от 6 до 10 байт). Бортовая аппаратура на спутниках после первичной обработки посылок ТСК будет передавать данные измеренной доплеровской частоты для определения координат судов на станциях приема и обработки информации (СПОИ).

Координационный центр системы будет производить сбор вычисленных координат судов и передавать их в центр мониторинга. На территории России будут расположены три СПОИ, в дальнейшем число их планируется увеличить. Большая высота орбиты спутников системы КУРС по сравнению с системой АРГОС позволит уменьшить необходимое число СПОИ. Координаты места ТСК (судна) будут определяться с СКП 1,2 км, если судно не имеет хода, и 6,6 км при скорости 15 уз. На средних широтах в течение суток координаты любого судна в Мировом океане определяются 4 раза, а на северных широтах 10 – 15 раз. Ввод в действие отечественной системы КУРС позволит на 70 % уменьшить средства, выделяемые в настоящее время центром мониторинга на оплату услуг системы АРГОС.

Глобальная спутниковая среднеорбитальная система связи и мониторинга ОДИССЕЙ. Спутниковая среднеорбитальная система связи ОДИССЕЙ, разработанная в США Международной компанией OTI (ODISSEY TELECOMUNICATION INTERNATIONAL), работает с 2005 г.

Система связи ОДИССЕЙ предназначена для работы в режиме телефонии, передачи данных (короткие сообщения), мониторинг обеспечивается на всей поверхности Земли. Орбитальная группировка состоит из 12 спутников, высота круговых орбит составляет 10354 км, число плоскостей орбит — три (разнос между долготами восходящих углов — 120°), число спутников в каждой плоскости — четыре, наклонение орбит — 50°. Период обращения спутников вокруг Земли — 6 ч. Число одновременно видимых спутников в рабочей зоне системы ОДИССЕЙ — два – четыре, при этом хотя бы один из спутников имеет угол места не менее 30°, гарантирующий надёжный радиоконтакт терминала пользователя со спутником.

Спутники системы оснащены антеннами с фазированными решётками, которые создают в подспутниковой зоне видимости 61 – 163 зональных пятен. По мере движения спутников на обслуживаемой территории формируется географически неподвижная сотовая структура пятен, геометрия этой структуры может меняться. Во время связи переключение с одного спутника на другой производится лишь тогда, когда угол места спутника становится менее 30°.

Терминалы системы работают не только со спутниками, но и в сотовых сетях стандартов GSM, TDMA, CTDMA, PH3, причём доступ к этим сетям является приоритетным. Вызов с терминала вначале поступает в адрес базовой станции сотовой сети и лишь в случае невозможности соединения с абонентом автоматически передаётся на спутник системы. При работе со спутником автоматически выбирается пара частот для дуплексной работы в одном из 61 зонального луча. Передача речи производится со скоростью 4,2 кбит/с, передача данных — 2,4 – 64 кбит/с.

Многостанционный доступ применен с временным, кодовым и частотным разделением — TDMA, CDMA, FDMA. Выделенная полоса частот в канале связи *абонент – спутник* равна 11,35 МГц, в канале *спутник – абонент* — 16,5 МГц. Район рабочей зоны системы одновременно обслуживается двумя спутниками, обеспечивая телефонную связь с 6 тыс. абонентов. Общее число обслуживаемых абонентов системой в перспективе — 9 млн. На рис. 17 приведен внешний вид терминалов системы ОДИССЕЙ. Выходная мощность передатчиков терминалов составляет 0,5 – 5 Вт, коэффициент усиления антенны — 2,5 дБ. Цена терминала составляет 350 – 1000 долл., размер абонентской платы — 25 долл., стоимость одной минуты телефонной связи — 0,75 долл.



Рис. 17. Внешний вид терминала системы ОДИССЕЙ

Мониторинг судов производится с помощью данных позиционирования приёмников ГНСС, передаваемых системой связи ОДИССЕЙ в центр мониторинга. Большой интервал времени между первым и последним отсчётом исключает возможность определения координат доплеровским методом с помощью одного спутника.

