

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УДК 625.745.11

На правах рукопису

БЕЛЯТИНСЬКИЙ Андрія Олександрович

ДОСЛІДЖЕННЯ
МІСЦЕВОГО РОЗМІВУ БІЛЯ ОПОР МОСТІВ
ПРИ ЇХ РЕКОНСТРУКЦІЇ МЕТОДАМИ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРІЇ

Спеціальність 05.22.11
автомобільні шляхи та аеродроми

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1996



Дисертація є рукопис

Робота виконана в Українському транспортному університеті.

Наукові керівники:

заслужений діяч науки і техніки України, докт.техн.наук,
проф. БОЛЬШАКОВ В.О.

докт.техн.наук, проф. САВЕНКО В.Я.

Офіційні опоненти:

докт.техн.наук, проф. ГАВРИЛОВ Е.В.

канд.техн.наук, доц. АЛЕНІЧ М.Д.

Провідна організація: інститут "Укрдіпрошлях", м. Київ

Захист відбудеться "11" XII 1996 р.
о "12.00" годині на засіданні спеціалізованої вченої
ради Д 01.27.03 в Українському транспортному університеті
за адресою: 252010, м. Київ-10, вул. Суворова, 1, ауд.333-а.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Українського транспортного університету.

Автореферат розісланий "11" XI 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
канд.техн.наук, доц.

Пальчик А.М.

76-36.043

Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. При перехрещенні автомобільних доріг з річками та іншими водними перепонами зводяться комплекси інженерних споруд, переходи через водотоки, серед яких найчастіше зустрічаються мостові переходи. Споруди мостових переходів взаємодіють з водним потоком і наражаються на небезпеку затоплення, підмиву і розмиву текучою водою. Щоб споруди переходу були запроектовані правильно, тобто щоб були завжди стійкі і їх можна було експлуатувати на протязі всього терміну служби, необхідне розрахунок розмірів і конструкцій споруд обґрунтувати на точному прогнозі розвитку місцевих розмивів.

Разом з тим місцевий розмив є надзвичайно складним для опису процесом. Існуючі раніше методи вивчення місцевого розмиву, а також обстеження мостових переходів з метою установлення наявності місцевого розмиву є трудомісткими, громіздкими і, в певній мірі, недосконалими. У зв'язку з цим здобуває актуальність проблема розробки більш досконалих методів проведення вимірвальних робіт при обстеженні мостових переходів, з метою установлення наявності місцевого розмиву біля опор та його прогнозу, а також вивчення самого явища цього процесу. Проблема, яка розглядається в дисертації є продовженням багаторічної науково-дослідної роботи, що виконувалась на кафедрі "Мости і тунелі" Київського автомобільно-дорожнього інституту /тепер Український транспортний університет/ і була віднесена Президією НАН України до числа найважливіших.

Мета і задачі досліджень. Мета дисертаційної роботи полягає в розробці методу опису місцевого розмиву із застосуванням

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

стереофотограмметрії при обстеженні мостових переходів. Задачі досліджень включали такі питання: отримання диференціального рівняння, що описує процес місцевого розмиву біля мостових опор в просторі і часі, отримання математичних залежностей, які дозволяють по стереоскопічній моделі потоку води визначити його елементи: площу живого перерізу, змочений периметр, гідравлічний радіус, витрату води, поверхневу швидкість течії. Установлення залежностей, які дають можливість по стереоскопічній моделі визначити глибину ями розмиву і її об'єм, отримання формул для установлення вертикальної швидкісної структури потоку води з використанням стереомоделі.

Це дає можливість розробити метод установлення наявності місцевого розмиву біля опор мостового переходу з використанням аерофотозімання з метододельтапласа, а також розробити метод складання плану дна річки для виявлення наявності їм місцевого розмиву після проходження паводка і дати практичні рекомендації по використанню результатів досліджень при обстеженні мостових переходів.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у вирішенні важливої науково-технічної задачі, пов'язаної з вивченням механізму місцевого розмиву за допомогою стереоскопічної моделі, а також його прогнозу при обстеженні мостових переходів; в розробці комплексної програми аналітичної обробки матеріалів наземної стереофотограмметричної зйомки місць наявності місцевих розмивів на мостових переходах і в оцінці точності стереоскопічних вимірювань, в результаті чого установлені допущення при визначенні елементів і характеристик водного потоку, в отриманні диференціального рівняння, що описує місцевий розмив в просторі і часі.

Практична значимість і впровадження результатів досліджень.

Отримані в роботі теоретичні рівняння мають цілком певну практичну значимість. Створений на їх основі метод установлення наявності місцевого розмиву при обстеженні мостових переходів за допомогою аерофотознімання з мотодельтаплану. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблена методика розрахунку глибини ями місцевого розмиву біля мостових опор в часі і просторі. Методика враховує вплив на місцевий розмив реального проходження паводка. Вона може бути використана для прогнозування розмиву. Розроблений метод складання плану дна річки після паводка для установлення наявності ям місцевого розмиву.

На основі виконаних досліджень розроблені рекомендації установлення наявності місцевого розмиву шляхом аерофотознімання з мотодельтаплану, які впроваджені в Інституті Укрдіпрошлях.

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідались на Міжнародному симпозіумі з мостів і конструкцій в 1991 р. /м.Ленінград/, на наукових конференціях професорсько-викладацького складу Київського автомобільно-дорожнього інституту /тепер Український транспортний університет/ в 1991-1996 рр., на Українському науковому семінарі з гідравліки відкритих русел і споруд /Київ, 1996/, а також на науково-технічній конференції в Національному технічному університеті України /КПІ/, в 1996 р.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 5 наукових праць.

