

Владимир Г. Кукурин, v_kukurin@yahoo.com
Сава Б. Тачев, sava371@abv.bg

**ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЗАЛИВАЕМИТЕ ПЛОЩИ ПРИ ПРЕМИНАВАНЕ
НА ВИСОКИ ВОДИ ПО Р. ОСЪМ В ГРАНИЦИТЕ НА ГР. ЛОВЕЧ С
ПОМОЩТА НА ХИДРАВЛИЧЕН МОДЕЛ**

**FLOOD PLAIN ESTIMATION IN THE CITY OF LOVECH,
USING A HYDRAULIC MODEL**

Vladimir Kukurin, Sava Tachev

***Summary:** In the article are presented the results of hydraulic calculations, which purpose was to determine the flood zone extents of river Osam in the city of Lovech.*

Some of the main principles of the mathematic modeling of flow in open channels are discussed and the methods for solving of the differential equations are summerized.

Briefly is described a real situation for which 1D model is created. The results are presented and discussed.

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните няколко десетилетия щетите, вследствие на наводнения, се увеличиха драстично. Това от една страна се дължи на увеличаване интензитета на валежите, вследствие на глобалното затопляне, а от друга на все по-сериозното застрояване на крайречните райони. С цел определянето и управлението на риска от наводнения, през 2007 г. бе приета Директива 2007/60/ЕС относно оценката и управлението на риска от наводнения. Едно от основните изисквания на директивата е страните членки да изготвят планове за управление на риска до 2015 г. Като подготовка за това до края на 2011 г. трябваше да бъде направена предварителна оценка на риска от наводнения, а до 2013 трябва да се изготвят карти на опасността и риска от наводнения. Целесъобразно е при създаването на карти да се ползва математическо моделиране, тъй като то предоставя възможност за симулиране на събития с различна обезпеченост.

**ОСНОВИ НА МАТЕМАТИЧЕСКОТО
МОДЕЛИРАНЕ НА ОТКРИТИ
ТЕЧЕНИЯ**

При моделирането на открити течения, с цел създаването на карти на заливаемите площи, най-често се

ползват еднодименсионални или двуменсионални модели.

При еднодименсионалните модели се приема, че водата тече само в надлъжна посока. Те представят терена като поредица от напречни профили, като се пресмята средната скорост и дълбочината на течението във всеки профил. В двуменсионалните модели водата се движи в надлъжна и напречна посока, като се приема, че вертикалната скорост е пренебрежимо малка. За разлика от еднодименсионалните модели, двуменсионалните представят терена като непрекъсната повърхност с помощта на мрежа от крайни елементи. В резултат на непрекъснатостта на терена, двуменсионалните модели са в състояние да възпроизведат връзката между основното течение в коритото на реката и разливащата се вода в разливните тераси. Като цяло еднодименсионалните модели са много ефективни, но имат и някои недостатъци, включително и неспособността да симулират страничното разливане на водата.

В конкретния случай, вземайки под внимание спецификата на речното корито и резултатите от предходни изследвания на речния участък, беше целесъобразно използването на еднодименсионален модел за определяне на заливаемите територии.

ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА ЗА ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ЕДНОДИМЕНСИОНАЛНО ТЕЧЕНИЕ

Както бе споменато по-горе, при еднодименсионално течение теренът се представя като поредица от напречни сечения.

Профилите на водната повърхност се изчисляват от едно напречно сечение до друго чрез решаване на енергийното уравнение с итеративна процедура, наречена стандартен стъпков метод. Енергийното уравнение е както следва (Уравнение на Бернули). Този метод е известен в литературата и като “Метод на Хестед – Черномски”:

$$Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma_1} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

където: $\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}$ – дълбочината на

водата при напречното сечение;
 Z_1, Z_2 – нивото на дъното на главния канал;
 V_1, V_2 – средни скорости;
 α_1, α_2 – коефициент на Кориолис;
 g – земно ускорение;
 h_e – загуби на енергия.

