

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

АСПЕКТИ НА СИГУРНОСТТА НА ХТС ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ В ЕКСТРЕМНИ УСЛОВИЯ

С. Тасев¹, И. Няголов², И. Илчева³, А. Йорданова⁴,
В. Райнова⁵, К. Начева⁶, С. Борисов⁷

Ключови думи: язовири, водностопански системи, експлоатация, сигурност

Научна област: хидравлика и хидрология

РЕЗЮМЕ

През последните години проблемите, свързани със сигурността, експлоатацията и управлението на водностопанските системи, в това число на язовирите, многократно са обект на засилено внимание. В тази връзка в НИМХ – БАН се разработва научен проект на тема „Аспекти на сигурността на ХТС при експлоатация в екстремни условия”. Неговите цели са създаване на база данни и акумулиране на експертна информация за основните технически, експлоатационни и др. параметри на язовирите, язовирните стени и прилежащите към тях съоръжения; препоръки за актуализация на категорията на язовирни стени с параметри, близки до границата, определена от Международната комисия по големите язовири, разделяща ги на малки и големи и др.

В настоящия доклад акцентът е насочен към качеството на наличната информация – оскъдни данни за броя и параметрите на язовирните стени. Особено внимание е отделено на язовирите с параметри около споменатата по-горе граница, на наличието на проблемни язовири и потенциалната опасност, която те представляват при възник-

¹ Стефан Тасев, доц. д-р, e-mail: stefan.g.tasev@gmail.com

² Игор Няголов, доц. д-р, e-mail: igorbg@bas.bg

³ Ирена Илчева, доц. д-р, e-mail: ireniwp@yahoo.com

⁴ Ани Йорданова, доц. д-р, e-mail: yordanova61@gmail.com

⁵ Весела Райнова, гл. ас., e-mail: vesela.rainova@meteo.bg

⁶ Красимира Начева, гл. ас., e-mail: krassimira.nacheva@abv.bg

⁷ Свилен Борисов, гл. ас., e-mail: svileron@abv.bg

Всички автори са от НИМХ – БАН, бул. „Цариградско шосе“ № 66, София

ване на екстремни условия при експлоатацията им. Представени са някои резултати от проведените до момента проучвания.

1. Увод

През последните години проблемите, свързани със сигурността, експлоатацията и управлението на водностопанските системи, в това число на язовирите, многократно бяха обект на засилено обществено внимание. Основните цели на разработвания научен проект са (1) създаване на база данни и акумулиране на експертна информация за основните технически, експлоатационни и др. параметри на язовирите, язовирните стени и прилежащите към тях съоръжения, в това число състоянието и пропускателната способност на преливните съоръжения и проводимостта на речните корита, заливаемите зони по поречията след язовирите, определяне на параметрите на високи вълни с различна обезпеченост, събиране на данни за стени с очевидни дефекти, променено предназначение и т.н.; (2) актуализация на категорията на язовирни стени с параметри, близки до границата, определена от Международната комисия по големите язовири (МКГЯ, ICOLD) и разделяща стените на малки и големи; 3) създаване на опростен модел на разрушение на земнонасипни язовирни стени при преливане през короната.

В настоящата статия акцентът е насочен върху резултатите по първите две цели на научния проект. Това е многократно подчертаваната липса на информация за броя на язовирните стени и особено за язовири с параметри около границата, разделяща язовирните стени на малки и големи. За целта са обработени и обобщени налични данни за основните параметри на язовирите и техните стени (височина, акумулиран обем, залята площ и др.). Накрая е представено приложение на методиката на НИМХ за оценка на високата вълна при липса на хидроложка информация за речния отток, което е илюстрирано с пример за язовир "Бебреш".

2. Критерии на Международната комисия по големите язовири

Основният критерий на Международната комисия по големите язовири (МКГЯ) е, че големи язовирни стени са тези, чиято височина е по-голяма от 15 m (50 фута).

Разширеният критерий включва язовирни стени с височина 10–15 m, за които е налице *поне едно* от следните условия [1]:

- 1) дължината на короната да не е по-малка от 500 m;
- 2) обемът на водохранилището да не е по-малък от $1 \times 10^6 \text{ m}^3$;
- 3) пропускателната способност на преливника да не е по-малко от $2000 \text{ m}^3/\text{s}$;
- 4) условията за функциониране на язовирната стена да са особено тежки;
- 5) язовирната стена да има необичайна конфигурация.

