

УДК 519.7, 614.8, 681.51

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОГЕННО-НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

В. Ю. Вишняков

С. О. Сластін

(Центр прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля, м. Дунаївці)

У роботі представлено метод моделювання розливів річок та водосховищ у випадку руйнування греблі. Робота проведена на прикладі водосховища ріки Тетерів м. Житомира. Отримані результати дають змогу створити інтерактивну модель прориву греблі та затоплення заплави ріки Тетерів для подальшого аналізу просторово-часових змін у зоні ризику та планування оперативних заходів щодо зменшення наслідків можливої катастрофи підрозділами МНС України

В работе представлен метод моделирования разливов рек и водохранилищ в случае разрушения дамбы. Данная работа проведена на примере водохранилища реки Тетерев г. Житомира. Полученные результаты позволяют создать интерактивную модель прорыва дамбы и затопления поймы реки Тетерев для дальнейшего анализа пространственно-временных изменений в зоне риска и планирования оперативных мер по уменьшению последствий возможной катастрофы подразделениями МЧС Украины

In robot is presented method of modeling bottling the rivers and reservoirs in events of the destruction of the dam. The Robot is organized on example reservoir streams Teterev cities Zhitomir. The Got results allow to create the interactive model of the breakout of the dam and flooding the flood plain of the stream Teterev for the further analysis space-temporary changes to zone of the risk and, planning the operative measures on reduction consequence possible catastrophe by subdivisions Ministry Exceeding Situation Ukraine

Вступ. На сьогодні більшість державних підприємств та міністерств використовують напрацювання, отримані за часів СРСР. Для проведення оновлення та уточнення інформації стосовно гідро-

© В.Ю. Вишняков, С.О. Сластін, 2008

логії та геології необхідні великі працевзатрати та капіталовкладення. Наприклад, просторове моделювання гідрологічних ситуацій є одним з найскладніших завдань. Класичним методом моделювання таких завдань у світі в останні роки є використання ГІС-технологій. За наявності цифрових моделей рельєфу, відповідних математичних моделей, залучення даних гідрологічних постів, аналізу похилів, стоків, притоків річок та ін. сучасні геоінформаційні технології дають змогу розраховувати та прогнозувати гідрохімічні режими водойм та водотоків. З урахуванням цієї інформації проводиться детальне моделювання процесу формування та руху паводкової хвилі з подальшим розрахунком засобами ГІС водної поверхні річки та площі затоплення на будь-який момент. Цей тип просторової оцінки вважається найточнішим, але у повній мірі реалізувати його можливо при використанні сучасної мережі гідрометеорологічного моніторингу та відповідного технологічного рівня прогнозуючих систем. На сьогодні Україна не може в повній мірі забезпечити вирішення цих питань стандартним методом, що відповідно вимагає створення та використання нових методів та технологій.

Об'єкт досліджень. Для дослідження авторами було обрано гідротехнічний вузол водопідйомної греблі на р.Тетерів, розташований у глибокому каньйоні м. Житомира, збудований за проектом інституту “Укргідропроект” та введений в експлуатацію в 1965 році.

Згідно з висновками ВАТ “Укрводпроект” за результатами візуального огляду та за даними водолазного обстеження греблі спеціалізованого відділення центральної служби “Украгроінвестекспертиза” водопідйомна гребля вимагає капітального ремонту.

У випадку руйнування греблі на території м. Житомира, Житомирського та Коростишівського районів може створитись складна інженерна обстановка. На території можливого затоплення проживає близько 34 000 чоловік, які перебувають під постійною загрозою. Стан гідротехнічного вузла погіршився. За роки останніх досліджень внаслідок урбанізації міста зросла кількість будівель та відповідно збільшилась кількість населення в районі можливого затоплення. Таким чином, у випадку руйнування греблі інженерна обстановка та можливі наслідки будуть інші. Для уточнення інженерного стану споруди та можливих наслідків її руйнування необхідне проведення додаткових досліджень, які потре-

бують значних затрат. Автори пропонують дистанційний метод аналізу просторово-часових змін у зоні ризику та створення моделі розвитку подій в разі руйнування греблі для планування оперативних заходів щодо зменшення наслідків можливої катастрофи підрозділами МНС.

Вхідні дані. За вхідні дані використовувались як наземні, так і дистанційні дані.

Наземні дані:

- цифрові карти рельєфу місцевості масштабу 1:10 000
- GPS — виміри для уточнення географічних координат об'єктів та прив'язки зображень ДЗЗ;
- гідрологічні паспортні дані рік та водойм;
- фотоматеріали місцевості моделювання.

Дистанційні дані:

- знімки зі штучних супутників Землі (ШСЗ) високої розподільчої здатності, таких як IKONOS.

