

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

УДК 648.8;796:378

*В. И. Аверченков¹, В. А. Шкаберин¹, Я. И. Лепих²,
В. И. Сантоний², Л. Н. Будиянская², Ю. В. Крышнев³*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР ПРОТИВОПАВОДКОВОГО МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ВОДЫ ОТКРЫТЫХ ВОДОЕМОВ*

¹Брянский государственный технический университет

²Украина, Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова

³Беларусь, Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого

aver@tu-bryansk.ru, vash@tu-bryansk.ru

Рассмотрена постановка задачи по созданию автоматизированной системы мониторинга уровня воды открытых водоемов с помощью дистанционно управляемых уровнемеров.

Ключевые слова: автоматизация, мониторинг уровня воды, противопаводковая система, интеллектуальные датчики.

V. I. Averchenkov, V. A. Shkaberin, Ya. I. Lepikh, V. I. Santonij, L. N. Budiyanskaya, Y. V. Kryshnev

AUTOMATION PROCEDURES FLOOD MONITORING WATER LEVELS OPEN WATERS

Bryansky State Technical University

Ukraine, Odessa National Mechnikov University

Belarus, Gomel Sukhoy State Technical University

We consider the formulation of the problem of the automated system for monitoring the water level of public waters with remote-controlled transmitters.

Keywords: automation, monitoring of water level, flood system, intelligent sensors.

В последнее десятилетие во многих регионах, в том числе в бассейне рек Днепр и Десна, протекающих по территории Украины, Беларуси и России, отмечается увеличение числа катастрофических наводнений. Наводнения являются одними из наиболее часто повторяемых стихийных бедствий. По площади охватываемых территорий и нанесенному вреду они часто превосходят все другие чрезвычайные ситуации.

Особенно актуальным это стало после событий, связанных с крупнейшими наводнениями в 2013 г. в России в Хабаровском крае.

Наводнения являются одним из наиболее часто повторяющихся стихийных бедствий, а по площади территорий и материальным убыт-

кам превосходят все другие чрезвычайные ситуации. Наводнения последних лет показали необходимость создания новых подходов к созданию систем их прогнозирования с использованием современных средств автоматизации и развития сотрудничества с соседними странами в вопросах разработки и создания таких систем, а также их использования, что является общей фундаментальной проблемой для многих стран.

Существующие общие климатические тенденции увеличения среднегодовых сумм осадков в результате экстремальных ливневых явлений для предупреждения катастрофических паводков и снижения отрицательных последствий вредного действия вод делают необходимым проведение системного анализа водного режима рек и постоянного комплексного мониторинга водного режима рек и открытых водоемов.

Проблема комплексного мониторинга водного режима многих рек может быть решена только путем тесного сотрудничества с соседни-

* Статья подготовлена в рамках Межгосударственно-го гранта РФФИ, УФФ и БФФИ «Исследование и разработка метода и автоматической системы противопаводкового мониторинга уровня воды открытых водоемов» (проект № 13-01-90351).

ми странами в вопросах разработки и совместного использования систем мониторинга уровня воды в открытых водоемах и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Это связано с тем, что многие реки охватывают территории соседних государств, например, бассейны рек Днепр (Россия – Беларусь – Украина), Десна (Россия – Украина), Сож (Россия – Беларусь) и др.

Вместе с тем анализ открытых источников выявил, что существующие противопаводковые системы мониторинга малоэффективны и не могут надежно обеспечить защиту населения за счет отсутствия надежного раннего предупреждения о возможности наводнения. Таким образом, наличие опасного природного явления в виде речных наводнений, несовершенство и ненадежность существующих противопаводковых систем, рост ущербов от наводнений повышают актуальность создания современной системы мониторинга уровня воды открытых водоемов.