Глобальная спутниковая среднеорбитальная система связи и мониторинга АЙКО (ICO). Глобальная спутниковая среднеорбитальная система связи АЙКО (ICO — Intermediate Circular Orbit) разработана в США компанией GLOBAL COMMUNICATIONS. В названии системы слово Intermediate означает промежуточный, так как спутники ICO расположены на промежуточной высоте между высотами низкоорбитальных и среднеорбитальных спутниковых систем. Система АЙКО работает с 1996 г. ГУП «МОРСВЯЗЬСПУТНИК» (Россия) является одним из учредителей компании GLOBAL COMMUNICATIONS.

Система обеспечивает непрерывную работу в режимах телефония, передача данных на всей поверхности Земли обеспечивает:

- персональную связь;
- грузовые и морские перевозки;
- связь для учреждений.

Персональная связь предоставляется пользователям, находящимся вне помещений.

В состав орбитальной группировки спутников системы входит десять рабочих и два резервных спутника. Спутники расположены равномерно на двух взаимно-перпендикулярных круговых орбитах с наклоном 45° , высота орбит равна 11390 км, период обращения спутников вокруг Земли — 6 ч. Диаметр подспутниковой зоны близок к диаметру Земли и составляет 12890 км при угле места спутника $\beta = 10^\circ$. С любой точки земной поверхности в зоне видимости находятся два – четыре спутника. Максимальное время видимости спутника составляет 2 ч. Каждый спутник формирует 163 зональных луча, диаметр пятна на земной поверхности равен 813 км. Диапазон частот терминалов системы в направлении «вверх» равен 1980 – 2010 МГц, в направлении «вниз» — 2170 – 2200 МГц. Каждый спутник обеспечивает работу 4500 телефонных каналов, передаваемых на 750 несущих частотах с временным и кодовым уплотнением (шесть каналов на одну несущую частоту). ЦУС расположен в г. Аксбридже (Великобритания).

В наземный сегмент системы кроме ЦУС входит 12 УНС, которые расположены по всему миру и находятся в зоне видимости спутников. УНС объединены в наземную сеть INCONET. УНС связаны между собой кабелями с высокой пропускной способностью, передают вызовы абонентам в стандартные сети сотовой связи, сеть Интернет, через спутники системы АЙКО. Каждый вызов от абонента через спутник поступает в сеть INCONET, а затем через одну из УНС через спутник конечному пользователю [21].



Рис. 18. Внешний вид терминалов системы АЙКО

Терминалы системы имеют разные модификации. Выходная мощность терминалов — 6 – 10 Вт. На рис. 18 приведены внешние виды терминалов системы АЙКО. Система АЙКО решает задачи мониторинга с помощью приёмников ГНСС.

Обоснование выбора систем спутниковой связи на круговых орбитах для решения задачи мониторинга в северных широтах

В таблице (с. 202) приведены основные характеристики отечественных и зарубежных спутниковых систем связи и мониторинга. В нее включены системы, в которых спутники размещены на круговых орбитах. Здесь отсутствуют спутниковые системы связи со спутниками на эллиптических орбитах. В результате сравнения зарубежных и отечественных систем показано, что ИРИДИУМ и РОСТЕЛЕСАТ, ГЛОБАЛСТАР и СИГНАЛ, ОРБКОММ и ГОНЕЦ, АРГОС и КУРС близки по своим характеристикам друг к другу. Однако, несмотря на схожесть характеристик, существует серьезное различие между зарубежными и отечественными системами. Зарубежные системы являются действующими, а отечественные находятся в стадии развертывания сетей спутников, наземных узловых станций, серийного производства терминалов для разных потребителей.

Из приведенной таблицы можно сделать вывод, что разработчики систем связи со спутниками на круговых орбитах не пришли к единому мнению о том, на каких высотах целесообразно размещать спутники связи, т. е. разрабатываются как низкоорбитальные, так и среднеорбитальные системы спутниковой связи.