ШСЗ IKONOS

Динамічний діапазон: 8 біт

Смуга захоплення: 11 км

Панхроматична камера

- Розрізнення: 1 м
- Кількість каналів: 1
- Спектральний діапазон: 526—929 нм

Мультиспектральна камера

- Розрізнення: 4 м
- Кількість каналів: 4
- Спектральні діапазони

445—516 нм

506—595 нм

632—698 нм

757—853 нм

Створення моделі.

Для розрахунку сильних скидів води (руйнування дамби) використовуються інструменти, які побудовані на чисельних схемах інтегрування рівнянь гідродинаміки. Особливу складність становить нестационарна течія із-за змін об'єму стоку, зумовленого наявністю межі води та дна річки.

Рельєф місцевості був отриманий з використанням дистанційних даних з ШСЗ IKONOS. Використання ортофотограметрії дає змогу створити цифрову мапу рельєфу (ЦМР) місцевості з врахуванням будівель та споруд (рис. 1). Завдяки гідрологічним паспортним даним рік та водойм, було уточнено ЦМР дна річки.



Рис. 1.

Відомо, що динаміку поверхневого шару рідини можливо описати системою рівнянь Бусинеска-Сен-Венана:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \varphi}{\partial x} - f v + g \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 h} - \frac{\tau_x}{\rho h} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \wp}{\partial x} + fu + g \frac{v\sqrt{v^2 + u^2}}{C^2 h} - \frac{\tau_y}{\rho h} = 0, \quad (3)$$

де $h(x, y, t)$ — глибина рідини; $u(x, y, t)$, $v(x, y, t)$ — горизонтальні компоненти вектору швидкості, усереднений по вертикальній координаті, $b = b(x, y)$ — рівень дна водойми; $\wp(x, y, t) = h + b$ — рівень вільної поверхні рідини; $f = 2\Omega \sin \Theta$ — параметр Коріоліса; Ω — кутова швидкість обертання Землі; $\Theta = \Theta(x, y)$ — географічна широта; ρ — густина води; C — коефіцієнт Шези, τ_x , τ_y — компоненти вектора напруги тертя вітру, для яких можливо прийняти $\vec{\tau} = C_\tau \rho_\alpha |\vec{W}| \vec{W}$, де \vec{W} — швидкість вітру, ρ_α — густина атмосфери, C_τ — параметр, що залежить від стану водної поверхні; $b(x, y)$ — функція рельєфу місцевості.

Сьогодні для рішення цієї системи існують різноманітні підходи:

1. Кінцево-різновидні методи на основі Ейлеревих сіток [7];
2. Метод кінцевих елементів та комплексний метод граничних елементів [4];
3. Методи частинок або безсіточні методи [5, 6];
4. Алгоритми на основі теорії графів.

Один з цих підходів реалізовано в програмному виробі RealFlow (розроблений компанією Next Limit Technologies), який використовує алгоритми розрахунку рідкоплинних середовищ з використанням особливої системи частинок. Як частинки використовуються метаболі — елементи, що “злипаються” один з одним на малих відстанях з утворенням зовнішньої оболонки, яка є остаточним результатом розрахунків. Розробникам програми вдалося знайти оптимальний баланс між реалістичністю отриманих результатів і часом розрахунку при відносно невисоких системних потребах до апаратної частини комп’ютера. Ці та інші унікальні особливості дають змогу точно розрахувати та ефективно відобразити динаміку руху речовини в моделі навколишнього середовища, в ролі якої використовувалася ЦМР зони дослідження (рис. 2).

Отримана модель розповсюдження водного потоку застосовується для визначення динаміки зміни зони затоплення, яка використо-

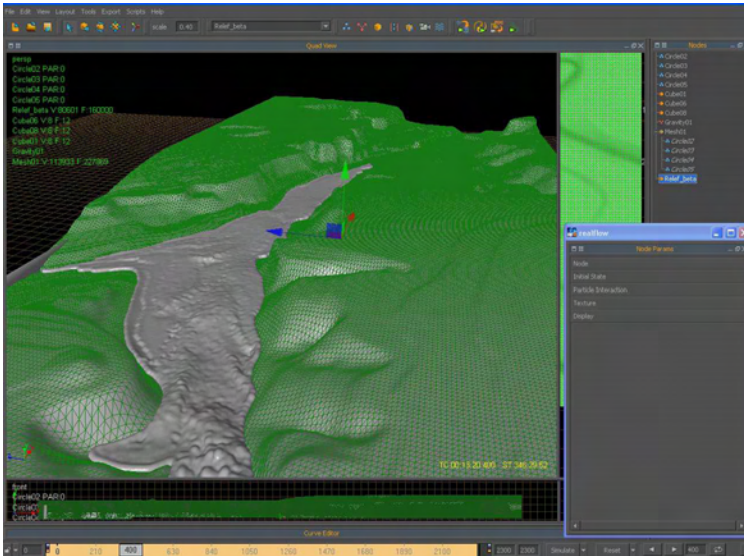


Рис. 2.



