

УДК 527.62

В. В. Какоткин, А. А. Абдулхаков, Г. К. Макаренко, М. М. Валиханов, В. Ф. Гарифуллин

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ВОДНЫХ АКВАТОРИЯХ

*Приведено описание системы навигационного обеспечения сейсморазведочных работ на водных акваториях и результаты экспериментальных исследований в реальных условиях на реках Красноярского края за трехлетний период. Также рассмотрены решения по модернизации данной системы.*

*Ключевые слова: ГЛОНАСС, система, спутник, навигация, сейсморазведка, река.*

Актуальной для Красноярского края является разведка и освоение месторождений нефти, газа и др. При проведении геологоразведки представляется перспективным использование невзрывных методов, которые обладают рядом преимуществ по сравнению со взрывными методами создания сейсмоволн, в частности, это отсутствие необходимости бурения скважин, что иногда сложно выполнимо при наличии твердых горных пород; экологичность, поскольку ударная волна невзрывного источника сейсмоволн не наносит природе ущерб; отсутствие взрывчатых веществ в технологической цепочке.

Невзрывной источник сейсмоволн может быть реализован на основе силового электромагнитного (ЭМ) привода [1]. Проведение геофизических исследований невзрывными методами осуществляется следующим образом. В выбранной позиции, имеющей координатную привязку, устанавливается один или несколько ЭМ для увеличения глубины зондирования. Сейсмические волны, распространяясь в земной коре, отражаются от границ раздела слоев (песок, глина, пустоты и др.). Регистрация отраженных сейсмических волн осуществляется с помощью специальных сейсмодатчиков – пикетов, которые устанавливаются через определенное расстояние. Координатная привязка пикетов в настоящее время осуществляется геодезическими средствами. Для увеличения уровня отраженности сигналов и уменьшения влияния случайной составляющей погрешности измерений осуществляется многократное воздействие. Далее ЭМ перемещается на другую точку с известными координатами, и процесс повторяется. Предприятием ОАО «Енисейгеофизика» разработаны варианты размещения невзрывных источников на колесное транспортное средство или на сани.

Кроме того, для геодезических исследований в условиях водных акваторий разрабатываются водные электромагниты (ВЭМ) с их установкой на понтон, буксируемый катером сплавным. Особенностью такой техники является то, что при работе на реках отсутствует возможность обеспечения неподвижности ВЭМ вследствие влияния течения реки. В результате теряется возможность многократного зондирования в одной точке, а также требуется оперативное определение координат точки воздействия. Для решения этой задачи геодезические методы координатной привязки оказываются неэффективными, что обуславливает необходимость использования аппаратуры спутнико-

вых радионавигационных систем ГЛОНАСС/GPS. Это позволяет охватить весь спектр задач координатно-временного обеспечения сейсморазведочных работ [2].

На данный момент основу системы навигационного обеспечения сейсморазведочных работ составляет навигационная аппаратура потребителей (НАП) спутниковых радионавигационных систем (СРНС) МРК-32. Данные приборы разработаны совместно ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» и ФГУП НПП «Радиосвязь» (г. Красноярск), выпускаются серийно предприятием ФГУП НПП «Радиосвязь» и представляют собой 16-канальные приемники СРНС ГЛОНАСС/GPS (рис. 1). Описание системы и структурная схема проведения работ рассматриваются в [3].

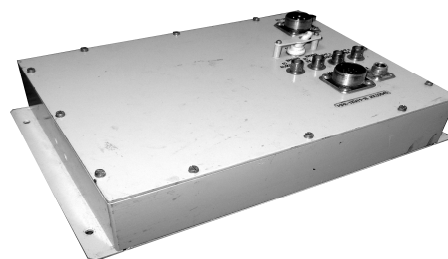


Рис. 1. Внешний вид приемника СРНС ГЛОНАСС/GPS МРК-32

Для навигационного обеспечения используются два приемника НАП СРНС МРК-32. Первый приемник установлен на бортовой станции (БС) – на борту судна с ВЭМ с целью определения координат и скорости движения судна. Отличительной особенностью является возможность сопряжения МРК-32 с контроллером ВЭМ для управления сейсмическими воздействиями в заданных точках и с выбранным оператором интервалом, что позволяет синхронизировать момент измерения координат и излучение сигнала ВЭМ. Расчеты показали, что для получения требуемого уровня энергии отраженных сигналов необходимо на межпикетном расстоянии в 50 м осуществлять по 10 воздействий, в связи с чем интервал воздействий был принят равным 10 с при поддержании скорости движения судна примерно 1,8 км/с. Приемник МРК работает по сигналам систем ГЛОНАСС и GPS, что позволяет повысить надежность получения навигационных данных в условиях затенения спутников деревьями и горами. Для осуществления контроля и

управления НАП используется персональный компьютер типа Notebook с соответствующим программным обеспечением для контроля и сбора данных в реальном времени, а также для их постобработки. Структурная схема НАП БС представлена на рис. 2.



