

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УДК 625.745.11

На правах рукопису

БЕЛЯТИНСЬКИЙ Андрій Олександрович

ДОСЛІДЖЕННЯ
МІСЦЕВОГО РОЗМІВУ БІЛЯ ОПОР МОСТІВ
ПРИ ЇХ РЕКОНСТРУКЦІЇ МЕТОДАМИ СТЕРЕОФОТОГРАМЕТРІЇ

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.

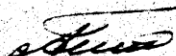
Провідна організація: інститут "Укрдіпрошлях", м. Київ

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 Україн-
ського транспортного університету.

Автореферат розісланий " 11 " XI 1996 р.

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

 Пальчук А.М.

Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. При перехрещенні автомобільних доріг з річками та іншими водними перепонами зводяться комплекси інженерних споруд, переходи через водотечи, серед яких найчастіше зустрічаються мостові переходи. Споруди мостових переходів взаємодіють з водним потоком і наражаються на небезпеку затоплення, підмиву і розмиву течучою водою. Щоб споруди переходу були запроектовані правильно, тобто щоб були завжди стійкі і їх можна було експлуатувати на протязі всього терміну служби, необхідно 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 опер 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

стереофотограмметрії при обстеженні мостових переходів. Задачі досліджень включали такі питання: отримання диференційного 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, поверхнювидкість течії. Установлення залежностей, які дають можливість по стереоскопічній моделі визначити глибину ями розмиву і її об'єм, отримання формул для установлення вертикальної видовженої структури потоку води з використанням стереомоделі.

Це дає можливість розробити метод установлення наявності місцевого розмиву біля опор мостового переходу з використанням аерофотозімавання з метою дальшого, а також розробити метод складання плану для річки для визначення наявності ям 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 визначенням механізму місцевого розмиву за допомогою стереоскопічної моделі, а також його прогнозу при обстеженні мостових переходів; в розробці комплексної програми аналітичної обробки матеріалів взаємної стереофотограмметричної зйомки місць наявності місцевих розмивів на мостових переходах і в оцінці точності стереоскопічних вимірювань, в результаті чого установлені допущення при визначенні елементів і характеристики водного потоку, з отриманням диференційного 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 моделі дельтаплану. 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 два річки після паводка для установлення наявності ям місцевого розмиву.

На основі виконаних досліджень розроблені рекомендації установлення наявності місцевого розмиву шляхом аерофотознімання з моделі дельтаплану, які впроваджені в Інституті Укрдіпролях.

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 обґрунтовується 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.К. Мінаром, Д.Дюран-Клеєм та ін. відносяться до середини дев'ятнадцятого сторіччя.

Цій проблемі присвячені дослідження Г.Енгельса та Ч.Кейтнера, що досліджували форму опори, при якій глибина ями розмивання мінімальна. За дослідженнями Т.Ініхара місцевий розмив виникає 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 лоткових експериментів, не враховуючи крупність наносів і форму опор. А.М.Детиненков вивчав кінематичну структуру потоку. Подібні дослідження місцевого розмиву біля опор мостів були виконані І.А.Ярославцевим. Дослідження Є.М.Лаурсена, А.Точа, А.С.Зедгінідзе показали, що при певних умовах швидкість 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.Лісицин, Ю.В.Писарев, Г.С.Пічугов, Є.А.Пейч, Ю.А.Коваленко, М.М.Петров, Л.Г.Беган, В.Ш.Ципін, В.О.Большаков, В.Я.Савенко, 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.Нікітенко 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 не недостатньо використовувались методи стереофотограмметрії для вивчення місцевого розмиву при вивченні 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 ґрунту 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 ґрунту розмивання; V_p - об'єм внісеного з ґрунту. З рис. 1 об'єм ґрунту розмивання за вирахуванням об'єму опори, розташованої в ній

