

5. Волчек, А.А. Об асимптотическом поведении параметра одного из распределений вероятностей речного стока / А.А. Волчек, Л.П. Махнист, В.С. Рубанов // Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь: сборник материалов международной научно-технической конференции, Брест, 26–28 апреля 2010 г. – Брест: БрГТУ, 2010. – С. 45–49.

6. Волчек, А.А. О решении системы дифференциальных уравнений, одной из моделей многолетних колебаний речного стока / А.А. Волчек, Л.П. Махнист., В.С. Рубанов // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. – Брест, 2010. – № 1: Физика, математика. – С. 68–77.

7. Волчек, А.А. О решении системы дифференциальных уравнений, одной из задач стохастической гидрологии / А.А. Волчек, Л.П. Махнист, В.С. Рубанов // Международная математическая конференция «Пятое Богдановские чтения по обыкновенным дифференциальным уравнениям»: тезисы докладов международной научной конференции. Минск, 7–10 декабря 2010 г. / Белорусский государственный университет, Институт математики НАН Беларуси. – Минск, 2010. – С. 105.

УДК 621.9.08

## **К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ЗАТОПЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАВОДКА**

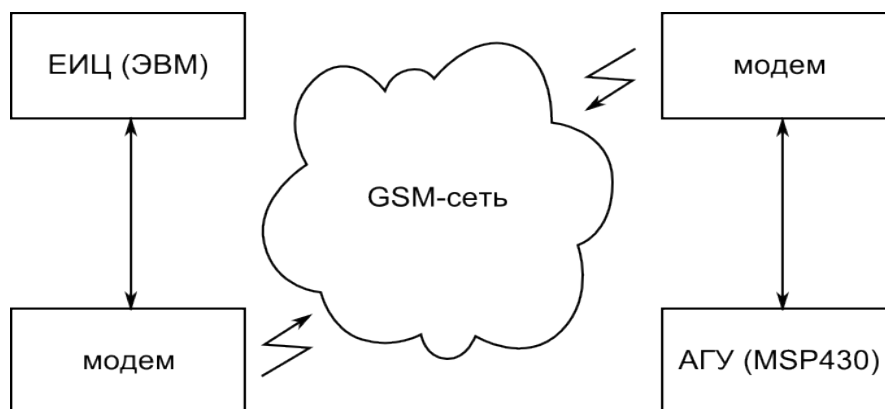
**Волчек А.А., Костюк Д.А., Петров Д.О.**

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, volchak@tut.by, dmitrykostiuk@gmail.com, polegdo@gmail.com

*The algorithm and its implementation are presented for precise evaluation of inundated territories to be used in system of flood monitoring and prediction, which is in development for the Pripyat' river. The chosen method is based on geometrical approach of flood modeling and results in building triangulated curved surface of the water mirror. Proposed implementation provides effective balance of computational complexity and accuracy of calculations.*

### **Введение**

Ежегодно значительные территории во многих странах, не исключая и Беларусь, оказываются в зоне паводка, на ликвидацию последствий которого расходуются существенные средства. Прогноз рисков затопления – это сложная, комплексная задача, требующая привлечения больших объемов информации и значительных вычислительных ресурсов. В рамках решения этой проблемы нами разрабатывается распределенная программно-аппаратная система наблюдения и прогнозирования наводнений, ориентированная на контроль паводка на реке Припять [1]. Система состоит из размещаемых в различных точках русла реки множества автономных гидрологических устройств (АГУ) на базе однокристальных микроЭВМ MSP, задачей которых является периодическое измерение уровня и скорости течения водного потока, хранение информации и автоматическая ее передача через GSM-сеть в единый информационный центр (ЕИЦ) для последующей систематизации и выполнения прогнозов развития паводка (см. рис. 1).



**Рисунок 1** – Обобщенная структура системы мониторинга паводка

Важной частью данной разработки является подсистема компьютерного моделирования, выполняющая расчет паводковой ситуации на основе оцифрованных карт рельефа, и информации о реальном либо прогнозируемом уровне воды в контрольных точках, расположенных в русле реки [1, 2].

### **Основная часть**

Моделирование паводкоопасной ситуации обеспечивает точную визуализацию затопления территорий и заключается в построении пересечения поверхности рельефа с зеркалом поднявшейся воды. В опробованном нами ранее простом случае поверхность воды была представлена горизонтальной плоскостью, и задача построения картины ее пересечения с рельефом местности в виде матрицы высот выполнялась применением модифицированного растрового алгоритма заполнения области с «затравкой» [2].

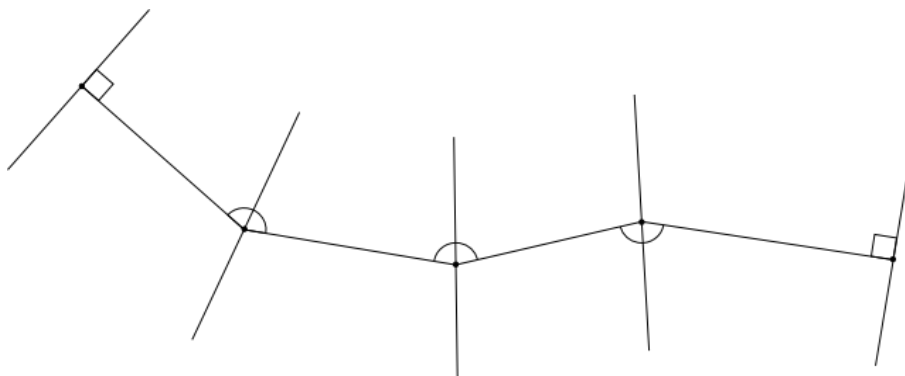
Более точный алгоритм расчета, реализация которого представлена нами в этой работе, предполагает построение модели зеркала поднявшейся воды в виде полосы трехмерной криволинейной поверхности, размещенной вдоль русла реки.

