

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  
„65<sup>th</sup> Anniversary Faculty of Hydraulic Engineering and 15<sup>th</sup> Anniversary Hydraulic Engineering in German”

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

XLVII <sup>ТОМ</sup>  
vol.

2014

св.  
fasc. I-A

## ХИДРОЛОЖКО МОДЕЛИРАНЕ С ЦЕЛ ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МАКСИМАЛНИЯ ОТТОК ПРИ УСЛОЖНЕНИ ХИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧНИ УСЛОВИЯ

Н. Лисев<sup>1</sup>, Ив. Калчев<sup>2</sup>, С. Тачев<sup>3</sup>, П. Годоров<sup>4</sup>,  
Вл. Кукурин<sup>5</sup>, М. Печинова<sup>6</sup>

*Ключови думи:* хидрология, модел валеж–отток, интензивни валежи, снеготопене

*Научна област:* инженерна хидрология, хидравлика и водно стопанство

### РЕЗЮМЕ

Формирането на отток при валежи над големи водосбори е сложен процес, зависещ от множество фактори. От една страна, параметрите на водосбора – надморска височина, наклони на терена, растителност, почвена покривка – варират в големи граници, а от друга, валежите са събития със стохастичен характер, заради което параметрите им трудно могат да бъдат предсказани с достатъчна точност.

<sup>1</sup> Николай Лисев, доц. д-р инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: lisev\_fhe@uacg.acad.bg

<sup>2</sup> Иван Калчев, проф. д-р инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София

<sup>3</sup> Сава Б. Тачев, д-р инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: sava371@abv.bg

<sup>4</sup> Петър В. Годоров, инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: peter\_v@gyuvetch.bg

<sup>5</sup> Владимир Г. Кукурин, инж., докторант, кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: v\_kukurin@yahoo.com

<sup>6</sup> Мартина Печинова, доц. д-р инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София

Тези факти налагат използването на сложни модели за симулиране на процеса на формиране на отток от даден водосбор.

Хидрометеорологичната обстановка в страната, а и не само, налага известна промяна на подхода при изследване формирането на оттока, тъй като установените през изминалите години методики невинаги дават адекватно решение за справяне с настоящите проблеми.

Настоящият доклад представя изследване с цел определянето на максималния отток от водосбор при усложнени хидрометеорологични условия и по-конкретно при наличие на интензивно снеготопене, комбинирано с интензивни валежи – събития, наблюдавани в началото на 2012 г. в голяма част от Южна България.

Извършен е подробен хидроложки анализ както на валежите в дадения водосбор, така и на параметрите, влияещи на снеготопенето – ходографи на температурите, снежна покривка, ветрове.

Съставени са множество различни сценарии, при които различните параметри са комбинирани по различен начин.

Проведени са симулации за различните варианти, като са оценени максималните възможни високи вълни.

## 1. Въведение

Инженерно-хидроложките задачи изискват използването на изрази, подлежащи на количествена оценка. Поради тази причина, наблюдаваният процес, респ. система, трябва да се пресъздаде под формата на *математически модел* [3]. Поради сложността на процесите, построяването на модел винаги е свързано с определена абстрактност по отношение на реалната система, при която вниманието се концентрира върху дадени фактори за сметка на пренебрегването на други, сметнати за по-маловажни. При моделирането винаги има опростявания, свързани с пренебрегването на второстепенни процеси, както и с намаляването на пространствената и времевата променливост на процесите. От дотук казаното става ясно, че моделът и реалният процес винаги ще се различават помежду си с някаква определена грешка. Целта при създаването на модела се състои в това грешката да бъде възможно най-малка.

Основна задача на моделирането е да се създаде връзка между входните данни, различните въздействия и интересуващите ни резултати. За постигането на това могат най-общо да се разграничат два основни подхода [3]:

- моделиране с използването на “предварителни” знания за системата;
- моделиране на поведението на системата, базирано на знания за входните и изходните величини.