Рис. 3.

ується для формування інтерактивної моделі затоплення в реальному часі.

На першому етапі було збудовано модель стаціонарної течії річок Тетерів, Кам'янки та інших притоків в руслі (рис. 3).

На другому етапі починається “руйнування дамби”, що означає збільшення проходу води через створ дамби $\dot{V} = dV / dt$. Величина \dot{V} збільшується до заданого рівня за лінійним законом за відповідний час t .

На рисунках 4—7 показано розподілення рівня води в різні моменти часу аварії.

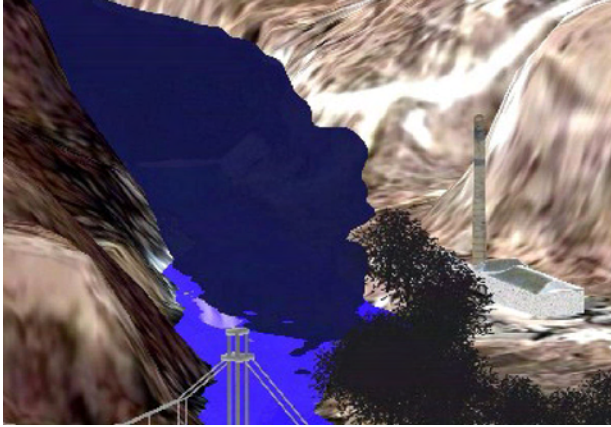


Рис. 4.

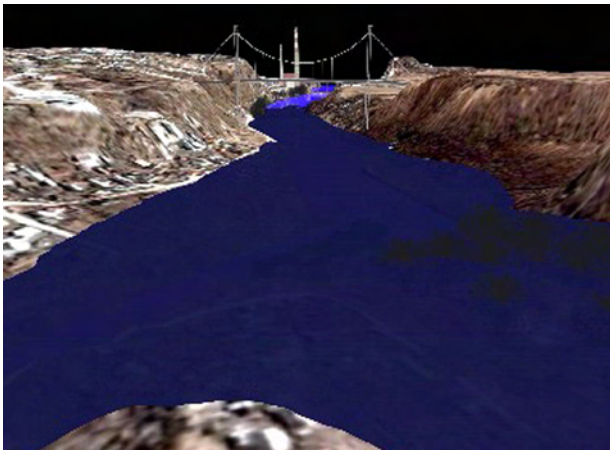


Рис. 5.



Рис. 6.



Рис. 7.

Анімація за результатами даного розрахунку наглядно демонструє процес затоплення території у випадку руйнування гідротехнічного вузла.

За результатами розрахунку було створено тематичну карту та розраховано площу території, що попала під затоплення (рис. 8).



Рис. 8.

Висновок:

- Відпрацьована методика побудови ЦМР за даними ДЗЗ високої розподільчої здатності.
- Комп'ютерне моделювання дає можливість в реальному часі з'ясувати територію та час затоплення, глибину води на всій місцевості, поле швидкостей та гідродинамічний удар від хвилі затоплення.
- Розроблена технологія є універсальною і може бути використана для розрахунку динаміки поверхневих вод для будь-якої території. Показано, що особливості рельєфу є визначним фактором.

* * *

1. *Порядок* взаємодії між Головним управлінням МНС України в Житомирській області і Центром прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля Національного Космічного Агентства України при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

2. *Прогноз* виникнення надзвичайної ситуації внаслідок прориву греблі на р. Тетерів у м. Житомирі / О. В. Болобан — начальник відділу інженерно-технічного захисту підполковник внутрішньої служби. — Житомир, 2007.

3. *Нежиховский Р. А.* Наводнения на реках и озерах. — Л., Гидрометеиздат, 1988. — 184 с.; ил.

4. *Афанасьев К. Е., Стуколов С. В.* КМГЭ для решения плоских задач гидродинамики и его реализация на параллельных компьютерах. — Кемерово, 2001.

5. *Богомолов С. В., Захаров Е. В., Зеркаль С. В.* Моделирование движения потоков различной природы по наклонной поверхности методом частиц / Вестник Харьковского национального университета. — Х., 2003. — № 590. — С. 114—123.

6. *Богомолов С. В., Захаров Е. В., Зеркаль С. В.* Моделирование волн на мелкой воде методом частиц / Математическое моделирование, 2002. — Т. 14. — № 3. — С. 103—116.

7. *Крукиер Л. А., Муратова Г. В.* Использование метода конечных разностей для решений уравнений мелкой воды / Математическое моделирование, 2001. — Т. 13. — № 3. — С. 57—60.

Отримано: 20.01.2008 р.