

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Юбилейна приложна научно-техническа конференция
„65 години Хидротехнически факултет и 15 години немскоезиково обучение”

6–7 ноември 2014
6–7 November 2014

International Jubilee Conference
„65th Anniversary Faculty of Hydraulic Engineering and 15th Anniversary Hydraulic Engineering in German”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

XLVII ^{ТОМ}
vol.

2014

св.
fasc. I-A

ЕКОЛОГОСЪОБРАЗНИ КОРЕКЦИОННИ МЕРОПРИЯТИЯ НА КОРИТОТО НА Р. РУСЕНСКИ ЛОМ В ДОЛНОТО И ТЕЧЕНИЕ

Н. Лисев¹, А. Захариев², П. Тодоров³, С. Тачев⁴, Вл. Кукурин⁵

Ключови думи: хидравлика, хидрология, корекции на реки, екология

Научна област: инженерна хидрология, хидравлика и водно стопанство

РЕЗЮМЕ

С оглед на все по-често случващите се природни бедствия през последните години, коригирането на речните корита се явява един от основните методи за понижаване на опасността от наводнения. За съжаление, се наблюдава тенденция към разширяване на урбанизираните територии за сметка на речните легла. За да бъде осигурена достатъчна проводимост на коритата при все по-малки размери, обикновено корекционните мероприятия са насочени към намаляване на грапавината. От друга страна, световната тенденция в проектирането на хидротехнически съоръжения е насочена към изграждане на все по-екологосъобразни решения, целящи минимално вмешателство в естествените речни системи.

Настоящата статия представя накратко цялостно изследване на участък от долното течение на р. Русенски Лом, намиращ се непосредствено преди вливането ѝ в р. Дунав, чиято цел е да даде решение на проблемите, свързани с корекцията на реката в този участък.

¹ Николай Лисев, доц. д-р инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: lisev_fhe@uacg.acad.bg

² Ангел Захариев, д-р инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София

³ Петър В. Тодоров, инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: peter_v@gyuvetch.bg

⁴ Сава Б. Тачев, д-р инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: sava371@abv.bg

⁵ Владимир Г. Кукурин, инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: v_kukurin@yahoo.com

За целта на изследването е извършен хидроложки анализ на оттока на реките Русенски Лом и Дунав. Изготвен е подробен хидравличен модел, с чиято помощ са изследвани както настоящото състояние на речното корито, така и предложените варианти за екологосъобразното му коригиране.

1. Въведение

В последните години все повече хидроинженери с тревожност отбелязват факта, че се наблюдава тенденция към стесняване на речните корита за сметка на усвояване на нови територии за градоустройствени нужди. В близкото минало, с цел запазване на достатъчна проводимост на речното корито при намалено светло сечение, обикновено са извършвани корекционни мероприятия, насочени към намаляване на грапавината на коритото. Тези корекционни мерки обикновено са свързани с изграждане на бетонни или каменни облицовки или корита, които могат да бъдат видени почти навсякъде в нашата страна.

От друга страна, световната тенденция в проектирането на хидротехнически съоръжения е насочена към изграждане на все по-екологосъобразни решения, целящи минимално вмешателство в естествените речни системи. За целта се използват повече естествени материали като габиони, матраци, фашины, затревяване, откосиране и др. В Западна Европа дори се практикува ренатуриране на речните корита, т.е. разрушаване на стари бетонни корекции и връщане на леглата във вид, максимално близък до естествения им.

Настоящата статия представя накратко цялостно изследване на участък от долното течение на р. Русенски Лом, намиращ се непосредствено преди вливането ѝ в р. Дунав, чиято цел е да даде решение на проблемите, свързани с укрепването на бреговете на реката в този участък. Общата дължина на изследвания участък е 3410 m.