Если рассматривать спутниковые РНС, то существует единое мнение, что спутники глобальной РНС должны размещаться на круговых орбитах высотой около 20000 км. Такими системами являются ГЛОНАСС, GPS, ГАЛИЛЕО, КОМПАС. Любая из них обладает бесконечной пропускной способностью: по каждой из этих систем могут работать бесконечное число пользователей, не мешая друг другу. Спутниковые системы связи имеют конечную пропускную способность, поэтому одна любая система из числа рассматриваемых не может решить задачу связи для всего человечества. В России и за рубежом одновременно разрабатывается не одна, а несколько спутниковых систем связи. Однако такое положение могло бы кардинально измениться после завершения разработки TELEDESIC на 288 спутниках. Эта система почти с безграничной пропускной способностью может в будущем заменить другие спутниковые системы связи.

Из приведенных в таблице данных видно, что решение задачи непрерывного мониторинга и связи судов в северных широтах обеспечивают лишь несколько действующих систем. Системы ОРБКОММ, АРГОС, ГОНЕЦ, КУРС решают задачу мониторинга сеансами по расписанию.

Сравнительные характеристики спутниковых систем

Вид системы	Наименование системы	Число спутников в группировке	Число орбит	Высота орбиты, км.	Наклонение орбиты	Диаметр подспутниковой зоны, км	Режим работы ТЛФ, данные, монитор.	Число одновременно видимых спутников	Число зональных лучей	Диаметр зонального луча в подспутниковой зоне, км	Диапазон частот терминала, МГц.	Межспутниковая связь	Мониторинг на северных широтах более 70°
Вид системы	ИРИДИУМ	66 рабочих, 6 резервных	6	780	86,4°	5000, $\beta = 5^\circ$	ТЛФ, данные, монитор	3 – 4	48	650	1616,0 – 1625,5	Есть	Да, в любое время
	РОСТЕЛЕСАТ	91	7	700	82°	5000	ТЛФ, данные, монитор	Нет данных	37	Нет данных	1900 – 2100	Нет	Да, в любое время
	ГЛОБАЛСТАР	48 рабочих, 4 резервных	8	1414	52°	6670, $\beta = 5^\circ$	ТЛФ, данные, монитор	2 – 3	16	1920	1610,0 – 1626,5 «вверх» 2483,5 – 2500,0 «вниз»	Нет	Да, в любое время
	СИГНАЛ	48	4	1500	74°	6500	ТЛФ, данные, монитор	Нет данных	1, 3; 6	Нет данных	300 – 400 1500 – 1600	Нет	Да, в любое время
	ОРБКОММ	48	3	785		5200, $\beta = 5^\circ$	Данные (короткие сообщ.), монитор	1 – 2	Нет	Нет	168 – 150 «вверх» 137 – 138 «вниз»	Нет	Да, по расписанию
	ГОНЕЦ	24	2	1500	82,5°	6500	Данные, монитор	Нет данных	Нет	Нет	200 – 300	Нет	Да, по расписанию
	АРГОС	2	6	850	~90°	5500, $\beta = 5^\circ$	Монитор	1	Нет	Нет	401,065	Нет	Да, по расписанию
	КУРС	2	2	1000	~90°	6000	Данные, (короткие сообщ.), монитор	Нет данных	Нет	Нет	~ 405	Нет	Да, по расписанию
	TELEDESIC	288	12	Нет данных	Нет данных	Нет данных	ТЛФ, данные, монитор	Нет данных	Множество	50	28600 – 29100 «вверх» 18800 – 19300 «вниз»	Есть	Да, в любое время
	CELESTRI	63	7	1400	48°	6000	ТЛФ, данные, монитор	Нет данных	Множество	Нет данных	28600 – 29100 29500 – 30000 «вверх» 18800 – 19300 19700 – 20200 «вниз»	Есть	Да, в любое время
Квазирегулярно-орбитальные	ОДИССЕЙ	12	3	10354	50°	12800, $\beta = 10^\circ$	ТЛФ, данные (короткие сообщения), монитор	2 – 3	61 с переменной структуры	1500	1610,0 – 1626,5 «вверх» 2483,5 – 2500,0 «вниз»	Нет	Да, в любое время
	АЙКО	10 рабочих, 2 резервных	2	10390	45°	12890, $\beta = 10^\circ$	ТЛФ, данные (короткие сообщения), монитор	2 – 4	163	813	1980 – 2010,5 «вверх» 2171,5 – 2200,0 «вниз»	Нет	Да, в любое время

