

УДК 621.396.988

ГЛОНАСС в Арктике: результаты комплексного исследования навигационной обстановки при переходе по Северному морскому пути в августе—сентябре 2011 г.

А. А. Бермишев, кандидат технических наук,
В. Л. Лапшин,
С. Г. Ревников, кандидат технических наук

Информационно-аналитический центр
координатно-временного и навигационного обеспечения (ИАЦ КВНО)
Центрального научно-исследовательского института машиностроения

В статье рассматриваются основные результаты эксперимента по исследованию навигационной обстановки в высоких северных широтах при переходе пограничного патрульного судна в 2011 г. из Мурманска в Невельск (о. Сахалин).

Основные задачи эксперимента: тестирование отечественных и зарубежных образцов навигационной аппаратуры потребителей (НАП), в том числе с использованием дифференциального режима навигации, оценка точности построения траекторий движения судна на основании апостериорной обработки данных различных двухчастотных ГЛОНАСС/GPS приемников, оценка реальной навигационной обстановки в процессе перехода, отработка технологии обмена данными между кораблем и ИАЦ КВНО.

В эксперименте участвовали более десяти образцов навигационной аппаратуры. Тестируемые образцы навигационной аппаратуры работали в различных режимах навигации — по глобальным навигационным спутниковым системам (ГНСС) ГЛОНАСС, GPS и в совместном режиме ГЛОНАСС + GPS, а также с использованием дифференциального режима навигационных определений.

Приводятся результаты по оценке точности позиционирования образцов НАП в их различных режимах функционирования, а также результаты по оценке качества навигационной обстановки при использовании ГНСС ГЛОНАСС и GPS.

Ключевые слова: спутниковая навигация в высоких северных широтах, оценка точности позиционирования при использовании дифференциального режима навигационных определений, локальные сети контрольно-корректирующих станций.

Поступила в редакцию 07.11.2012

Эксперимент по исследованию навигационной обстановки в высоких Северных широтах при переходе по Северному морскому пути (СМП) был организован Информационно-аналитическим центром координатно-временного и навигационного обеспечения Центрального научно-исследовательского института машиностроения при содействии Департамента береговой охраны Пограничной службы ФСБ России и проводился в августе-сентябре 2011 г. при переходе корабля из Мурманска по Северному морскому пути до Петропавловска-Камчатского и далее до Невельска (о. Сахалин). В эксперименте в качестве поставщиков образцов навигационной аппаратуры участвовали разработчики навигационной аппа-

ратуры: ОАО РИРВ, ОАО «Ижевский радиозавод», ОАО НИИ КП, ЗАО КБ НАВИС, ООО «Радио Комплекс», JAVAD GNSS, а также ООО «Навгеоком» и ООО НПЦ «Технологическая лаборатория».

Переход проводился на пограничном патрульном судне ПС-824. Начало перехода — 28 августа 2011 г., окончание — 15 сентября 2011 г., длительность перехода — 18 сут, пройденное расстояние — 10 000 км. На рис. 1 представлена фотография патрульного судна ПС-824 на стоянке в Авачинской бухте (Петропавловск-Камчатский).

Основные цели проводимого эксперимента:

- оценка реальной навигационной обстановки вдоль трасс СМП, а также вдоль дальневосточного побережья России;



Рис. 1. Патрульное судно PS-824

- тестирование отечественных и зарубежных образцов НАП в различных режимах навигации, в том числе в дифференциальном;
- отработка технологии построения контрольной траектории на основании апостериорной обработки данных различных двухчастотных (L1, L2) ГЛОНАСС/GPS-приемников с оценкой точности;
- отработка технологии обмена данными между кораблем и ИАЦ КВНО, а также диспетчерским центром КБ НАВИС в С.-Петербурге.

Проводившийся эксперимент в известной степени был повторением эксперимента по исследованию навигационной обстановки при переходе по СМП двух кораблей Пограничной службы ФСБ России — «Магаданца» и «Карелии» в августе 2006 г., также организованного ИАЦ КВНО при содействии Департамента береговой охраны ФСБ России. Однако по сравнению с экспериментом 2006 г. значительно изменились навигационные условия проведения эксперимента:

- произведено восполнение орбитальной группировки спутников ГНСС ГЛОНАСС до практически полного состава — 23 «рабочих» космических аппарата;
- значительно расширился парк НАП, работающей по сигналам спутников ГЛОНАСС/GPS, происходит постоянное повышение ее точностных характеристик;
- значительно увеличилось количество расположенных вдоль трасс СМП контрольно-корректирующих станций (ККС) для передачи дифференциальных поправок.

Важным стимулом к проведению данного эксперимента является повышенное внимание к вопросам использования спутниковой навигации на основе системы ГЛОНАСС со стороны президента и правительства России. В связи с предстоящим интенсивным возобновлением судоходства по



Рис. 2. Судовой приемоиндикатор ГНСС ГЛОНАСС/GPS со встроенным приемником дифференциальной поправки РК-2006мк2 («Радио Комплекс»)



Рис. 3. Навигационная аппаратура со встроенным приемником дифференциальных поправок и функциями управления внешними комплексами и системами связи для целей мониторинга и информационно-навигационного обеспечения речных и морских судов SH-5703 (КБ НАВИС)

СМП исследование вопросов спутниковой навигации в высоких северных широтах приобретает особое значение.

На рис. 2—11 представлены фотографии навигационной аппаратуры, участвовавшей в эксперименте.