Загубите на енергия (h_e) между две напречни сечения се състоят от загуби от триене и загуби от стесняване или разширение. Уравнението за загубите на енергия е:

$$h_e = L \bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

където:
 L – достигнатата дължина;
 \bar{S}_f – наклон на триене между две сечения;
 C – коефициент на загуби от стесняване или разширяване.

Уравнението на Бернули е валидно само в случаите, когато течението е стационарно. При нестационарно течение изчислението се извършва с помощта на уравненията на Сен -

Венан, при които основните принципи са:

1. Принципът на запазване на масата (непрекъснатост);
2. Принципът на запазване на количеството движение.

Тези закони могат да бъдат изразени математически под формата на частни диференциални уравнения – уравнение за непрекъснатост и уравнение на количеството движение.

За решаването на тези диференциални уравнения се ползват числени методи, тъй като по аналитичен път са решими единствено за някои частни случаи. Числените методи от своя страна изискват преминаване от непрекъснатата в дискретна среда, както по отношение на времето, така и в пространството.

При времевата дискретизация най-общо могат да се разграничат два типа методи – имплицитни и експлицитни методи. Най-често използваният метод за пространствена дискретизация при еднодименсионалните модели е методът на крайните разлики. При този метод решаването на диференциалното уравнение се извършва в диференциална форма. За целта изследваната област трябва да се раздели на отделни части, които в конкретния случай са подредени последователно по дадена ос. Този тип дискретизация позволява много бързо пресмятане, но от друга страна не е подходящ за области със сложна геометрия, които не могат да бъдат описани достатъчно точно.

СЪЗДАВАНЕ НА ЕДНОДИМЕНСИОНАЛЕН МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ ЗА КОНКРЕТНИЯ РЕЧЕН УЧАСТЪК И АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

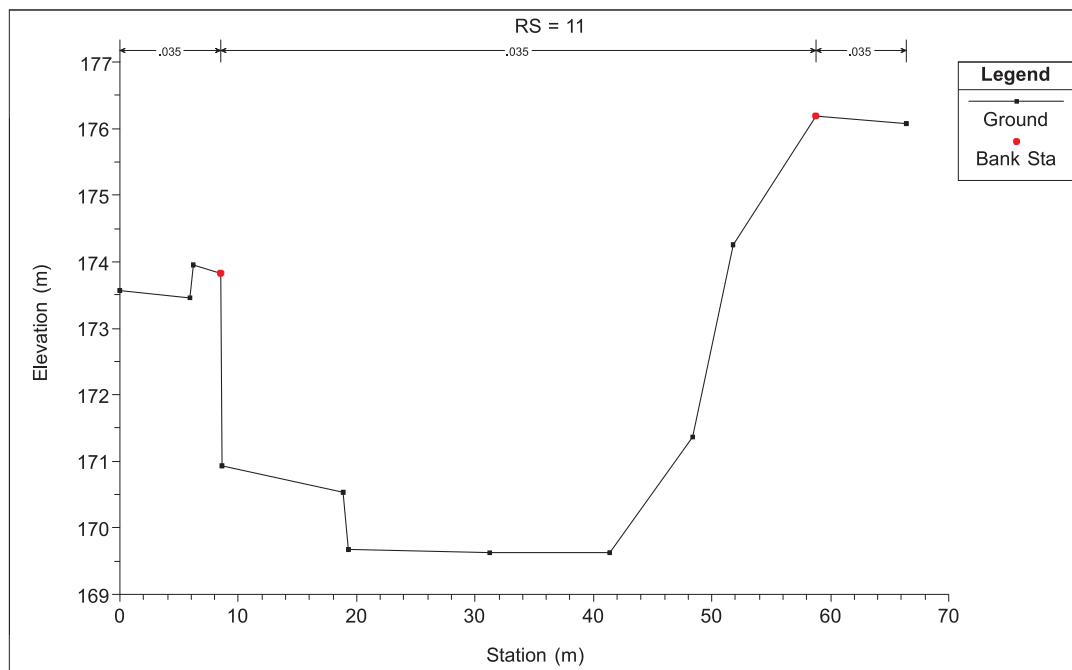
За целите на разработката е изследван речен участък от р. Осъм в границите на гр. Ловеч. Речното легло е съставено от чакъл с валуни с разнороден зърнометричен състав. Максималната едрина варира между 200 mm и 400 mm, което обуславя и избора на коефициент на грапавина по Манинг $n = 0.030$ за речното корито и

$n = 0.035$ за речната тераса. Средният надлъжен наклон на дъното в участъка е $i = 0.0037$.

