

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗРАВЯНЕТО ПРИ МОСТОВИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ

Мира Зафирова, Коста Костов

Mira_zafirova@abv.bg, Kpetrov77@abv.bg

**ВТУ "Т. Каблешков", 1574 София, ул. "Г. Милев" №158,
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** мостови съоръжения, изравяне, модел HEC-RAS*

***Резюме:** При експлоатация на съществуващите мостови съоръжения често се наблюдава изравяне на опорите им. Преминаващите високи води увеличават степента на изравянето им. С оглед на това да се запазят експлоатационните качества на мостовите съоръжения е необходимо да се правят изследвания с цел определяне на степента на изравяне около стълбовете и устоите.*

В представената статия са извършени хидравлични изчисления за определяне на дълбочината на изравяне около опорите на мост, намиращ се на км. 84,417 по ж.п. линията София - Пловдив. Изчисленията са извършени с помощта на математически модел HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) версия 4.1.

За определяне на дълбочината на изравяне е използвано модифицираното уравнение на Colorado State University (CSU). Максималните оразмерителни водни количества с необходимата обезпеченост са определени въз основа на хидроложки анализ.

УВОД

Мостовите съоръжения са основни преходи за преодоляване на различни препятствия (реки, долини, дерета) при изграждане на пътните трасета.

Наименованието изравяне (ерозия) има латински произход. ("Erodo" – разяждам). Най-общо в реките, то зависи от протичащото водно количество, наклона на речното легло и напречното сечение на леглото. Изграждането на мостовите съоръжения води до промяна на хидравличното течение. Водният поток способства за изнасянето на дънните частици в участъка на опората и образуването на така наречената дънна (ерозионна) яма.

Изравянето представлява сериозна опасност за мостовите опори. То може да бъде разделено на два основни вида, а именно "общо изравяне" и "локално изравяне"[2,3].

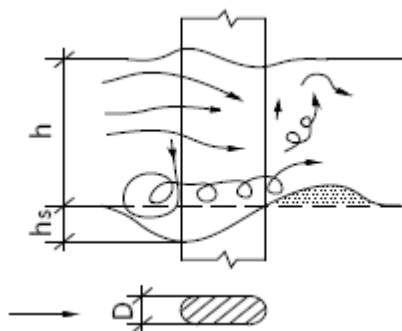


Фиг.1 Изравяне на мостови опори

Стеснението на речното течение от мостовия преход по време на високи води предизвиква относително увеличение на водното количество в отвора на моста. В участъка от течението пред моста и надолу по течението скоростта рязко нараства. При естествени условия в стесненото сечение количеството на наносите е по-малко от количеството на наносите, зависещи от скоростта на течението. В резултат се наблюдава изнасяне на наносите от дъното надолу по течението, дъното се понижава и се образува общо изравяне. То се развива независимо от това дали има или не изградено речно съоръжение (мост).

Местното изравяне се явява при нарушаване на хидравличната структура на течението. Свързано е с наличието на мост или друго речно съоръжение, което води до стеснение на сечението, съответно повишение на скоростта на течението. С увеличаване на скоростта, нараства и транспортиращата способност на течението и част от наносите преминават в плаващи. В резултат се получава изнасянето на седименти от места в непосредствена близост до мостовите опори.

На фигура 2 е представена схема на процесите, които предизвикват местна ерозия около мостови опори [3]



Фиг. 2. Принципна схема за протичащите процеси, предизвикващи местна ерозия около мостови опори

При достигане на опорите течението рязко променя своето направление. Скоростите от двете страни на опората са по-големи от тези при ненарушено течение. Причината за това е стеснението на сечението. При челната повърхнина на опората токовите линии на течението се разделят. При водната повърхност те се насочват нагоре, образувайки стояща вълна. В средната и долната част от дълбочината на течението се оформят низходящи струи, които в най-долната си част формират дънен вихър с хоризонтална ос, който обхваща опората подковообразно. Този вихър, е причина за повдигане на частиците от дъното на речното легло, които след това биват изнасяни извън пределите на мостовата опора, където се оформя ерозионната яма.

Факторите, влияещи на размера на местната ерозия, както в план така и в дълбочина могат да се обособят в няколко групи: [3]

- Хидравлични характеристики на течението в зоната на моста;
- Геометрични характеристики на мостовите опори;
- Физико-механични характеристики на дънните отложения в зоната на моста.

Резултатите от изследванията показват, че общото изравяне в повечето случаи достига най-големите си стойности при спадането на изчислителната висока вълна, докато местното изравяне се наблюдава при върха на изчислителната висока вълна, когато скоростта на обтичане при опорите е най-голяма. Затова местното изравяне се изчислява съвместно с общото изравяне.