3. Класификация на БКГЯ

По повод провеждането на 76-та годишна среща на МКГЯ в София през 2008 г., Българската комисия по големите язовири (БКГЯ, BUNCOLD) публикува брошура, съдържаща списък с 216 български големи язовирни стени. От тази пролет списъкът е качен на сайта на БКГЯ. В него са включени и язовири с височина 10–15 m и обем над

$3 \times 10^6 \text{ m}^3$. Между тях са 8 язовирни стени с височина между 6 и 13 m с обем над $3 \times 10^6 \text{ m}^3$ (напр. „Цанко Церковски” – $H = 8 \text{ m}$, $W = 7,85 \times 10^6 \text{ m}^3$, „Рабиша” – $H = 13 \text{ m}$, $W = 43,2 \times 10^6 \text{ m}^3$), контра-стените на язовирите „Батак”, „Розов кладенец” и „Широка поляна”, както и 86 стени с $H > 15 \text{ m}$, от които 35 със завирени обеми под $1 \times 10^6 \text{ m}^3$, 28 с обеми от 1 до $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ и 23 с обеми от 2 до $3 \times 10^6 \text{ m}^3$. От 15 броя стени с $H = 15 \text{ m} - 5$ са с обем по-малък от $1 \times 10^6 \text{ m}^3$, от 15 стени с $H = 16 \text{ m}$ – те са 7 броя, от 12 стени с $H = 18 \text{ m}$ – 4 броя. С нарастването на височината броят на стените, задържащи по-малки обеми вода, намалява, но има единични случаи даже при стени с височина над 30 и над 40 m, като най-висока е 45-метровата стена на язовир „Радин извор” с обем $0,5 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Очевидно както основният, така и разширеният критерий на МКГЯ не са спазени стриктно. Извън споменатия брой от 216 язовирни стени са останали голям брой стени, удовлетворяващи както основния критерий ($H > 15 \text{ m}$), така и разширения критерий. Тук няма да се спираме върху причините, довели до редуцията на броя на големите язовирни стени, но ще отбележим, че са известни два източника, в които за броя на големите стени са дадени други данни. Още през 1968 г. е била посочена цифрата 638 [2], а през 2000 г. е посочено, че броят им е 399 [3]. Става ясно, че редуцията на броя на големите язовирни стени е съществена. В първия случай тя е около три пъти, докато при втория случай редуцията е около два пъти.

Таблица 1. Разпределение по басейнови дирекции на язовирите, отговарящи на разширения критерий на МКГЯ

По обем, $W, 10^6 \text{ m}^3$	ИБР	ДР	ЧМР	ЗБР	Сума
$W > 3 \times 10^6$	4	1	4	0	9
$3 > W > 2$	8	5	6	0	19
$2 > W > 1$	26	25	20	2	80
$1 > W > 0,7$	52	36	17	2	107
По височина, m	ИБР	ДР	ЧМР	ЗБР	Сума
$H > 15$	5	11	3	1	20
$H < 15, W > 1$	33	20	27	1	74

В табл. 1 са дадени обобщени резултати за броя на пропуснатите язовири в списъка на БКГЯ, получени в резултат на нашите търсения до момента. Както се вижда от табл. 1, броят на язовирите с обем над $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ е 108. До завършването на посочения по-горе научен проект се надяваме, че ще успеем да намерим данни за още язовири, отговарящи на разширения критерий на МКГЯ, като резултатът очевидно се доближава до посочения в [2]. От четвъртия ред на табл. 1 се вижда, че 107 язовира могат да се окажат потенциално опасни при екстремни условия. При някои от тях завирените обеми са с 10–25 % под границата от $1 \times 10^6 \text{ m}^3$. Като пример могат да бъдат посочени язовирите „Дъбравка” ($H = 20 \text{ m}$, $W = 0,73 \times 10^6 \text{ m}^3$), „Липница” ($H = 11,65 \text{ m}$; $W = 0,995 \times 10^6 \text{ m}^3$) и др., като само 2 язовира („Валтата”, $H = 31 \text{ m}$, $W = 0,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ и „Бели брег”, $H = 41 \text{ m}$, $W = 0,96 \times 10^6 \text{ m}^3$), поради голямата височина на стените им, са включени в списъка на БКГЯ. Ако язовир с подобни параметри не успее да рециркулира високата вълна и пропускателната му способност се окаже недостатъчна, то нарастаният обем заедно с голямата височина на стената могат да доведат до катастрофални последици при преливане през короната. Динамиката на явлението може за няколко часа да превърне такива съоръжения от малки и безобидни в потенциално опасни, поради което те следва да са обект на особено внимание.