Съгласно с действащите у нас нормативни изисквания в градска част следва да се осигури защита от наводнение с повторяемост 1 път на 100 г, а резервите на съоръженията да се определят за повторяемост 1 път на 1000 или 1 път на 500 г, в зависимост от конкретните особености на речния участък, прилежащите територии, както и от качеството на хидрологичната информация.

Изследвани са водно количество 836 m^3/c с обезпеченост 1% (т.е. период на повтаряемост – 100 години) и водно количество 1355 m^3/c с обезпеченост 0,1% (т.е. период на повтаряемост – 1000 години)

За нуждите на изследването е използвано геодезическо заснемане на дъното на реката и прилежащите брегове по протежение на проектния участък. Ползвани са и топографски карти на участъка в мащаб 1:5000, както и извадка от кадастралния план на гр. Ловеч. Въз основа на топографската снимка са изработени напречни профили **Фиг. 1**, които са въведени като основа в изчислителния модел. С цел максимално точното построяване на модела и получаване на максимално правдоподобни резултати, под внимание са взети всякакви допълнителни фактори, влияещи на течението, като пешеходния мост, намиращ се в долния край на участъка **Фиг. 2**.

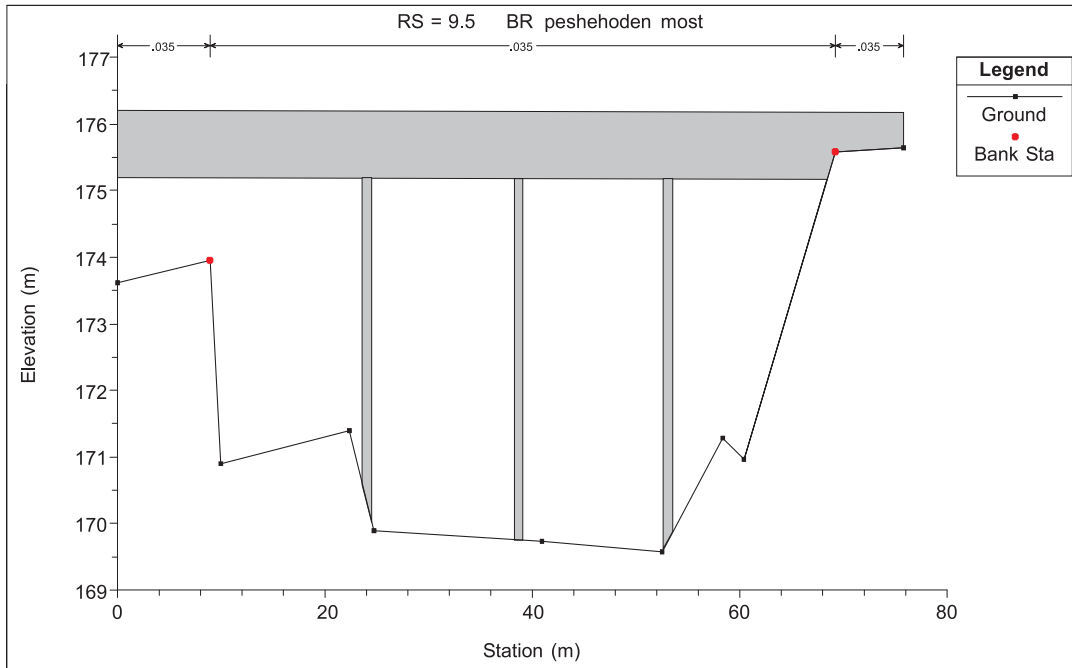


Фиг. 1. – Геометрия на произволен напречен профил

Хидравличните изчисления са реализирани с помощта на математическия модел HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) версия 4.1, разработен от корпуса на военните инженери на САЩ (U.S. Army Corps of Engineers).