Определянето на въздействието на водното течение трябва да се извърши въз основа на хидрографите на оразмерителните високи вълни за установяване на оразмерителните водни количества. Съгласно утвърдената нормативна база за проектно-проучвателните изисквания за съответния тип съоръжения се определят максимални водни количества с необходимите обезпечености $P = 0,1\%$, 1% и 5% .

Оттокът на реките не е постоянна величина и зависи от различни фактори. Разработени са различни методи за определяне на необходимата обезпеченост съобразно хидроложката изученост на района и наличните хидроложки данни.

Хидравличните изчисления са направени с помощта на математическия модел HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centre-River Analysis System) версия 4.1 Чрез модела могат да бъдат изчислени различни хидравлични параметри на течението като коти на свободната водна повърхност, коти на енергийната линия, наклон на триене, скорост на течението и др. при различни водни количества

За изчисляване на ерозията се използва модифицирано уравнение на Colorado State University (CSU), в което са включени коефициенти, отчитащи влиянието на формата на речното легло и размера на материала. Може да се използва за определяне на изравянето и предвиждане на максималната дълбочина на изравяне при опори както в чисти води (clear water scour), така и при мътни води (live bed scour) за несвързани почви.

Уравнението има следния вид:

$$(1) \quad y_s/y_1 = 2.0 \cdot K_1 K_2 K_3 K_4 (a/y_1)^{0.65} Fr_1^{0.43}$$

където: y_s - дълбочина на изравяне, [m];

y_1 – дълбочина на потока непосредствено преди опората, [m];

K_1 – коефициент, зависещ от носовата форма на мостовата опора;

K_2 – коефициент на ъгъла на атака на течението;

K_3 – коефициент за състоянието на леглото;

K_4 – коефициент, зависещ от размера на наносите

a – широчина на опората, [m];

L – дължина на опората, [m];

Fr_1 – число на Фруд;

V – средна скорост на потока пред опората, [m/s];

РЕЗУЛТАТИ

За илюстриране определянето на степента на изравяне с модела HEC-RAS (версия 4.1) е използван ж.п мост на км 84,417 по линията София- Пловдив на р. Марица.

Мостът е стоманобетонен, построен при разширяване на линията София – Пловдив и е с дължина 3980 см и ширина 650 см.

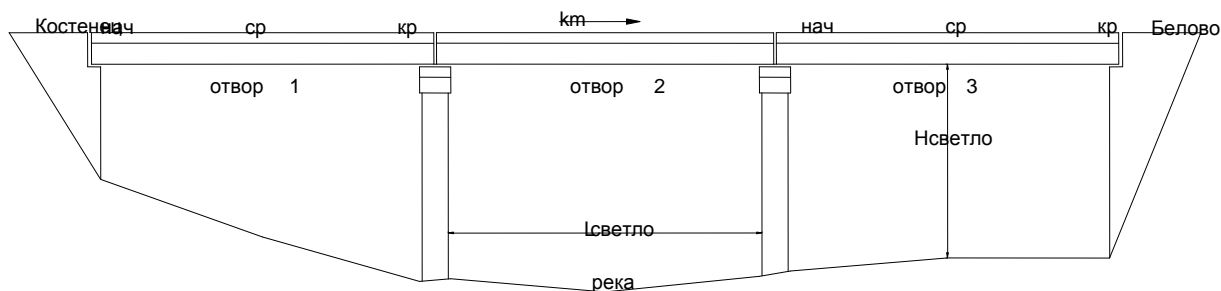


Фиг.3. Топографска карта на района на моста

Мостът има три отвора със съответните светли отвора, дадени в таблица 1.

Таблица 1

	отвор 1	отвор 2	отвор 3
Лсветло	11,20	11,80	11,20



Фиг.3. Напречен профил на моста

Направени са геодезически замервания на напречни профили на различни разстояния от двете страни на моста

Водните количества, съответстващо на различни безопасности в диапазона от 0.1% до 5 % на р. Марица за отвора на моста са определени след хидроложки анализ и са дадени в таблица 2.