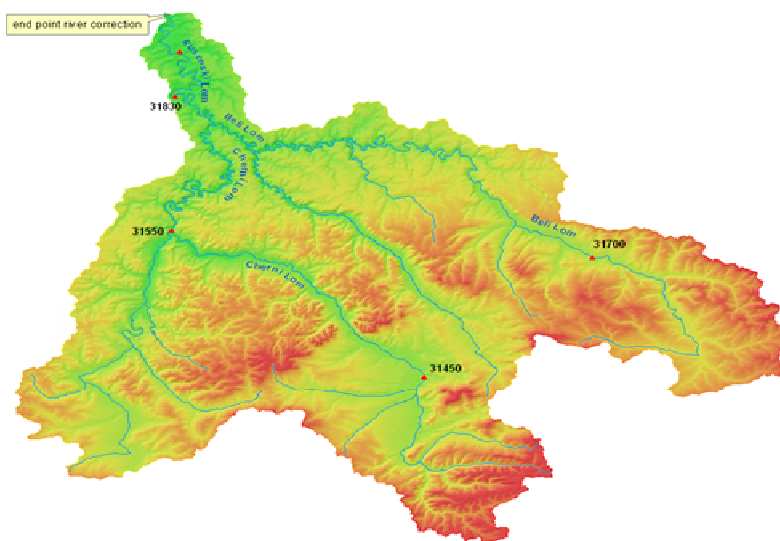
Извършени са подробен хидроложки анализ на водните количества в реките Дунав и Русенски Лом и детайлни хидравлични изчисления с цел определяне на водните нива в р. Русенски Лом при различни нива в р. Дунав и различни преминаващи водни количества. Хидравличните изчисления са проведени както за съществуващото в момента положение, така и за предложени екологосъобразни брегоукрепителни мерки.

2. Хидроложко проучване

Основната цел на хидроложкото проучване е:

- Определяне на основните орохидрографски, климатични и хидроложки параметри за р. Русенски Лом за участъка преди заустването на реката в р. Дунав и за р. Дунав към точката на заустване.
- Определяне на оразмерителните характеристики на годишния и максималния отток на р. Русенски Лом за участък преди заустването на реката в р. Дунав.
- Определяне на оразмерителните характеристики на годишния и максималния отток на р. Дунав към точката на заустване.

На Фиг. 1 е представена карта на водосборния басейн на река Русенски Лом с нанесена речната мрежа и разположението на хидрологичните станции от опорната хидрологична мрежа (*Хидрологични и хидравлични изследвания за корекцията на река Русенски Лом преди заустването в река Дунав – Ст. Модев, С. Кирилова – 2007*).



Фиг. 1. Водосборен басейн на р. Русенски Лом
(Хидрологични и хидравлични изследвания за корекцията на река Русенски Лом преди заустването в река Дунав – Ст. Модев, С. Кирилова – 2007)

В непосредствена близост до изследвания участък е разположена станцията при с. Басарбово, която е действаща до 1977, а след закриването ѝ е преместена при с. Божичен. Станциите при Божичен и Басарбово нямат общ период на наблюдение, но са разположени много близо една до друга и между тях има малка допълнителна приточност. По тази причина в настоящото изследване е използвана станцията при с. Божичен, като редът е възстановен с помощта на популярната преходна формула, известна като “формула на Болдаков”. Над тези станции – срещу течението на реката е разположена станцията при с. Широково, а във високите части на водосбора са разположени станциите при Кардам и Разград.

Хидроложкият режим на река Русенски Лом е с ярко изразено пролетно пълноводие, когато се оттичат около 60% от водното количество. Подхранването е дъждовно-снежно. Средногодишният отток при с. Басарбово е около $6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Направен е анализ на хидроложките редове от годишни максимални водни количества и е определена меродавната теоретична крива на обезпеченост, подчиняваща се на лог-Пирсон III тип разпределение (method SAM), съгласно която се получават оразмерителните водни количества с различна обезпеченост.

Таблица 1. Максимални водни количества с характерна обезпеченост за края на корекцията на река Русенски Лом преди заустването в река Дунав

<i>T</i>	<i>P</i>	Q_{max}	$Q_{-95\%}$	Q_{+95}
год	%	m^3/s	m^3/s	m^3/s
1000	0.1	312	-	-
100	1	166	86.6	246
20	5	97	68.7	126
10	10	74	56.9	91.3
2	50	30	24.9	34.7

По аналогичен начин са определени и оразмерителните водни количества за р. Дунав с характерни обезпечености в мястото на вливането на р. Русенски Лом. Резултатите могат да бъдат видени в табл. 2.

Таблица 2. Максимални водни количества с характерна обезпеченост за р. Дунав при Русе

<i>T</i>	<i>P</i>	<i>Q</i> _{max}	<i>Q</i> -95%	<i>Q</i> +95
год	%	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1000	0.1	17284	13722	20847
100	1	15385	13529	17241
20	5	13851	12793	14910
10	10	13091	12257	13925
2	50	10684	10130	11238

Тъй като водните нива в р. Дунав оказват сериозно влияние на хидравличната картина в р. Русенски Лом, е от изключителна важност да бъдат точно определени.

