

УДК 629.5. 061

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ТОЧНОСТЬ МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЯ СУДНА

Мельников Михаил Алексеевич¹, аспирант

e-mail: mikh.melnickow1999@yandex.ru

Бычков Владислав Ярославич¹, ассистент кафедры радиоэлектроники

e-mail: dragruz@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Одним из факторов устойчивого развития современного мира является получение полной и достоверной информации о различных технических средствах. В том числе, для подвижных средств (транспорта), навигационной информации: местоположение, курс, скорость в конкретные моменты времени. Источником таких данных в большинстве случаев являются глобальные навигационные спутниковые системы. Однако, их точности не всегда достаточно. Для повышения точности местоопределения были разработаны различные дифференциальные системы. В работе проведен анализ существующих систем, систем доступных для внутреннего водного транспорта в европейской части России, а также описана методика экспериментального определения их влияния на точность местоопределения.

Ключевые слова: глобальные спутниковые навигационные системы (ГНСС), дифференциальная навигация, дифференциальные поправки, широкозонные, локальные, точность местоопределения.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR CONDUCTING AN EXPERIMENT TO STUDY THE INFLUENCE OF VARIOUS DIFFERENTIAL SYSTEMS ON THE ACCURACY OF THE VESSEL'S LOCATION

Melnikov Mikhail Alekseevich¹, Doctoral Student

e-mail: mikh.melnickow1999@yandex.ru

Bychkov Vladislav Yaroslavich¹, Assistant of the Department of Radio Electronics

e-mail: dragruz@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. One of the factors of the sustainable development of the modern world is to obtain complete and reliable information about various technical means. Including for mobile vehicles (transport), navigation information: location, course, speed at specific points in time. In most cases, the source of such data is global navigation satellite systems. However, their accuracy is not always enough. Various differential systems have been developed to improve the accuracy of the location. The paper analyzes the existing systems available for inland waterway

transport in the European part of Russia, and describes a method for experimentally determining their impact on the accuracy of location.

Keywords: global satellite navigation systems (GNSS), differential navigation, differential corrections, wide-area, local, location accuracy.

Одним из факторов устойчивого развития современного мира является получение полной и достоверной информации о различных технических средствах. В том числе, для подвижных средств (транспорта), навигационной информации: местоположение, курс, скорость в конкретные моменты времени.

Источником таких данных в большинстве случаев являются глобальные навигационные спутниковые системы. Однако, их точности не всегда достаточно. Для повышения точности местоопределения были разработаны различные дифференциальные системы.

Существующие системы дифференциальной коррекции (СДК) принято делить на три основные группы: глобальные, широкозонные и локальные. Глобальные и широкозонные системы включают в свой состав космический сегмент – спутники на геостационарных и геосинхронных орбитах. Все существующие спутниковые СДК представлены в таблице 1. Локальные системы используют для передачи данных радиоканалы на частотах круговых маяков, каналы сотовой связи и сеть интернет.

Таблица 1

Существующие системы дифференциальной коррекции

ССДК	Покрытие на территории РФ
WAAS	РФ не входит в зону действия системы
СДКМ	В настоящее время недоступна для гражданского применения
EGNOS	Штатно работает в Калининградской области, имеется возможность приема в европейской части России (примерно до Козьмодемьянска)
MSAS	Захватывает часть дальнего востока
GAGAN	РФ не входит в зону действия системы
SNAS	РФ не входит в зону действия системы