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

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

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

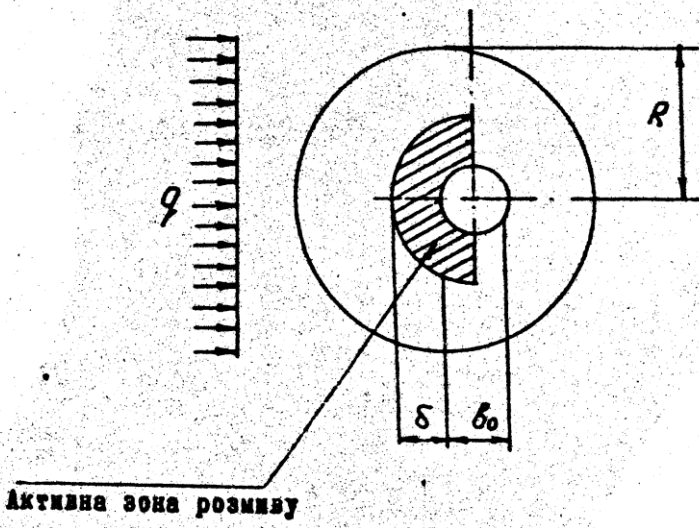
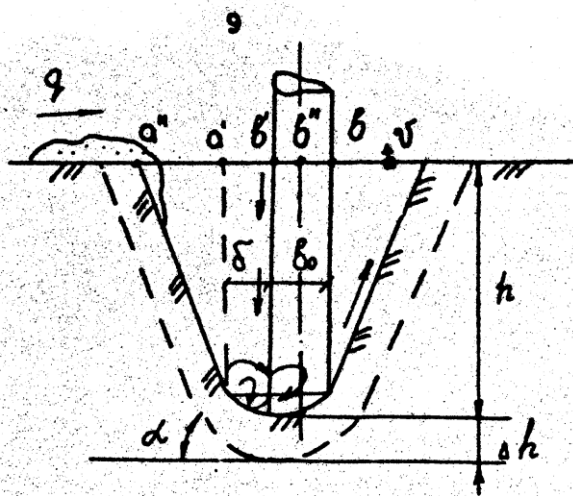


Рис.1. Розрахункова схема розмиву

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

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\gamma U_1 (Ek - W) - 2\varphi \left[\frac{(b + \delta)}{2} + h \operatorname{ctg} \alpha \right]}{\pi \left[\left(\frac{b + \delta}{2} + h \operatorname{ctg} \alpha \right)^2 + \frac{2}{3} \left(\frac{b + \delta}{2} \right)^2 - \frac{b^2}{2} \right]} \quad (3)$$

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

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

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

де

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

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

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

$B\varphi$ - базис фотографування; f_k - 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'' .

II

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

$$\frac{dh}{dt} = \frac{rU_i + EA - W - 2q \left[\left(\frac{h_0}{2} + \delta \right) + R \operatorname{ctg} \alpha \right]}{\alpha \left\{ \frac{1}{2} AB [A'B' + 2A''B''] + \frac{1}{2} (AB - A'B') A''B'' + AB + A'B' + \frac{2}{3} [AB + A'B' + A''B''] \right\}} \quad /5/$$

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

$$V_z = \frac{B\varphi}{P'_i P'_{i+1}} \frac{\sqrt{(X'_{i+1} P'_i - X'_{i-1} P'_{i+1})^2 + f_K^2 (P'_i - P'_{i+1})^2}}{t} \left[\frac{H_1}{H \Delta P} \right]^{\frac{2}{3}} \left[\frac{Z}{H \Delta P} - i \right]^{\frac{1}{3}} \quad /6/$$

де P'_i - позовжній паралакс початкового i -го положення маркувчого предмета; P'_{i+1} - позовжній 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 річкових 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:

$$V_{нер} = 7.33 \lg \left(\frac{d}{d_0} \right) \sqrt{\frac{0.651 \cdot 10^{-4} + 0.041 d}{0.288 \cdot 10^{-5} + 0.079 d} \left(1 + \frac{0.05 \cdot 10^{-7}}{d^2} \right)} \quad \text{м/с}$$

$$\gamma = 20.9 (d + d^{0.16} d^{1.1} - 1.21)$$

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

Формула для нерозмивавчої швидкості може бути прийнята, коли діаметр часточок ґрунту змінюється від 0,08 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 / $d_{ср} = 0,4$ мм // складає $5,12 \cdot 10^{-4}$. Кут укосу зв'язаного ґрунту визначається вимірюваннями параметрів при розмиванні 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 установлені 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, отриманої 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 **SMK** -1200. Аерофотознімання поверхні р.Південний Буг і мостового переходу біля с.Березівки з методьєтаплана /МДП/ здійснювалось за допомогою парованого аерофотоапарата /АФА/. Знімання дна річки після проходження паводка для побудови топографічного плану дна річки з метою установлення 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-