Структура та об'єм роботи. Робота викладена на 129 аркушах друкованого тексту та ілюстрована 25 рисунками, містить 9 таблиць, і додаток і список літератури 102 найменування.

Зміст роботи

У вступі обгрунтовується актуальність теми, подається загальна характеристика роботи, розробляється структурно-логічна схема дисертації. Згідно цієї схеми робота складається з чотирьох розділів:

- методи розрахунку місцевих розмивів;
- теоретичні дослідження установлення процесу розвитку місцевих розмивів в просторі і часі;
- експериментальні дослідження з метою вивчення процесів розвитку місцевих розмивів методом стереофотограмметричного знімання;
- застосування результатів дослідження при будівництві і реконструкції мостових переходів.

Перший розділ містить у собі аналіз методів розрахунків місцевих розмивів, в якому освітлюється сучасний стан питання.

Перші дослідження місцевого розмиву, що виконувалися К.Х. Мінарром, Д.Дюран-Клеєм та ін. відносяться до середини дев'ятого сторіччя.

Цій проблемі присвячені дослідження Г.Енгельса та Ч.Кейтнера, що досліджували форму опори, при якій глибина ями розмивання мінімальна. За дослідженнями Т.Іанхера місцевий розмив виникав внаслідок дії горизонтальних вихорів при нерівномірному розподілі авидкості по вертикалі. Подальші дослідження місцевого розмиву здійснили А.А.Гельфер і А.М.Фролов. Проте зазначені дослідження носили описовий характер і не давали кількісних оцінок для глибини розмиву. Одним з перших емпіричних формул для визначення глибини місцевого розмиву є формула К.К.Інгліса.

Проте ця формула узагальнює дані хоткових експериментів, не враховуючи крупність наносів і форму опор. А.М.Латигенкоз вивчав кінематичну структуру потоку. Подібні дослідження місцевого розмиву біля опор мостів були виконані І.А.Ярославцевим. Дослідження Є.М.Лаурсена, А.Точа, А.С.Зедінідзе показали, що при певних умовах звидкість потоку не впливає на глибину місцевого розмиву, Х.В.Шен, В.П.Шнайдер, С.Каракі вважають, що глибина місцевого розмиву повинна залежати від числа Рейнольдса. Такі відомі вчені як М.М.Хуравльов, В.С.Муромов, Г.А.Архіпов, Є.Ф.Лісицини, Ю.В.Писарев, Г.С.Пічуров, Є.А.Пейч, Ю.А.Коваленко, М.М.Петров, Л.Г.Бегам, В.Ш.Ципін, В.О.Большаков, В.Я.Саванко, Т.П.Радченко, О.М.Клімов, В.Ю.Даденков, Ц.Є.Мірцхулава, М.П.Буданов, С.Г.Ткачук та ін. в своїх дослідженнях значну увагу приділяли місцевому розмиву. В дослідженнях, присвячених місцевому розмиву використовувалися традиційні методи.

В останній час з'явилися дослідження із застосуванням нетрадиційного енергетичного підходу /М.П.Буданов/ до вивчення місцевого розмиву. Крім того в останні роки в різних галузях науки з метою більш детального вивчення різних процесів широко почали використовуватися стереофотограмметричні методи. Це відомі дослідження В.М.Сердюкова, В.А.Катушкова, В.Д.Барановського, А.І.Нікітєнко та ін.

В.І.Кліменов, В.І.Нефьодов застосовували методи стереофотограмметрії як для фотографування вільної поверхні спокійного потоку, так і для дослідження гідраліки вхідних ділянок малих штучних споруд.

Разом з тим це недостатньо використовувались методи стереофотограмметрії для вивчення місцевого розмиву при вишукуванні та обстеженні мостових переходів.

Таким чином доцільно удосконалити теоретичні дослідження місцевого розмиву, використовувачи для цього енергетичний підхід із застосуванням стереофотограмметрії, що дозволить розглянути цей процес в просторі і часі.

У другому розділі наводяться теоретичні дослідження установлення процесу розвитку місцевих розмивів в просторі і часі.

Для вирішення задач досліджень застосовується енергетичний підхід до опису процесу місцевого розмиву. В основу покладена розрахункова схема розмиву, що представлена на рис. 1, яка відрізняється від прийнятих раніше схем іншими дослідниками.

Виходячи із закону збереження матерії об'єм ями розмивання дорівнює об'єму розмитого ґрунту, тобто $V = V_p$ і похідна за часом

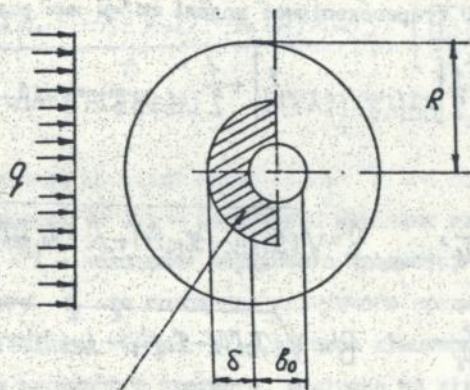
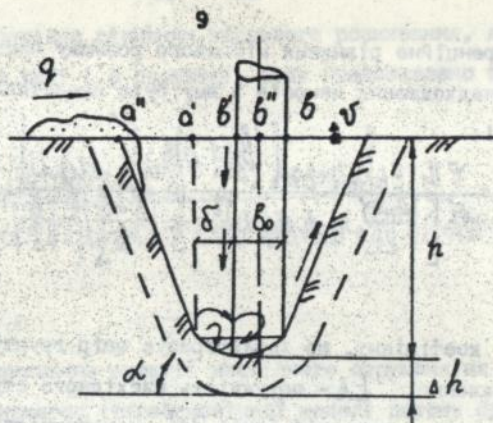
$$\frac{dV}{dt} = \frac{dV_p}{dt}$$