Реализуемый совместно учеными вузов России (Брянский государственный технический университет), Украины (Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова) и Республики Беларусь (Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого) проект был направлен на разработку методов анализа и создание автоматизированной противопаводковой системы для мониторинга открытых водоемов на основе применения новых конструкций лазерных адаптивных телеуправляемых уровнемеров и современных информационно-коммуникационных технологий. При этом изначально предполагалось, что автоматизированная система будет испытана для мониторинга параметров уровня воды в опасных районах, которые охватывают пограничные территории соседних славянских государств – это бассейны рек Припять, Днепр (Украина–Беларусь), Десна (Украина–Россия) и Сож (Россия–Беларусь).

В рамках реализации проекта был проведен анализ гидрометеорологических условий, имевшихся на протяжении весны 2013 г. в бассейнах рек Сож, Припять, Днепр. Для этих целей использовались данные, собранные при участии специалистов научно-практического центра учреждения «Гомельское областное управление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь».

Этот анализ показал, что необходимо создание новых видов современных автоматиче-

ских противопаводковых систем раннего предупреждения о чрезвычайных ситуациях, которые не требуют постоянного обслуживания, с использованием информационных технологий в области мониторинга и управления данными по охране окружающей среды, для принятия решений относительно сокращения возможных убытков. При этом мониторинг изменений гидрологического режима должен проводиться на основании разработанных физических и математических моделей.

Проведенное исследование было направлено на решение важной общей научной фундаментальной проблемы – разработку метода и изучение влияния дестабилизирующих внешних факторов на телекоммуникационный канал автоматической системы раннего прогнозирования наводнений с проведенным противопаводковым мониторингом уровня воды открытых водоемов, в том числе трансграничных, на основе использования микроэлектронных лазерных уровнемеров нового поколения с целью их применения для комплексного экологического мониторинга окружающей среды.

В результате анализа современных конструкций уровнемеров были сформулированы следующие технические требования к лазерному уровнемеру, на основе которого должна строиться автоматизированная система:

- уровнемер должен быть защищен от ложного срабатывания при воздействии дестабилизирующих внешних факторов;
- уровнемер должен эффективно работать в нестационарных условиях эксплуатации;
- конструкция уровнемера должна обеспечивать возможность проведения дистанционного сбора и обработки информации об изменениях уровня воды независимо от состояния окружающей среды;
- уровнемер должен иметь возможность оперативно отреагировать на ухудшение экологической ситуации.

Основной подход к реализации новой конструкции лазерного уровнемера заключался в том, что дестабилизирующие внешние факторы использовались для управления характеристиками разработанного интеллектуального датчика [1–3] и распознавания оптических сигналов в условиях нестационарных помех. Для этого были проведены их исследования, установлены основные закономерности и разработаны соответствующие физико-математические модели.

Рабочая гипотеза при создании уровнемеров – учет корреляции между параметрами внешних факторов и адаптивным алгоритмом работы оптико-локационного уровнемера, которая предполагает, что использование динамики оптико-геометрических соотношений усовершенствует измерительный процесс по параметрам точности.

Исследование структуры оптических сигналов в атмосферном канале и их влияние на точностные характеристики используемого сенсора позволят развить новые в данной научной области методы и получить принципиально новые результаты и способ решения сложной научно-технической задачи, что не только способствует развитию соответствующей научной отрасли и смежных отраслей, но и имеет инвестиционную привлекательность.

Оптимизация управления динамическим объектом с переменной структурой при наличии значительной неопределенности его текущего состояния возможна лишь при использовании структур, обеспечивающих оперативное получение достоверной информации о состоянии объекта в контролируемом регионе.

Увеличение эффективности применения оптико-локационных методов и устройств путем использования цифровых методов обработки сигналов позволило существенно снизить количество аналоговых функциональных операций и решить поставленные в проекте задачи.