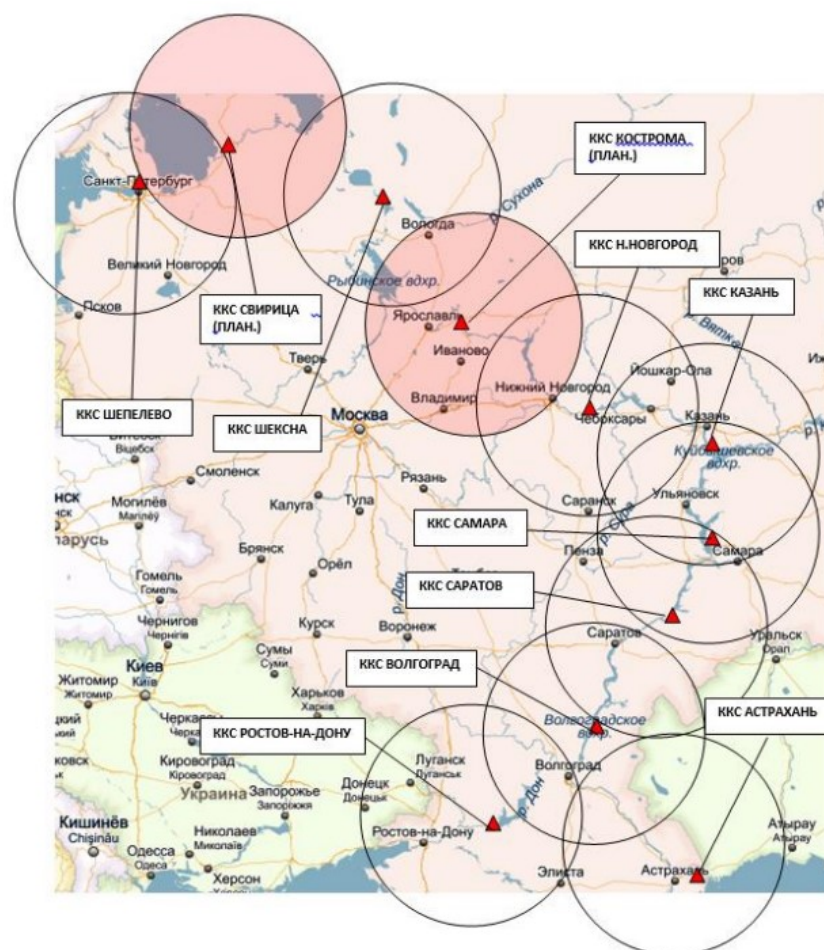


Рисунок 1 – Планируемое дифференциальное поле на ЕГС ЕЧ РФ (на 2016 год)

Локальной системой дифференциальной коррекции доступной на судах является развернутая на единой глубоководной сети европейской части России (ЕГС ЕЧ РФ) дифференциальное поле, в состав которого входят контрольно-корректирующие станции (ККС), синтезирующие и передающие данные дифференциальной коррекции по радиоканалам на частотах 280 – 325 кГц, кроме того, могут передавать эти данные по сети интернет. Планируемое дифференциальное поле на 2016 год [1, 2] представлено на Рисунке 1, однако количество и положение станций ККС на 2024 год отличится не в лучшую сторону (Рисунок 2).

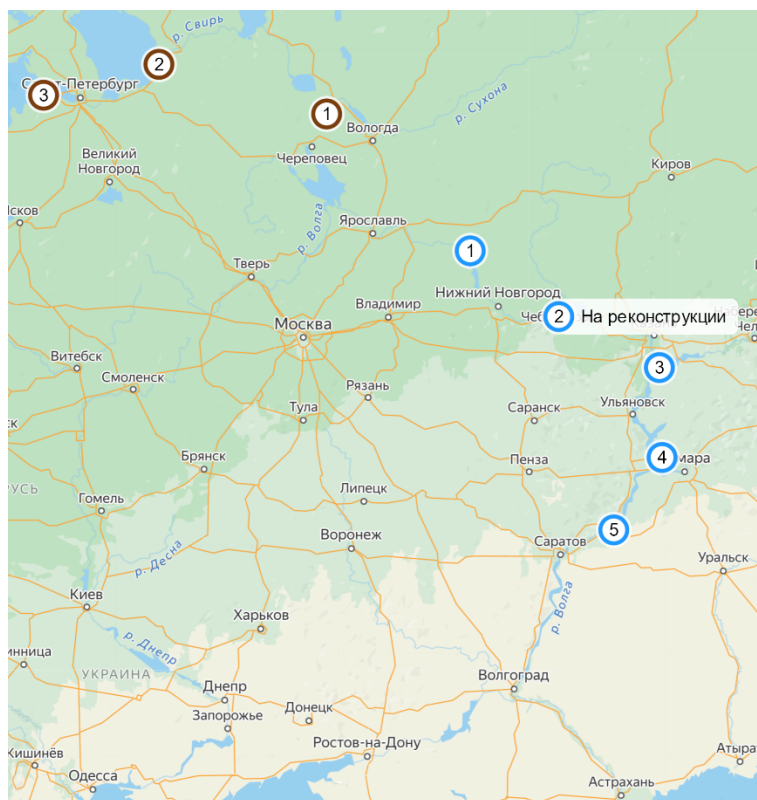


Рисунок 2 – Планируемое дифференциальное поле на ЕГС ЕЧ РФ (на 2016 год)

Современные навигационные приемники построены по модульной схеме и в их основе стоят специальные модули приема и обработки радиосигналов навигационных спутников. В настоящее время широкое распространение получили модули, способные принимать не одну, а сразу несколько СНС, в том числе и в двухчастотном режиме. Другой их особенностью является возможность приема различных дифференциальных поправок.

