

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАВОДКОВОЙ ВОЛНЫ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПРИПЯТЬ

В.Г. Брич¹, Д.А. Костюк², Ю.А. Кузавко³

Брестский облисполком, г. Брест, Беларусь

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь

Институт радиотехники и электроники РАН, г. Москва, Россия

Flood-protection of territories is important from the point of view of environmental resources complex using and protection. Floods can't be totally eliminated. The problem can be partially solved by developing the united information center of floods observation and prediction, with the network of autonomous hydrological ultrasound devices measuring the river current speed and depth in different points of the river basin.

Защита территорий от наводнений важна не только с точки зрения комплексного использования и охраны природных ресурсов, но и является важнейшей социально-экономической и хозяйственной проблемой. Особенно ощутимо, а в отдельные годы катастрофично влияние паводков проявляется в пойме Припяти и ее притоков. Проведение противопаводковых мероприятий ведет к сокращению фактических ущербов от наводнений, однако требует значительных затрат и эксплуатационных расходов. Полностью исключить наводнения в Полесье невозможно. Однако первоочередная задача состоит в том, чтобы максимально приспособить хозяйственную деятельность к возможным экстремальным условиям с целью минимизации ущерба.

Одним из методов частично решающим указанную проблему, является создание единого информационного центра (ЕИЦ) по наблюдению и прогнозированию наводнений, обрабатывающего поток данных с сети автономных гидрологических устройств (АГУ) измерения скорости течения реки и ее глубины, располагаемых в различных точках бассейна реки Припять.

Непрерывное отслеживание скорости течения и глубины Припяти и ее притоков от истоков к устьям совместно с радиотрансляционной передачей текущей информации в ЕИЦ, содержащий высокопроизводительный компьютер с заложенной в него картой рельефа и профилей поймы реки Припяти на электронных носителях, позволит, используя математические модели движения речных вод, заблаговременно с некоторым упреждением рассчитывать степень затопления пойм рек бассейна Припяти и ее русла. Данный прогноз будет максимально приближен к реальному с указанием времени и территориального месторасположения затопляемых территорий. Указанное обстоятельство позволит оперативно провести противопаводковые мероприятия.

Первая из исследуемых задач заключается в разработке эффективного АГУ, определяющего в конкретных точках реки скорость ее течения и глубину и с помощью радиопередатчика в виде специального кодового сигнала дистанционно передаваемого на радиоприемник ЕИЦ. Второй задачей является сбор информации в ЕИЦ, ее обработка с предсказанием затопления поймы бассейна Припяти. Диапазон выборки временной дискретизации формирования радиопередающего сигнала предполагается ограничить в пределах 12...0,5 часа, а его длительность не превысит нескольких секунд при возможности многократного дублирования для достижения максимальной достоверности соответствия излучаемого и принятого сигнала. Последнее необходимо для устранения влияния на полезную информацию электромагнитных помех, кратковременных непредвидимых сбоев работы компьютера. Отметим, что отдельный радиотранслятор АГУ будет работать считанные секунды в час, что обеспечит его длительное функционирование на аккумуляторных батареях.

Остановимся более подробно на АГУ, представляющем собой по форме легко обтекаемый водным потоком поплавков размером $0,5 \times 0,2 \times 0,4$ м, вносящий минимальные изменения в скорость течения реки и располагаемый в точке средней скорости течения русла реки. Измерителями скорости течения реки являются два ультразвуковых пьезо-керамических преобразователя (УЗП), линия расположения которых для достижения максимальной чувствительности составляет 45° с направлением скорости течения, а расстояние между ними не более 15 см (рис. 1). Скорость течения водного потока фиксируется по доплеровскому сдвигу частоты принятого сигнала относительно излучаемого. Точность измерения скорости составит 2 см/с.

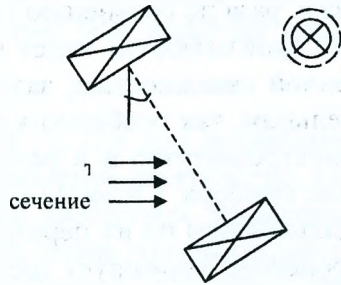


Рисунок 1. Акустические каналы АГУ: Rad и Rec для измерения скорости течения, DM для измерения уровня реки

Система АГУ содержит также измеритель колебаний уровня воды, представляющий собой ультразвуковой пьезокерамический преобразователь (УЗП), являющийся одновременно как и излучателем перпендикулярно к поверхностям воды и дна узконаправленных акустических импульсов, так и их приемником. Глубина уровня воды определяется по временной задержке между излученным сигналом и отраженным от дна водоема принятым сигналом. При этом, как и в доплеровском измерителе реализуется частотно-фазовый метод измерений. Основные погрешности в определении глубины возникают вследствие незеркального отражения сигнала от песчано-илистого дна, волновых колебаний поверхности водоема, отражения от рыб и земноводных, случайно пересекающих акустический луч. Их устранения добиваются многократным дублированием измерений, не учетом заведомо ложных, введением соответствующих значений поправок. Точность измерения колебаний уровня воды составит 2 см.

