

Доц. д-р инж. Ваня Йончева, проф. д-р инж. Оханес Сантурджиян
Национален институт по метеорология и хидрология – БАН

ОЦЕНКА НА ЗАПЛАХАТА ОТ НАВОДНЕНИЯ, ПРИЧИНЕНИ ОТ МАЛКИТЕ ЯЗОВИРИ

FLOOD DANGER ASSESSMENT CAUSED BY SMALL RESERVOIRS

Vania Ioncheva, Ohanes Santourdjian
National Institute of Meteorology and Hydrology - BAS

Summary: *There is in Bulgaria a great number of small reservoirs, serving for different purposes, with volumes ranging from several hundreds to several millions m³. They have no regular maintenance and control and most of them are in a very bad condition. They can cause very dangerous floods on the downstream lands when their earthfill dams are destroyed when flowed over the crests.*

One of the most important measures concerning the safety of these reservoirs is the assessment of the danger their dams to be overflowed by flood waves with return periods depending on the significance of the flood risk.

As a rule there are no any measurements of flood waves in such reservoirs. The article describes a methodology for estimation of the peak, the volume and the shape of high waves with desired return periods based on the measured average multi annual maximal round-the-clock rains in the different region of Bulgaria.

To evaluate the high wave peak and volume a very simple rainfall-runoff model is employed. The main factor in the formulae is the rain drainage coefficient, for which values according to the watershed type are given. Irrespective of the descriptions the identification of the types is rather uncertain. The article illustrates the possible deviations of the flood wave characteristics obtained with improper watershed type selection. Recommendations are given for dams safety assessment allowing that possibility.

1. Увод

В България има голям брой малки язовири с обем от няколкостотин хиляди до няколко милиона m³ обем. Те са построени предимно с цел напояване, отглеждане на аквакултури и рекреация от местно значение, промишлено водоснабдяване и други цели. В много случаи понастоящем тези цели са променени.

Водностопанското използване на тези язовири представлява проблем за техните собственици и наематели. Съществен обществен научно-технически проблем е тяхната роля за намаляване или за усилване на заплахата от наводнения на териториите под тях.

Малките язовири (МЯ) могат да

имат ретензионен ефект за снижаване на върха на високата вълна (ВВ) при пълноводие, когато преливниците им са правилно оразмерени. При всички случаи максималното преливно водно количество е по-малко от това, което би протекло в естествени условия при една и съща ВВ. Те могат да представляват и голяма опасност за земите след тях, когато възможностите на преливника са недостатъчни и язовирите могат да прелеят през короната на стените им. Върхът на вълната, която се образува при разрушението на стената, превишава значително тази, която навлиза в язовира и може да причини големи бедствия, каквито се случиха от 2005 г, насам.

Голямата част от МЯ нямат постоянна поддръжка и наблюдение. Повечето от тях се експлоатират некомпетентно, а някои са в недопустимо техническо състояние. Драстичен пример за използване на негоден язовир и невежо стопанисване е яз. Езерче-1 над гр. Цар Калоян. Той е бил използван за рибарник със заринат преливник. На 6.08.2007 г. след 13 часа при паднали валежи с обезпеченост под 1 % (90 mm/m^2 за около 100 минути) върху сравнително малка територия. Язовирът, който бил почти изпразнен, се запълва бързо и прелива през короната на стената, като тя се разрушава изцяло. Внезапното увеличение на водното количество, преминаващо през града към 16,30 часа причинява човешки жертви. Общият обем на язовира от около 150000 m^3 е почти колкото притока на ВВ при подем, траещ около час. Целият обем на ВВ е около 450000 m^3 протекли за около 3 часа. Очевидно, ако преливникът беше изправен, преливането през короната щеше да стане по-късно при спад на ВВ, като преливането през стената щеше да бъде с по-тънък слой вода и по-бавен и по-плитък пробив, така както е станало при съседния язовир Езерче-2, при който преливникът е бил изправен и стената е преляла доста по-късно.

2. Възможности за управление на безопасността на малките язовири

Проблемите на малките язовири с оглед оценка на безопасността им срещу разрушение от преливане и на целесъобразно управление с цел намаляване на заплахата за причиняване на наводнения след тях са подробно разработени в национална методика на МОСВ [1], изготвена от НИМХ през 2012 г. В настоящия доклад ще се обърне внимание на основни пунктове от нея.