В результате анализа современных программно-аппаратных разработок в области мониторинга уровня воды были сформулированы следующие основные технические требования к создаваемой автоматизированной системе:

- система должна иметь распределенную архитектуру, включающую главный узел (базовую станцию) и измерительные узлы (измерительные станции);

- система должна базироваться на использовании современных бесконтактных лазерных уровнемеров, которые обладают возможностями учета посторонних влияний, предоставления достоверной информации, адаптации к внешним условиям (рациональному изменению режимов работы), организации передачи информации на основе использования беспроводных каналов связи в режимах, максимально приближенных к режиму реального времени;

- система должна позволять осуществлять дистанционный контроль и оповещение о состоянии водных объектов с помощью персон-

ального компьютера или мобильного телефона в автоматическом режиме, используя сеть сотовой связи;

- система должна обладать обширной базой данных для накопления и систематизации результатов измерений уровней воды;

- заполнение базы данных с результатами измерений уровня воды должно проводиться в двух режимах: автоматическом – путем передачи информации с датчиков уровня воды и обработки этой информации в автоматизированной системе; диалоговом – оператором автоматизированной системы;

- в состав системы должен входить модуль прогнозирования и/или подсистема поддержки принятия решений;

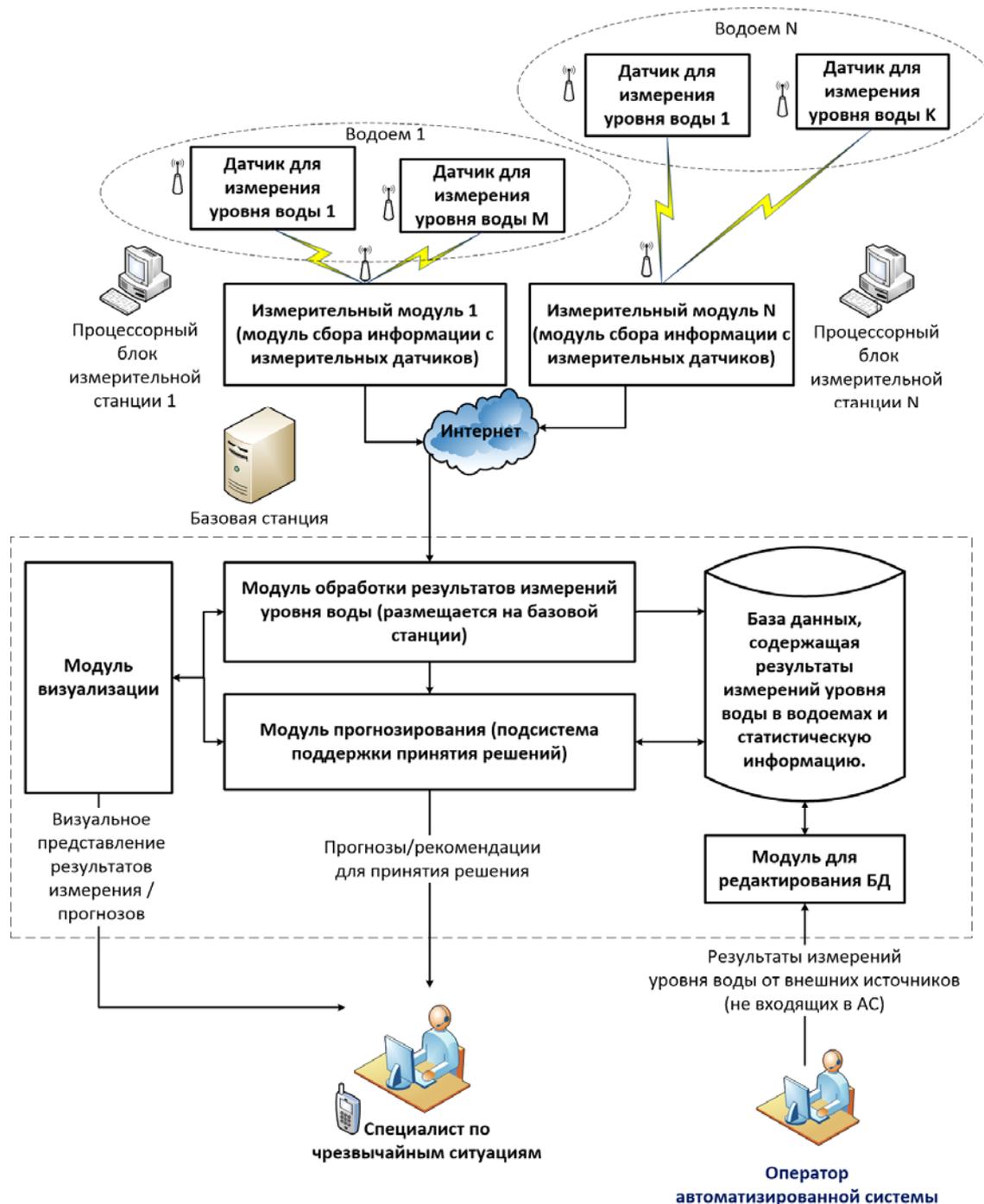
- в состав системы необходимо включить модуль визуализации результатов измерений уровня воды.