К сожалению, в результате анализа данных, было выяснено что в настоящее время относительно свободно продается только один модуль приема локальных дифференциальных поправок по радиоканалам на частотах 280 – 325 кГц. Кроме того, данное устройство работает только с спутниковыми навигационными системами (СНС) GPS, ГЛОНАСС (при поддержке ККС соответствующих систем).

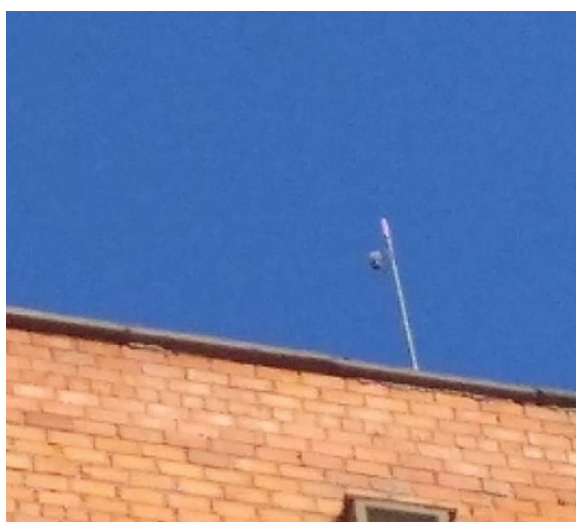


Рисунок 3 – Мачта с антенной на крыше 3 корпуса ВГУВТ

Возможности аппаратной базы (приемников)

Модуль	Принимаемые сигналы	Прием широкозонных систем дифференциальной коррекции (SBAS)	Прием локальных систем дифференциальной коррекции
UM960 [3]	ГЛОНАСС L1/L2, BeiDou B1I/B2I/B3I/B1C/B2a, GPS L1/L2/L5, Galileo E1/E5b/E5a и QZSS L1/L2/L5	нет	да, при наличии приемника СДК
UM980	ГЛОНАСС L1/L2, BeiDou B1I/B2I/B3I, GPS L1/L2/L5, Galileo E1/E5a/E5b, QZSS L1/L2/L5	да	да, при наличии приемника СДК
UM982		да	да, при наличии приемника СДК
NEO-M9L	GPS L1 C/A, ГЛОНАСС L1, Galileo E1-B/C, BeiDou B1I	да	нет
NEO-M9N	GPS L1C/A, ГЛОНАСС L1, Galileo E1-B/C, BeiDou B1I	да	да, RTCM 3.3, при наличии приемника СДК
ПРО-04 [4]	ГЛОНАСС L1, GPS L1 C/A, Galileo E1-B/C	да	да, при наличии приемника СДК
SBX-4	NMEA сообщение GPRMC от навигационных приемников	если позволяет навигационный приемник	обеспечивает прием по радиоканалу на маячных частотах

Проанализировав возможные к приему СДК и возможности доступных навигационных приемников (Таблица 2), предлагаем следующую методику определения статической точности приемника и влияния СДК на эту точность.

Стенд, на котором будет осуществляться эксперимент состоит из двух основных частей (Рисунок 3):

- навигационной антенны, подключенной к исследуемому навигационному приемнику и размещенной на доминирующей высоте: мачта на крыше здания университета (ул. Нестерова, 5) – для исключения погрешностей многолучевого приема;
- антенны приемника дифференциальной коррекции, расположенной на одной мачте с навигационной антенной – позволяя вести уверенный прием сигнала от ККС Юрьевец (и, в плане, ККС Васильсурск) [5].

В рамках серии экспериментов происходит определение статической точности исследуемого навигационного приемника (антенна неподвижна в пространстве). Эксперименты могут проводиться в различных режимах работы, перечисленных ниже:

- без использования СДК, в одночастотном режиме приема с использованием одной СНС (для каждой СНС);
- без использования СДК, в одночастотном режиме приема с использованием комбинации СНС (для каждой из возможных комбинаций);
- без использования СДК, в двухчастотном режиме приема с использованием одной СНС (для каждой СНС);
- без использования СДК, в двухчастотном режиме приема с использованием комбинации СНС (для каждой из возможных комбинаций);
- с использованием широкозонных и глобальных СДК, в одночастотном режиме приема с использованием одной СНС (для каждой СНС);