При моделирането трябва да се вземе решение за избор на модел въз основа на поставените задачи, желаните резултати и наличните данни от наблюдения, като се вземат предвид и характеристиките на различните модели. Специални аспекти, които могат да повлияят при избора, са:

- методът за решаване на математическите уравнения (*аналитичен или числен модел*);
- вземане под внимание на случайни фактори в поведението на системата или във входните данни (*стохастичен, респ. детерминистичен модел*);
- вземане под внимание на зависимостта на моделните параметри от състоянието на системата (*нелинеен, респ. линеен модел*);

- вземане под внимание промяната на поведението на системата във времето (*променлив или непроменлив във времето модел*) или пространството (*разделен, детайлиран, респ. компактен модел или блок-модел*).

## 2. Моделиране на процеса “валеж-отток”

Процесът „отток” е част от кръговрата на водата, протичащ в даден водосбор. В отделните части на областта протичат различни процеси на различни повърхнини в зависимост от местните дадености:

- задържане върху повърхността на растенията (интерцепция);
- евапорация;
- транспирация;
- повърхностна ретензия;
- повърхностен отток, както и попиване в повърхностните почвени слоеве, покрити с растителност;
- инфилтрация;
- дълбоко просмукване, както и капилярно покачване на водите в почвената зона;
- движение на подпочвените води.

Концепциите за пресъздаване на процеса на отток изхождат от това, че на всяко ниво съществуват ретензионни обеми, които в хода на процеса се напълват и изпразват:

- Интерцепционен резервоар;
- Повърхностен резервоар;
- Почвен резервоар;
- Резервоари с дълбоки подпочвени води.

Между условните резервоари постоянно съществува обмен на вода, като по време на валеж движението е насочено предимно отгоре надолу – инфилтрация, дълбоко попиване, а през останалото време обратно – капилярно покачване, евапотранспирация.

При пресъздаването на протичането на оттока с помощта на модел не могат да се вземат под внимание всички влияещи фактори. За да се създаде практически приложим модел, трябва да се направят някои опростявания. Например моделът може да се опрости чрез обединяването или цялостното пропускане на някои елементи от вертикалната структура на оттока, описани по-горе. Опростяването може да дойде и от едно повече или по-малко детайлно групиране на структурата на водосбора в хоризонтален план [8].

Решението за пространственото разделяне най-често се определя от задачата, наличните данни и възможностите за обработка. Разделянето на модела във вертикална посока зависи най-често от това какви компоненти на оттока са налице. В най-простия случай се разглеждат два компонента на оттока – повърхностен отток и подземен отток [9].

## **2. Хидроложки изследвания с цел определяне на най-неблагоприятни сценарии за формиране на високи вълни, породени от снеготопене и валежи**

Целта на настоящите хидроложки изследвания е да се определят и симулират различни сценарии за формиране на високи вълни при възможно най-неблагоприятни условия – интензивно снеготопене и комбинация от интензивно снеготопене и интензивен валеж – събития, наблюдавани в началото на 2012 г. в голяма част от Южна България, довели до множество бедствия и аварии. За илюстриране процеса на моделиране “валеж-отток” е изследван районът на “Асарел–Медет АД”.

### **2.1. Входни метеорологични данни**

Като входни метеорологични данни при моделирането на различни сценарии за формиране на високи вълни са използвани температура, валеж и снежна покривка.

Хидроложката година е разделена на два периода, **Период 1** с наличие на снежна покривка (ноември – април) и **Период 2** – липса на снежна покривка (май – октомври).

Различните сценарии при хидроложкото моделиране са симулирани за двата периода.

#### **2.1.1. Температура**

При избора на температура за моделирането на различните сценарии е разглеждан като цяло температурният режим в метеорологичните станции на територията на разглеждания район – Ихтиман, Златица, Антон, Мирково, Поибрене, Стрелча, Лесичево, Панагюрски колонии, Попинци, Братия, яз. „Тополница“, Панагюрище.

Периодът на наблюдение в станция „Асарел“ (2004–2011) е твърде кратък (8 год.) и по тази причина данните от измерванията не могат да бъдат директно използвани за установяване на температурния режим за района на „Асарел–Медет АД“. За детайлното изследване и анализиране на температурния режим в многогодишен разрез на територията на “Асарел–Медет” е приложен методът на аналогията. Като станция-аналог е използвана климатична станция „Панагюрище“.