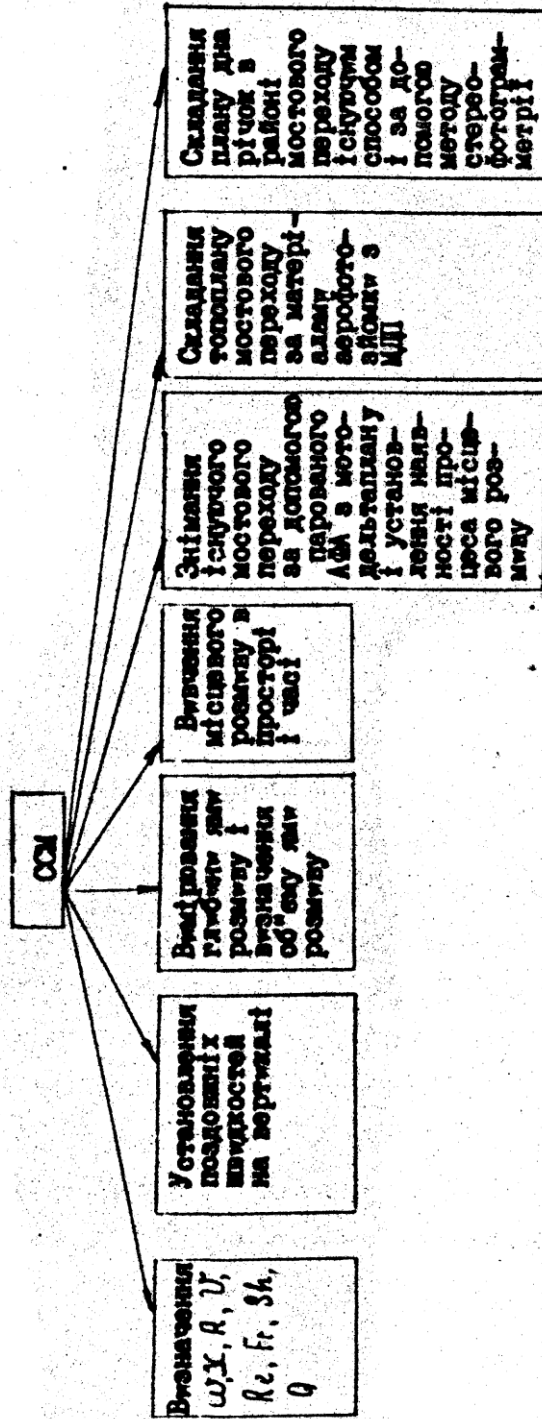


Рис. 2. Методика проведення експериментальних досліджень

ра λ , гідравлічного радіуса R , витрати Q , числа 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 обгрунтована 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 $V_{кр}$. Максимального значення h_{max} глибина розмивання досягає дещо пізніше після проходження піка паводка. Стабілізація $h_{ст}$ відбувається при швидкості потоку, що близька до нерозмиваючої $V_{кр}$. Таким чином, яма розмивання формується на

протязі часу деформації t_{ng} , який менше протякності 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 ustalеним потоком за характеристиками як на піку паводка. Таким чином при $t_{ng} = t_{ng.уст}$ $\Delta h_{печ.} = 0$ 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 метою дельтаплана. З цієї метою було розроблено технічне завдання на виконання знімання, в якому враховувалися параметри дельтаплана, аерофотоапарата і фотограмметричного оброблювального приладу. Під час експериментів використовувалася МДП виробництва французької фірми **Renult** з мінімальною безпечною висотою польоту 250 м. Для аерофотознімання використовувалася АФА з об'єктивом типу "Руссар-44". Фотограмметричне оброблення знімків здійснювалось на фотограмметричному приладі "Стереонаграф-2". Отримані стереопари дозволяли 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