Оразмерителни водни количества

Таблица 2

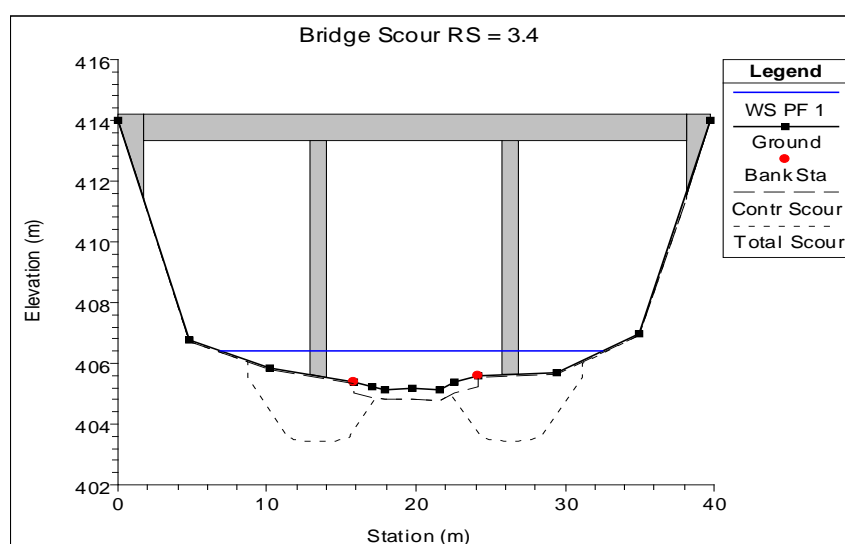
Оразмерително водно количество	$Q_{max} [m^3/s]$
$Q_{max0.1\%} [m^3/s]$	182.17
$Q_{max1\%} [m^3/s]$	82.67
$Q_{max5\%} [m^3/s]$	41.83

Получените резултати за хидравличните параметри за различните водни количества са дадени в таблица 3.

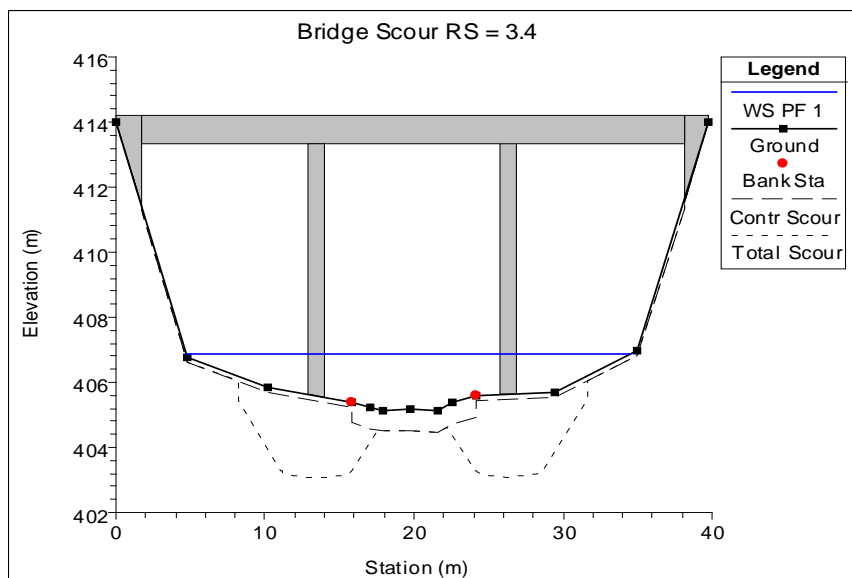
Таблица 3

Профил	Водно количество	Кота дъно	Кота водно ниво	Кота енергий на линия	Хидравличен наклон	Средна скорост	Намокрено сечение	Широчина на водната повърхност	Число на Фруд
	[m ³ /s]	[m]	[m]	[m]		[m/s]	[m ²]	[m]	
6	41.83	405.40	406.69	406.83	0.002829	1.81	27.46	29.11	0.53
5	41.83	405.17	406.63	406.80	0.003685	2.12	25.01	27.10	0.61
4	41.83	405.11	406.59	406.77	0.003724	2.24	24.99	27.40	0.62
Мост									
3	41.83	404.77	405.93	406.27	0.010158	2.96	17.91	25.83	0.96
2	41.83	404.44	405.77	406.08	0.007627	2.72	19.68	30.37	0.85
1	41.83	404.61	405.80	406.00	0.005009	2.12	22.97	32.00	0.68
6	82.67	405.40	407.27	407.47	0.002480	2.21	45.38	32.13	0.53
5	82.67	405.17	407.21	407.45	0.003154	2.54	42.16	30.82	0.60
4	82.67	405.11	407.19	407.43	0.003064	2.60	42.77	30.61	0.59
Мост									
3	82.67	404.77	406.34	406.84	0.009730	3.67	28.96	28.46	1.00
2	82.67	404.44	406.13	406.59	0.008209	3.44	30.93	31.40	0.92
1	82.67	404.61	406.21	406.51	0.005002	2.67	37.28	36.06	0.72
6	182.67	405.40	408.26	408.58	0.002307	2.86	79.34	36.06	0.55
5	182.67	405.17	408.19	408.56	0.002889	3.23	73.84	34.08	0.62
4	182.67	405.11	408.17	408.54	0.002900	3.31	73.16	31.92	0.62
Мост									
3	182.67	404.77	407.06	407.83	0.008923	4.66	51.10	32.10	1.03
2	182.67	404.44	406.78	407.54	0.008649	4.54	51.71	33.22	1.01
1	182.67	404.61	406.91	407.41	0.005002	3.50	63.17	37.82	0.77