де V - об'єм ями розмивання; V_p - об'єм вивнесеного з ями ґрунту. З рис. 1 об'єм ями розмивання за вирахуванням об'єму опору, розташованої в ній

$$V = \pi h \left[\frac{b_0 + \delta}{2} \right]^2 + \pi h^2 \left[\frac{b_0 + \delta}{2} \right] \operatorname{ctg} \alpha + \frac{\pi h^3}{3} \operatorname{ctg}^2 \alpha + \frac{2}{3} \pi \left[\frac{b_0 + \delta}{2} \right]^3 - \pi h \left[\frac{b_0}{2} \right]^2 \quad (11)$$

Похідна від об'єму ями за часом, тобто швидкість зміни об'єму виразиться таким чином

$$\frac{dV}{dt} = \pi \left[\left(\frac{b_0 + \delta}{2} + h \operatorname{ctg} \alpha \right)^2 + \frac{2}{3} \left(\frac{b_0 + \delta}{2} \right)^3 - \left(\frac{b_0}{2} \right)^2 \right] \frac{dh}{dt} \quad (12)$$



Активна зона розриву

Рис.1. Розрахункова схема розриву

Тоді диференціальне рівняння місцевого розмиву чистою водою з врахуванням надходження наносів в яму буде представлено в наступному вигляді:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\gamma V_1 (Ek - W) - 2q \left[\left(\frac{b}{2} + s \right) + h \operatorname{ctg} \alpha \right]}{\pi \left[\left(\frac{b+s}{2} + h \operatorname{ctg} \alpha \right)^2 + \frac{2}{3} \left(\frac{b+s}{2} \right)^3 - \left(\frac{b}{2} \right)^2 \right]} \quad (3)$$

де γ - коефіцієнт, що характеризує опір ґрунту гідродинамічному навантаженню; Ek - потужність нижнього струменя на дні ями розмивання в активній зоні; W - потужність струменя, при якій не відбувається розмивання; q - витрата наносів, м³/см.

Для представлення рівняння (3) в часі і просторі визначимо за допомогою стереоскопічної моделі об'єм ями розмивання:

$$V = \pi h \left\{ \frac{1}{2} [AB(A'B' + (2A''B'')^2)] + \frac{1}{2} (AB + A'B')A''B'' + AB + A'B' + \frac{2}{3} [AB + A'B' + A''B'']^2 \right\} / 4$$

де

$$A = \frac{B\varphi}{P_a P_b}, \quad B = \sqrt{(x_{1a} P_a - x_{1b} P_b)^2 + f\kappa (P_a - P_b)^2}$$

$$A' = \frac{B\varphi}{P_a' P_b'}, \quad B' = \sqrt{(x_{1a}' P_a' - x_{1b}' P_b')^2 + f\kappa (P_a' - P_b')^2}$$

$$A'' = \frac{B\varphi}{P_a'' P_b''}, \quad B'' = \sqrt{(x_{1a}'' P_a'' - x_{1b}'' P_b'')^2 + f\kappa (P_a'' - P_b'')^2}$$

$B\varphi$ - базис фотографування; $f\kappa$ - фокусна відстань;

$x_{1a}, x_{1b}, x_{1a}', x_{1b}', x_{1a}'', x_{1b}''$ - абсциси точок $a, b,$

a', b', a'', b'' на лівому знімку; $P_a, P_b, P_a', P_b', P_a'', P_b''$ - поздовжні паралакси точок a, b, a', b', a'', b'' .

Тоді диференціальне рівняння місцевого розмивання, яке описує цей процес в часі і в просторі, буде представлено таким чином:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{P U_1 (E_n - W) - 2q \left[\left(\frac{b_0}{2} + \delta \right) + R \operatorname{ctg} \alpha \right]}{\alpha \left\{ \frac{1}{2} AB [A'B' + 2A''B'']^2 + \frac{1}{2} (AB - A'B') A''B'' + AB + A'B' + \frac{2}{3} [AB + A'B' + A''B'']^2 \right\}} \quad /5/$$

З метою визначення енергії нисхідного струменя на рівні дна русла за допомогою стереоскопічної моделі потоку був установлений розподіл швидкостей на вертикалі перед опором

$$V_z = \frac{B \varphi}{P_i' P_{i+1}'} \frac{\sqrt{(X'_{i+1} P_i' - X'_{i+1} P_{i+1}')^2 + f_K^2 (P_i' - P_{i+1}')^2}}{t} \left[\frac{H_i}{H_{\Delta P}} \right] \left[\frac{Z}{H_{\Delta P} - i} \right]^{1/3} \quad /6/$$

де P_i' - поздовжній паралакс початкового i -го положення маркувчого предмета; P_{i+1}' - поздовжній паралакс кінцевого положення, $i + 1$ - положення маркувчого предмета; X'_{i+1} - абсциса початкового i -го положення маркувчого предмета, виміряна на лівому знімку; X'_{i+1} - абсциса кінцевого $i + 1$ -го положення маркувчого предмета, виміряна на лівому знімку; t - проміжок часу між двома експозиціями, f_K - фокусна відстань стереокамери. Показник степені Δ визначається на основі гідрометричних вимірювань на ділянці мостового переходу і може змінюватися в межах 0,08-0,5. У випадку відсутності гідрометричних робіт він може бути прийнятим рівним його середньому значенню 0,2, що притаманне для рівнинних рік.

