УДК 621.396

А.А. КАЛМЫКОВ, В.И. ЕЛФИМОВ, С.В. ПОРШНЕВ, Т.Э. ЯКУПОВ
Уральский государственный технический университет – УПИ, г.Екатеринбург

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Обсуждаются вопросы, связанные с разработкой комплексированных методов оперативного мониторинга водных объектов и гидротехнических сооружений в целях контроля и прогнозирования их состояния.

The problems of composite methods for an effective monitoring of the aquatic and hydrotechnic objects are discussed. An effective monitoring devoted to check and forecast their condition.

Применение локационных систем дистанционного зондирования для контроля техногенных и природных объектов является перспективным направлением исследований. Разработка автоматизированных информационно-измерительных комплексов для получения в полном объеме объективной систематизированной информации о механизме связей различных источников деформации водных объектов и гидротехнических сооружений является в настоящее время актуальной задачей. В результате измерений формируется массив данных, с помощью которого осуществляется оценка структуры, физико-механического состава контролируемых объектов, определяются нарушения и деформации обследуемых структур, проводится оперативный геологический мониторинг в зонах повышенного экологического риска [1-3].

В сложившейся ситуации требуется незамедлительное оснащение водных объектов и гидротехнических сооружений дополнительными техническими средствами наблюдения, сбора, обработки на современном уровне, передачи, анализа и накопления информации о состоянии водных объектов, а также охране и защите сооружений. Подобные системы являются составной частью мониторинга водопользования. Для успешного решения поставленной задачи необходимы следующие мероприятия:

- контроль за состоянием водо-, шламо- и хвостохранилищ (измерение их глубины и объема донных отложений);
- топогеодезические измерения гидротехнических сооружений, дамб, плотин, береговой линии и т.д., измерение устойчивости откосов, берегов и т.д.;
- контроль процессов переработки берегов водохранилищ;
- определение структуры донных образований и оценка электрофизических свойств грунтов и подстилающей среды дистанционным способом;
- обнаружение карстовых явлений, плавунов, зон вечной мерзлоты;
- контроль за состоянием водных переходов нефте- и газопроводами;
- наблюдение за проведением подводных работ;
- картирование погребенных долин;
- поиск полезных ископаемых, находящихся в россыпях и пригодных для добычи открытым способом.

В ходе решения поставленных задач были получены следующие научно-технические результаты:

1. Разработана структура комплексной системы оперативного мониторинга водных объектов и гидротехнических сооружений на основе многоступенчатой системы дистанционного зондирования.

2. Проведены исследования локационных датчиков, основанные на взаимодействии полей различной физической природы.

3. Построена модель формирования электромагнитного поля рассеяния от распространяющегося акустического импульса подсветки для непрерывного измерения электромагнитной энергии [5].

4. Методом имитационного моделирования проведено исследование влияния параметров акустического поля подсветки на параметры рассеянного поля в точке приема [5], а также параметров турбулентности атмосферы на энергетические и неэнергетические характеристики рассеянного электромагнитного поля.

5. Разработаны структуры приемных устройств и модулей первичной обработки сигналов акустических и электромагнитных канатов комплекса. Приемное устройство каждого канала содержит полосовые усилители со схемами согласования с приемными бесконтактными датчиками, квадратурный преобразователь, АЦП.

6. Разработаны алгоритмы предварительной обработки отраженных сигналов, заключающиеся в формировании сигналов комплексной огибающей из действительного полосового сигнала с помощью квадратурных преобразователей [4, 8]. Определены задачи, стоящие перед модулем первичной обработки отраженных сигналов. На входы модуля первичной обработки каждого дальномерного канала с АЦП приемного устройства поступают комплексные отсчеты квадратурных составляющих отраженных сигналов.

7. Исследованы различные методы корреляционной обработки сигналов с четырехэлементной приемной антенной решетки (релейные, знаковые, компенсационные, интерференционные, через условные статические характеристики), а также методы корреляционного анализа нестационарных процессов.