На основе сформулированных технических требований была разработана концепция создания и укрупненная структурная схема автоматизированной системы противопаводкового мониторинга уровня воды в открытых водоемах (см. рисунок).

Предлагаемая автоматизированная система включает один главный узел (базовую станцию) и несколько измерительных узлов (измерительных станций).

Базовая станция представляет собой сервер или персональный компьютер, где осуществляется сбор информации об уровне воды с измерительных станций, отображение этой информации в удобном для пользователя виде (карта гидрометрических постов с таблицами и диаграммами и др.).

Измерительная станция является системой, состоящей из основного процессорного блока и беспроводных бесконтактных датчиков уровня воды. Она осуществляет сбор информации с датчиков с помощью беспроводного канала связи, предварительно обрабатывает ее для уменьшения (компенсации) погрешности измерения, и передает на базовую станцию. При этом процессорный блок может быть реализован на основе ARM-процессора со встроенной операционной системой Linux. Используя беспроводной канал связи, он получает информацию с датчиков и осуществляет управление их конфигурацией и опросом. Также процессорный блок должен иметь Web-интерфейс, который позволит удаленно выполнять настройку всей измерительной системы.



Структурная схема автоматизированной системы противопаводкового мониторинга уровня воды в открытых водоемах

В качестве датчиков для измерения уровня воды были использованы лазерные уровнемеры новой конструкции, которые способны к сложной обработке полученных сигналов, обеспечивают учет посторонних влияний и позволяют получить достоверную информацию. Кроме того, указанные уровнемеры обеспечивают рациональное изменение режимов работы в зависимости от обстоятельств; приспособлены к пе-

редаче данных по компьютерным сетям в режиме реального времени [1–3].

Сигнал от уровнемеров по каналам сотовой связи передается в измерительные модули, которые могут физически размещаться, например, на процессорных блоках. Информация из измерительных модулей может быть передана по каналам Интернет на базовую станцию, где размещены основные модули автоматизированной

системы: модуль обработки результатов измерений уровня воды, модуль визуализации и модуль прогнозирования, связанные с базой данных, в которой представлены результаты измерений уровня воды.

Модуль визуализации предназначен для представления фактических результатов измерений уровня воды, а также для показа прогнозируемых значений, рассчитанных в модуле прогнозирования, в удобном для принятия решений виде. Один из вариантов – отображение информации может накладываться на карты водоемов. Реализация этого варианта предполагает возможность взаимосвязи с геоинформационной системой, на которой должны быть представлены анализируемые водные объекты.

Модуль прогнозирования должен быть ориентирован на обеспечение на основе применения математических методов статистики вычислений прогнозных результатов уровня воды на определенный период.

Наиболее перспективный вариант – использование полноценной подсистемы поддержки принятия решений с базой знаний, которая позволит формировать рекомендации для оперативного принятия решений специалистом по чрезвычайным ситуациям.

Результаты измерений могут передаваться в автоматизированную систему не только по каналам связи от уровнемеров, но и вводиться оператором автоматизированной системы вручную. Поддержка двух указанных режимов работы существенно расширяет возможности применения автоматизированной системы, обеспечивая ее универсальность и соблюдение принципов модульности и расширяемости при разработке программного обеспечения автоматизированной системы противопаводкового мониторинга.