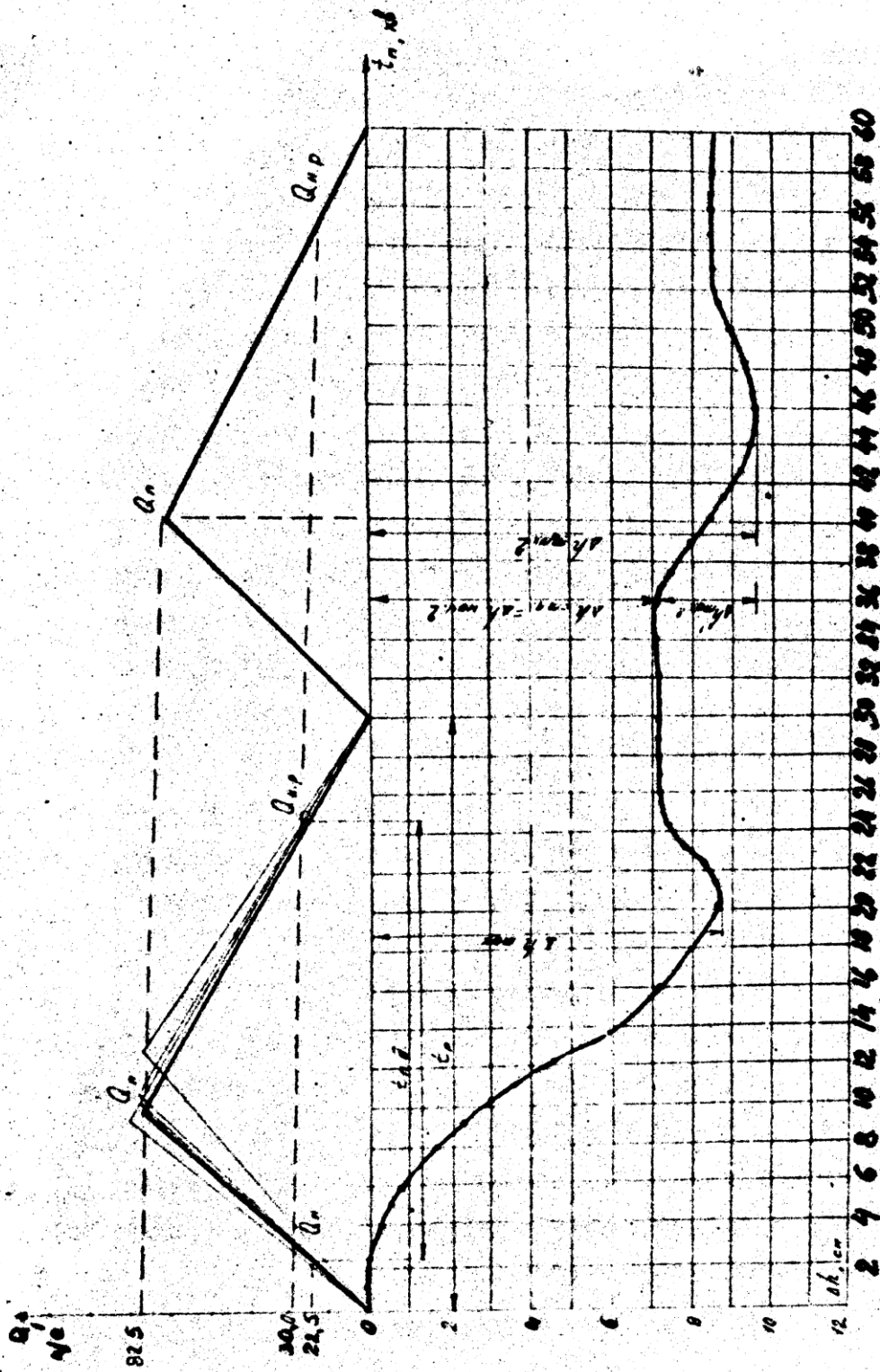


Рис. 3. Гидрограф расхода при урегулировании сев. потока

підтвердило це припущення.

Таким чином застосування аерофотограмметрії з КДП 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 стереоскомпаратора. 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 складаються 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'єми при розмиванні, поверхнева швидкість течії, установлюється вертикальна швидкісна структура.