8. Разработаны соответствующие алгоритмы корреляционной обработки. Проведенное моделирование позволило выделить наиболее оптимальный по основным параметрам метод, заключающийся в корреляционном анализе случайного процесса, представляющего собой сумму неслучайного сигнала и стационарного случайного процесса. Сигналы с приемных антенн после предварительной обработки предполагается записывать и обрабатывать в ЭВМ, что упростит аппаратурную реализацию.

9. Разработаны и оптимизированы основные алгоритмы функционирования системы и управления подсистемами комплекса. Основная часть алгоритмов реализована в виде программ управления нижнего уровня.

10. Исследованы алгоритмы восстановления профилей информационных параметров на основе решения обратных пространственно-временных задач.

11. Методом имитационного моделирования исследована эффективность рассмотренных алгоритмов восстановления профилей информационных параметров [8].

12. Изучены оптимальные алгоритмы синтеза изображений, основанные на решении обратных задач зондирования и позволяющие получить сверхразрешение. Алгоритмы синтеза изображений базируются на современных методах решения некорректных обратных задач [8]. Оценена эффективность и разрешающая способность алгоритмов синтеза изображений.

Таким образом, предложены методики исследований водных объектов и гидротехнических сооружений, которые сводятся к следующему. Вначале аппаратная часть комплексной системы оперативного мониторинга осуществляет площадную съемку контролируемой поверхности или объекта, представляя полученную информацию в оцифрованном виде. Затем с помощью интерфейса связи опытные данные записываются в виде специально организованных массивов в вычислительное устройство системы, в котором производится предварительная обработка информационных сигналов с использованием современных спек-

тральных и корреляционных алгоритмов. Результаты предварительной обработки эхосигналов через модем связи передаются на внешний ПК, в котором на основе новейших методов и алгоритмов решения некорректных обратных задач производится многопозиционный синтез объемного изображения с высокой разрешающей способностью. Затем следует этап программной идентификации типа поверхности или объекта. Полученные экспериментальные результаты сравниваются программным образом с созданной базой данных видов поверхностей и объектов и осуществляется их идентификация.

Полученные результаты были также использованы в учебном процессе [6, 7].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Елфимов В.И.* Разработка локационной системы дистанционного зондирования для экологического мониторинга природных и техногенных объектов / В.И.Елфимов, А.А.Калмыков // Записки Горного института. СПб, 2003. Т.154.

2. *Калмыков А.А.* Разработка принципов построения комплексной системы оперативного мониторинга водных объектов и гидротехнических сооружений / А.А.Калмыков, В.И.Елфимов // Записки Горного института. СПб, 2002. Т.151.

3. *Калмыков А.А.* Разработка основ построения акусторадиолокационных систем дистанционного зондирования окружающего пространства для решения задач экологического мониторинга / А.А.Калмыков, В.И.Елфимов // Записки Горного института. СПб, 2003. Т.154.

4. *Калмыков А.А.* Измерение скорости изменения частоты действительного сигнала / А.А.Калмыков, Н.П.Никитин, В.И.Лузин, В.А.Кочетов // Практика приборостроения. 2003. № 2.

5. *Калмыков А.А.* Акусто-радиолокационные системы дистанционного зондирования в решении задач экологического мониторинга и звуковой дальнометрии / А.А.Калмыков, Т.Э.Якупов // Практика приборостроения. 2003. № 4.

6. *Поршнев С.В.* Компьютерное моделирование физических систем в пакете MathCAD: Учеб. пособие. М.: Горячая Линия - Телеком, 2004.

7. *Серегин Н.И.* Оценивание в экспериментальных исследованиях и моделировании / Н.И.Серегин, А.А.Калмыков, В.И.Гадзиковский; УГТУ-УПИ. Екатеринбург, 2003.

8. *Устыленко Н.С.* Алгоритмы повышения точности и пространственной разрешающей способности в локационных системах экологического мониторинга / Н.С.Устыленко, В.Ф.Кочкина, А.А.Калмыков, В.И.Елфимов // Практика приборостроения. 2003. № 4.