Полоса криволинейной поверхности аппроксимируется плоскими треугольными гранями, что позволяет уменьшить удельную вычислительную нагрузку при сохранении достаточно высокой точности расчета.

Через контрольные точки с координатами  $Z$ , равными измеренной высоте уровня воды, проводится ломаная осевая линия. Для формирования поперечных сечений будущей криволинейной поверхности через эти же точки проводятся отрезки прямых, параллельные плоскости  $XY$  рассматриваемой геометрической модели. Отрезки поперечных прямых, проходящие через первую и последнюю контрольные точки, перпендикулярны первому и последнему сегменту осевой ломаной линии, а остальные – ориентированы вдоль биссектрис углов, образуемых на плоскости  $XY$  смежными сегментами осевой линии. Длина поперечных отрезков ограничивается исходя из необходимости исключить возможность их взаимопересечения. На этом формирование поперечных сечений будущей криволинейной поверхности заканчивается.

Модель зеркала воды составляется из разбитых на треугольные грани сегментов, образованных аппроксимацией движения образующей вдоль осевой линии между соседними поперечными сечениями криволинейной поверхности.

Для управления степенью детализации получаемой поверхности предусмотрена возможность подбора шага аппроксимации движения образующей.



**Рисунок 2** – Осевая линия полосы криволинейной поверхности с построенными поперечными отрезками

Построение пересечения поверхности зеркала воды с моделью рельефа, представленной матрицей высот, включает растеризацию триангулированной поверхности в матрицу высот и исполнение модифицированного растрового алгоритма заливки с «затравкой», координаты которой соответствуют расположению первого гидропоста на цифровой модели рельефа.



**Рисунок 3** – Построение границ области затопления в разработанной программной системе

## Заключение

Реализация данного подхода позволяет повысить универсальность и точность расчета затопления территории за счет геометрического решения задачи построения контура границы воды с учетом наклона ее поверхности вдоль русла реки.

## Список цитированных источников

1. Технические средства мониторинга и прогнозирования наводнений / А.А. Волчек [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сб. тез. докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т., Минск, 6–9 июня 2007 г. / Редколлегия: Э.Р. Бариев [и др.] – Минск, 2007. – Т. 1. – С. 244–247.
2. Распределенная электронно-информационная система мониторинга и прогнозирования паводка / А.Ф. Козак [и др.] // Вестник БрГТУ. – 2008. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 104–106.
3. Volchek A., Kozak A., Kostiuk D., Petrov D. Electronic system of flood monitoring and visualization // Hydrology: from research to water management. XXVI Nordic hydrological conference. Riga, Latvia, August 9–11, 2010. – Riga: University of Latvia Press, 2010. – P. 66–68.

*Работа выполнена в рамках ГПНИ «Научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций», задание «Разработать вычислительные средства централизованного мониторинга и прогнозирования паводка».*

УДК 624.2/8.004.5(075.8)

## **К ПРОБЛЕМАМ РЕМОНТА ЕЗДОВОГО ПОЛОТНА ПЕРЕЕЗДНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**Глушко К.А., Глушко К.К., Пинюта Т.П.**

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vig\_bstu@tut.by

*Method is presented for registration of consumption of resources during the construction of bridges. This method reduces the time required to perform control operations.*

### **Введение**

Проведение ремонтных работ любых объектов сопряжено с определенными сложностями. Их возникновение обусловлено изменениями в конструкции зданий, сооружений, вызванными длительной эксплуатацией. Для отдельно стоящих объектов эти изменения, назовем их деформациями, могут не являться определяющими. Для таких сооружений, как мосты, шлюзы-регуляторы, работающих в комплексе с дорогой, деформации играют определяющую роль.

Наиболее подвержены деформациям, по натурным исследованиям авторов, подтвержденным инструментальными измерениями, участки сопряжения (ездовое полотно) или переходные участки от одного сооружения – моста, к другому – дороге. Это обусловлено различной жесткостью сооружений и способностью воспринимать статические и динамические нагрузки.

Некачественное выполнение строительных работ при возведении сооружений также способствует развитию деформаций мостов и дорог.

Сложность проведения капитального ремонта мостов, шлюзов-регуляторов обусловлена тем, что, отсутствуют продольные и поперечные профили главных балок или плит перекрытий в их деформированном состоянии. Эти данные могут быть получены после вскрытия дорожной одежды, защитного и выравнивающего слоев.

### **Основная часть**

Летом 2005 года проводился капитальный ремонт дороги М-1(Е30) (правая полоса) на участке Брест-Кобрин – Российская Федерация, летом 2006 года – капитальный ремонт левой полосы. Капитальному ремонту подвергались путепроводы и мосты на этом участке дороги. На них переустанавливались тротуары, менялись крайние плиты покрытий, производилась замена выравнивающего и защитного слоев, гидроизоляция и дорожное покрытие. Строительство путепроводов и мостов производилось в 1978–1980 гг.

Исследование развития деформаций главных балок производилось после их вскрытия на мосту в ПК43+119 (правая полоса). Мостовое полотно имеет размеры: ширина – 13685 мм, длина – 63350 мм. Проектный поперечный уклон –  $2^0/100$ , продольный –  $16^0/100$ .