© А.В. Белянинський, канд. техн. наук, доцент, ч.-кор. ТАУ

ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ АЕРОКОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ ПІД ЧАС ГІДРОЛОГІЧНИХ РОЗВІДУВАНЬ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ

Вступ

Під час розвідувань ділянок річок з мостовими переходами застосовувалися аерометоди та космічне знімання (дистанційне зондування Землі). Оцінка наслідків катастрофічних повеневих ситуацій та їх прогнозування в районі мостових переходів на основі космічних знімань здійснювались засобами ГІС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На жаль, сучасна база офіційних гідрологічних прогнозів застаріла і дещо втратила свою актуальність. Крім того, має місце застаріла інформація про рельєф, рослинний покрив і система її актуалізації, що призводить до істотних прорахунків при прогнозуванні та вимагає значних фінансових витрат.

На допомогу при вирішенні цього питання може прийти космічне зондування та геоінформаційні технології, за допомогою яких здійснюється просторове моделювання гідрологічних ситуацій. При вирішенні цієї проблеми необхідно використовувати розробки, що пов'язані зі створенням моделі рельєфу та інш., а також спеціальні алгоритми гідрологічного моделювання, які дають можливість установлювати масштаби і швидкість просування повеневої хвилі, стан протиповеневих споруд.

Розв'язання поставленої проблеми

За допомогою ГІС здійснюється просторова прив'язка гідрологічних елементів і точок спостереження, підготовка моделі рельєфу, виділення басейнів водозбору, моделювання площі підтоплення, а також просторовий аналіз результатів моделювання. Прикладом зазначеної взаємодії при дослідженні повеневих ситуацій є інтеграція з ГІС ArcView моделюючих систем

Таблиця 1

Значення масштабів ситуаційних планів

Ширина розливання	Масштаб аерофотознімання	Масштаб плану
150 — 400	1 : 3000 — 1 : 5000	1 : 2000
500 — 1000	1 : 6000 — 1 : 10000	1 : 5000
Більше 1000	1 : 15000 — 1 : 25000	1 : 5000 — 1 : 10000

HEC-RAS (США) і MIKE-21 (Данія). Модуль розширення ArcView — AVRAS забезпечує застосування можливостей ГІС у процесі підготовки даних, що характеризують геометрію русла, параметри поперечних перетинів потоку, а також просторового відображення та аналізу результатів моделювання повеневої ситуації.

Для фотограмметричної обробки матеріалів аерогідрометричних спостережень використовувалася аналітична фотограмметрична станція "Стереоанаграф". Розширений пакет програм АФС забезпечує додаткові можливості по обробці космічних, фототеоделітних знімків і технологію тріангуляції без маркування точок.

Внаслідок обробки матеріалів аерогідрометричних спостережень за створами вимірювань для різних періодів проходження повені на ділянці переходу отримують наступні дані і матеріали:

- елементарні і загальні витрати води русла і заплави;
- швидкості поверхневих течій і напрямки струменів на русловій і заплавній частинах;
- живі перерізи русла і заплави в створі вимірювань;
- глибини води і відмітки горизонтів в дати спостережень;
- положення промірних вертикалів на створі.

На основі цих даних за допомогою розроблених методів будуються епюри витрат і швидкостей. Внаслідок камеральної обробки матеріалів аерогідрометричних спостережень повинні бути отримані такі документи:

- графік коливань рівнів в період спостережень;
- графік залежності витрат води (руслових та загальних) від горизонту $Q=f(H)$ та $Q_p=f(H)$;
- графік залежності середніх швидкостей течії від горизонту $\upsilon=f(H)$;
- графік залежності площі живого перерізу від горизонту $\omega=f(H)$;
- епюри витрат і швидкостей течії в період спостережень;
- картограми траєкторій переміщення поплавків і