Рис. 2. Структурная схема НАП БС

Следует отметить устойчивость аппаратуры к сложным условиям эксплуатации, таким как постоянная вибрация (вследствие периодических ударов электромагнита), качка, повышенная влажность, повышенная или пониженная температура окружающей среды. Также в связи с тем, что в светлое время суток сложные погодные условия (ветер, осадки) создают помехи, уровень которых не позволяет должным образом регистрировать сигнал сейсмодатчикам, работы обычно проводятся в темное время суток. Для повышения безопасности во время судовождения в работу включен картплоттер Garmin 3005С, имеющий возможность отображения текущего положения судна на электронной карте реки. Подключение к нему эхолота позволило оперативно регистрировать глубину под понтоном с ВЭМ и вовремя избегать прохождения таких участков рек, как мель. Дополнительно в картплоттер загружались координаты пикетов, установленных на берегу. Данная информация позволила капитану судна в сложных условиях ночного времени суток или в тумане ориентироваться относительно береговой линии.

Для увеличения точности определения координат БС в систему была введена контрольно-корректирующая станция (ККС). Аппаратурой, входящей в ее состав, является второй приемник МРК-32, выходом «СОМ-1» соединенный с персональным компьютером типа Notebook, используемым для управления режи-

мами работы аппаратуры и накопления измерительной информации. Координаты антенны МРК-32 были привязаны геодезическими средствами и использовались для формирования дифференциальных поправок с целью реализации дифференциального режима определения места судна. Получение координат точек воздействий осуществлялось в постобработке по накопленным результатам измерений с ККС и БС.

Испытания навигационной системы проводились в 2008 г. на реке Ангаре. В 2009 и 2010 гг. были выполнены работы на реках Бирюса, Чуна, Тасеево, приблизительный километраж работ составил 294 и 147 км соответственно [4]. На протяжении суток система отработывала от 3 до 10 км профиля. На скорость прохождения влияют такие факторы, как сложные погодные условия, течение реки, а также разнообразие состава грунта, где приходится на определенный участок делать большее количество сейсмических воздействий, что приводит к уменьшению скорости БС.

Принимая во внимание испытания, проведенные в 2008–2009 гг. на реках Бирюса, Чуна, Тасеево, был сформулирован ряд предложений и замечаний, который был учтен в испытаниях 2010 г. Так, сотрудниками ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» были выполнены мероприятия по созданию нового программного обеспечения (ПО) системы. В ПО входит комплексная обработка навигационных данных, включая дифференциальный режим. Программа рассчитывает координаты БС отдельно по созвездию ГЛОНАСС или GPS и их совместного решения.

С целью повышения надежности получаемых координат БС, в разработанном ПО реализованы фильтры четырех типов: фильтрация по амплитуде принимаемого сигнала (удаление измерений спутников, амплитуды которых меньше установленного значения); фильтрация по времени (удаление измерений тех спутников, слежение за сигналом которых по времени меньше установленного значения); фильтрация по углу места (удаление измерений спутников, угол места которых меньше установленного значения); фильтрация по первым *N* измерениям (в расчет не принимаются данные с тех спутников, которые были зарегистрированы меньше определенного времени).

Статистический анализ данных со спутников ГЛОНАСС и GPS в стационарном (неподвижном) состоянии антенны приемника МРК-32 представлен в табл. 1 и 2. Время записи длилось около 12 ч.