Моделът дава възможност за изчисляване на редица хидравлични параметри на течението, като дълбочината на течението (котата на

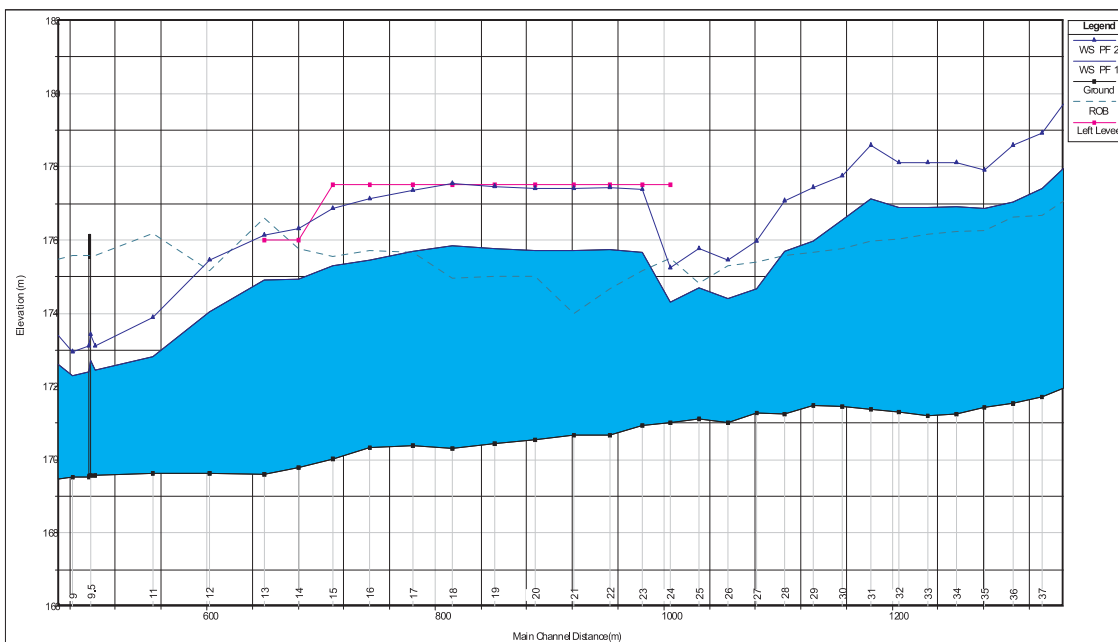
свободната водна повърхност), широчината на водното огледало, котата на енергийната линия, наклонът на триене, скоростта на течението, критичната дълбочина (котата на линията на критичните дълбочини), обема вода под изчисления профил и хидравличния режим, при който се придвижва водното течение във всяко изследвано сечение.