Между язовирните стени с $H < 15$ m правят впечатление с големите си обеми три язовира – ”Скала-1” ($10,34 \times 10^6$ m³), ”Роза” ($6,5 \times 10^6$ m³) и ”Жеков вир” ($4,8 \times 10^6$ m³). Още три язовира са с обеми около 3×10^6 m³ – ”Три кладенци” ($3,36 \times 10^6$ m³), ”Генерал Киселово” ($3,1 \times 10^6$ m³) и ”Малазмак” (3×10^6 m³). За някои от посочените по-горе язовири е известно, че има проблеми от различен характер (неработещи основни изпускатели, неизправни преливници, слягане на короната и т.н.). Според нас освен горната причина, налице е и подценяване на потенциалната опасност от тях само поради факта, че не са третираны официално като големи, съгласно критериите на МКГЯ.

При язовирите с $H > 15$ m и $W > 1 \times 10^6$ m³ се открояват два с големи обеми – ”Оногур” ($3,665 \times 10^6$ m³) и ”Ново Железаре” ($3,244 \times 10^6$ m³) и четири високи – ”Съединение” ($H = 32$ m), ”Доброплодно” ($H = 29$ m), ”Черница” ($H = 23,3$ m) и ”Скомля” ($H = 22,8$ m).

Въз основа на представената по-горе кратка извадка за язовири, които могат да бъдат третираны като големи, наличния голям обем графичен и картов материал, които ще бъдат систематизирани и въведени в атрибутивните таблици на Географска информационна система за българските язовири, става очевидна посочената по-горе необходимост от актуализация, която би трябвало да се направи въз основа на каталогизиране (кадастър) и централизиране на информацията и на органите за мониторинг. За целта е необходимо да са изготвят технически паспорти на язовирите, успоредно с разработване на методики за преизчисляване на устойчивостта и на категорията и/или класа, въз основа на които могат да бъдат направени съответните промени в Закона за водите.

4. Относно общия брой на язовирите

Както е известно, у нас са изградени голям брой земнонасипни язовирни стени, чийто брой до скоро се смяташе за неизвестен. След катастрофалните събития през 2006 и 2010 г. интересът към проблема нарасна силно. Появиха се съобщения, според които броят на язовирите достига и дори може да надхвърли 3500. На по-късен етап официално бе съобщено, че броят им е 2784. В табл. 2 е посочен броят на язовирите по басейнови дирекции (по данни от 2013 г.), в който брой не са включени значимите язовири, съгласно Приложение 1 от Закона за водите.

Таблица 2. Общ брой на язовирите с изключение на значимите

Басейнова дирекция	ИБР	ДР	ЧМР	ЗБР	Общо
Брой язовири	1068	724	513	431	2736

Климатичните промени, заедно с някои други фактори, оказват негативно влияние върху състоянието на ХТС в световен мащаб, поставяйки в критична ситуация както отделни райони, така и цели държави, застрашавайки живота и имуществото на много хора. В интернет може да се намери списък с 85 аварирани язовирни стени по света от 575 до 2014 г. Според него през последните 10 години в света са аварирани 25 стени, от които 6 в САЩ, 4 в Бразилия и по една в други 15 държави, между които България, Турция, Унгария, Полша, Русия, Казахстан, Пакистан, Япония и др. Най-голям е броят на авариралите през 2010 г. – 7 броя, като в този брой не е включена нашата язовирна стена ”Голямо Бучино”. Към авариралите през 2006 г. язовирни стени не са включени тези, причинили наводнението в с. Цар Калоян.

Като добавим множеството потвърдени и непотвърдени съобщения за пропукани и скъсани язовирни стени от наводненията през тази година у нас, в Сърбия и в Румъния, много е възможно настоящата 2014 г. да се окаже носител на печалния рекорд по брой на аварирани язовирни стени.