При организации сбора судовых данных в центрах мониторинга и решения задач связи целесообразно руководствоваться при выборе систем стоимостью сбора данных, оперативностью опроса сети судов, стоимостью терминалов и трафика связи. При выборе систем в базах данных центров мониторинга должны храниться идентификационные номера судовых терминалов.

Заключение

Сравнительный анализ зарубежных и отечественных спутниковых систем связи на круговых орбитах показал, что задача мониторинга и связи судов на северных широтах в настоящее время может эффективно решаться в национальном центре мониторинга «Виктория» с помощью системы ИРИДИУМ, а в региональных центрах — с помощью систем АРГОС, КУРС, ОРБКОММ и ГОНЕЦ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Новак А. Э.* Мониторинг объектов в условиях Крайнего севера / А. Э. Новак // European research. — 2015. — № 10 (11). — С. 61–62.
2. Автоматизированные системы мониторинга судоходства / А. Н. Маринич, И. Г. Проценко, В. Ю. Резников, Ю. М. Устинов, А. Р. Шигабутдинов; под общ. ред. Ю. М. Устинова. — СПб.: Судостроение, 2003. — 248 с.
3. *Припотнюк А. В.* Три метода определения координат при мониторинге судов / А. В. Припотнюк, А. Н. Маринич, Ю. М. Устинов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 4 (26). — С. 21–25.
4. *Ильин А. А.* Цифровые терминалы спутниковых систем связи. Справочное издание / А. А. Ильин, А. Н. Маринич, А. В. Припотнюк, Ю. М. Устинов / под общ. ред. Ю. М. Устинова — М. — СПб.: Деан, 2005. — 192 с.
5. *Устинов Ю. М.* Анализ современного состояния судовых средств связи и спасания / Ю. М. Устинов, А. В. Припотнюк, А. И. Кулинич // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 2 (36). — С. 166–174.
6. *Андрюшечкин Ю. Н.* К вопросу использования современных информационных технологий для обеспечения безопасности судоходства на внутренних водных путях России / Ю. Н. Андрюшечкин, В. В. Каретников, А. П. Яснов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 2 (30). — С. 208–213.
7. *Кулинич А. И.* Передача данных позиционирования судов в северных широтах с помощью спутниковых систем связи на круговых и эллиптических орбитах для решения задач мониторинга / А. И. Кулинич // Вестник Камчатского государственного технического университета. — 2012. — № 22. — С. 14–18.
8. *Кузовников А. В.* Проблемы развития низкоорбитальной многофункциональной системы персональной спутниковой связи «Гонец-Д1М» / А. В. Кузовников, Н. А. Тестоедов, В. А. Агуреев // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева. — 2013. — № 6 (52). — С. 158–163.
9. *Кулинич А. И.* Мониторинг судов на северных широтах с помощью терминалов ИНМАРСАТ-С и ИНМАРСАТ-D+ путём использования модифицированной квазистационарной орбиты системы связи ИНМАРСАТ / А. И. Кулинич, А. Н. Маринич, А. В. Припотнюк, Ю. М. Устинов // Спутниковые технологии и бизнес. — 2013. — Декабрь. — С. 8–12.
10. Спутниковые телефоны Иридиум [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.tecckom.com/iridium_index.php (дата обращения — 09.10.16).
11. Система глобальной спутниковой связи Иридиум (Iridium) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.satinfo.ru/iridium_spec.php (дата обращения — 09.10.16).
12. Сигналы со спутника ORBCOMM [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.radioscanner.ru/forum/topic22977.html> (дата обращения — 09.10.16).