С управление на наличния обем на язовирите може в много случаи да се постигне намаление на вероятността от преливане и разрушение. При малките язовири едва ли може да се говори за запазване на постоянни ретензионни обеми. Не може също да се разчита на изпразване на язовира през основния изпускател преди ВВ. Като се има предвид обаче, че МЯ са

сезонни регулатори на притока, в зависимост от сезона, язовирът трябва да е пълен толкова колкото е нужно за водоползването. Така в него в различните месеци в годината ще има празни обеми за поемане на част от ВВ. В голяма степен това зависи от предназначението му.

Например язовирите, които се използват за напояване би трябвало да са празни след напоителния сезон до месеците февруари - март. Те трябва да са пълни в периода юли - август. В останалото време малките язовири трябва да са в различна степен празни.

Един пример за това как би намалила опасността от преливане е случая с яз. Иваново. Ако язовирът беше изпразнен през есенно-зимния период нямаше да има такава повърхност за заледряване, язовирът щеше да поеме голяма част от ВВ и ледовете нямаше да задръстят преливника.

Язовирите, използвани за риборазвъждане, трябва да поддържат минимално необходимите обеми а тези, за рекреация, да се изпразват в сезона когато не се използват.

Ретензионните язовири трябва да се поддържат празни. Язовири, построени с такава цел трябва да имат дънни отвори с голяма пропускна способност за отвеждане на такава част от водното количество при пълноводие, която може да се проведе безпрепятствено по коритото на реката. Те трябва да се поддържат отворени.

Независимо от всичко описано по-горе трябва да се изтъкне, че възможностите за управление на наличния обем на язовирите, с цел предпазване от преливане не са големи. Като се има предвид и липсата на постоянна поддръжка, те не са и достатъчно надеждни. Затова, за да се избегне риска от наводнение на земите под тях трябва да се оцени възможността от разрушението им при преливане през короната при ВВ с допустимата вероятностна оценка.

Съгласно „Норми за проектиране на хидротехническите съоръжения, Основни положения”, издадени от Министерството на строителството и селищното устройство и Министерство

на енергетиката през 1985 г, МЯ като правило се класифицират като водо-подпорни съоръжения от IV клас.

Облекчителните съоръжения на този клас язовирни стени се проектират да провеждат максимални водни количества с изчислителна обезпеченост, равна на 1%. За пропускането на висока вълна обикновено се разчита само на преливниците. Ал. 3 на чл. 10 на споменатите по-горе Норми предписва преминаването на язовирната стена в по-горен клас (следователно и на облекчителните съоръжения), ако при повреда или разрушение би се застрашил живота на населението в долуразположени населени места. В такива случаи проверката трябва да се прави за ВВ с обезпеченост 0,5% или даже 0,1%.

Всички стени на потенциално опасните МЯ, независимо от предназначението им, трябва да бъдат проверявани срещу преливане при ВВ с 1 % или 0,1 %. Това трябва да се прави ако няма убедителни данни за извършена такава проверка при проектирането или по-друг начин при условията на цитираните норми. Проверката трябва да се извърши при пълен до кота НВРВН язовир и затворен изпускател, освен при ретензионните язовири. Ако тази проверка показва повишаване на нивото на езерото при ВВ до кота по-висока от 0,5 m под короната, това означава, че има опасност от преливане. Тогава може да се правят проверки с наличие на свободни обеми в язовира, ако има гарантирана възможност за тяхното осигуряване. Ако това не е възможно, стената трябва да се разруши или ако е оправдано, да се увеличи преливния ѝ капацитет.

За да се извърши такава проверка за всеки язовир трябва:

а. да се определят върхът, обемът и формата на ВВ с необходимата обезпеченост;

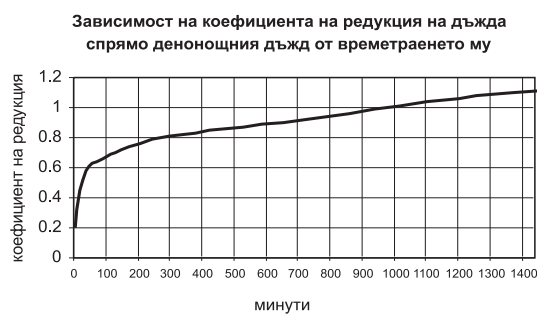
б. да се изчисли котата на водното ниво при достигане на максималното преливно водно количество чрез изчисление на ретензията на ВВ.