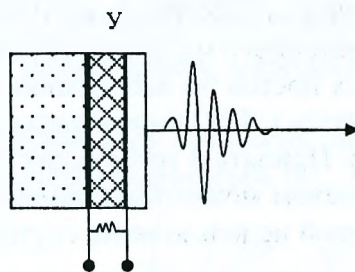


Рисунок 2. Конструкция УЗП и излученный акустический импульс

Для достижения излучаемых импульсов сверхкороткой длительности УЗП должен изготавливаться следующим образом (рис. 2). Пьезоэлемент на 1 МГц представляет собой диск диаметром 20 мм с плоской тыльной поверхностью и сферически вогнутой излучающей поверхностью с радиусом кривизны 100 мм. В качестве материала пьезоэлемента может использоваться низкодобротная пьезокерамика РКР-1 с добротностью $Q=70$ производства СКБ Института физики Ростовского государственного университета. Неравномерность пьезоэлемента по толщине обеспечивает его возбуждение, а также прием им сигналов в диапазоне резонансных частот 4-6 МГц, так как каждое мысленно

выделенное кольцо диска в зависимости от своей толщины имеет определенную частоту механического резонанса (полуволновой резонатор). Результатом является увеличение широкополосности УЗП и соответственно дополнительное снижение его добротности, так как данные величины связаны обратно пропорциональной зависимостью. Для дальнейшего снижения добротности преобразователя на тыльную поверхность пьезоэлемента наносится слой демпфирующего материала толщиной 6 мм, представляющий собой ЭС с наполнителем окисью свинца, а на излучающую поверхность пьезоэлемента - тонкий четвертьволновой согласующий слой, также представляющий собой ЭС с наполнителем, окисью вольфрама.

Параллельное подключение индуктивности к электродам пьезоэлемента обуславливает возрастание принятого сигнала в раза по сравнению с ее отсутствием.

Измерительные преобразователи запитываются через генератор возбуждения от аккумуляторных батарей с определенной скважностью, задаваемой реле времени, использование которого как в измерительном, так особенно в передающем каналах АГУ позволяет существенно экономить электроэнергию и в результате обеспечивает автономное длительное функционирование прибора. Сигналы с измерительных преобразователей поступают на усилители, в дальнейшем по их переднему фронту формируются стробирующие метки, по которым процессор формирует требуемые для радиопередачи цифровые коды, подаваемые на радиопередатчик. Временная синхронизация АГУ обеспечивается реле времени, основным элементом которого является кварцевый стабилизатор частоты.

Разрабатываемый ЕИЦ является сложной современной системой с телевизионным входом от радиоприемного устройства, при необходимости с выходом на модем. Принятая информация через АЦП-анализатор в виде цифровых кодов воспринимается компьютером, который на основании оцифрованной карты рельефа и профиля поймы реки Припяти с помощью математических моделей движения воды в водотоке может указывать на ближайшее время границу затопления пойменных территорий. При таком методе прогнозирования существует обратная связь, позволяющая уточнять текущий расчет затопления, исходя из непрерывно обновляемой базы данных. Предполагается пространственную карту рельефа и профиля обследуемой местности вводить в компьютер с помощью сканера, недостающие фрагменты дополнить экстраполированием, оцифровывать следующим образом: через 0,1 м по высоте и 0,5 м по глубине от рельефа местности, а по двум горизонтальным координатам через 10 м. Для местности площадью 2500 км² (приблизительно территория Пинского района) массив данных составит 1 Гбайт. Так как рельеф местности бассейна реки Припяти меняется весьма медленно, то возможно сжатие информационного массива в сотни раз.

Сеть информационных постов по наблюдению и прогнозированию наводнений, о расширении которой говорится в ТЭО инженерных мероприятий по защите от затоплений и мелиорации поймы р. Припять и требующих отвлечения немалых трудовых и материальных ресурсов, с успехом может быть заменена предлагаемой единой информационной сетью с перспективой использования спутниковой связи.