Главным назначением двухчастотных приемников был круглосуточный сбор «сырой» измерительной информации. По данным этих измерений с использованием нескольких вариантов программного обеспечения строились траектории движения фазовых центров антенн (ФЦА) этих приемников, представляющие собой набор декартовых или геодезических координат, привязанных к моментам времени. При построении траекторий движения ФЦА дополнительно использовались измерения двухчастотных приемников ближайших к трассе перехода опорных станций международной сети IGS и др.

Для построения траекторий движения ФЦА использовались программные продукты «Topcon Tools» («Topcon»), «Justin» и «Giodis» («Javad»), «Koordinator» и «Traektor» (ИАЦ КВНО), «Leica GeoOffice» («Leica»). При обработке данных производилась настройка опций программного обеспечения для достижения наиболее высокой точности.

Контрольная траектория определялась по совокупности траекторий движения ФЦА двухчастотных ГЛОНАСС/GPS-приемников с помощью специально разработанного алгоритма, учитывающего точность построения каждой траектории и реальные расстояния между антеннами на антенной площадке.

На основании обработки измерений, полученных в период стоянки в Мурманске 26—28 августа 2011 г., были определены оценки точности построения траекторий движения ФЦА всех двухчастотных приемников. Дополнительными исходными данными для этого являлись измерения с пунктов сети IGS — VARS (Вардё, Норвегия), TRO (Тромсё, Норвегия) и SVTL (Светлое, Ленинградская область). На первом этапе определялись контрольные координаты ФЦА, а также точность этих координат. Обработка данных производилась в режиме «Статика» с последующим осреднением полученных данных.

На втором этапе по тем же исходным данным производился расчет координат ФЦА, но уже в режиме «Кинематика», который в дальнейшем использовался для построения траекторий движений ФЦА. Далее производилась оценка точности «кинематических» данных решений относительно контрольных координат, которая составила 40—80 см (RMS).

Для одночастотных образцов тестируемых приемников оцениваемыми параметрами являлись ошибки позиционирования в плане и по высоте. Использовались общепринятые статистические характеристики ошибок, в том числе среднее значение, стандартное отклонение, RMS, вероятная круговая ошибка (СЕР).



Рис. 4. Персональный навигатор ГЛОНАСС/GPS HT-1813 (РИРВ)



Рис. 5. Аварийно-спасательный радиомаяк ПАРМ-406А (НИИ КП)



Рис. 6. Геодезический приемник ГЛОНАСС/GPS «Изыскание» (РИРВ)



Рис. 7. 16-канальный ГЛОНАСС/GPS-приемник «Аква-борт-12», предназначенный для использования в морском и речном судоходстве (РИРВ)



Рис. 8. Геодезический приемник «Viva GS10» («Leica»)



Рис. 9. Геодезический приемник «Triumph V.S.» («Javad»)



Рис. 10. Геодезический приемник «Sigma» («Javad»)



Рис. 11. Одночастотный 24-канальный ГЛОНАСС/GPS-приемник МНП-М7 производства Ижевского радиозавода

Последовательность действий при вычислении статистических характеристик ошибок позиционирования НАП:

1. Разбивка по группам NMEA-сообщений каждого НАП по типам режимов функционирования — ГЛОНАСС, GPS, ГЛОНАСС+GPS, абсолютный режим, дифференциальный режим при работе по каждой ККС.

2. Сравнение результатов позиционирования каждой группы каждого НАП с координатами контрольной траектории в синхронные моменты времени, вычисление невязок между результатами позиционирования НАП и координатами контрольной траектории с учетом введения поправок из-за разнесения антенн.

3. Вычисление статистических характеристик для каждой группы невязок.

Экспериментально полученные точности в основном подтверждают точности позиционирования, заявленные в эксплуатационных документах на НАП. Все НАП продемонстрировали уверенную работу в режиме ГЛОНАСС. Как и следовало ожидать, точность позиционирования в режиме ГЛОНАСС пока несколько хуже, чем в режиме GPS, но уже вполне соизмерима с последней. Все особенности работы НАП и полученные оценки точности переданы разработчикам аппаратуры.

Важный практический результат эксперимента — получение оценок точности позиционирования при использовании дифференциального режима навигационных определений. Согласно определению данного метода точность навигации должна существенно повышаться по сравнению с абсолютным режимом навигационных определений за счет использования корректирующей информации (КИ), которая передается по радиоканалам в зоне действия ККС. В данном эксперименте три приемника были настроены на прием корректирующей информации с автоматическим выбором ККС.

На рис. 12 показана траектория движения корабля и расположенные вдоль нее российские ККС. Участки траектории, выделенные синим цветом, соответствуют работе хотя бы одного из НАП в дифференциальном режиме, красным цветом — в абсолютном режиме, кругами отмечены номинальные зоны действия ККС.

В табл. 1 представлена информация о российских ККС, расположенных вдоль трассы движения корабля. Желтым цветом помечены ККС, от которых принималась КИ. В качестве фактической дальности действия указана максимальная дальность, на которой хотя бы один из тестируемых НАП принимал КИ. Красным цветом выделены не подтвержденные при переходе данные.