За последното трябва да се знаят размерите и типа на преливника и котата на най-ниската точка на короната на стената.

3. Оценка на параметрите на високата вълна в МЯ

Реалистичното определяне на параметрите на ВВ е основният проблем при тези язовири. Голямата част от МЯ са построени с неособено сериозни хидроложки проучвания. За тях в преобладаващите случаи няма измерени данни за притока. Възможностите за използване на косвените методи на хидрологията и на регионалните зависимости за оценка на максималния приток са малки.

Единствените по-някакъв начин измерени или оценени данни, върху които може да се стъпи, са дъждовете. Има съставени таблици за средномногогодишните максимални денонощни валежни височини в зависимост от надморската височина за 20 района, обхващащи територията на България. За същите райони са определени коефициенти на привеждане на средномногогодишния дъжд към такъв с обезпеченост от 0,01 % до 63 %. Налични са и таблици с коефициенти на редукция, показващи частта от денонощния дъжд, падаща за части от денонощието. Графиката на **Фиг. 1** показва частта от денонощния дъжд в зависимост от времетраенето му за един от районите при обезпечености между 0,01 до 25 %. Тези таблици са съставени преди повече от три десетилетия и трябва да се използват до съставянето на нови такива. При наличието на тези данни от НИМХ от Стахил Герасимов е разработена методика за определяне на параметрите на ВВ за водосбори до 1000 km², при които няма хидроложки измервания [2]. Тя е приета от КОПС през 1985 г. за национална методика. Същата е възприета при съставяне на споменатата по-горе методика на НИМХ [1] за оценка на безопасността на МЯ.



Фиг. 1.

Съгласно тази методика основната емпирична формула за определяне на максималното водно количество Q_p с годишна вероятност на превишение $p\%$ се дава от израза:

$$Q_p = \frac{16,67 r \varphi_p H_p \psi(\tau) F}{\tau} + Q_{zp}, \quad (1)$$

където:

F – площта на водосборния басейн в $[\text{km}^2]$;

16,67 – коефициент на привеждане на димензиите;

r – коефициент на зарегулираност (на задържане на оттока) от езера и микроязовири във водосборната област на разглеждания язовир;

φ_p – отточен коефициент на максималния отток при обезпеченост $p\%$;

H_p – денонощен максимален слой на дъжда при обезпеченост $p\%$ в $[\text{mm}]$;

$\psi(\tau)$ – редукиционен коефициент, изразяващ отношението между слоя дъжд паднал за време τ към денонощния максимален дъжд с обезпеченост $p\%$;

τ – време на дотичане на водата по речното русло от най-отдалечената точка на водосбора до опашката на язовира в $[\text{min}]$;

Q_{zp} – подпочвена компонента на максималното водно количество в $[\text{m}^3/\text{s}]$, която при ВВ с малки обезпечености е незначителна и не заслужава да се изчислява.

Тази формула изразява един много опростен модел за формиране на Q_p вследствие на връзката валеж-отток. Приема се, че в рамките на времето на дотичане върху целия водосбор вали равномерен дъжд с интензивност $H_p \psi(\tau)/\tau$. Той се стича в руслото и тече равномерно към язовира. Водното количество в язовира достига своя максимум Q_p когато стеклата се вода в руслото, при крайната (най-отдалечената) точка на руслото, достигне опашката на язовира. След този момент, ако продължава да вали все така интензивно, този максимум се задържа. Ако валежът спре или намалее, водата се оттича постепенно с намаляващо водно количество.

Обемът на високата вълна без отчитане на подпочвеното оттичане

при различни обезпечености се извършва като се отчита валежът за времето на басейновото оттичане:

$$W_p = 1000 \varphi_p H_p \psi_1(t) F, \quad (2)$$

където:

t за различните групи (категории) водосбори приема стойностите:

➤ 1 - 2 денонощия за група 1.0;

➤ 2 денонощия за група 2.0;

➤ 10 денонощия за група 3.0.

1000 е коефициент за изравняване на димензиите.