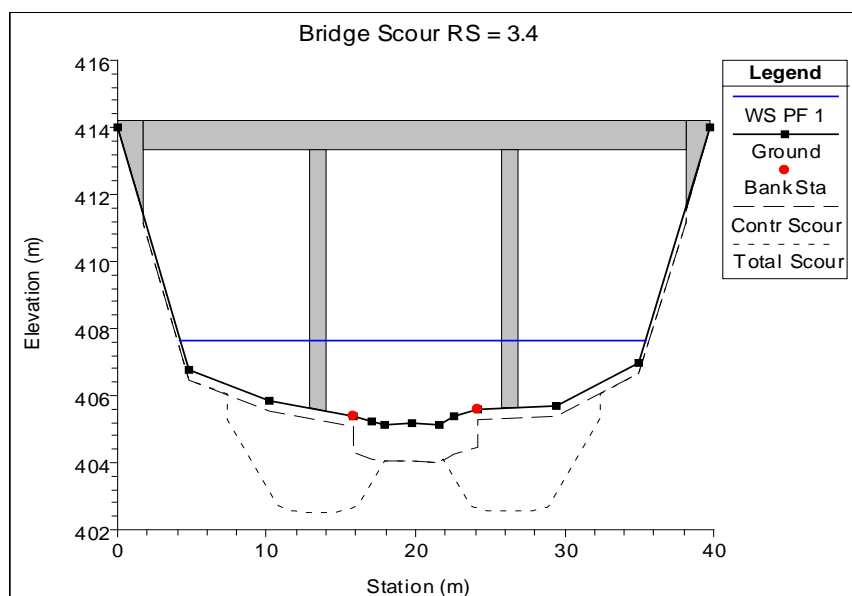
На фиг.4,5 и 6 са дадени линиите на изравяне при различните водни количества.



Фиг. 4. Напречен профил при моста с изчислени линии на изравяне $Q = 41.83 \text{ m}^3/\text{s}$



Фиг. 5. Напречен профил при моста с изчислени линии на изравяне $Q = 82.67 \text{ m}^3/\text{s}$



Фиг. 6. Напречен профил при моста с изчислени линии на изравяне $Q = 182.17 \text{ m}^3/\text{s}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Значимостта на проблема налага периодични и задълбочени изследвания на вече изградени мостови съоръжения с цел защита и своевременна поддръжка на мостовите опори за осигуряване както на тяхната безопасност, така и на функционалността им.

Сериозността на проблема е отдавна на вниманието на редица развити страни, където от години се води кадастър на натурните наблюдения на местните размиви при всички по-отговорни съоръжения.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Маринов Е., Казаков Б. и др., Хидравлика, УАСГ София, 1994 г.;
- [2] Николов Ж., Лалов Ив., Хидроложки и хидравлични изследвания и руслови деформации при мостови преходи, ВТУ"Т. Каблешков", София, 2004г.
- [3] Тачев С., Автореферат., Изследване влиянието на формата на мостови опори върху размера на местната ерозия , УАСГ, 2012г.

RESEARCH OF THE SCOUR UNDER BRIDGES

Mira Zafirova, Kosta Kostov

Mira_zafirova@abv.bg, Kpetrov77@abv.bg

***Todor Kableskov University of Transport
Sofia, "Blvd", "G.Milev" № 158,
BULGARIA***

Key words: bridges, scour, model HEC-RAS

Abstract: In the operation of existing facilities often seen digging up the supports. Passing high water increases the rate of digging them. With a view to preserve the performance of bridges need to do research to determine the extent of scour around the piers and abutments.

In the presented paper are performed hydraulic calculations to determine the depth of scour around the piers and abutments of the bridge, located at km. 84417 by rail the Sofia-Plovdiv. Calculations were performed using the mathematical model HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) version 4.1.

To determine the depth of the disinterment is using a modified equation of Colorado State University (CSU). Maximum value of water quantities required security are based on hydrology analysis.