На рис. 13 представлено поведение ошибки позиционирования в плане за все время перехода для НАП № 1. Красный цвет соответствует работе приемника в абсолютном режиме, синий и голубой цвета — работе в дифференциальном режиме, цифры в квадратах на желтом фоне представляют номер ККС. Можно сделать вывод, что использование КИ от ККС № 9, 3, 50, 54 и 62 повышает

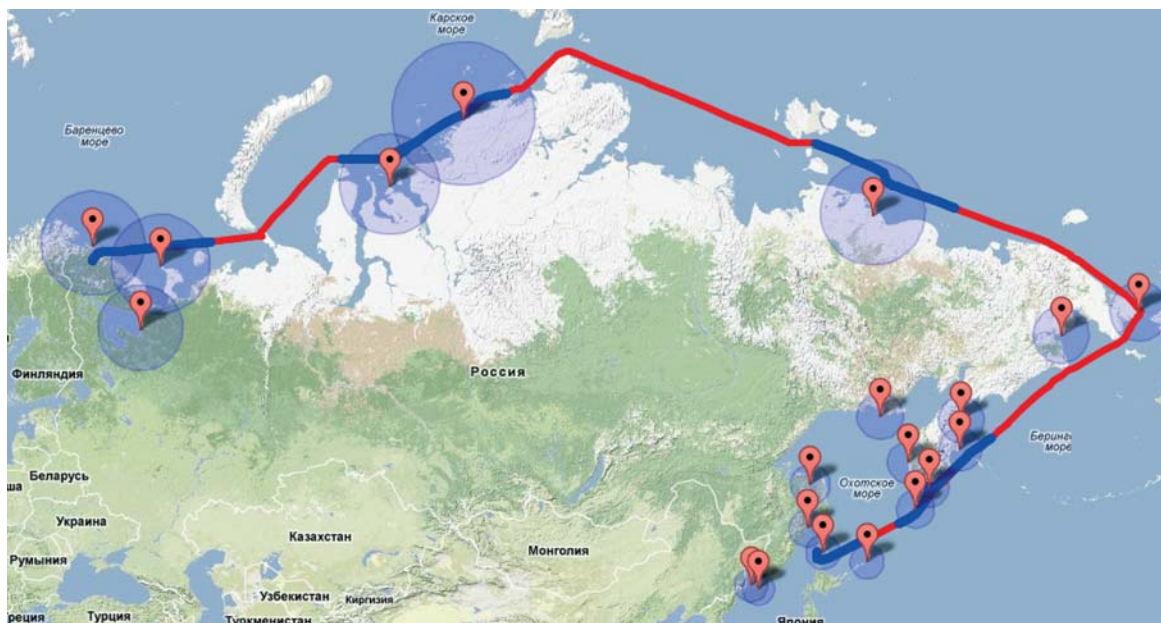


Рис. 12. Расположение российских ККС вдоль трассы перехода

Таблица 1. Информация о российских ККС

Идентификационный номер	Название станции	Широта	Долгота	Частота передачи КИ, КГц	Номинальная/фактическая дальность действия, км	Принадлежность
9	Цыпнаволоцкий	69°44,0'N	33°06,1'E	315,0	300 (424)	ВМФ
3	Мудьюгский	64°55,0'N	40°14,0'E	313,5	300	ВМФ
4	Канинский	68°39,0'N	43°17,0'E	284,5	300 (328)	ВМФ
24	Остров Олений	72°36,0'N	77°39,0'E	294,5	250 (269)	ГПП *
7 (3)	Мыс Стерлигова	75°23,0'N	88°45,0'E	324,5 (318,5)	300 (397)	ГПП
29	Река Индигирка	71°16,0'N	150°16,0'E	318,5 (324,5)	280 (453)	ГПП
59/73	Дежнева	66°01'N	169°43'W	309,0/296,0	200	ВМФ
61/75	Русская Кошка	64°34,0'N	178°33,0'E	313,0/293,5	200	ВМФ
57/71	Карагинский	58°33,0'N	163°33,0'E	301,5/305,5	200 (367)	ВМФ
52/66	Африка	56°11'N	163°21'E	285,0/310,5	200 (93)	ВМФ
55/69	Алевина	58°50,0'N	151°21,0'E	300,0/308,0	200	ВМФ
60/74	Крутогорова	55°05,0'N	155°35,0'E	312,5/295,5	200	ВМФ
50/64	Петропавловский	52°53,0'N	158°42,0'E	283,5/314,0	200 (476)	ВМФ
54/68	Лопатка	50°52,0'N	156°40'0 E	299,5/307,5	200 (276)	ВМФ
63/77	Ван-дер-Линда	45°35,0'N	149°24,0'E	315,0/284,5	200	ВМФ
56/70	Красное	53°06,8'N	140°52,3'E	301,0/292,5	200	ВМФ
51/65	Красный Партизан	48°59,0'N	140°23'E	284,0/314,5	200 (512)	ВМФ
62/76	Корсаковский	46°37,0'N	142°48,0'E	313,5/286,0	200 (457)	ВМФ
58	Поворотный	42°40,0'N	133°02,0'E	306,5	200	ВМФ
53/67	Басаргина	43°03,0'N	131°57,0'E	285,5/308,5	200	ВМФ

* ГПП — ФГУП «Гидрографическое предприятие».