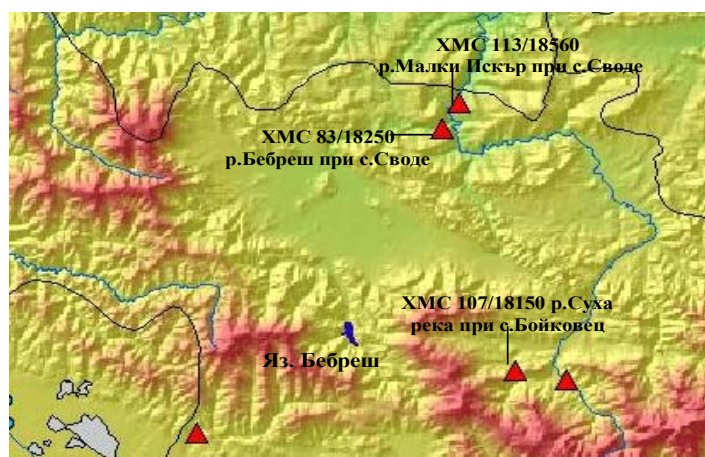
Очевидно тенденцията язовирни стени да аварират при екстремни условия се засилва. Това, от една страна, води до намаляването на броя им, което в голяма степен затруднява точното му определяне, а от друга страна, сочи необходимостта от създаването на система, осигуряваща адекватната оценка на това динамично променящо се състоянието на язовирите.

5. Приложение на методиката на НИМХ за получаване на параметрите на високата вълна

При управлението на комплексните и значими язовири от Приложение № 1 от Закона за водите, за които е налице достатъчно хидроложка информация, се прилага разработваната в НИМХ Система за подпомагане вземането на решения, използваща класическите подходи за определяне на параметрите на високата вълна [4].

При недостатъчни хидроложки наблюдения, когато в близост до разглеждания пункт няма ХМС с дългогодишни измервания на речния отток, параметрите на максималния отток могат да се определят с помощта на пространствена интерполация. При нея се използват емпирични и компонентни зависимости между водните количества и площта на съответните басейни, отточните модули и средната надморска височина на басейните. У нас широко се използват генетичните методи, които са доказали своята ефективност и добра приложимост за българските реки. Най-често прилагани са формулата на Крафти от емпиричните, а от компонентните методи – формулите на Алексеев, и методиката на НИМХ [5].

За язовирите извън Приложение №1 на Закона за водите, при недостатъчна или липсваща хидроложка информация, за да се демонстрира методиката, е избран язовир “Бебреш”. Резултатите са съпоставени с тези, получени по методите на Крафти, на Алексеев, както и по метода на аналогията [6].



Фиг. 1. Хидрометрични станции в района на яз. “Бебреш”

Язовир “Бебреш” е проектиран през 1966-67 година и е в експлоатация от 1988 г. Изграден е на р. Бебрешка, вливаща се в р. Малък Искър при с. Своде (фиг. 1). Полезният обем на водохранилището е $14,13 \times 10^6 \text{ m}^3$, общият обем е $15,225 \times 10^6 \text{ m}^3$, а залятата площ е $0,736 \text{ km}^2$. По проект кога най-високо водно ниво е $499,55 \text{ m}$, кога ръб преливник е $498,10 \text{ m}$, ширина на преливника 107 m , преливна височина $1,25 \text{ m}$. Стената е еднородна земнонасишна, II клас, с височина $47,6 \text{ m}$, дължина по короната 408 m , обем на насипа $1,8 \times 10^6 \text{ m}^3$.

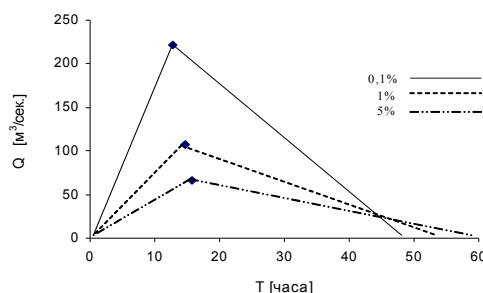
Най-близката хидрометрична станция (ХМС 83) има площ на водосборния басейн 492 km^2 , докато площта на водосборния басейн към створа на стената е само $69,42 \text{ km}^2$. Съпоставянето на физикогеографските характеристики на двата водосборни басейна показва, че станцията ХМС 83 не може да се използва като станция-аналог.

В табл. 3 са представени основните резултати от изследването – върхът на високата вълна, нейният обем, времето за подеи и продължителността ѝ [7].

Таблица 3. Резултати за параметрите на хидрографа

Обезпеченост, P	0,1%	1%	5%
Върх $Q_{\max}(P) \text{ m}^3/\text{сек}$	221,27	111,30	66,65
Обем $W_{\max}(P) \text{ m}^3 \cdot 10^6$	9,01	5,50	3,68
t_{Π} (часа)	12,80	14,72	15,74
T (часа)	48,62	55,94	59,81

За получаването на хидрографа е използвана най-опростената и най-често прилагана форма – триъгълната. На фиг. 2 са показани резултатите от изследването за съответната обезпеченост (табл. 3), като времето на спада на вълната е прието три пъти по-голямо от времето на подеи.