13. *Vessel Tracking* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.orbcomm.com/en/industries/maritime/vessel-tracking> (дата обращения — 09.10.16).
14. Argos [Электронный ресурс]: Официальный сайт. — Режим доступа: www.argos-system.com (дата обращения — 09.10.16).
15. Argos-tools [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.gis-lab.info/programs/argos9/index-rus.html (дата обращения — 09.10.16).
16. Принцип работы асинхронного спутникового интернета [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://cosmolink.ru/princip_raboty_spytnikovogo_interneta/princip_raboty_asinhronnogo_spytnikovogo_interneta.html (дата обращения — 09.10.16).
17. GPS [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.gps.gov/systems/gps (дата обращения — 16.10.16).
18. Дятлов А. П. Системы спутниковой связи с подвижными объектами: учеб. пособие / А. П. Дятлов. — Ч. 1. — Таганрог: ТРТУ, 1997. — 95 с.
19. Space and Tech [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.spaceandtech.com (дата обращения — 09.10.16).
20. Sturza M. A. Teledesic satellite system overview. [Электронный ресурс] / M. A. Sturza, F. Ghazvinian. — Режим доступа: <http://www.3csysco.com/Pubs/Teledesic%20Satellite%20System%20Overview.pdf> (дата обращения — 16.10.16).
21. Попова И. Курс — на персонализацию // Connect! Мир Связи [Электронный ресурс] / И. Попова. — Режим доступа: <http://www.connect.ru/article.asp?id=5086> (дата обращения — 09.10.16).

MONITORING OF SHIPS ALONG THE NORTHERN SEA ROUTE USING SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

The article discusses the use of satellite systems for monitoring vessels in high latitudes. It is shown that the increasing role of the Arctic in the economy necessitates a reliable and uninterrupted connection control the position of the courts. Given the challenges facing traditional high-frequency communications at high latitudes. Expresses assumptions about the need to use satellite communication, an alternative to INMARSAT. It is shown that the current state of monitoring systems based on the capabilities of VICTORIA with the use of communication systems INMARSAT and ARGOS. Overall assessment of the medium-altitude earth orbit and low-orbit satellite communication systems with circular orbits for the monitoring objectives. Compares and contrasts the systems for energy, the coverage area, the number of satellites in the system bandwidth and contact time. here are analyzed the characteristics of low-orbit satellite systems IRIDIUM, GLOBALSTAR, ORBKOMM, ARGOS, TELEDISIC, CELESTRI, domestic systems ROSTELESAT, SIGNAL, MESSENGER, COURSE, medium-altitude earth orbit systems ODYSSEUS and AIKO. The characteristics and appearance of terminal systems, the materials on the use of targeted zonal beams, the exchange of information on satellites and inter-satellite exchange in some cases. Based on the analysis of the comparative table of characteristics of communication systems. Formulated the conclusion about the possibility of using systems for monitoring, either continuously or on schedule. It is proposed to use the satellite system ARGOS, COURSE, ORBKOMM and MESSENGER as an alternative system for monitoring ships in the Arctic and along the Northern sea route in connection with impossibility to use the INMARSAT system.

Keywords: satellite communication, monitoring, Northern sea route, terminals, zonal rays, monitoring centre.

REFERENCES

1. Novak, A. "Monitoring of objects in the conditions of Far North." *European research* 10(11) (2015): 61–62.
2. Marinich, A. N., I. G. Procenko, V. Ju. Reznikov, Ju. M. Ustinov, and A. R. Shigabutdinov, editors. *Avtomatizirovannye sistemy monitoringa sudohodstva*. SPb.: Sudostroenie, 2003.
3. Pripotnjuk, A. V., A. N. Marinich, and Ju. M. Ustinov. "Three methods of determination of coordinates when monitoring vessels." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(26) (2014): 21–25.
4. Ilin, A. A., A. N. Marinich, A. V. Pripotnjuk, and Ju. M. Ustinov. *Cifrovye terminaly sputnikovyh sistem svyazi. Spravochnoe izdanie*. SPb.: Dean, 2005.