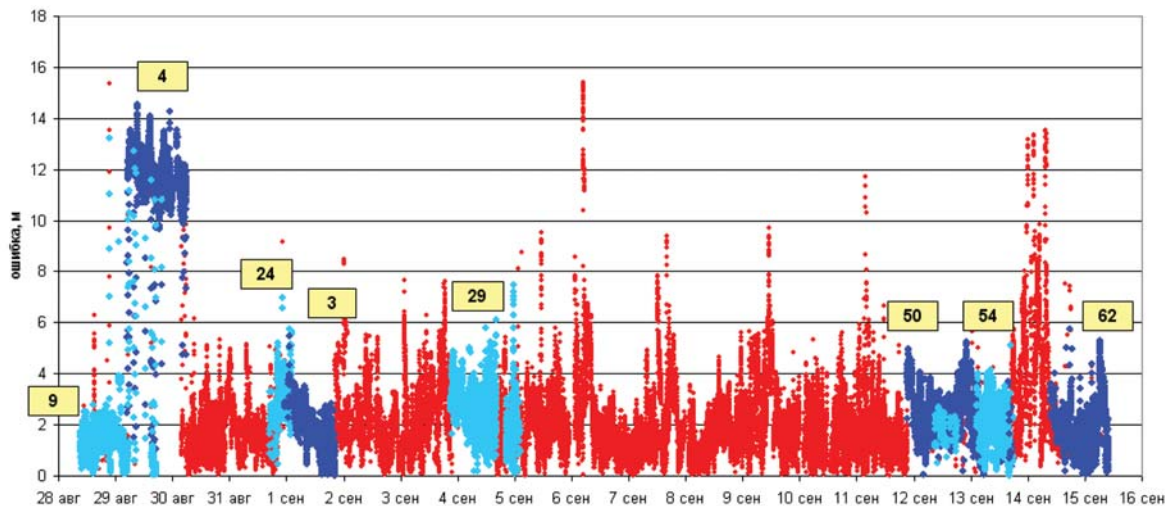


Рис. 13. Поведение ошибки позиционирования в плане для НАП № 1 за все время перехода

точность позиционирования данного НАП, использование КИ от ККС № 24 и 29 практически не влияет на точность позиционирования, а использование КИ от ККС № 4 ухудшает этот показатель.

На рис. 14 представлены итоговые характеристики точности позиционирования в плане при приеме КИ от российских ККС. Приведены данные по трем НАП с условными номерами 1 (верхняя диаграмма), 2 (средняя диаграмма) и 3 (нижняя диаграмма). Крайний левый столбец на каждой диаграмме соответствует работе НАП в абсолютном режиме. Остальные столбцы характеризуют ошибку в плане при приеме КИ от конкретной ККС. Номера ККС обозначены по оси абсцисс. Столбцы на диаграммах, соответствующие работе одной и той же ККС с разными НАП, расположены строго друг под другом. Это позволяет получить общее наглядное представление о работе представленных НАП в дифференциальном режиме по российским ККС за весь переход.

На основании проведенных исследований можно сделать некоторые выводы об эффективности использования российских ККС. Следует отметить, что буквальная оценка работы ККС по приведенным данным не совсем корректна, поскольку на фактор «абсолютный режим / дифференциальный режим» накладывался фактор принудительного перевода НАП в работу по сигналам различных ГНСС. Также влияют индивидуальные особенности самих НАП.

Анализ показывает, что с учетом изложенного можно утверждать, что в большинстве случаев приемники, получая КИ от российских ККС, показывали лучшую точность, чем в абсолютном режиме. Достаточно определенно об этом можно говорить для ККС № 3, 50, 54, 62.

Повышенный уровень ошибок при работе по сигналам ККС № 4 (Канинский) вызван тем, что во время перехода данная ККС еще не была введена в штатную эксплуатацию.

Ухудшение точности при использовании корректирующей информации от ККС № 24, располо-

женной на мысе Олений и принадлежащей ГПП, наблюдалось и в 2006 г. в работе судового приемника МТ-102 (РИРВ) при переходе по Северному морскому пути пограничного сторожевого корабля «Карелия». В то время эта ККС была единственной работавшей на побережье Северного Ледовитого океана.

Повышенный уровень ошибок НАП № 3 при работе с ККС № 50 и 62 в значительной степени объясняется особенностями алгоритма обработки измерений, реализованным в этом приемнике, из-за которого ошибки позиционирования данного НАП резко возрастали после смены режима движения судна. Такая смена режима движения имела место в периоды, когда НАП № 3 принимал КИ от указанных ККС.

Оснащение побережий Северного Ледовитого и Тихого океанов локальными сетями ККС является важной задачей, поскольку имеется ряд приложений, требующих высокой точности позиционирования, которая не обеспечивается в абсолютном режиме позиционирования. Поэтому необходимо разобраться, почему, как показал эксперимент, сигналы от ККС в ряде случаев не улучшают (и даже ухудшают) точность позиционирования навигационной аппаратуры. Возможно, для этого потребуются дополнительные экспериментальные исследования.

Расчетные характеристики навигации с использованием сигналов спутниковых навигационных систем для трассы перехода по Северному морскому пути в августе-сентябре 2011 г. получены на основе официальных альманахов ГНСС ГЛОНАСС и GPS с учетом состояния спутников и координат корабля. Использовались следующие характеристики качества навигационной обстановки:

- количество видимых спутников ГЛОНАСС при угле места $\geq 5^\circ$;
- геометрические факторы PDOP, HDOP и VDOP для ГНСС ГЛОНАСС, характеризующие полную точность позиционирования PDOP, точность позиционирования в плане HDOP и по высоте VDOP;