Характерните оразмерителни водни нива при гр. Русе са определени на база изчислените оразмерителни водни количества с различни вероятности за превишение (обезпечености) и актуалната ключова крива при станция „Русе“.

Водните нива при заустването на р. Русенски Лом в р. Дунав са получени чрез линейно пренасяне на водните нива за водните количества с характерна обезпеченост от станция “Русе”, в която има ключова крива. Получените резултатите са представени в табл. 3.

Таблица 3. Характерни водни нива на р. Дунав при заустването на р. Русенски Лом (km 498)

<i>P</i>	<i>Q</i> _p (р. Дунав при km 495.6)	<i>Z</i> _p (р. Дунав при km 495.6)	<i>Z</i> _p (р. Дунав при km 498)
%	m ³ /s	m	m
0.1	17284	22.02	22.16
1	15385	21.02	21.15
5	13851	20.16	20.28
10	13091	19.72	19.84
50	10684	18.25	18.36

3. Хидравличен анализ

Целта на хидравличния анализ е определяне котите на свободната водна повърхност, както и скоростите на течението и влаещите сили при преминаване на водни количества за различни комбинации на обезпеченостите в р. Дунав и р. Русенски Лом, меродавни за оразмеряването на укрепителните конструкции.

Съгласно изискванията на съществуващите нормативни документи за проектиране на корекции на реки (Технически правила за проектиране на корекции на реки”, Водпроект ЕАД, София, 1994):

- за реки в населени места оразмерителните водни количества са с вероятност за превишение $p = 0,01$ ($p = 1\%$), при което се изисква наличие на известен

запас между 0,50 и 0,80 m до кота корона оградни стени (защитни диги) и се проверяват за водни количества с вероятност за превишение $p = 0,001$ ($p = 0,1\%$), като в този случай се изчерпва целият наличен запас.

- за реки извън населени места и индустриални обекти оразмерителните водни количества са с вероятност за превишение $p = 0,05$ ($p = 5\%$), при което се изисква наличие на нормативен запас между 0,50 и 0,80 m до кота корона оградните диги и се проверяват за водни количества с вероятност за превишение $p = 0,01$ ($p = 1\%$), като в този случай се изчерпва целият наличен запас.

Поради специфичното разположение на изследвания участък при вливането на р. Русенски Лом в р. Дунав, влияние върху водните нива в р. Русенски Лом оказват и двете реки – водното количество, постъпващо в р. Русенски Лом (горно гранично условие), и водното ниво в р. Дунав (долно гранично условие). Тъй като водосборите им са много различни, следва да се заключи, че няма корелация между водните количества, протичащи в двете реки. От този извод следва, че общата обезпеченост за явления в изследвания участък се получава като произведение на двете обезпечености, които са на независими величини.

Таблица 4. Комбинации за определяне на изследваните сценарии

		р. Дунав				
		Обезпеченост (%)	50%	10%	5%	1%
р. Русенски Лом	50%	25	5	2.5	0.5	0.05
	10%	5	1	0.5	0.1	0.01
	5%	2.5	0.5	0.25	0.05	0.005
	1%	0.5	0.1	0.05	0.01	0.001
	0.10%	0.05	0.01	0.005	0.001	0.0001

Тъй като все пак се наблюдава известна, най-малкото сезонна зависимост между водните количества в двете реки с цел осигуряване на по-голяма сигурност, са избрани сценарии, които осигуряват по-малка обезпеченост.

Изследваните сценарии са представени със синьо в табл. 4. Изборът на сценарии цели изследването на най-вероятните комбинации, имащи практически смисъл и въпреки това, имащи обезпеченост, близка до нормативната.

Хидравличните изчисления са реализирани с помощта на еднодименсионалния математически модел HEC-RAS. Моделът дава възможност за изчисляване на редица хидравлични параметри на течението като дълбочината на течението (котата на свободната водна повърхност), широчината на водното огледало, котата на енергийната линия, наклона на триене, скоростта на течението, критичната дълбочина (котата на линията на критичните дълбочини), обема вода под изчисления профил и хидравличния режим, при който се придвижва водното течение във всяко изследвано сечение.