5. Ustinov, Yury Matveevich, Andrey Vladimirovich Pripotnyuk, and Andrey Ivanovich Kulinich. "Analysis of the current state of ship communications and rescue equipment." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 2(36) (2016): 166–174.
6. Andrushechkin, Ju. N., V. V. Karetnikov, and A. P. Jasnov. "On the question of the use of modern information technology for navigation safety on inland Russian waterways." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 2(30) (2015): 208–213.
7. Kulinich, A. I. "Data transmission of vessels positioning in northern latitudes by means of satellite communication systems in circular and elliptic orbits for the decision of monitoring problems." *Bulletin of Kamchatka State Technical University* 22 (2012): 14–18.
8. Kuzovnikov, A. V., N. A. Testodov, and V. A. Agureev. "Problems of development of low-orbit multifunctional personal satellite communication system «Gonets-DIM»." *Vestnik SibGAU* 6(52) (2013): 158–163.
9. Kulinich, A. I., A. N. Marinich, A. V. Pripotnjuk, and Ju. M. Ustinov. "Monitoring sudov na severnyh shirotah s pomoshhju terminalov INMARSAT-S i INMARSAT-D+ putjom ispolzovaniya modifitsirovannoj kvazistacionarnoj orbity sistemy svyazi INMARSAT." *Sputnikovytehnologii i biznes* December (2013): 8–12.
10. Sputnikovytefony Iridium. Web. 9 Oct. 2016 <www.teccom.com/iridium_index.php>.
11. Sistema globalnoj sputnikovoj svyazi Iridium (Iridium). Web. 9 Oct. 2016 <www.satinfo.ru/iridium_spec.php>.
12. Signaly so sputnika ORBCOMM. Web. 9 Oct. 2016 <<http://www.radioscanner.ru/forum/topic22977.html>>.
13. Vessel Tracking. Web. 9 Oct. 2016 <<http://www.orbcomm.com/en/industries/maritime/vessel-tracking>>.
14. Argos. Web. 9 Oct. 2016 <www.argos-system.com>.
15. Argos-tools. Web. 9 Oct. 2016 <www.gis-lab.info/programs/argos9/index-rus.html>.
16. Princip raboty asinhronnogo sputnikovogo internet. Web. 9 Oct. 2016 <http://cosmolink.ru/princip_raboty_spytnikovogo_interneta/princip_raboty_asinhronnogo_spytnikovogo_interneta.html>.
17. GPS. Web. 16 Oct. 2016 <www.gps.gov/systems/gps>.
18. Djatlov, A. P. *Sistemy sputnikovoj svyazi s podvizhnymi obektami: Uchebnoe posobie*. Ch. 1. Taganrog: TRTU, 1997.
19. Space and Tech. Web. 9 Oct. 2016 <www.spaceandtech.com>.
20. Sturza, M. A., and F. Ghazvinian. "Teledesic satellite system overview." Web. 16 Oct. 2016 <www.3csysco.com/Pubs/Teledesic%20Satellite%20System%20Overview.pdf>.
21. Popova, I. "Kurs - na personalizaciju." *Connect! Mir Svyazi*. Web. 9 Oct. 2016 <<http://www.connect.ru/article.asp?id=5086>>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Маринич Александр Николаевич —
кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
amarinich@mail.ru
Припотнюк Андрей Владимирович —
инструктор МУТЦ, методист направления ГМССБ.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
apripotnyuk@mts.spb.su, kaf_tsn@gumrf.ru
Устинов Юрий Матвеевич —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
kaf_tsn@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Marinich Aleksandr Nikolaevich —
PhD, associate professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
amarinich@mail.ru
Pripotnyuk Andrey Vladimirovich —
instructor of Makarov training centre.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
apripotnyuk@mts.spb.su
Ustinov Yury Matveevich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
kaf_tsn@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 24 октября 2016 г.