Басейновото оттичане е много по-голямо от времето на дотичане, като очевидно се има предвид оттичане на целия паднал дъжд. Показаните стойности на t за различните групи басейни включват времето на оттичане на целия дъжд. В случая времето на оттичане, което зависи от отточните свойства на водосбора, се свързва с времето на валежа, което не е много логично. Трябва все пак да се отбележи, че в таблиците на методиката максималният дъжд е 1,22 пъти денонощния максимум при $t=48 \text{ h}$, т.е. не расте пропорционално на t . Фактически формула (2) и горните стойности на t предполагат обемът на ВВ минимум да е равен на денонощния валеж.

При малки водосбори до няколко десетки km^2 , каквито са водосборите на повечето малки язовири, t може да се приема 1 денонощие. Тогава обемът на ВВ ще съответства на денонощния максимален дъжд за района с обезпеченост $p\%$. Такава една оценка на обема на ВВ предполага достатъчна сигурност на проверката на преливника и стената, защото при такива малки водосбори при такъв дъжд язовирът ще е достигнал до максимума на преливането доста преди края на денонощието. Ако стената не е преляла през билото дотогава, няма да го направи и след това.

Времетраенето на ВВ при така определения връх и обем зависи от приетия хидрограф. За бързи хидроложки изчисления и опростено определяне на ретензията на високата вълна в малки язовири хидрографът може да се апроксимира с триъгълник, при което времето на поде-

ма t_n и на спада t_c на високата вълна се определят по следните изрази:

$$t_n = \frac{2W_p}{Q_p(1+\gamma)}, \text{ в [s]} \quad (3)$$

$$t_c = \gamma t_n, \quad T = t_n + t_c$$

където γ се определя по аналогия ($\gamma = \gamma_a$) или от стойностите в **таблица 1**.

Таблица 1.

Група	λ	γ
1,0	1,2	2,6
2,0	1,1	2,8
3,0	1,0	3,0

Във формула (1), основни фактори, определящи стойността на Q_p са времето на дотичане τ , обемът дъжд паднал за това време $\psi(\tau)H_pF$ и отточният коефициент φ_p . От тях еднозначно може да се определи F от карти и слой дъжд $\psi(\tau)H_pF$ от таблиците на методиката. Сравнително точно може да се определи и времето на дотичане τ по следния начин.

Изчислява се средната скорост v_p на дотичане на Q_p в (m/s):

- за равнинни реки с наклон $I < 2$ до 4‰:

$$v_p = aI^{1/3}Q_p^{1/4}, \quad (4)$$

където:

a – параметър на гладкостта;

I – среден наклон на водотока в [‰];

Параметърът на гладкостта a представлява функция на коефициента на грапавина n от формулата на Манинг и се определя от израза:

$$a = 0,15 \left(\frac{1}{20n} \right)^{3/4} \quad (5)$$

или се избира от таблица 3 на методиката на НИМХ.

- за планински и предпланински реки с наклон $I > 2$ до 4‰:

$$v_n = \beta I^{1/9} Q_p^{1/3}, \quad (6)$$

където параметърът на гладкостта β се избира в зависимост от състоянието на леглото на водотока по цялата му дължина от **Таблица 4** на [2].

Времето на русловото дотичане τ в min се изчислява както следва:

$$\tau = \frac{16,67L}{v_p}, \quad (7)$$

където: L е дължината на водотока от най-отдалечената точка на водосбора до разглеждания пункт (опашката на язовира) на реката в (km).

Тъй като τ зависи от Q_p изчислението се извършва чрез последователно приближение, при което всеки път се изчисляват Q_p , τ , $\psi(\tau)$ и до почти пълното съвпадане на полученото и зададеното Q_p .

Определянето на τ , колкото и да е приблизително, ще бъде в реални граници, защото стойностите на L , средния наклон I и грапавината n могат да бъдат сравнително надеждно оценени. Надценяването на n води до намаляване на скоростта, съответно увеличаване на τ и намаляване на Q_p . Например приемане на $n=0,065$, което е характерно за планински реки и суходолия, вместо $n=0,040$, характерно за равнинни реки, води до намаляване на Q_p с поне 20%. Това е така, защото валежният слой се увеличава несъответно малко с увеличаване на τ , съответно $\psi(\tau)$. Това показва, че избоът на по-ниска стойност на n е на страната на сигурността.