Като са взети предвид направените изводи от анализа на изменението на температурите за двата разглеждани периода, като представителен период за изследване температурата на въздуха за станцията-аналог „Панагюрище“ при моделирането на различните сценарии е приет периодът 1991–2007 година. Така приетият период е по-неблагоприятен от гледна точка на поставената задача, а също така държи сметка за настъпилите климатични промени, като включва актуалните данни за температурата на въздуха през последните десетилетия.

По-долу е направен анализ на разпределението на дебелината на снежната покривка в различните месеци. По този начин точно е определен най-вероятният период, в който се наблюдава избраната за хидроложкото моделиране дебелина на снежната покривка. Определени са два меродавни периода – края на м. януари и края на м. февруари. За избраните периоди е извършен статистически анализ и са определени максималните среднодневни температури с различна вероятност за превишение.

Въз основа на определените максимални среднодневни температури и статистически анализ на измерените стойности са построени представителни моделни ходографи на температурите с различна обезпеченост – 1% и 10%, представени на Фиг. 1 и Фиг. 2.



**Фиг. 1. Моделен ходограф на температурата с обезпеченост 1%**



**Фиг. 2. Моделен ходограф на температурата с обезпеченост 10%**

### 2.1.2. Валежи

За характеризиране на валежния режим на територията на “Асарел–Медет”, който ще бъде използван за моделирането на различните сценарии, са използвани основно данните за наблюдаваните максимални денонощни валежи в метеорологични станции „Поибрене“, „Стрелча“, „Лесичево“, „Панагюрски колонии“, „Попинци“, „Братия“, яз. „Тополница“ и „Панагюрище“.

За да бъде изяснен валежният режим и неговото разпределение по месеци на територията на “Асарел–Медет”, са разгледани данните от измерените денонощни валежи в станция „Панагюрище“ (1991–2007) и станция „Асарел“ (2004–2011). От тях чрез статистическа обработка са получени максималните месечни 24-часови валежи за общия период на наблюдение в двете станции – 2004–2007.

Приложен е методът на регресионния анализ за намиране на зависимост между максималните месечни 24-часови валежи в станция „Панагюрище“ и в станция „Асарел“ за общия период на наблюдение в двете станции – 2004–2007 г. Получената зависимост е с много добро качество (коэффициент на корелация  $r = 0,857$ ).

Данните за максималните месечни денонощни валежи в станция „Асарел“ за период 1991–2011 са обработени статистически, като са получени средномесечните максимални денонощни валежи, средногодишните максимални денонощни валежи и максималните годишни денонощни валежи.

Въз основа на тези данни са определени характеристиките на интензивните валежи за района. Получена е обобщена районна крива на обезпеченост на максималните денонощни валежи, след което са определени максималните денонощни валежни височини с характерна обезпеченост.

Поради факта че поставената задача изисква моделиране на сценарии при възможно най-неблагоприятни условия за формиране на високи вълни – интензивно снеготопене или интензивно снеготопене, комбинирано с интензивен валеж, е прието като входни данни да се вземат максималните валежи в два отделни периода – **Период 1** с наличие на снежна покривка (ноември – април) и **Период 2** – липса на снежна покривка (май – октомври).

За подбора на оразмерителните валежи за района на „Асарел“, които да служат като входни данни за моделирането на различните сценарии в двата отделни периода, са използвани редиците от максимални денонощни валежи за станция „Панагюрище“, приета за аналог.

За целите на хидроложкото моделиране са определени две меродавни обезпечености на зимните валежи – 0,1% и 1%. За съответните валежни височини са приети хистограми на разпределение на валежите в рамките на 2 изчислителни периода – 24 часа и 72 часа. Аналогично на зимния период, тук отново са приети меродавни обезпечености на валежите – 0,01%, 0,1% и 1%. Използвани са хистограми за избраните за меродавни валежни височини съответно за 24 часа и 72 часа.