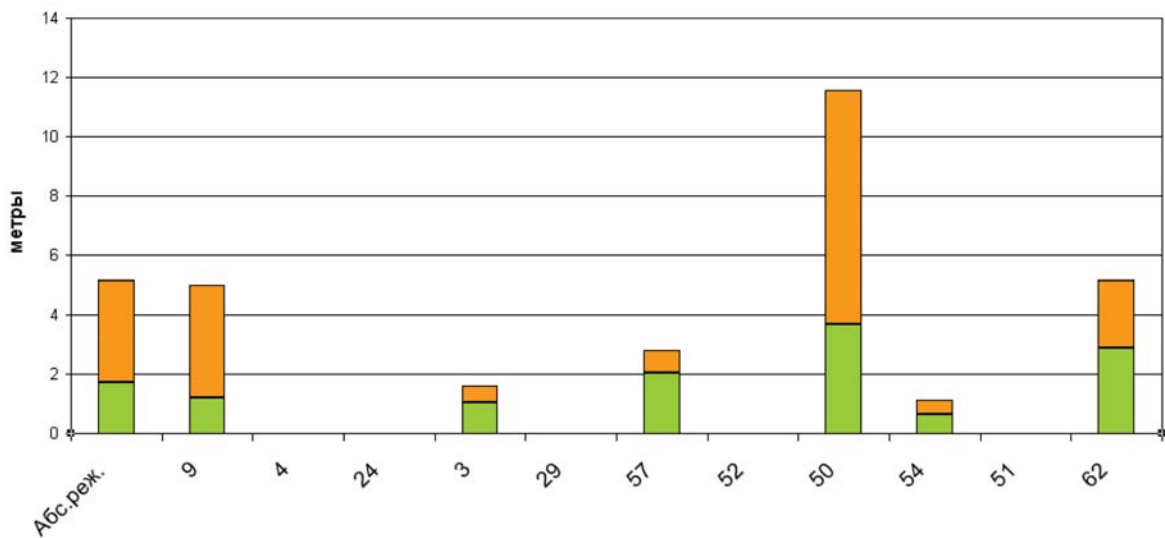
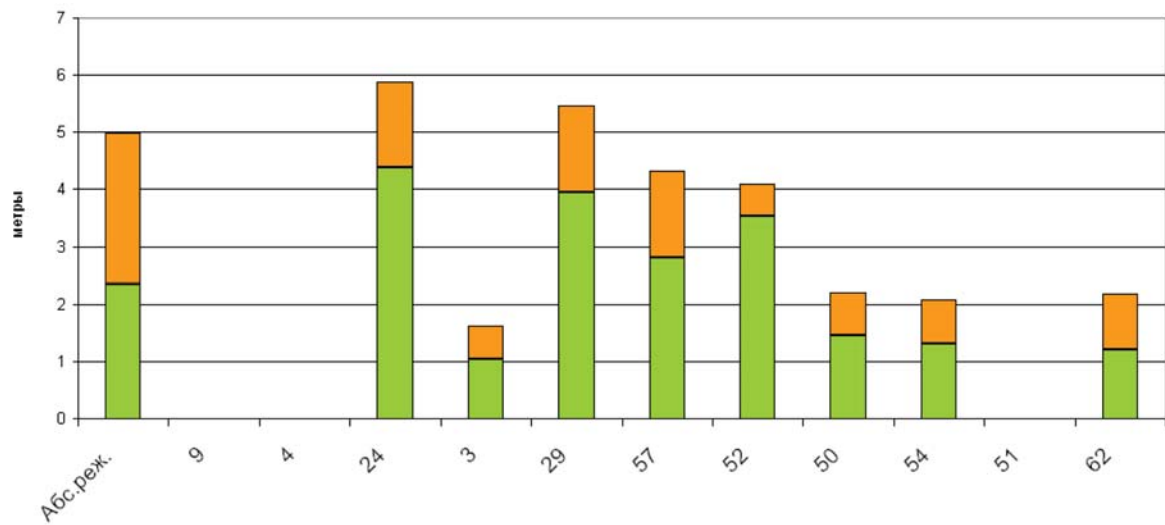
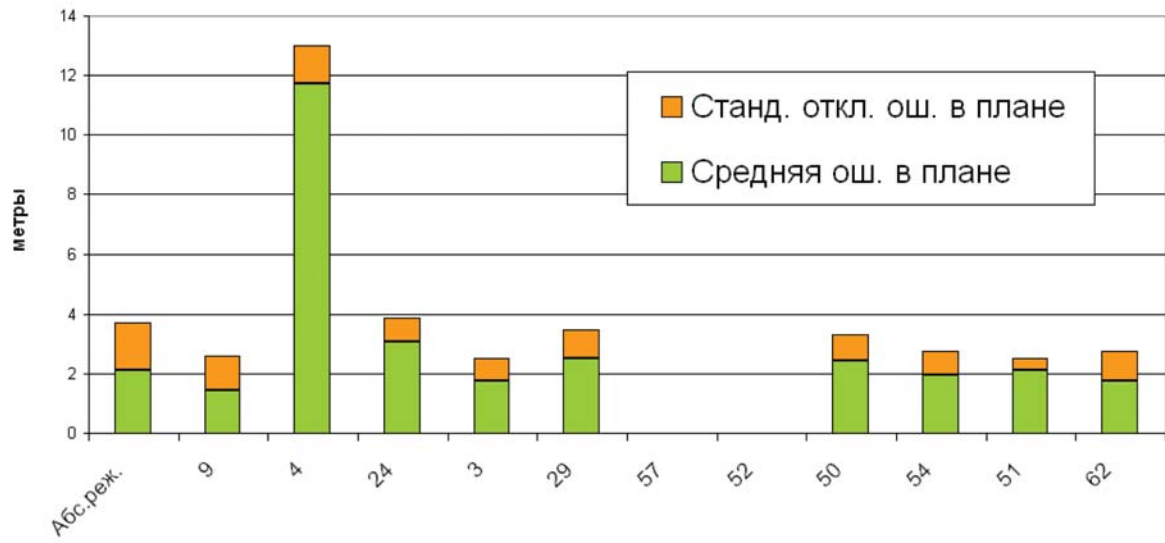