Рівняння /5/ дозволяє описати всі види руйнувань, які можуть мати місце під час місцевого розмивання в зв'язаних грунтах. Для цього потрібно враховувати водоміцність при місцевому розмиві, яка характеризується кутом природнього укосу зв'язаного ґрунту під водою α нерозмивавчою швидкістю $V_{нер}$ і коефіцієнтом розмивання γ .

Для визначення нерозмивавчої вертикальної швидкості $V_{нер}$ і коефіцієнта γ отримані формули:

$$V_{нер} = 7.33 \lg \left(\frac{d}{d} \right) \sqrt{\frac{0.651 \cdot 10^{-4} + 0.041 d}{0.288 \cdot 10^{-5} + 0.079 d} \left(1 + \frac{0.05 \cdot 10^{-7}}{d^2} \right)} \quad 171$$

$$\rho = 20.9 (d^{0.16} + d^{d+1} - 1.21)$$

де d - діаметр часточок незв'язаного ґрунту, мм.

Формула для нерозмивавчої швидкості може бути прийнята, коли діаметр часточок ґрунту змінюється від 0,06 до 10 мм.

Формула для коефіцієнта розмивання γ має місце для ґрунтів діаметром $0,315 < d < 0,63$. Зменшення діаметра частинок ґрунту призводить до зменшення коефіцієнта розмивання внаслідок появи сил зчеплення між піщинками.

Зі збільшенням діаметра часточок ґрунту внаслідок збільшення їх енергійності коефіцієнт розмивання також зменшується.

Середнє значення коефіцієнта розмивання для неоднорідного ґрунту / $d_{сер} = 0,4$ мм // складає $5,12 \cdot 10^{-4}$. Кут укосу зв'язаного ґрунту визначається вимірюваннями параметрів ями розмивання на стереомоделі.

У третьому розділі розглядаються експериментальні дослідження з метою вивчення процесів розвитку місцевих розмивів методом стереофотограмметричного знімання.

В теоретичному розділі на основі проведених досліджень і прийнятих допущень встановлені залежності для прогнозування місцевого розмиву біля мостових опор, що потребує визначення деяких параметрів шляхом натурних спостережень. Метод досліджень прийнятий в роботі передбачає поряд з теоретичними розробками проведення експериментальних досліджень. Для цієї мети застосовувалось стереофотознімання та методи стереофотограмметрії.

Частковими задачами експериментальних досліджень водної поверхні в місцях розмивів і самих місць розмивання стали: дослідження стереоскопічної моделі водної поверхні і ями розмивання, отримані при зніманні в натурних умовах; дослідження стереоскопічної моделі водної поверхні на існуючому мостовому переході через р.Південний Буг біля с.Березівки.

Оскільки мова йде про вивчення процесу місцевого розмивання в просторі і часі, то знімання рухомої поверхні води, а також ями розмивання в натурних умовах здійснювалось за допомогою парованої стереокамери **СМК** -1200. Аерофотознімання поверхні р.Південний Буг і мостового переходу біля с.Березівки з моделеталпана /МДП/ здійснювалось за допомогою парованого аерофотоапарата /АФА/. Знімання дна річки після проходження паводка для побудови топографічного плану дна річки з метою встановлення наявності ям місцевого розмиву здійснювали фототеодолітом.

Методика проведення експериментальних досліджень представлена на рис.2. Згідно методики досліджень за допомогою стереоскопічної моделі потоку води отримані залежності для визначення елементів потоку: площі живого перерізу W , змоченого перимет-

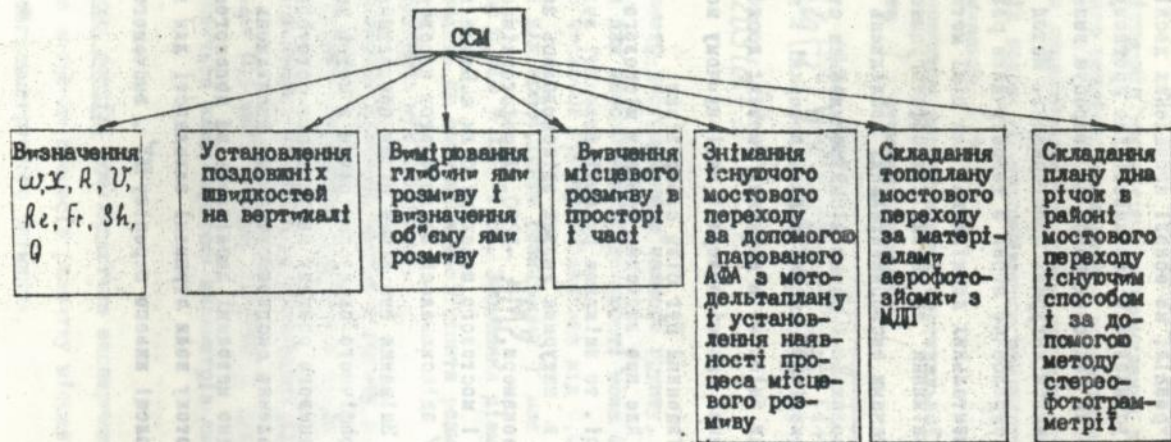


Рис. 2. Методика проведення експериментальних досліджень

ра λ , ідравлічного радіуса R , витрати Q , чисел: Фруда Fr , Рейнольдса Re , Струхала Sh . Проведена оцінка точності експериментальних досліджень. Для оцінки точності вимірювань застосовувались різні критерії, серед яких найбільш підходящими є середня квадратична похибка, похибки вимірювань, які виникають в процесі експерименту і характеризуються абсолютними і відносними середніми квадратичними похибками.