Знімання мостового переходу, вільної поверхні потоку води, дна річки після проходження паводка, при місцевому розмиванні 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 вимірювальний 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, а також інших характеристик місцевого розмиву пропонується наступна 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 докладність 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 місцевих переходів з метою установлення місцевого розмивання біля опору буде 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

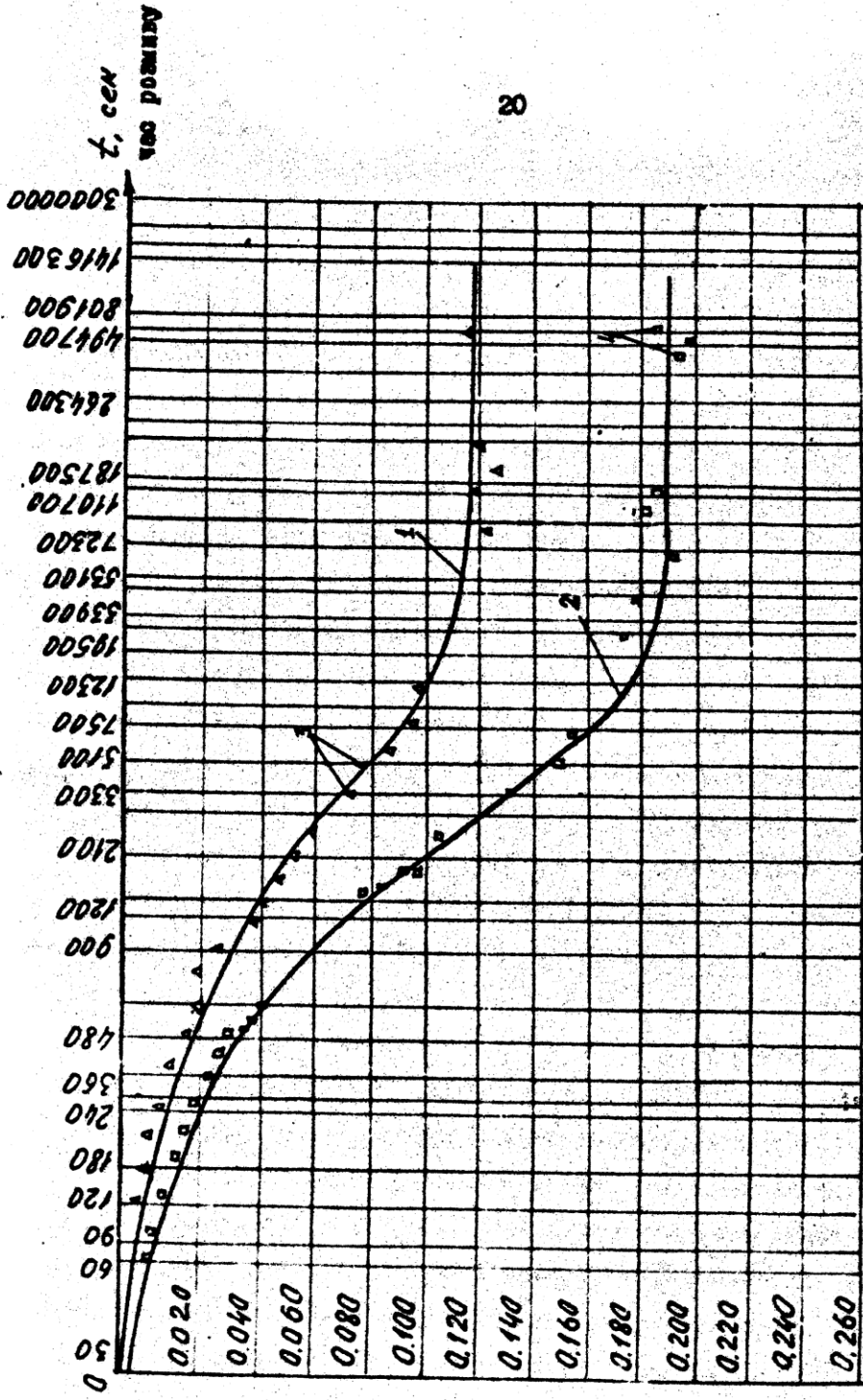


Рис. 4. Залежність глибини місцевого розмірвання від часу ОП. № 1 і № 2

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

глибина ями розміру

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 як 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 організувати систематичну службу щорічного спостереження за станом мостових переходів з використанням стереоскопічної моделі, отриманої за допомогою аерофотозйомки з мотодельтаплана і наземної стереофотограмметричної зйомки, отриманої за допомогою стереокамер. Оброблені результати цих зйомок будуть являтися базою 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, 1994, в.п. 58.

4. Натурні дослідження вільної поверхні потоку на мостовому переході з мотодельтаплана. - ДІТ України, Київ, 0404.96 № 690-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/.