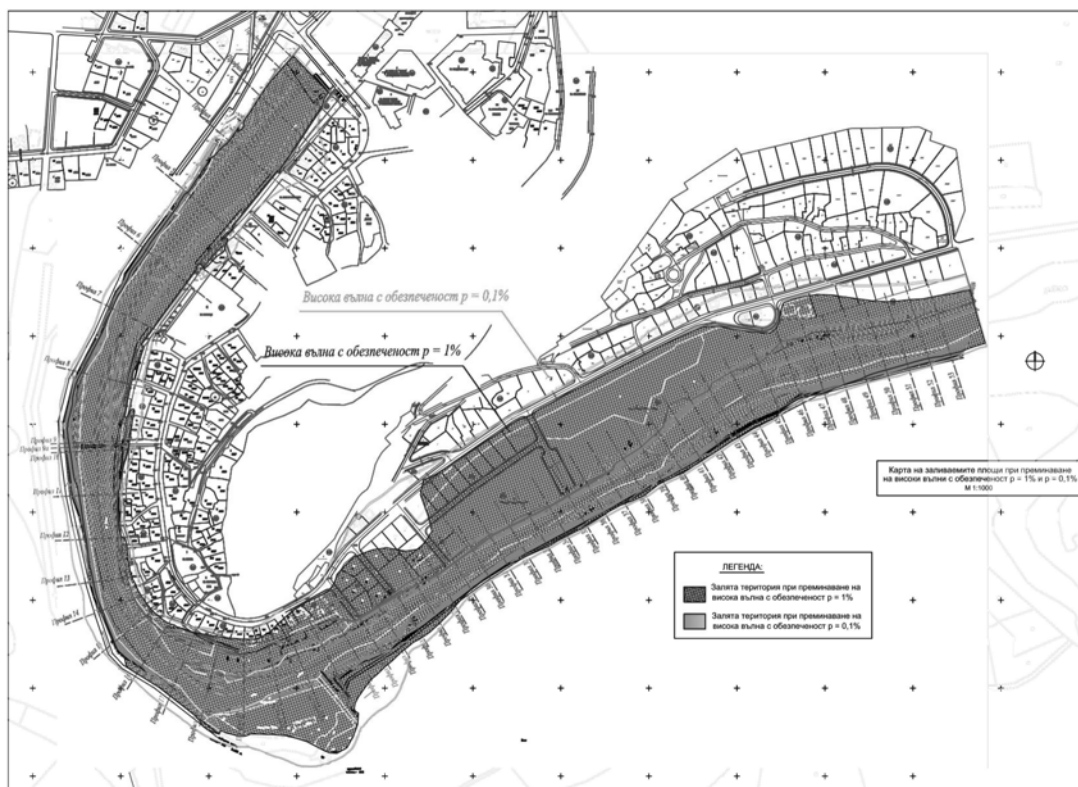
Фиг. 2. – Напречен профил в областта на пешеходния мост

Резултатите, получени с модела HEC-RAS след неговото калибриране, могат да бъдат приети за достоверни, тъй като напълно съвпадат със стойностите на водните нива, наблюдавани през 1969 г. при преминаване на същото водно количество.

По-надолу са представени в графичен вид подробни резултати за всички изчислителни профили за изчислителните водни количества Фиг. 3. Въз основа на получените стойности е изготвена карта на залитите площи Фиг. 4.



Фиг. 3. – Надлъжен профил с изчислената линия на свободната водна повърхност при Q1% и Q0,1%



Фиг. 4. – Надлъжен профил с изчислената линия на свободната водна повърхност при Q1% и Q0,1%

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С оглед направените изследвания могат да се направят няколко генерални извода: За съставянето на карта на залетите площи, пресметнати с помощта на еднодименсионалния модел HEC-RAS е необходимо да се интерполират резултатите между отделните профили, което, ако се прави ръчно, може да доведе до грешки, а при ползването на модула HEC – Geo – RAS може да доведе до прекъснатост на резултатите. Предимството на ползването на еднодименсионалните модели е лесната работа с тях и бързото получаване на сравнително точни резултати.

Тъй като резултатите от еднодименсионалния модел съвпадат с наблюдаваното през 1969 година преминаване на висока вълна с обезпеченост 1%, може да се направи извода, че са напълно достоверни.

Въпреки сравнително добрите резултати, получени в конкретния случай с еднодименсионалния модел, не бива да се пренебрегват и предимствата на 2D моделите, които остават единствения инструмент при решаването на някои по-специфични въпроси.

ЛИТЕРАТУРА

Amein, M. and Fang, C.S., 1970, "Implicit Flood Routing in Natural Channels", Journals of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 96

Chow, V.T., 1959, Open Channels Hydraulics, McGraw-Hill Book Company, NY

Fread, D.L., 1976, Theoretical Development of an Implicit Dynamic Routing Model, Hydrologic Research Laboratory, U.S. Department of Commerce

Liggett, J.A., and Cunge, J.A., 1975, "Numerical Methods of Solution of the Unsteady Flow Equations" in Unsteady Flow in Open Channels, edited by K. Mahmood and V. Yevjevich, Vol. I, Chapter 4, Water Resources Publications

Shames, I.H., 1962, Mechanics of Fluids, McGraw-Hill Book Company, NY

Директива 2007/60/ЕС относно оценката и управлението на риска от наводнения

Маринов, Е., Хидравлика, Висш институт по архитектура и строителство, София, 1994 г.

Чоу В.Т., Гидравлика откритых каналов, Москва, 1969 г.