При аналізі точності вимірювань, виконаних в процесі досліджень було встановлено, що прилади і методи вимірювань забезпечили достатньо високу точність отриманих результатів.

Під час експериментальних досліджень була обґрунтована можливість використання формули для визначення об'єму ями розмивання на стереомоделі. Був отриманий взаємозв'язок між конфігурацією ями місцевого розмивання і конфігурацією воронки вільної поверхні потоку біля опори. За допомогою стереомоделі встановлено, що із збільшенням ями місцевого розмиву збільшується воронка, яка характеризує деформацію вільної поверхні потоку біля опори.

Під час експериментальних досліджень вивчався розподіл швидкостей на вертикалі, який підтвердив правомочність використання залежності /6/ для прогнозу місцевого розмивання.

В результаті експериментальних досліджень при вивченні стереомоделі було встановлено, що при відсутності ями розмивання місцеві деформації починають розвиватися, коли середня швидкість потоку води досягає значення початкової швидкості розмивання $V_{нер}$. Максимального значення h_{max} глибина розмивання досягає дещо пізніше після проходження піка паводка. Стабілізація $\Delta h_{ст}$ відбувається при швидкості потоку, що близька до нерозмиваючої $V_{нер}$. Таким чином, яма розмивання формується на

протязі часу деформації t_{ng} , який менше протяжності паводка t_n . Із збільшенням часу t_n і відповідно t_{ng} при однакових характеристиках на піку глибина ями Δh_{max} зростає і наближається до граничного значення $\Delta h_{уст}$, яке відповідає обтіканню опори усталеним потоком за характеристиками як на піку паводка. Таким чином при $t_{ng} \leftarrow t_{ng.уст}$ $\Delta h_{поч.} = 0$ глибина розмивання Δh досягає деяку частину від граничної $\Delta h_{уст}$. /рис.3/.

В період експериментальних досліджень шляхом вивчення стереомоделі ями розмивання була підтверджена правомочність прийняття розрахункової схеми, представленої на рис.1.

Для побудови стереоскопічної моделі вільної поверхні потоку на мостовому переході поблизу с.Березівки на річці Південний Буг була виконана аерофотозйомка з мотодельтаплану. З цієї метою було розроблено технічне завдання на виконання знімання, в якому враховувалися параметри дельтаплану, аерофотоапарата і фотограмметричного оброблювального приладу. Під час експериментів використовувався МДП виробництва французької фірми *Reault* з мінімально безпечною висотою польоту 250 м. Для аерофотознімання використовувався АФА з об'єктивом типу "Руссар-44". Фотограмметричне оброблення знімків здійснювалось на фотограмметричному приладі "Стереонаграф-2". Отримані стереопари дозволили побудувати стереоскопічну модель мостового переходу через р.Південний Буг, в результаті вивчення якої вдалось установити наявність воронки на водній поверхні біля опор мосту в центрі русла. Ретельне дослідження стереомоделі водної поверхні біля опор мосту дозволило зробити припущення про наявність ями місцевого розмиву біля зазначеної опори. Подальше вимірювання глибини потоку безпосередньо на місці мостового переходу з лодки