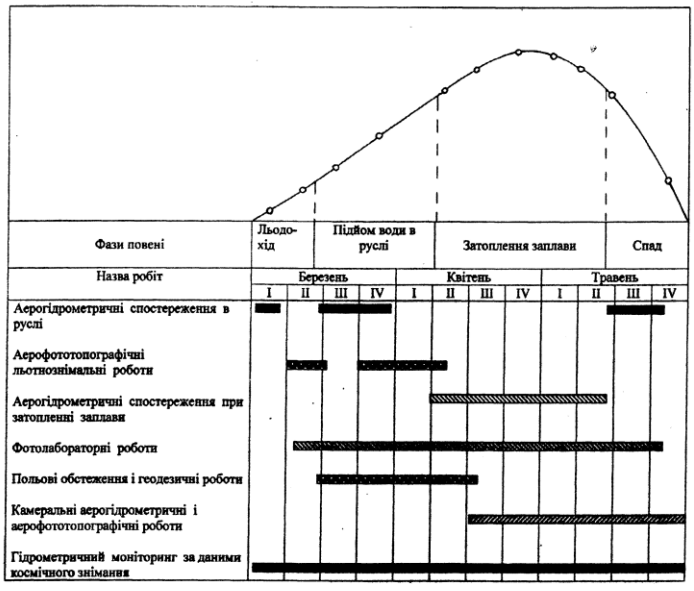

Рис. 1. **Технологічна схема аерокосмічних гідрометричних робіт**

напрямків струменів на створах при характерних горизонтах води.

Всі необхідні дані, які отримані внаслідок обробки аерогідрометричних спостережень, переносяться з фотосхем на детальний план мостового переходу. При цьому використовується середній масштаб фотосхеми, визначений за допомогою відстані між урізами води чи характерними точками фотосхеми і плану. При проведенні комплексних аерогідрометричних спостережень на річках з великою шириною розливання, у важкодоступних гірських районах, де можуть мати місце стихійні лиха, великого значення набуває правильна організація і послідовність виконання робіт. Для цього слід керуватися технологічною схемою, яка наведена на **рис. 1**.

Як видно з технологічної схеми, аерогідрометричні роботи виконують у березні, квітні і травні. Під час льодоходу виконують аерогідрометричні спостереження в руслі. При підйомі води в руслі продовжують аерогідрометричні спостереження та виконують аерофототопографічні льотнознімальні роботи, а також польові та геодезичні роботи. Під час затоплення заплави необхідно виконувати аерогідрометричні спостереження, фотолабораторні, камеральні аерогідрометричні і аерофототопографічні роботи. Під час спаду повені продовжують виконувати аерогідрометричні спостереження в руслі, польові і геодезичні обстеження та одночасно здійснюють камеральну обробку отриманих фотоматеріалів.

При виконанні розвідувань мостових переходів аерометодами, одночасно з визначенням гідрологічних характеристик річок, виконують також і аерофототопографічні роботи, в процесі яких складають фотосхеми, ситуаційні або топографічні фотоплани, які є топографічною основою для трасування мостового переходу, призначення схем регуляційних споруд та ін.

Розміри ситуаційного плану повинні охоплювати всю ширину розливання води до відміток на 1-2 м вище горизонту високих вод. Для всіх варіантів переходу, що розглядаються, довжина плану вгору і вниз по річці повинна складати 1,5–2,0 ширини розливання.

Масштаб ситуаційних планів визначається шириною розливання і призначається за даними, наведеними в **табл. 1**.

Ситуаційні плани мостових переходів через річки з шириною розливання до 1,5 км складають на основі матеріалів маршрутного знімання, а при розвідуваннях з більшою шириною розливання для складання планів використовують аерофотознімання на площі і каркасні маршрути. В залежності від схем і об'єму виконаної планової підготовки аерофотознімків ситуаційні плани виготовляють у тій чи іншій координатній системі або ж умовно зорієнтованими.

Камеральні роботи при складанні ситуаційного плану мостового переходу включають: побудову планової основи; фототрансформування аерознімків, складання фотоплану.

Фототрансформування аерознімків і складання фотоплану мостового переходу виконується звичайними методами.

Детальні топографічні плани вузької смуги вздовж вибраного положення осі мостового переходу складають на основі аерознімків маршрутної аерозйомки і наземної планово –висотної підготовки в масштабах 1 : 1000 при ширині розливання до 500 м і 1 : 2000 при ширині розливання більше 500 м. На топографічний план з аерознімків переноситься аерогідрологічна ситуація, отримана в результаті аерогідрометричних спостережень в пік повені на основному створі — лінії рівних швидкостей течії (ізотахи), лінії рівних глибин (ізобати), траєкторії руху крижин. Крім того, на даний топоплан переносяться елементи ситуації, віддешифровані при польових обстеженнях — межі високих вод, межі заплавних боліт з їх характеристиками, місця виходу грунтових вод в районі мостового переходу.