### 2.1.3. Снеготопене

Снежната покривка е взета предвид само при моделирането на сценарии за **Период 1** (м. XI – м. IV).

При избора на входни данни за снежната покривка при моделирането на различните сценарии е използвана информация от “Климатичен справочник за НР България – Снежна покривка“, както и редица публикации и изследвания, касаещи снеготопенето.

След анализ на наличните данни са избрани три меродавни височини на снежната покривка – **1 m, 0,6 m и 0,4 m**. За всяка от тях е определен периодът с най-голяма

вероятност за поява, като този период е отчетен при избора на меродавни ходографи на температурите по-горе.

## **2.2. Сценарии на екстремни метеорологични явления**

За всеки от двата периода са дефинирани сценарии (9 сценария за Период 1 и 6 сценария за Период 2) на екстремни метеорологични явления, за които е определена максималната висока вълна, постъпваща в различните съоръжения на Асарел–Медет. При избора на сценарии са комбинирани четири основни параметъра за Период 1 и 2 параметъра за Период 2. През т. нар. “Зимен период” или Период 1 тези параметри са:

- дебелина на снежната покривка;
- температура;
- количество на валежа;
- продължителност на валежа.

За Период 2 или т. нар. “Летен период” поради липсата на снежна покривка, параметрите са съответно:

- количество на валежа;
- продължителност на валежа.

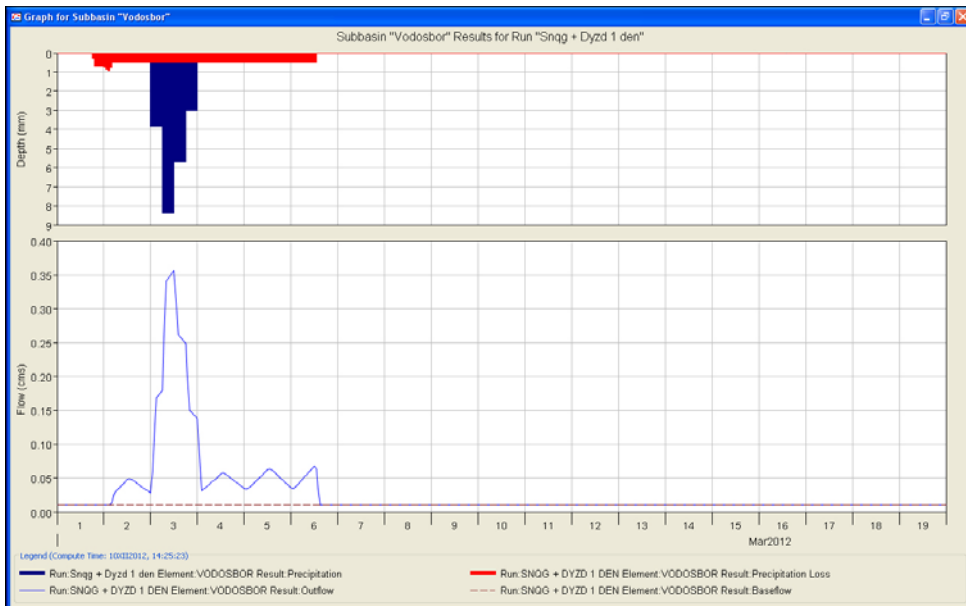
Поради вероятностния характер на параметрите, те участват в различните сценарии със съответни обезпечености, като са подбрани различни комбинации между тях.