Рис. 14. Точность позиционирования НАП № 1–3 при работе с российскими ККС

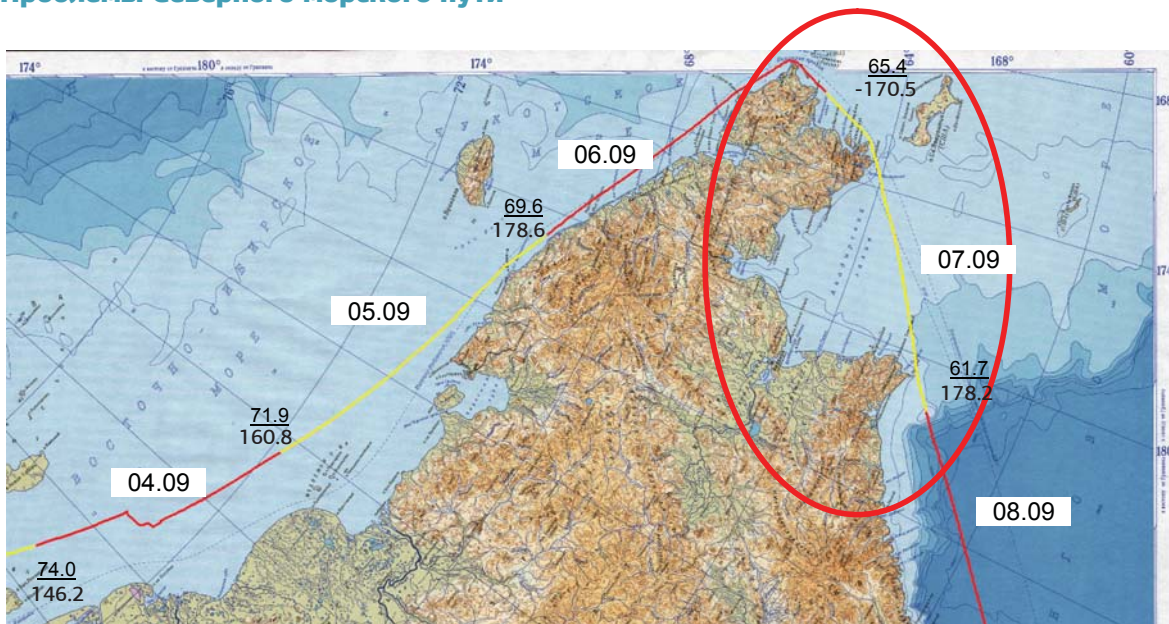


Рис. 15. Область ухудшения качества навигации при использовании ГНСС ГЛОНАСС

- количество видимых спутников GPS при угле места $\geq 5^\circ$;
- геометрические факторы PDOP, HDOP и VDOP для ГНСС GPS.

В соответствии с принятой терминологией фактор HDOP (Horizontal Dilution of Precision) обозначает снижение точности в горизонтальной плоскости, VDOP (Vertical Dilution of Precision) — снижение точности в вертикальной плоскости, а PDOP (Position Dilution of Precision) — снижение точности по местоположению.

В табл. 2 приведены диапазоны изменения геометрического фактора и классификация ожидаемых точностей позиционирования.

В табл. 3 приведены сравнительные характеристики качества навигации по ГНСС ГЛОНАСС и GPS — средние, минимальные и максимальные значения количества видимых спутников и геометрических факторов в течение суток в период с 29 августа 2008 г. по 9 сентября 2011 г.

На основании анализа представленных данных можно сделать вывод, что условия навигации

Таблица 2. Диапазоны изменения геометрического фактора и классификация ожидаемых точностей позиционирования

Значение DOP	Точность	Описание
≤ 1	Идеальная	Рекомендуется к использованию в системах, требующих максимально возможной точности во все время работы
2—3	Отличная	Достаточная точность для использования результатов измерений в достаточно чувствительной аппаратуре и программах
4—6	Хорошая	Рекомендуемый минимум для принятия решений по полученным результатам. Результаты могут быть использованы для достаточно точных навигационных указаний
7—8	Средняя	Результаты можно использовать в вычислениях, однако рекомендуется озаботиться повышением точности, например, выйти на более открытое место
9—20	Ниже среднего	Результаты могут использоваться только для грубого приближения местоположения
21—50	Плохая	Выходная точность ниже половины футбольного поля. Обычно такие результаты должны быть отброшены