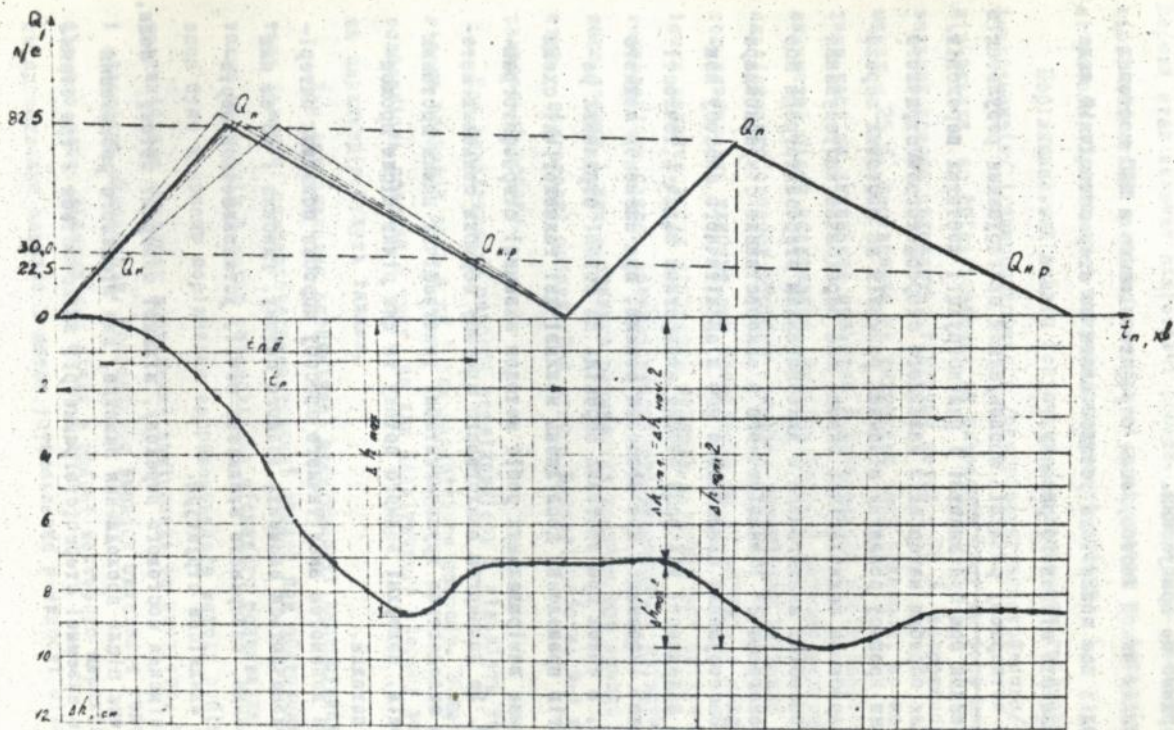


Рис. 3. Гідрограф паводка при утворенні ями розмиву

підтвердило це припущення.

Таким чином застосування аерофотознімання з МДП мостових переходів дає можливість установлювати по стереоскопічній моделі наявність місцевого розмиву.

У четвертому розділі пропонується застосування результатів дослідження при будівництві і реконструкції мостових переходів.

Для обробки матеріалів наземного стереофотограмметричного знімання процесу розвитку місцевих розмивів на мостових переходах розроблена технологічна схема, яка передбачає застосування двох способів: аналогового з використанням стереоавтографа або "Стереонаграфа-2" і аналітичного з використанням стереокомпаратора. Застосування аналогового або ж аналітичного способу можливе в залежності від розв'язання конкретних задач і точності отриманої інформації про місцевий розмив, про елементи водного потоку, а також про мостовий перехід. На основі отриманих результатів проведених досліджень можливі дві технологічні схеми виконання вимірвальних робіт методом наземної стереофотограмметрії. За допомогою аналогового способу обробки польових матеріалів складається крупномасштабні топографічні плани мостових переходів, поверхні водного потоку та дна річки після проходження паводка.

За допомогою аналітичного способу обробки польових матеріалів визначаються елементи водного потоку, глибини і об'єм ями розмивання, поверхнева швидкість течії, установлюється вертикальна швидкісна структура.

Знімання мостового переходу, вільної поверхні потоку, води, дна річки після проходження паводка, ями місцевого розмивання методом наземної стереофотограмметрії здійснюється в три етапи.

Перший етап включає підготовчі роботи. Другий етап включає польові підготовчі роботи, геодезичні вимірювання та фотознімальні роботи. Третій етап включає контрольні роботи.

Порівняльний аналіз існуючого /за допомогою геодезичних інструментів/ і запропонованого /стереофотограмметричного/ методів вказує, що співвідношення за витратами часу на весь вимірвальний процес складають: існуючий метод - 75 %, запропонований метод - 25 %. Порівняння за витратами часу показало, що за витратами часу на виконання польових і камеральних робіт запропонований метод більш ефективний, чим існуючий. У випадку використання аналітичного способу обробки польових матеріалів знімання з метою визначення глибини ями розмивання та її об'єму, в таких інших характеристик місцевого розмиву пропонується слідуєча технологічна схема. Наземне стереофотограмметричне знімання водного потоку і ями місцевого розмивання включає три етапи: I-й етап - підготовчі роботи; II-й етап - польові роботи; III-й етап - камеральні роботи.

При аналітичному способі послідовність і кількість технологічних операцій така ж як і для аналогового способу. Відмінна особливість полягає в тому, що для аналітичного способу величини параметрів будуть іншими.

Для установлення економічної ефективності застосування методу наземної стереофотограмметричної зйомки при обстеженні мостових переходів з метою установлення місцевого розмивання біля опор було виконано порівняння запропонованого методу робіт з традиційними методами проведення вимірювань за вартістю, часом і кількістю виконавців. Розглядався випадок складання топографічного плану ділянки дна річки в районі мостового переходу після проходження паводка з метою установлення наявності місцевого