## **3. Хидроложко моделиране на високите вълни**

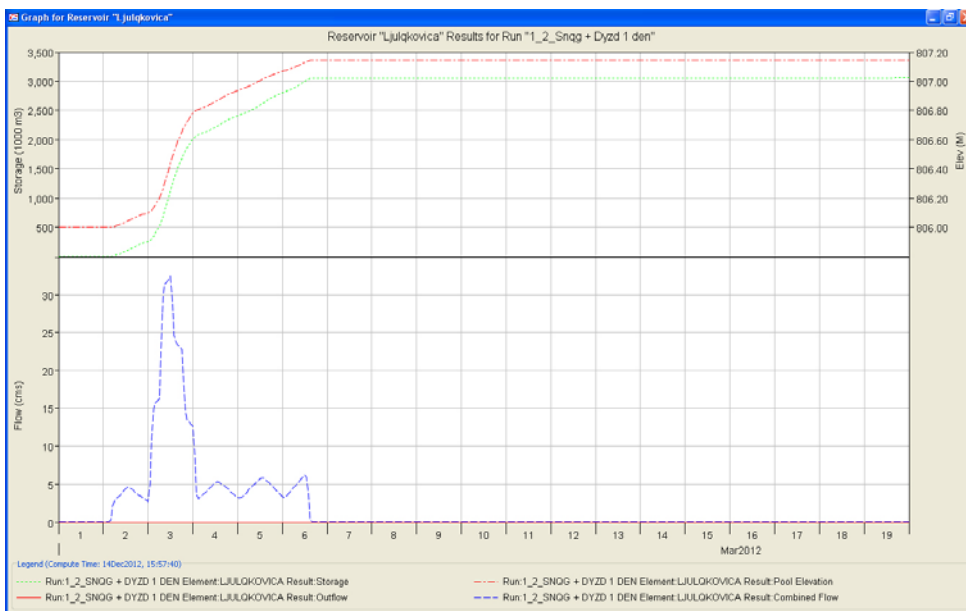
Хидроложкото моделиране е извършено с помощта на програмния продукт HES – HMS. За всеки един от обектите на изследване се моделират съответният му водосбор с всички негови характеристики – площ, надморска височина, почвена покривка и растителност, отразяващи се на загубите, както и редица други параметри, характеризиращи формирането и трансформацията на оттока. Всеки един водоем се моделира с всички свои параметри – криви на залетите площи и завирените обеми, преливни и облекчителни съоръжения, режими на водочерпене и т.н. За така дефинираните водосбори се разиграват всички гореописани сценарии на екстремни метеорологични събития.

За илюстрация по-долу са представени част от резултатите, получени за хвостохранилище “Люляковица”, което е I клас ХТС и има за цел да съхрани твърдия отпадък (хвост) от Обогатителна фабрика „Асарел“ до изчерпване на запасите в рудника. Хвостохранилище „Люляковица” се изгражда в поречието на река Люляковица, чрез намяване на отпадъка. За целите на моделирането са въведени всички параметри както на стената и езерото – височина, преливници, криви на завирените обеми и залетите площи, така и всички параметри на водосбора – площ, надморска височина, наклони, почвена покривка, растителност.

Представени са резултати само за някои от меродавните случаи за двата периода.



**Фиг. 3. Отток от водосбора на хвостохранилище „Люляковица“ при Сценарий 1-2 – снежна покривка 1 m, ходограф на температурата с обезпеченост 1% и валеж с обезпеченост 1% с продължителност 24 часа**



**Фиг. 4. Хидрограф на притока, оттока, водните стоежи и обемите на хвостохранилище „Люляковица“ при Сценарий 1-2 – снежна покривка 1 m, ходограф на температурата с обезпеченост 1% и валеж с обезпеченост 1% с продължителност 24 часа**