От основните фактори в (1) най-проблематичен за надеждна оценка е коефициентът на оттичане φ_p , който отчита физикогеографските условия за формиране на оттока на водосбора. Коефициентът на басейново регулиране r при малки водосбори е близък до 1, защото в тях едва ли ще има значителни езера за задържане на оттока от валежа. Коефициентът на оттичане φ_p се отчита от таблици според обезпечеността на валежа, площта и отточните свойства на водосбора. Надеждното идентифициране на последните е най-проблематичната част на методиката и най-голямата възможност за нереалистични оценки. По-долу е направена една оценка в какви граници би могла да се изменя стойността на φ_p и съответно Q_p при неправилна оценка на отточните свойства на водосбора.

4. Оценка на възможните отклонения от реалната стойност на отточния коефициент при неточна оценка на физико-географските условия на басейна

Отточният коефициент на валежните води на водосбора зависи от много фактори. Основните от тях са пропускливостта на почвеното покритие, на дрениращите свойства на почвения профил, растителното покритие, големината на водосбора, времето на оттичане, интензивността (обезпечеността) на дъжда, влажностното състояние на почвата преди валежа и др. В методиката на НИМХ ϕ_p се определя от таблици, в които зависимостта му от големината на водосбора и обезпечеността на дъжда са еднозначно отчетени. По отношение на отточните свойства на терена водосборите са разделени на три групи 1, 2, 3 (категории на естествената регулираща (ЕР) способност на басейна), като всяка група се разделя на 5 подгрупи 1÷5, (категории на водопрпускливостта (ВП) на почвата).

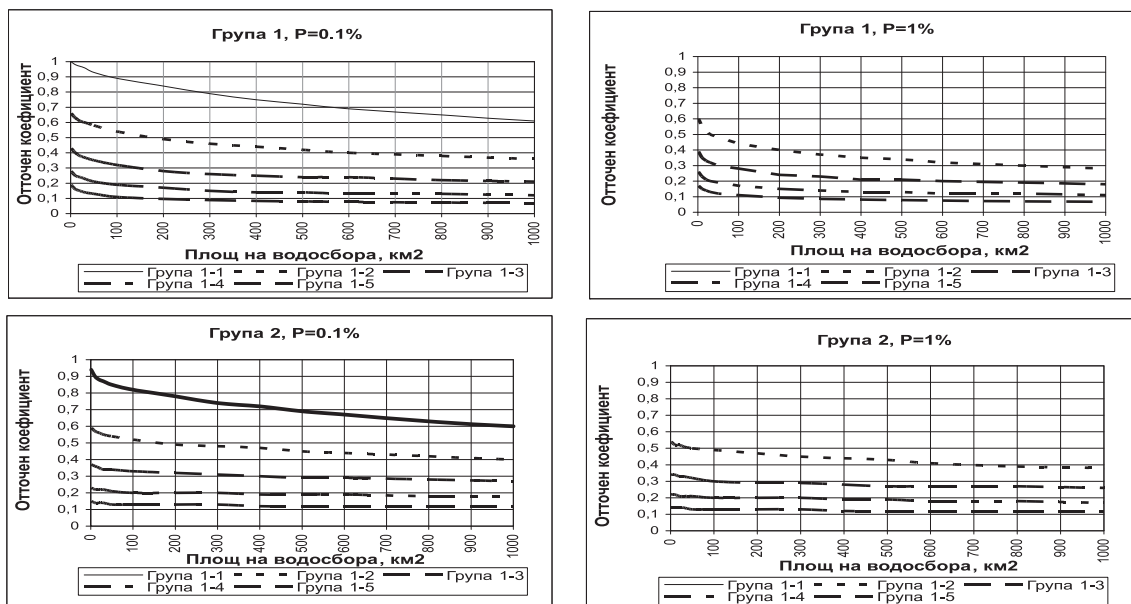
Групата отразява характера на речната мрежа, строежа на почвения профил и възможностите за попиване на валежа в дълбочина. Подгрупите отразяват характера на почвеното покритие. С увеличаване на категори-

ите на ЕР и ВП ϕ_p намалява. Групите и подгрупите в методиката са описани с различни признаци.