В настоящее время ведутся работы по разработке взаимодействия основных модулей прототипа автоматизированной системы противопаводкового мониторинга.

Использование этой системы проведения локальных и глобальных обобщений по гидрологическому состоянию водных объектов в смежных межгосударственных районах позволит более оперативно осуществлять межгосударственные организационно-технические противопаводковые мероприятия, которые позволят существенно уменьшить материальные, а возможно и человеческие, потери от природных катастроф [4].

Система также позволит расширить возможности оперативного мониторинга путем увеличения объема и качества опорной информации, получаемой на гидрометрических постах, и обеспечит развитие дистанционных методов контроля количественных характеристик и гидрологического состояния водных объектов путем создания автономных уровнемеров с высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками на базе современной микропроцессорной техники и средств телекоммуникации.

Основными функциями системы являются получение и сбор данных о скорости изменения уровня воды, происходящей на наблюдаемом объекте, и анализ полученной информации.

Система также позволит информировать пользователей о наличии опасных отклонений уровня воды относительно некоторой заданной величины, происходящих за определенный промежуток времени, обнаруживать предпосылки спонтанного процесса, т. е. при недопустимо быстрых изменениях уровня воды контролируемого объекта.

Разрабатываемое программное обеспечение гарантирует получение оперативных данных измерений от лазерных уровнемеров, которые подключены к компьютеру дистанционно, используя телеметрическое устройство и сотовую связь. Информация об измеренных величинах записывается в специальную базу данных на компьютере, выполняющего функции основного серверного блока.

Анализировать можно как весь собранный массив данных, так и отдельные его фрагменты за заданный интервал времени. Такой анализ позволит прогнозировать, что ждет наблюдаемый водный объект как в ближайшем будущем, так и в длительной перспективе. Система также позволяет проводить мониторинг с использованием GPS-аппаратуры.

Во время сбора данных система может предупредить пользователя о недопустимых смещениях точек или изменении других наблюдаемых величин. При этом оператор системы может быть уведомлен как по электронной почте, так и с помощью SMS. Таким образом, не нужно постоянно находиться у компьютера и контролировать состояние объекта.

Существующие противопаводковые системы малоэффективны и не могут надежно обеспечить защиту населения за счет раннего предупреждения о возможности наводнения. Та-

ким образом, наличие опасного природного явления, речных наводнений, несовершенство и ненадежность существующих противопаводковых систем, роста ущербов от наводнений повышает актуальность создания современной надежной системы мониторинга уровня воды открытых водоемов, что является конкретной фундаментальной задачей, которую решает данный проект.

Экономический эффект от применения автоматизированной системы будет достигнут за счет своевременного предупреждения катастроф и, таким образом, уменьшения материальных и людских потерь, что предполагает получение также и социального эффекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лепих, Я. И.* Применение оптико-геометрического метода в ближайшей оптической локации / И. А. Иванченко, Я. И. Лепих, Л. М. Будиянская // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2012. – Т. 55, № 2. – С. 42–49.
2. *Лепих Я. І., Гордієнко Ю. О., Дзядевич С. В.* та ін. Інтелектуальні вимірювальні системи на основі мікроелектронних датчиків нового покоління : монографія. – Одеса : Астропринт, 2011. – 352 с.
3. *Лепих Я. І., Гордієнко Ю. О., Дзядевич С. В.* та ін. Мікроелектронні датчики нового покоління для інтелектуальних систем : Основні технічні характеристики // Довідник. – Одеса : Астропринт, 2011. – 92 с.
4. Характеристики эксплуатационных параметров систем мониторинга уровня воды открытых водоемов / Я. И. Лепих, А. Л. Приступа, Ю. Я. Бунякова, В. И. Сантоний, Л. Н. Будиянская, В. И. Аверченков, Ю. В. Кришнев // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Т. Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2013. – вип. № 43. – С. 300–308.