- с использованием широкозонных и глобальных СДК, в одночастотном режиме приема с использованием комбинации СНС (для каждой из возможных комбинаций);
- с использованием широкозонных и глобальных СДК, в двухчастотном режиме приема с использованием одной СНС (для каждой СНС);
- с использованием широкозонных и глобальных СДК, в двухчастотном режиме приема с использованием комбинации СНС (для каждой из возможных комбинаций);
- с использованием локальных СДК, в одночастотном режиме приема с использованием одной СНС (для каждой СНС);
- с использованием локальных СДК, в одночастотном режиме приема с использованием комбинации СНС (для каждой из возможных комбинаций);
- с использованием локальных СДК, в двухчастотном режиме приема с использованием одной СНС (для каждой СНС);
- с использованием локальных СДК, в двухчастотном режиме приема с использованием комбинации СНС (для каждой из возможных комбинаций);
- с использованием локальных, широкозонных и глобальных СДК, в одночастотном режиме приема с использованием одной СНС (для каждой СНС);
- с использованием локальных, широкозонных и глобальных СДК, в одночастотном режиме приема с использованием комбинации СНС (для каждой из возможных комбинаций);
- с использованием локальных, широкозонных и глобальных СДК, в двухчастотном режиме приема с использованием одной СНС (для каждой СНС);
- с использованием локальных, широкозонных и глобальных СДК, в двухчастотном режиме приема с использованием комбинации СНС (для каждой из возможных комбинаций).

Во время итерации эксперимента, исследуемый приемник определяет местоположение навигационной антенны в течении продолжительного временного интервала (от часа и более), определяемого в зависимости от задач, поставленных перед исследователями.

Передаваемые приемником данные о местоположении логируются в формате NMEA сообщений. Затем, полученные сообщения расшифровываются, из них выделяются требуемые данные: время, широта, долгота, HDOP, и др. По полученным данным строится карта, определяется средняя точка (в планах определение точной позиции антенны для сравнения полученных координат с этим значением), относительно которой строятся величины среднеквадратического отклонения (σ). Используя правило трех среднеквадратических отклонений, величина 3σ принимается действительной точностью местоопределения в заданных условиях.

Для упрощения дальнейшего анализа строится интервальное распределение отклонений от заданной средней точки (в планах – от истинного положения антенны).

Полученные в результате выполнения описанных работ данные являются исчерпывающими и позволяют не только качественно, но и количественно оценить характеристики статической точности исследуемых приборов.

В целом хочется отметить, что идея повышения точности местоопределения при помощи СДК является наиболее оптимальной, однако следует отметить низкую плотность поля локальной СДК в рамках речной дифференциальной подсистемы, а также скудный выбор оборудования для работы с данными, передаваемыми данной СДК, по радиоканалам на маячных частотах.



Список литературы:

1. Каретников, В.В. Структура конструктивной речной дифференциальной подсистемы ГНСС ГЛОНАСС/GPS для акватории единой глубоководной системы европейской части внутренних водных путей Российской Федерации / В.В. Каретников, А.И. Соколов, И.Г. Кузнецов // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2016. – № 1 (23). – С. 17 – 21. – EDN VLJYUJ.
2. Каретников, В.В. Топология дифференциальных полей и дальность действия контрольно-корректирующих станций высокоточного местоопределения на внутренних водных путях / В.В. Каретников, А.А. Сикарев ; Федеральное агентство морского и речного трансп., Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Санкт-Петербургский гос. ун-т водных коммуникаций". – Санкт-Петербург : СПГУВК, 2008. – ISBN 978-5-88789-210-8. – EDN QNVRVL.
3. UM960 UnicoreComm / ООО «ГНСС плюс». — URL: <https://gnssplus.ru/catalog/um960-unicorecomm.html> (дата обращения: 31.05.2024).
4. Модуль ПРО-04 / АО «НИИМА «ПРОГРЕСС». — URL: <https://www.i-progress.tech/products/navigatsiya/pro-04-navigatsionniy-priemnik/> (дата обращения: 31.05.2024).
4. Регистровая книга Российского речного регистра. — URL: <http://www.rivreg.ru/activities/class/regbook/> (дата обращения 01.01.2020)
5. Технологическая радиосвязь в Волжском бассейне / Федеральное бюджетное учреждение «Администрация Волжского бассейна внутренних водных путей». — URL: https://волгаводпуть.рф/uploads/organ_tex_r_2024.doc (дата обращения: 31.05.2024).