Таблица 3. Сравнительные характеристики качества навигации

ГНСС	Дата	Количество видимых спутников			HDOP			VDOP			PDOP		
		среднее	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное
ГЛОНАСС	29.08.11	8,62	6	11	0,97	0,73	1,51	1,58	1,00	2,78	1,86	1,24	3,16
GPS		10,96	8	14	0,82	0,65	1,39	1,56	1,04	2,95	1,77	1,24	3,20
ГЛОНАСС	30.08.11	8,63	6	12	0,97	0,71	1,57	1,58	0,94	2,67	1,86	1,18	2,99
GPS		10,98	8	14	0,82	0,64	1,29	1,58	1,04	2,52	1,78	1,22	2,83
ГЛОНАСС	31.08.11	8,68	6	12	0,95	0,72	1,37	1,56	0,95	2,66	1,83	1,19	2,93
GPS		10,97	7	14	0,81	0,63	1,37	1,65	1,10	2,98	1,84	1,34	3,28
ГЛОНАСС	01.09.11	8,65	6	11	0,95	0,73	1,44	1,58	1,01	2,73	1,85	1,25	2,96
GPS		11,4	8	14	0,77	0,63	1,06	1,62	1,14	2,52	1,79	1,32	2,69
ГЛОНАСС	02.09.11	8,49	6	11	0,96	0,74	1,33	1,62	1,01	2,77	1,88	1,25	3,01
GPS		11,5	8	14	0,78	0,62	1,21	1,64	1,17	3,14	1,82	1,36	3,37
ГЛОНАСС	03.09.11	8,75	6	11	0,95	0,74	1,34	1,58	1,01	2,72	1,85	1,25	2,98
GPS		11,38	9	14	0,79	0,62	1,35	1,62	1,13	3,32	1,81	1,29	3,58
ГЛОНАСС	04.09.11	8,69	6	12	0,96	0,72	1,35	1,58	0,95	2,66	1,85	1,19	2,95
GPS		11,30	9	14	0,80	0,61	1,29	1,57	1,05	3,09	1,77	1,21	3,35
ГЛОНАСС	05.09.11	8,63	6	12	0,97	0,69	1,38	1,58	0,94	2,52	1,85	1,19	2,80
GPS		11,23	9	15	0,81	0,60	1,47	1,54	1,00	2,75	1,75	1,23	3,07
ГЛОНАСС	06.09.11	8,22	5	11	1,07	0,74	5,59	1,77	0,98	30,73	2,08	1,25	31,24
GPS		11,18	8	15	0,82	0,61	1,68	1,47	1,01	2,99	1,69	1,23	3,43
ГЛОНАСС	07.09.11	8,18	5	11	1,08	0,76	2,68	1,71	1,01	8,67	2,04	1,27	8,93
GPS		11,00	8	14	0,84	0,65	1,67	1,37	0,95	2,95	1,61	1,15	3,39
ГЛОНАСС	08.09.11	8,11	5	11	1,07	0,75	2,74	1,70	1,02	5,94	2,02	1,28	6,35
GPS		10,43	7	14	0,86	0,68	1,42	1,31	0,92	2,26	1,57	1,16	2,64
ГЛОНАСС	09.09.11	8,35	6	11	1,01	0,75	1,53	1,61	1,00	3,08	1,91	1,29	3,27
GPS		10,11	7	14	0,89	0,66	1,42	1,28	0,93	2,38	1,56	1,17	2,56

с использованием ГНСС ГЛОНАСС и GPS на трассе перехода в указанный период являлись весьма благоприятными. Так, горизонтальный геометрический фактор HDOP, характеризующий точность навигационных определений в плане, вообще является идеальным как по системе GPS, так и по системе ГЛОНАСС.

По данным табл. 2 с 6 по 8 сентября 2011 г. наблюдались локальные ухудшения условий навигации по ГНСС ГЛОНАСС. В этот период зафиксированы локальные всплески значений параметров PDOP и VDOP. На рис. 15 красным овалом выделена область, в которой наблюдались локальные ухудшения качества навигации с использованием



Рис. 16. Отображение трассы корабля на сайте ИАЦ КВНО

ГНСС ГЛОНАСС, расположенная в районе Чукотского полуострова. Причиной локальных ухудшений качества навигации по ГНСС ГЛОНАСС в этот период является уменьшение количества «рабочих» спутников ГНСС ГЛОНАСС до 22.

Можно отметить, что величина PDOP, характеризующая точность позиционирования, на всем протяжении перехода по системам ГЛОНАСС и GPS практически одинакова и не превышает 3, что характеризует данную точность как отличную и пригодную для использования результатов измерений в достаточно чувствительной аппаратуре и программах. При этом данная точность обеспечивается меньшим количеством видимых спутников ГЛОНАСС, чем у GPS.

Практически на всем протяжении эксперимента «Севморпуть-2011» спутники были единственным доступным средством связи с «землей». В эксперименте они были использованы для:

- автоматизированной передачи данных о местоположении, скорости, курсе судна (возможно, других дополнительных данных, характеризующих навигационные условия) на сервер ИАЦ КВНО для отображения этой информации на сайте ИАЦ КВНО в реальном (с некоторой задержкой) масштабе времени в виде трека на фоне электронной карты, статистики маршрута и т. п.,
- передачи на сервер ИАЦ КВНО текстовых сообщений, характеризующих состояние процесса, информации об интересных событиях, промежуточных результатов испытаний и т. п. — для информирования руководства и выборочно для размещения на сайте ИАЦ КВНО в разделе, посвященном проекту в качестве новостей,

- голосовой связи с «землей» для оперативного решения возникающих вопросов, согласования совместных действий, а также на случай экстренной необходимости.

В эксперименте, не считая штатных судовых средств, были задействованы два комплекта спутниковой связи:

- телефон «Iridium 9555»;
- терминал «Инмарсат Mini-C».

Телефон «Iridium» использовался для выполнения перечисленных выше задач.

Терминал «Инмарсат Mini-C» входил в состав комплекта аппаратуры СН-5703, предоставленной для эксперимента КБ НАВИС. Он обеспечивал передачу данных о местоположении судна в диспетчерский центр КБ НАВИС в С.-Петербурге. Экспериментальная отработка аппаратуры СН-5703, включающая передачу данных о местоположении корабля по сотовому каналу связи и через систему «Инмарсат», являлась одной из задач эксперимента.

Во время эксперимента местоположение судна и пройденный на текущий момент трек отображались на электронной карте на странице сайта ИАЦ КВНО в режиме реального времени (с некоторой задержкой) (рис. 16). На этой же странице помещались текстовые сообщения от участников эксперимента. Таким образом, осуществлялся контроль за проведением эксперимента, а все заинтересованные лица и организациям смогли следить за его ходом.

