УДК 621.396

В.И.ЕЛФИМОВ, А.А.КАЛМЫКОВ, 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

Обсуждены 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.

В настоящее время на территории Российской Федерации эксплуатируется несколько десятков тысяч гидротехнических сооружений (ГТС) различного класса и назначения. Значительная их часть находится в неработоспособном, предаварийном и аварийном состоянии, что делает их объектами повышенной опасности. Существует явная нехватка контрольно-измерительной аппаратуры на сооружениях, а имеющаяся во многих случаях морально и физически устарела. Такое положение значительно затрудняет проведение мониторинга ГТС и прогнозирование их состояния в будущем.

В настоящее время, по данным Госгортехнадзора РФ, эксплуатируются 180 хвосто- и шламохранилищ, содержащих около 2,0 млрд $м^3$ хвостов и более 1,5 млрд $м^3$ воды при общем объеме накопителей более 4 млрд $м^3$; более 180 накопителей отходов в других областях промышленности. Значительное количество опасных жидких отходов сосредоточено в накопителях предприятий химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленностях. Эти ГТС представляют потенциальную опасность для людей и окружающей среды особенно в период паводков и половодий. К этому добавим многочисленные транспортные коридоры, расположенные на территории водных объектов (ВО). Водные переходы нефте- и газопроводов, перевозка нефтепродуктов и опасных грузов плавсредствами вызывают неизбежное загрязнение ВО за счет размывов, оголения участков трубопроводов. Образование провисающих участков ведет к значительным механическим нагрузкам, деформации и разрушению труб.

В сложившейся ситуации требуется незамедлительное оснащение ВО и ГТС дополнительными техническими средствами наблюдения, сбора, обработки информации на современном техническом уровне, передачи, анализа и накопления информации о состоянии водных объектов, а также охраны и защиты сооружений. Подобные системы являются составной частью мониторинга водопользования.

Система измерений и наблюдений должна охватывать не только гидро- и биосферу в их широком понимании, но и также верхние горизонты литосферы, представляющие собой геологическую основу для формирования подводных ландшафтов, а также среду для накопления большей части загрязнителей.

Для успешно решения поставленной задачи необходимо следующее:

- контроль за состоянием водо-, шламо- и хвостохранилищ (измерение глубин и донных отложений);
- проведение топогеодезических измерений 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 и изучение 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.

Далее необходимо поставить и решить следующие теоретические и экспериментальные задачи:

• разработать алгоритмы и системы корреляционной обработки обнаружения и измерения скорости ветра в канале радиоакустического зондирования;

• предложить адаптивные алгоритмы и системы формирования в пространстве электромагнитных и акустических полей с характеристиками, обеспечивающими максимальный эффект взаимодействия в заданном объеме;

• исследовать способы повышения потенциала радиолокационного канала за счет когерентной обработки сигнала на всех этапах его обработки при максимальном времени присутствия сигнала в канале обработки и переходе к использованию сигналов с достаточным разрешением по дальности как в радиолокационном, так и в акустических каналах;

• разработать алгоритмы восстановления профилей информационных параметров в пространстве, позволяющие обеспечить необходимое качество выходной информации, обеспечить построение трехмерных изображений контролируемых объектов с выявлением тенденций по их изменению и прогнозу опасных явлений.

Поставленные задачи относятся к следующим приоритетным направлениям развития науки и техники и критических технологий федерального управления: информационно-телекоммуникационные технологии и электроника (высокопроизводительные вычислительные системы, компьютерное моделирование, информационно-телекоммуникационные системы, опто-, радио- и акустоэлектроника, СВЧ-связь), экология и рациональное природопользование (мониторинг окружающей среды).

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

1. Проведен анализ состояния данной проблемы в настоящее время в России и за рубежом, сформулированы основные задачи оперативного мониторинга ВО и ГТС и пути его совершенствования и развития, рассмотрены методологические проблемы построения перспективной комплексной системы оперативного мониторинга ВО и ГТС на основе многоступенчатой системы дистанционного зондирования.