Таблица 1

Данные, не прошедшие обработку фильтрами

СКО	Максимальное отклонение, м	Среднее отклонение, м	Удалено отсчетов спутников GPS	Удалено отсчетов спутников ГЛОНАСС
2,908076	57,85667	3,473371	0	0

Таблица 2

Результаты комплексной обработки всеми фильтрами

СКО	Максимальное отклонение, м	Среднее отклонение, м	Удалено отсчетов спутников GPS	Удалено отсчетов спутников ГЛОНАСС
2,205797	45,29627	3,723146	11 2399	75 519

Параметр фильтра по амплитуде был выбран 40 у. е., по времени равен 500 измерений, по углу места – 20°. Как видно из таблиц, значение среднеквадратического отклонения после фильтрации уменьшилось, что является положительным результатом.

Анализ результатов работы показывает, что навигационное геодезическое обеспечение сейсморазведочных работ на реке выполнено в полном объеме, в соответствии с заданием предприятий ОАО «Енисей-геофизика» и ООО «Богучанская геофизическая экспедиция».

Стоит отметить, что важным аспектом системы навигационного обеспечения сейсморазведочных работ является ее целостность, отлаженная работа всех узлов и компонентов, начиная от организации электропитания и заканчивая управляющим программным обеспечением. Немаловажным является и учет сложных полевых условий во время работы аппаратной части, а также возможность интеграции системы с современными носителями информации и средствами связи. Проведенные работы показали, что в моменты подхода БС к гористому берегу наблюдается затенение неба и, в результате, уменьшение числа принимаемых спутников до 6 и менее, что приводит к скачкообразному изменению координат места. Для решения этой проблемы существует возможность использования инерциальных навигационных систем для

исключения влияния указанного эффекта. Также немаловажным является реализация передачи дифференциальных поправок в реальном режиме времени по каналам связи (радиоканалу), что позволит увеличить точность определения координат и сократить время на обработку данных.

#### Библиографические ссылки

1. Детков В. А., Шайдунов Г. Я. Частотно-импульсный режим возбуждения сейсмических волн группой импульсных невзрывных источников // Приборы и системы разведочной геофизики. 2007. № 4 (22). С. 11–13.
2. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. М. : ВГУП «Картгеоцентр», 2005.
3. Какоткин В. В., Валиханов М. М., Кокорин В. И. Система навигационного обеспечения сейсморазведочных работ // Современные проблемы радиоэлектроники : сб. науч. ст. Красноярск : ИПК СФУ, 2009. С. 171–173.
4. Определение точностных характеристик навигационной аппаратуры МРК-32 при различных режимах работы / В. В. Какоткин [и др.] // Современные проблемы развития науки, техники и образования : сб. науч. тр. Красноярск : ИПК СФУ, 2009. С. 223–225.

V. V. Kakotkin, A. A. Abdulhakov, G. K. Makarenko, M. M. Valihanov, V. F. Garifullin

#### USAGE OF NAVIGATION SATELLITE SYSTEM AT REALIZATION OF SEISMOPROSPECTING WORKS ON WATER AREAS

*The work presents definition of navigational support system in exploration seismology and the results of experimental research in real-life environment on Krasnoyarsk region rivers for the three-year period. Also decisions on modernization of the given system are considered.*

*Keywords: GLONASS, satellite, system, navigation, seismic exploration work, river.*

© Какоткин В. В., Абдулхаков А. А., Макаренко Г. К., Валиханов М. М., Гарифуллин В. Ф., 2011

УДК 629.7.017.1

А. В. Кацура, В. А. Лавренов, А. А. Рябин

#### КРИТЕРИИ КОРРОЗИОННОГО ПОРАЖЕНИЯ ПЛАНЕРА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

*Из анализа многочисленных задач, обусловленных необходимостью предотвращения опасности коррозии при эксплуатации авиационной техники, ключевой является установление предельных параметров коррозионного поражения конструкции.*

*Ключевые слова: коррозионное поражение, прочность, коррозионно-усталостная долговечность.*

В России и за рубежом критерием допустимого коррозионного поражения плоских элементов типа обшивок принято считать 10-процентное уменьшение их толщины: при достижении глубины коррозионного дефекта этой величины конструкционный элемент должен быть заменен, при меньших значениях этого параметра возможна зачистка и восстановление защитного покрытия.

По определению, данный критерий нормирует допустимое коррозионное повреждение после его ремонта (зачистки коррозии) и предопределяет запас по статической прочности на начало эксплуатации, а также некоторый резерв по усталостной долговечности (сопротивлению усталости), так как момент возможности его применения (время появления дефекта или наработка до возникновения усталостной трещи-