С использованием аппаратуры СН-5703 передача данных по каналу «Инмарсат» производилась с момента подключения устройства на стоянке в Мурманске и продолжалась вплоть до 22 часов

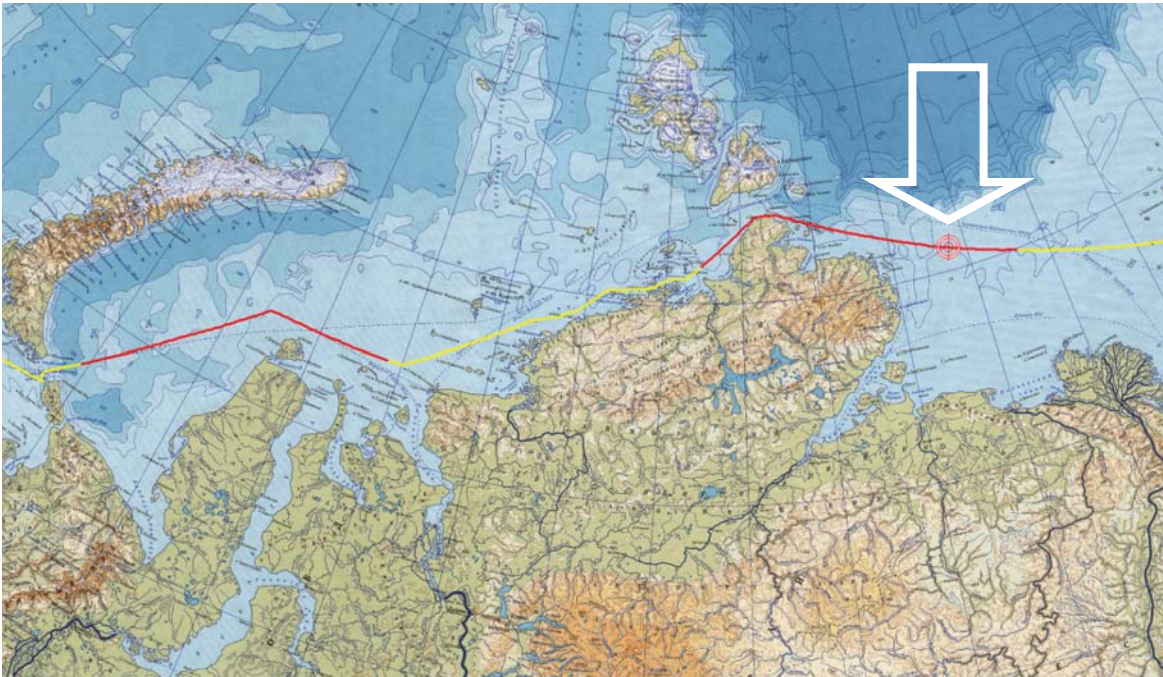


Рис. 17. Точка прекращения связи с кораблем через систему «Инмарсат»

(UTC+0) 2 сентября 2012 г. Точка прекращения связи с кораблем через канал «Инмарсат» показана на рис. 17.

Передача данных по сотовому каналу производилась аппаратурой CH-5703 с использованием встроенного GSM/GPRS-модема с внешней GSM-антенной.

Следует отметить, что в немногочисленных зонах доступности сотовой связи (GPRS) вдоль трассы перехода для передачи данных на сервер КБ НАВИС приоритетно использовался именно этот канал как имеющий меньшую стоимость трафика. Сотовая связь была доступна в районе портов Мурманска, Петропавловска-Камчатского и Невельска (о. Сахалин).

Подводя итоги, следует отметить, что эксперимент по постановке и полученным результатам является уникальным. Это проявилось в сочетании следующих факторов:

- Экспериментальная отработка и тестирование более десяти образцов новейшей одно- и двухчастотной навигационной ГЛОНАСС/GPS-аппаратуры разработки ведущих российских и зарубежных производителей — РИРВ, КБ НАВИС, Ижевского радиозавода, ООО «Радио Комплекс», НИИ КП, «Leica GeoSystems», JNSS («Javad»).
- Тестируемые образцы навигационной аппаратуры на протяжении всего перехода работали в различных режимах навигации — по ГЛОНАСС, по GPS, в совмещенном режиме ГЛОНАСС + GPS. Абсолютный режим работы чередовался с дифференциальным.
- На протяжении всего перехода прием корректирующей информации производился более чем двадцатью контрольно-корректирующими станциями включая и зарубежные, расположенные

по пути следования корабля вдоль побережья Северного Ледовитого и Тихого океанов. Это позволило получить сравнительные оценки точности позиционирования навигационной аппаратуры при работе с различными контрольно-корректирующими станциями.

- Экспериментальная отработка производилась в широком широтном от 35° с. ш. до 77,5° с. ш. и долготном от 33° в. д. до 170,5° з. д. диапазонах. Пройденное расстояние составило 10 000 км.
- Эксперимент проводился в различных погодных условиях северных широт при наличии метеосадков (дождя, снега, тумана), сильном ветре, пятибалльном шторме и др.
- В эксперименте отработывались передовые технологии спутниковой ГЛОНАСС/GPS-навигации для решения задач мониторинга движения корабля и др.

Таким образом, сочетание перечисленных факторов и разработанные методики проведения эксперимента создают естественный испытательный полигон для отработки передовых ГЛОНАСС/GPS технологий навигации, управления, связи, мониторинга.

Полученные результаты могут быть использованы для доработки навигационной потребительской аппаратуры и программно-математического обеспечения, для построения высокоточных границ водных акваторий, для высокоточной привязки аппаратуры и оборудования при проведении водолазных работ, работ на морском шельфе при разработке полезных ископаемых, высокоточном определении координат затонувших кораблей и т. п.