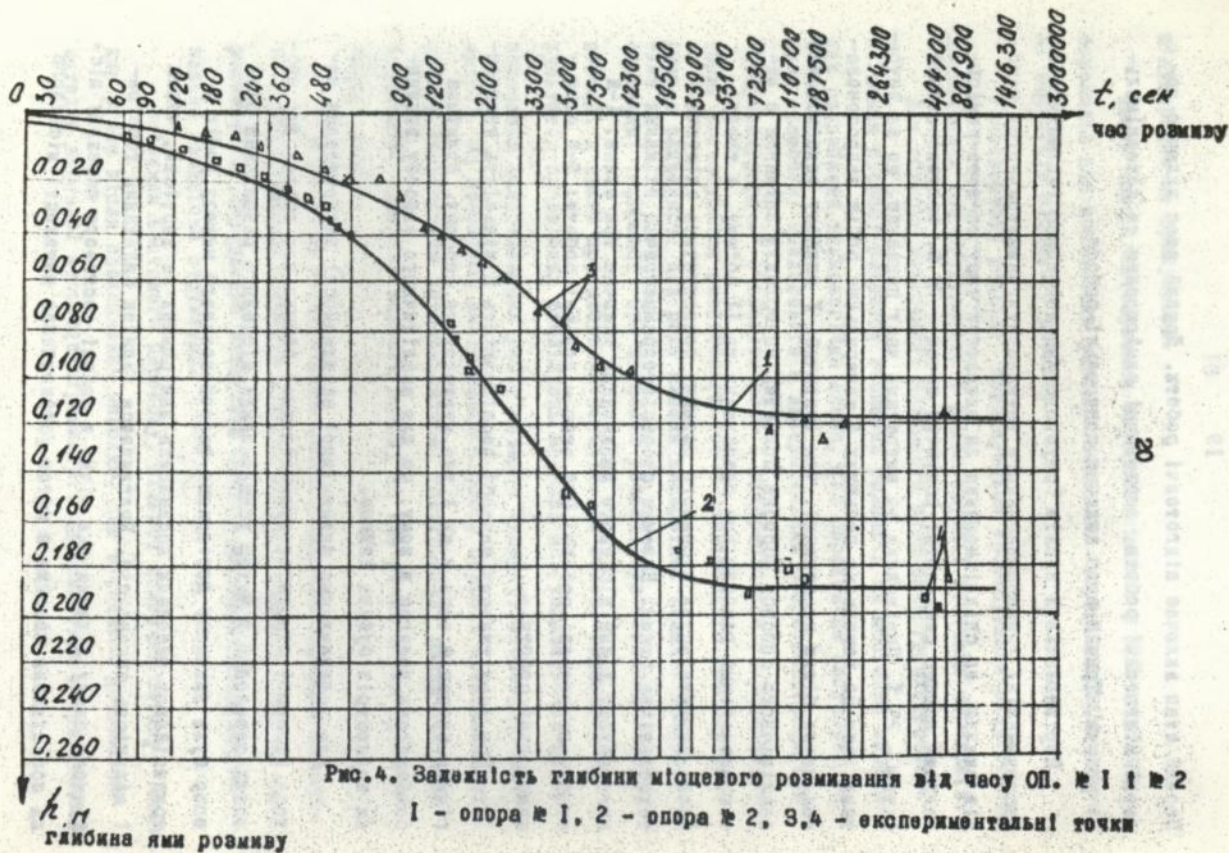


Рис.4. Залежність глибини місцевого розмивання від часу ОП. № 1 і № 2

1 - опора № 1, 2 - опора № 2, 3, 4 - експериментальні точки

розмивання, тобто установлення меж і глибин ям місцевого розмивання біля опор. Як показало дослідження час для виконання робіт запропонованим методом скоротився на 52 %. Економічний ефект від впровадження методу наземної стереофотограмметрії при обстеженні мостових переходів з метою встановлення ям місцевого розмивання складає 943 гривні 20 копійок на 10 км довжини мостових переходів.

Експериментальні дослідження процесу розвитку місцевого розмивання біля опор різних розмірів послужили основою для перевірки адекватності диференційного рівняння. Порівняння отриманих теоретичних і експериментальних даних /рис. 4/ підтверджує той факт, що диференційне рівняння достатньо точно описує реальний фізичний процес місцевого розмивання. Відхилення теоретичних значень від експериментальних є незначними і пояснюють вплив випадкових факторів на розглянутий процес. Розв'язання диференційного рівняння здійснюється чисельним методом за допомогою комп'ютерних програм.

В И С Н О В К И

Аналіз літературних джерел засвідчив, що дослідження місцевого розмиву представляє актуальну задачу, для розв'язання якої прийнятий принципіально новий підхід з використанням стереофотограмметрії. В цій дисертаційній роботі подані кінцеві результати досліджень з даного питання, які полягають в наступному:

I. Розроблений теоретичний метод розрахунку процесу місцевого розмиву біля опор мостів, що базується на фундаментальних законах збереження матерії і енергії. Отримано диференційне рівняння, яке описує місцевий розмив біля проміжних мостових опор

і перевірена адекватність цього рівняння реальному процесу. Адекватність теоретичних і експериментальних досліджень добре погоджується за прийнятим критерієм А.М.Колмогорова.

2. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень отримані математичні залежності, які дозволяють з стереоскопічної моделі потоку визначати такі характеристики і елементи потоку: поверхневу швидкість течії, площу живого перерізу потоку, змочений периметр, гідравлічний радіус, витрату води, глибину і об'єм ями місцевого розмиву, а також її форму і характер. З використанням стереомоделі встановлюється вертикальна швидкісна структура потоку води. Установлена певна відповідність процесів на поверхні потоку води процесам, що мають місце біля дна річки.

3. Здійснена аерофотозйомка мостового переходу через річку П.Буг з мотодельтаплана і виконана фотограмметрична обробка матеріалів зйомки на аналітичній фотограмметричній станції "Стереонаграф-6". За результатами аерофотозйомки складений топографічний план ділянки ріки в зоні мостового переходу, а також побудована стереоскопічна модель, за допомогою якої встановлена наявність ями місцевого розмиву біля проміжної опори. Перевірка традиційними методами підтвердила відповідність основних параметрів ями місцевого розмиву.

4. Запропоновано використовувати аерофотозйомку з мотодельтаплана та отриману після цього стереоскопічну модель для прогнозу місцевого розмиву при обстеженні мостових переходів з метою їх реконструкції. Розроблена методика і програма аналітичної обробки матеріалів наземної стереофотозйомки, що дозволяють здійснювати систематичний контроль за станом процесу місцевого розмиву.

5. Розроблений метод складання плану дна ділянки річки для виявлення ям місцевого розмиву після проходження паводка. Виконано техніко-економічне обґрунтування цього методу. Установлено, що застосування розробленого методу при обстеженні мостових переходів дозволяє скоротити кількість виконавців і час виконання робіт на 50%. Розроблена якісно нова методика визначення недоступної відстані при установленні координат фотостанцій контрольних точок при наземній стереофотограмметричній зйомці, а також дані рекомендації щодо побудови геодезичних засічок при виборі довжин базисів в залежності від ширини річки і інтервалів кутів в засічках.