2. Разработана структура многоступенчатой комплексной системы оперативного мониторинга ВО и ГТС, оптимизированы параметры акустического и электромагнитного каналов комплекса и сформулированы задачи, стоящие перед комплексной системой.

3. Проведены экспериментальные исследования локационных датчиков, основанные на взаимодействии полей различной физической природы [7].

4. Построена модель формирования электромагнитного поля рассеивания от распространяющего акустического импульса подсветки на параметры рассеянного поля в точке приема и проведено имитационное моделирование влияния параметров акустического поля подсветки на параметры рассеянного поля в точке приема [5, 9].

5. Методом имитационного моделирования исследовано влияние параметров акустического поля подсветки на параметры рассеянного поля в точке приема, а также влияние параметров турбулентности атмосферы на энергетические и неэнергетиче-

ские характеристики рассеянного электромагнитного поля.

6. Определены задачи, стоящие перед модулем первичной обработки отраженных сигналов. Разработаны структуры приемных устройств и модулей первичной обработки сигналов акустических и электромагнитных каналов комплекса [5, 7, 9].

7. Составлены алгоритмы предварительной обработки отраженных сигналов, заключающиеся в формировании сигналов комплексной огибающей из действительного полосового сигнала с помощью квадратурных преобразователей [1].

8. Предложены перспективные алгоритмы обработки данных, основанные на доплеровских и корреляционных методах измерений, методах цифровой обработки изображений, нелинейного спектрального анализа [2, 3].

Проблема обеспечения безопасности водных объектов и гидротехнических сооружений – комплексная. Она является неотъемлемой и одной из наиболее важных составляющих ведения водного хозяйства страны. Для ее решения необходимо задействовать органы государственной власти, местного самоуправления и собственников сооружений.

Полученные результаты были реализованы в виде следующей научно-технической продукции: моделей для исследования влияния параметров акустического поля подсветки на параметры рассеянного поля; структур приемных устройств и модулей первичной обработки сигналов комплекса; алгоритмов предварительной обработки отраженных сигналов; методов корреляционной обработки сигналов с четырехэлементной приемной антенной решетки; алгоритмов формирования радиолокационного и акустического зондирующего сигналов. Материалы исследований использованы в ряде учебников и учебных пособий [4, 6, 8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритмы повышения точности и пространственной разрешающей способности в локационных системах экологического мониторинга / Н.С.Устыленко, В.Ф.Кочкина, А.А.Калмыков, В.И.Елфимов // Междунар. науч.-пром. форум «Приборостроение-2003» / НП «Приборостроение». Екатеринбург, 2003.

2. *Гадзиковский В.И.* Нелинейная радиолокация / В.И.Гадзиковский, А.А.Калмыков // Новые методы передачи и обработки информации: Сб. результатов научных исследований сотрудников радиотехнического факультета / УГТУ-УПИ. Екатеринбург, 2003.

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

4. *Калмыков А.А.* Обработка авторегрессионных сигналов: Учеб. пособие / А.А.Калмыков, Н.П.Никитин; УГТУ-УПИ. Екатеринбург, 2002.

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. № 1.

6. *Поршнев С.В.* Применение непрерывного вэйвлет-преобразования для обработки широкополосных частотно-модулированных сигналов // Вычислительные методы и программирование. М.: Изд-во МГУ, 2003. Т.4. Вып.1.

7. *Селиванов Д.Ю.* Создание комплекса РАЗ атмосферы / Д.Ю.Селиванов, А.А.Калмыков // Междунар. науч.-пром. форум «Приборостроение-2003» / НП «Приборостроение». Екатеринбург, 2003.

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

9. *Якупов Т.Э.* Практическое применение радиоакустической локации для измерения дальности, расстояний и геометрических параметров объектов / Т.Э.Якупов, А.А.Калмыков // Междунар. науч.-пром. форум «Приборостроение-2003» / НП «Приборостроение». Екатеринбург, 2003.