Освен за хидравлично изчисляване на открити течения, моделът предлага възможности за изчисляване на редица съоръжения, включително мостове и водостоци, което е от изключителна важност за конкретния участък. В този случай се определят загубите на енергия от контракцията при входното сечение, водното ниво в напорния участък, ако има такъв и след разширяване на течението при изхода след съоръжението. Хидравличните изчисления са проведени както за съществуващото в момента положение, така и за предложени екологосъобразни брегоукрепителни мерки.

Сегашното трасе на река Русенски Лом е изкуствено създадено за целите на устройството на Индустриална зона Русе-Запад. Към настоящия момент реката тече в коригиран профил. Насипите са изкуствени и са хетерогенни, с множество примесен строителен отпадък.

Подготовката на числения хидравличен модел на съществуващото положение се базира на подробна геодезическа снимка на речното корито и съществуващите съоръжения в разглеждания участък и проведен обстоен оглед и оценка на актуалното състояние на руслото, бреговете и съществуващите съоръжения. Геометричните характеристики, заложи в модела, са дефинирани посредством задаване на подробни напречни профили в характерни сечения по дължина на речното корито. Разстоянието между отделните профили в план е 20 m, като на места са въведени допълнителни такива (например в близост до мостовете и подкрановите пътища и др.) с цел прецизиране на модела. Общият брой на профилите е 246.

Коефициентите на грапавина по дължина на разглеждания участък са оценени въз основа на проведените огледи на съществуващото положение *in situ* и сравнителен анализ с литературни данни, както и с резултати от аналогични изследвания. (Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains United States Geological Survey Water-supply Paper 2339, G. J. Arcement, Jr. and V. R. Schneider, USGS). Анализът на актуалното състояние на речното корито дава основание да бъде приет коефициент на грапавина по Манинг n за основното корито, равен на 0,032 и за бреговете – 0,040.

4. Предложение за екологосъобразно брегоукрепване

Предложено е укрепване на речното корито посредством система от биоинженерни методи, включваща укрепване на дъното, бреговете и изграждане на защитни съоръжения при високи води.

В геометрично отношение е предвидено дъното да се стабилизира на ширина $B = 8,00$ m чрез насипване на каменен материал с определена фракция с цел естествено армиране и предпазване от ерозионни процеси и намаляване на ерозионния базис на реката. Максималните откоси са с наклон 1:1,5, като основният наклон на голяма част от откосите е 1:2.

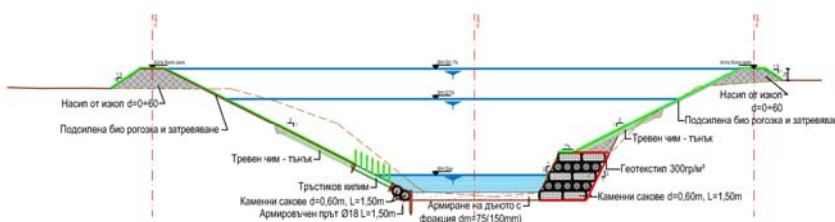
В горния край на откосите е предвидено изграждането на защитни диги за предпазване от наводнения. Предвидено е дигите да се изпълнят от армиран насип от заимстван изкоп, като по контура се насипе почва, която след това да бъде затревена посредством „хидропосев“.

Петата на откосите при връзка с дъното е предвидено да се укрепят чрез тръстикови фашины с размери: диаметър $D = 300$ mm, и дължина $L = 3000$ mm и/или габионни сакове от HDPE с размери: диаметър $D = 400-600$ mm, и дължина $L = 1500$, mm положени при връзката дъно-бряг. В зависимост от определените скорости в съответните профили са приети и различни видове комбинации между тръстикови фашины и каменни габионни сакове.

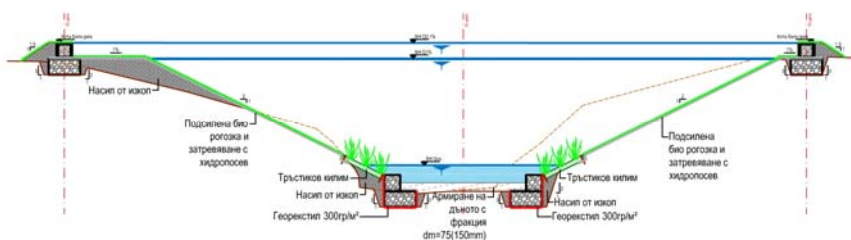
В долната част на откосите е предвидено поставянето на тръстикови килими с дължина 3000–4000 mm по откоса, които след засаждане и развиване на кореновата система на тръстиковите видове, ще създадат естествено армиране на долните части на откоса с най-динамично изменение на водното ниво.