Трябва да се отбележи, че точното идентифициране по тези признаци на принадлежността на водосбора към някоя от тези групи и подгрупи е доста проблематично. От една страна не винаги е възможно да се познават достатъчно добре почвено-геоложките условия, съответно дрениращите свойства, както и почвеното и растително покритие на басейна. От друга страна описанието на признаците не е достатъчно отчетливо за сигурно разграничаване по тях на съседните групи и подгрупи.

Поради това сме направили едно изследване на чувствителността на ϕ_p от принадлежността на водосбора към различните групи и подгрупи отточни условия и площта на басейна с отчитане на обезпечеността на дъжда.

На **Фиг. 2.** са показани графики на изменение на ϕ_p в зависимост от площта на басейна при принадлежност на различни групи и подгрупи при обезпеченост 0,1% и 1%. Съвсем логично ϕ_p намалява с увеличаване на площта на басейна, а диапазонът на изменение намалява с увеличаване на категориите на ЕР и ВП.



Фиг. 2. Изменение на ϕ_p в зависимост от площта на басейна за различни групи и подгрупи при обезпеченост 0,1% и 1%

По-интересно е как се изменя φ_p при зададена площ на басейна и обезпеченост на дъжда, които са най-надеждно определените величини. Това е показано на **Табл. 2.** за конкретна площ и обезпеченост. От нея се вижда, че разликата между най-високата и най-ниската възможна стойност на φ_p е почти 9 пъти. В рамките на една група при различните подгрупи разликата е между 6 и 7 пъти, а в рамките на една подгрупа при различните групи разликата е почти 1,5 пъти.

Табл. 2. Отточен коефициент φ_p при $F=20 \text{ km}^2$ и $p=1\%$

	Група 1	Група 2	Група 3
Подгрупа 1	0,97	0,88	0,60
Подгрупа 2	0,61	0,56	0,39
Подгрупа 3	0,38	0,35	0,25
Подгрупа 4	0,24	0,22	0,17
Подгрупа 5	0,15	0,14	0,11

Трябва също да се отбележи, че в методиката не се отчита влиянието на времето за оттичане, т.е. на наклона на склоновете към руслото на изтичане. Колкото времето за оттичане е по-дълго, толкова по-голяма част от валежа ще проникне в почвата.

В методиката е представена таблица за определяне на φ_p за склонове и малки водосбори до 1-2 km^2 . При нея идентификацията на характера на почвеното покритие е доста по-ясно. Тя може да се ползва за ориентир при определяне на φ_p за малки водосбори до 20-30 km^2 .

5. Приложение на методиката на реален язовир

Методиката е приложена за яз. Капчика във водосбора на р. Елийска, в басейна на р. Янтра. Обемът на езерото е 1,702 mln m^3 и водосборна площ 25 km^2 , средната надморска височина 200 m, среден наклон $I = 4\%$ (**Фиг. 3**) и дължина на водосбора $L=8 \text{ km}$.

В същия водосбор се намират два незначителни микроязовира с общ обем 0,162 mln m^3 , чието влияние за формиране на оттока е пренебрегнато, т.е. $r = 1$.

Язовирът се намира във II-ри район на картата на денонощния максимум

на дъждовете. При средна надморска височина на водосбора $B = 200 \text{ m}$ слой дъжд с обезпеченост $P = 50\%$ е $= 45,4 \text{ mm}$, а $H_{p=0,1\%} = 171,6 \text{ mm}$. Изчислението на s с обезпеченост, обема W_p и времетраенето T при триъгълна форма на ВВ са подробно показани в [1].



Фиг. 3. Ситуация на разглежданите микроязовири

Почвите във водосбора на яз. Капчика са средно и силно излужени черноземи, нееродирани и слабо еродирани, тежко пясъкливо-глинести, поради което е прието, че басейнът на “Капчика” спада към втора група по ЕР и втора подгрупа по ВП на почвата, т.е. група 2.2, за която отточният коефициент $\varphi_p = 0,555$. Коефициентът на граваина е приет 0,040 и 0,065. При тези данни за ВВ се получават стойностите, дадени в **Табл. 3:**

Табл. 3. Характеристики на високите вълни

n	F [km^2]	Q_p [m^3/s]	T [min]	t_{nod} [min]	W_{nod} [10^3 m^3]	W_p [10^3 m^3]
0,065	25	152	576	152	693	2640
0,04	25	184	480	126	693	2640

За тези параметри на ВВ при $n=0,04$, ширина на преливника с практически профил 10 m и ниво на короната 3 m над котата на ръба на преливника е моделирана ретензията [1] и изчислено максималното преливно водно количество и съответното водно ниво при навлизането му в пълен до ръба на преливника язовир. От **Фиг. 4** се вижда, че няма опасност стената да прелее.