6. В подальшому слід рекомендувати організовувати систематичну службу щорічного спостереження за станом мостових переходів з використанням стереоскопічної моделі, отриманої за допомогою аерофотозйомки з мотодельтоплана і наземної стереофотограмметричної зйомки, отриманої за допомогою стереокамер. Оброблені результати цих зйомок будуть являтися базові для вирішення ряду питань захисту опор мостів при їх реконструкції.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

1. Обстеження водостічних мереж методами інженерної геодезії. - В зб.: Інженерна геодезія. Київ, Будівельник, 1991, вип. 34, с. 19-21 /співавтор А.І.Нікітенко/.

2. Вивчення процесу місцевого розмиву біля мостових опор методом стереофотограмметрії. - В зб.: Шляхи підвищення ефективності дорожнього господарства України в нових умовах господарювання. - Київ, 1994, с.31-32 /співавтор В.О.Большаков/.

3. Використання наземної стереофотограмметрії для визначення глибини та об'єму воронки місцевого розмиву. - В зб.: Гідраліка і гідротехніка. - Київ, Техніка, 1995, вип. 56.

4. Натурні дослідження вільної поверхні потоку на мостовому переході з мотодельтаплана. - ДІТ України, Київ, 0404.96 № 890-УК 96, 6 с.

5. Математична модель механізму процесу місцевого розмиву біля мостових опор на основі методів стереофотограмметрії. - Тези доповіді на науково-технічній конференції "Гідромеханіка в інженерній практиці". - Київ, НТУ України "Київський політехнічний інститут", 1996 /співавтор В.О.Большаков/.

Белятинский А. А. Исследование местного размыва у опор мостов при их реконструкции методами стереофотограмметрии.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.11 - Автомобильные дороги и аэродромы, Украинский транспортный университет, Киев, 1996.

Диссертация содержит теоретические и экспериментальные исследования развития местного размыва у промежуточных опор мостовых переходов. Предложено для установления наличия местного размыва применить аэрофотосъемку спаренным аэрофотоаппаратом с мотоделтаплана в районе мостового перехода. Установлены зависимости, позволяющие по стереоскопической модели ямы размыва и потока воды, определить глубину ямы и её объем, элементы и характеристики водного потока. Предложен метод прогноза местного размыва у мостовых опор. Разработана технологическая схема обработки материалов стереофотосъемки.

Ключевые слова: мостовой переход; местный размыв; аэрофотосъемка с мотоделтаплана; стереоскопическая модель; яма размыва.

Beljatynsky A.A. The definition of the process of local washing out of bridge supports on the base of stereophotogrammetry.

The for achieving the technical sciences bachelorhood on the theme of 05.22.11, "Motorways and airports", Ukrainian Transport University, Kiyiv, 1996.

This dissertation consists of theoretical and experimental researches of the process of development of the local washing out at the intermediate supports of bridge crossings. It is suggested for definition of existing the local washing out to use air photography from a motodeltaplan in the area of bridge crossings. The certain dependences have been found which allow to define the depth and volume of washing out hole with a help of its and the stream of water, and at the same time it is possible to define the elements and characteristics of the water stream. Also is offered the method of a forecast of the local washing out at the bridge supports. Also technological scheme has been elaborated for processing the materials of stereo photography.

The key words: the bridge crossings; local washing out; air photography from a motodeltaplan; stereoscopic model; the hole of washing out.

Beljatynsky

Підписано до друку 31.10.96р Формат 60x84/16

Папір офсетний. Умовн.-друк.аркуш. 1,0.

Об.-вид.аркуш 1,0. Тираж 100 . Замовл. 389 .

Поліграф. дільн. Інституту електродинаміки АН України,
252680, Київ-57, проспект Перемоги, 56

Докладчик А.А. Давиденко — член-корреспондент АН УССР, доктор тех. наук по радиотехническим методам спутниковой навигации.

Докладчик по специальности: член-корреспондент АН УССР, доктор тех. наук по специальности 05.25.12 — Автомобильные дороги и железные дороги, Украинской транспортной академии, Киев, 1985.

Докладчик является автором и соавтором более 100 научных трудов, посвященных развитию системы развития и эксплуатации систем спутниковой навигации, созданию для установления системы спутниковой навигации системы автоматизации системы автоматизации системы автоматизации в районе маршрута движения. Установлены взаимосвязи, позволяющие до оптимизации системы спутниковой навигации в районе маршрута движения, представить систему навигации, элементы и характеристики одного пункта. Предложен метод прогноза маршрута движения в условиях спутниковой навигации системы автоматизации системы автоматизации системы автоматизации.

Ключевые слова: спутниковая навигация, автоматизация, система автоматизации, система автоматизации, система автоматизации.

Abstract: The author reports on the results of local navigation systems for bridge supports on the basis of satellite geometry.

The key for achieving the technical solution is the use of the system of "airways and airports", Ukrainian Transport Academy, Kiev, 1985.

The presentation consists of theoretical and experimental results of the process of development of the local navigation system for bridge supports of bridge crossings. It is suggested to use the existing local navigation system to use the existing system of satellite navigation in the area of bridge crossings.

The author's research has been carried out in the field of satellite navigation systems for bridge supports. The author's research has been carried out in the field of satellite navigation systems for bridge supports.

Keywords: satellite navigation, automation, automation system, automation system, automation system.

The author reports on the results of local navigation systems for bridge supports on the basis of satellite geometry.

1135979

AV 36.043