Средната и горна част на откосите е предвидено да се затреви чрез хидропосев и специални смеси.

В местата на стесняване на профилите и там, където е невъзможно да се разшири речното легло (основно в местата в регулация), са предвидени подпорни съоръжения, изградени от каменни сак габиони. Височината на тези съоръжения достига до 7,00 m. В тези зони не се предвижда полагане на тръстикови килими и фашини, а ще бъдат затревени с „хидропосев“. За разделителен пласт е използван нетъкан иглонабит геотекстил с тегло 300 g/m².



Фиг. 2. Типов напречен профил – Вариант 1



Фиг. 3. Типов напречен профил – Вариант 2

Разглежда се и втори вариант, подобен на първия, но при него е предвидено дигите да се изпълнят от габиони, запълнени с почва от заемствен изкоп, която е облечена в геотекстил. Основата на габионните диги ще се изпълни от каменни габиони с цел повишаване на устойчивостта и носимоспособността на дигата. Габионите на терена ще бъдат затревени с „хидропосев“ като по този начин ще се постигне и видим ефект.

5. Заключение

И двата предложени варианта са в съответствие с изискванията на Директива 2000/60/ЕС, установяваща рамката за действията на Общността в областта на политиката за водите, с прилагане на екологосъобразни системи за укрепване на откоси, скатове и дъно. Системите се вписват ландшафтно в заобикалящата среда и не нарушават екологичното равновесие в района. Използваните висококачествени иновативни материали, геосинтетични продукти, материали за биоинженеринг и ерозионен контрол и многогодишни и устойчиви в климатичните условия на гр. Русе растителни видове, са естествено разпространени в България и лесни за поддръжка и отглеждане.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Водпроект ЕАД*, Технически правила за проектиране на корекции на реки”, София, 1994.
2. Директива 2000/60/ЕС.
3. *Иванов, И. М.* Инженерна хидрология, София, Техника, 1990.
4. *Киселев, П. Г.* Справочник по гидравлическим расчетам, Москва, Энергия 1972.
5. *Маринов, Е.* Хидравлика. Висш институт по архитектура и строителство, София, 1994 г.
6. *Модев, Ст., С. Кирилова.* Хидрологични и хидравлични изследвания за корекцията на река Русенски Лом преди зауставането в река Дунав, 2007.
7. *Chow, V. T.* Open-channel hydraulics, New York, McGraw-Hill 1959 г.

ENVIRONMENTAL FRIENDLY TRAINING WORKS STUDY IN THE LOWER COURSE OF RUSENSKI LOM RIVER

**N. Lissev¹, A. Zahariev², P. Todorov³,
S. Tachev⁴, V. Kukurin⁵**

Keywords: *hydraulics, hydrology, river training, ecology*

Research area: *hydrology, hydraulics and water management*

ABSTRACT

With respect to the increasing number of floods suffered in the recent years, the river training is one of the basic and most adequate measures for reduction of flood danger. Unfortunately a trend for expansion of the urban areas at the expense of the decreasing river valeys is observed. In order to provide sufficient conveyance of the river beds by a reduced cross sectional areas, the common training measures are focused in reduction of the bed roughness. On the other hand, the modern trends in the hydraulic design are directed at environmental friendly structures with minimal intervention in the natural flows.

The present article briefly presents a complex study of Rusenski Lom river reach, immediately upstream from its mouthing in Danube river. The main purpose of the study is to provide a solution for the hydraulic design of the river training works in the area of interest.

Hydrological analysis of Rusenski Lom and Danube rivers runoff is carried out. A detailed hydraulic model is developed in order to simulate the current river bed status as well as the proposed environmental friendly training works.

¹ Nikolay P. Lissev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dpt. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: lisev_fhe@uacg.acad.bg

² Angel Zahariev, Dr. Eng., Dpt. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046

³ Petar Todorov, Eng., Dpt. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: peter_v@gyuvetch.bg

⁴ Sava Tachev, Dr. Eng., Dpt. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: sava371@abv.bg

⁵ Vladimir Kukurin, Eng., Dpt. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: v_kukurin@yahoo.com