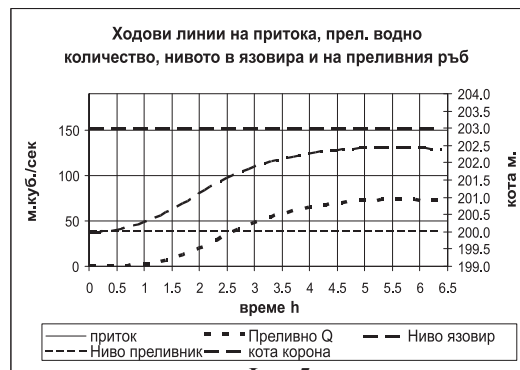


Фиг. 4.

Параметрите на ВВ са изчислени в случай, че по свойствата ЕР и ВП водосборът попада в останалите групи и подгрупи и са показани в Табл. 4. Вижда се какви големи отклонения могат да се получат при неправилно приемане на тези свойства. Например, при моделиране на ретенцията на ВВ получена при водосбор със свойствата на група 1 и подгрупа 1 с $Q_{\max} = 367 \text{ m}^3/\text{s}$ нивото на язовира надхвърля билото на стената с 0,5 m (Фиг. 5). Това означава нейното разрушение и се получава при $\varphi_p = 0,965$, т.е. никакви загуби или инфилтрация на валежните води, което при такава площ и среден наклон на водосбора е доста нереалистично. За приблизително сравнение по-долу са приведени данните, определени от Страхил Герасимов, за ВВ яз. Езерче-1 на 6.08.2007 г. Площта на водосбора е 9 km^2 да НИМХ в района на язовир Езерче 1 за 4 часа на 6.08.2012 г. е паднал средно около 90 mm/m^2 дъжд. Съгласно методиката [2] този дъжд може да се класифицира като денонощен максимум с близо, но под 1% обезпеченост. Върху водосбора е паднал около $0,81 \text{ mln m}^3$ дъжд. Приета е триъгълна форма на ВВ с параметри $Q_m = 76 \text{ m}^3/\text{s}$, $W_{\text{общ}} = 433.10^3 \text{ m}^3$, $T_m = 196 \text{ min}$ и $t_{\text{п}} = 65 \text{ min}$. Тези данни са съобразени с действителното протичане на вълната. В случая $\varphi_p = 0,55$, което предвид равнинния характер на водосбора е напълно реалистично.

Заклучение

Методиката [2] е много удобно и с големи възможности средство за оценка на параметрите на ВВ в малките язовири, при които няма хидроложки измервания



Фиг. 5.

или други надеждни хидроложки оценки за определяне на максималния приток. Емпиричният ѝ характер, обаче, налага много внимателен подбор на коефициентите, с които тя борави – коефициентите на грапавината на руслото и оттичането. Направените в доклада оценки показват, че при неправилно отчитане на φ_p от приложените таблици са възможни много големи отклонения от реалната стойност на върха и обема на възможната ВВ с набелязана обезпеченост.

Като се има предвид целта на определянето на ВВ, а именно оценката на възможността язовирната стена да не прелее, логично е да се направи проверка на ретенцията ѝ, като за грапавината на руслото и коефициента на оттока се приемат най-неблагоприятните спрямо целта, но възможни стойности. Ако за тях стената няма да бъде прелята през билото, няма нужда да се правят по-подробни изследвания. В противен случай трябва внимателно да се изучат физико-географските условия, обуславящи оттока и времето на дотичане, и да се приложат препоръките на методиката [2] за определяне на ВВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. “Методика за определяне на свободни обеми в язовирите преди пълноводие и преди високи вълни и на лимити за изпускане на водите от тях”, МОСВ, 2012, приета от ВКСВ за национална методика.
2. “Методично ръководство за определяне на максималния отток на реките в България», НИМХ, приета от КОПС през 1988 г. като национална методика.