#### 4. Заключение

От резултатите, получени по този начин, могат лесно да се определят свободните обеми в различните съоръжения, необходими им да поемат възможните високи води и по този начин да се осигури безпроблемната им експлоатация.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Лусев, Н. П.* Приложение на географски информационни системи при моделиране процесите на формиране и трансформиране на висока вълна. Конференция с международно участие, Висше строително училище “Любен Каравелов”, София 29-31 май, 2002.
2. *Лусев, Н.* Хидроложко и хидравлично моделиране с използване на географски информационни системи. Годишник на Университета по архитектура, строителство и геодезия – София, Юбилеен 2002.
3. *Chow, V. T., Maidment, David R. and Mays, L. W.* Applied Hydrology. New York, 1998.
4. *Doan, James H.* 2000. Geospatial Hydrologic Modeling Extension, HEC-GeoHMS User's Manual: US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
5. *Hellweger, F. and Maidment, D.R.* HEC-PREPRO: A GIS Preprocessor for Lumped Parameter Hydrologic Modeling Programs, CRWR Online Report 97-8. University of Texas at Austin, 1997.
6. *Herero, J., Millares, A., Aguilar, C., Diaz, A., Polo, M.J., Losada, M.* WIM-Med 1.0. Base teorica, Grupo de Dinamica de Flujos Ambientales – Seccion Rios y Embalses Centro Andaluz de Medio Ambiente (CEAMA) – Universidad de Granada, Grupo de Hidrologia e Hidraulica Agricola – Universidad de Cordoba.
7. *Herero, J.* Modelo físico de acumulación y fusión de la nieve. Aplicación en Sierra Nevada (España) Tesis para la obtención del título de doctor por las Universidades de Granada, Córdoba y Málaga, Granada, Noviembre de 2007.
8. *Mason, D y Maidment, D.* An analysis of a Methodology for Generating Watershed Parameters using GIS. The University of Texas at Austin, TX 78712-4497, 2000.
9. *Medina, I. O.* Evaluación del submodelo de fusión de nieve del Modelo TETIS en las cuencas de alta montaña del río American y Carson dentro del proyecto DMIP2. Universidad Politécnica de Valencia Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Valencia, España. 2010.
10. *Olovera, F., Maidment, D. R.* GIS Tools for HMS Modeling Support. 19th Annual ESRI User Conference, July 26-30, 1999, San Diego, California, 1999.
11. *Zhang, H. L., Wang, Y. J., Wang, Y. Q., Li, D. X.* The effect of watershed scale on HEC-HMS calibrated parameters: a case study in the Clear Creek watershed in Iowa, US, Hydrol. Earth Syst. Sci., 17, 2735–2745, 2013, [www.hydrol-earth-syst-sci.net/17/2735/2013/](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/17/2735/2013/)

# HYDROLOGICAL STUDY FOR ESTIMATION OF THE MAXIMUM FLOOD BY COMPLEX METHEOROLOGICAL CONDITIONS

N. Lissev<sup>1</sup>, I. Kalchev<sup>2</sup>, S. Tachev<sup>3</sup>, P. Todorov<sup>4</sup>,  
V. Kukurin<sup>5</sup>, M. Pechinova<sup>6</sup>

*Keywords:* hydrology, rainfall–runoff model, intensive precipitation, snowmelt

*Research area:* hydrology, hydraulics and water management

## ABSTRACT

The runoff from huge watersheds is a complex process, which depends on many factors. The watershed parameters – altitude, terrain slope, vegetation, soil type, land use – are characterized with considerable variations, on the other hand the precipitation is a stochastic process, which makes its parameters difficult to obtain precisely.

These facts impose the use of complex simulation models.

The meteorological situation in the country in the recent years, enforces significant changes in the way the runoff formation is studied, since the existing methods doesn't work that effective in the current conditions.

The article presents a study, which main purpose is to estimate the maximum runoff from a catchment at presence of complex meteorological conditions – intensive precipitation, combined with intensive snow melt – events, occurred in the early 2012 in several parts of South Bulgaria.

Detailed hydrological analysis of the rainfall and the parameters, influencing the snowmelt – temperature, snow cover, winds – is carried out. Different scenarios with combinations of the parameters have been obtained.

Several simulations for the different scenarios are performed and the maximum floods are evaluated.

---

<sup>1</sup> Nikolay Lissev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dpt. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: lisev\_fhe@uacg.acad.bg

<sup>2</sup> Ivan Kalchev, Prof. Dr. Eng., Dpt. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046

<sup>3</sup> Sava Tachev, Dr. Eng., Dpt. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: sava371@abv.bg

<sup>4</sup> Petar Todorov, Eng., Dpt. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: peter\_v@gyuvetch.bg

<sup>5</sup> Vladimir Kukurin, Eng., Dpt. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: v\_kukurin@yahoo.com

<sup>6</sup> Martina Pechinova, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dpt. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046