Протягом часу аерогідрометричних робіт під час катастрофічних повеней проводяться космічні знімання та обробка інформації за допомогою ГІС-технологій, внаслідок чого відслідковується гідрологічна ситуація на мостових переходах по всій довжині річки.

При виборі моделюючої системи керувалися розглядом такої ділянки, як оперативність чи

детальність. Оперативність системи включала: мінімум вихідних параметрів, максимальну достовірність і простоту алгоритмів обчислення, що сприяло збільшенню швидкості обробки даних, проте мали місце невисокі вимоги до детальності параметрів та викликало низьку точність отриманих результатів. Детальність моделюючої системи передбачали істотні витрати часу і засобів на створення і адаптацію інтерфейсу обміну даними спеціалізованих систем моделювання або їхніх розрахункових блоків. При цьому вимагалось одержання достовірної і повної інформації. Крім того, передбачалось проведення спеціальних досліджень з метою перевірки адекватності створеної моделі. Вихідними даними детальної гідрологічної моделі були такі параметри, як кількість опадів, показники випаровуваності й транспірації на кожний квадратний кілометр місцевості, показники шорсткості схилів, типи грунтів і рослинності, землекористування і таке інше.

Основою оцінки і прогнозування надзвичайних ситуацій, пов'язаних із розвитком екстремальних повеней є просторовий аналіз гідрологічної ситуації, виконаний засобами Spatial Analyst ArcView. Головним є визначення площ можливого затоплення шляхом зіставлення поверхні рельєфу з повеневою поверхнею річки, яка отримана за даними розподілу рівнів води. Для аналізу зазвичай потрібні такі вихідні дані: модель рельєфу досліджуваної території та точкові дані про очікувані або наявні рівні води в річці.

Результуюча точність просторової оцінки або прогнозу визначається детальністю та актуальністю моделі рельєфу, а також повнотою інформації про рівні річки за оцінюваний період. Коректність моделі, яка використовується для гідрологічного прогнозування, залежить від плинності рельєфу, де дані відсутні. Модель повеневої поверхні річки будувалася за прогнозними чи фактичними рівнями, що мали місце на гідрологічних постах. Версифікація моделі здійснювалася за даними минулих років про площі затоплення, які отримувалися засобами дистанційного зондування за матеріалами супутника.

Висновки

Таким чином, при розробці технологічних схем обробки матеріалів аерокосмічної зйомки під час гідрологічних розвідувань мостових переходів було досягнуто таких результатів:

1. Здійснена поточна щоденна оцінка фактично затоплених ділянок мостових переходів та автомобільних доріг.

3.Розроблені технологічні схеми обробки аерокосмічних знімань застосовані під час гідрологічних розвідувань мостових переходів і сприяють автоматизації всього процесу проектування автомобільних доріг і штучних споруд на них.

3. Запрогнозовано площі поблизу мостових переходів, які могли бути затоплені при майбутніх катастрофічних повенях, що дало змогу оцінити ефективність існуючих водоохоронних споруд та розробити заходи по їх покращенню.

4. Наведені технологічні схеми обробки матеріалів аерокосмічної зйомки під час гідрологічних розвідувань мостових переходів мають наукове і практичне значення для оцінки наслідків катастрофічних повеневих ситуацій та їх прогнозування засобами ГІС.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Бєлятинський А.О.** Наукові основи використання стереофотограмметрії в інженерній гідравліці. — К.:ISTERPRESS-Україна, 2001. — 152 с.

2. **Бєлятинський А.О.** Застосування інформації дистанційного зондування Землі з метою прогнозування повені на гірських річках. // Автошляховик України. Вісник Центрального наукового центру ТАУ. № 4.— 2001— С. 103–105.

3. **Бєлятинський А.О.** Космічний моніторинг мостових переходів під час надзвичайних паводкових ситуацій. // Науково-виробничий журнал "Автошляховик України" Окремий випуск "Вісник Північного наукового центру Т.А.У. ".– 2003. – № 6. – С.85–87.

4. **Пат. 68268А** Україна, МПК 7 Е 01 D 21/00. Спосіб гідрологічного розвідування мостових переходів. / Бєлятинський А.О., Осташко В.Ю. — Заявл. 05.11.2003; Опубл. 15.07.2004; — 4с.