Фиг. 2. Изчислителен хидрограф Q(t)

Таблица 4. Сравнение на резултатите за върха на високата вълна

Използван метод	Обезпеченост, P	0,1%	1%	5%
Крафти	ВРЪХ, $Q_{\max}(P), \text{ m}^3/\text{s}$	192,51	127,98	83,28
НИМХ	ВРЪХ, $Q_{\max}(P), \text{ m}^3/\text{s}$	221,27	111,30	66,65
Метод на аналогията	ВРЪХ, $Q_{\max}(P), \text{ m}^3/\text{s}$	234,90	106,90	56,20
Алексеев	ВРЪХ, $Q_{\max}(P), \text{ m}^3/\text{s}$	271,79	126,48	68,11

От табл. 4, в която са показани резултати, получени по други методи, се вижда, че методът на НИМХ е достатъчно добър за определяне на хидрографа за язовир, за който няма налични данни от наблюдения на речния отток.

По проект максималното оразмерително водно количество с обезпеченост 0,1% е 348 m³/s, а според изследванията [6, 8] то е около 221–235 m³/s. За обезпеченост 1% тези стойности са съответно по проект 210 m³/s, а от изчисленията – 107–111 m³/s. Разликата показва възможностите на преливника да поеме съответната висока вълна.

Необходимо е, от една страна, своевременно да се изпразват обеми за поемане на високата вълна, а от друга страна да се поддържат максимални обеми за покриване на потреблението. Предвид значимостта на яз. ”Бобреш” и комплексното му използване, за управлението му е разработен диспечерски график по методичен подход, приложен и за комплексните язовири от Приложение № 1 от Закона за водите [4, 8]. Обемът на язовира е разделен на зони: такива за работа при високи нива и поемане на висока вълна, и такива за работа при нормални условия, намаляваща водност и засушаване.

6. Заключение

Необходима е актуализация и централизация на информацията за язовирите, включително допълване на списъка с големи язовири, което ще доведе до по-отговорно отношения към тях.

За язовири, за които няма налична хидроложка информация, може да се прилага разработеният в НИМХ метод за определяне на параметрите на високата вълна.

Събрана е голям обем информация за голяма част от язовирните стени у нас, която може да бъде използвана от басейновите дирекции, от МОСВ, МРРБ и др.

Структурираната в рамките на настоящия проект база от експертна информация и данни, касаещи сигурността на ХТС, подкрепя приложението на разработваната Система за подпомагане вземането на решения при управление на язовирите.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Shah, Z., M. D. Kumar.* In the Midst of the Large Dam Controversy: Objectives, Criteria for Assessing Large Water Storages in the Developing World, *Water Resour Manage, Volume 22, 2008.*

2. *Михайлов, Д., П. Перов.* Наблюденията и измерванията на язовирите в България с оглед сигурността на експлоатацията им. Симпозиум по язовирно строителство, Варна, 1968.

3. *Николаева, Р.* Общ преглед на състоянието на водите и водностопанската дейност в България. В сб. Българо-Британско сътрудничество в хидрологията, Под ред. Г. Гергов и И. Литълууд, София, 2000.

4. *Nyagolov, I., I. Ilcheva, A. Yordanova, V. Rainova.* Management of complex reservoirs under extreme conditions. *Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety, Volume 8, ISSN 1314-7234.*

5. *Герасимов, С.* Методи за анализи и изчисления на максималния речен отток, Монография, София, 1988.

6. *Модев, С., И. Няголов и кол.* Хидрологични и воднобалансови изследвания за яз. ”Бобреш”, Договор с МРРБ, 2001.

7. *Йорданова, А., И. Илчева.* Определяне на хидрографа на високата вълна за яз. ”Бобреш”. Двадесет и трета международна научна конференция на Съюза на учените – ХОРИЗОНТ 2020, Стара Загора, 2013.

8. Няголов, И., И. Илчева, А. Йорданова. Язовирите за питейно-битово водоснабдяване в условията на климатични промени. Научно-техническа конференция „Язовирното строителство – фактор за устойчиво развитие на водния сектор“, УАСГ, София, 2013.

SECURITY ASPECTS OF HYDRAULIC STRUCTURE DURING OPERATION IN EXTREME CONDITIONS

S. Tasev¹, I. Nyagolov², I. Ilcheva³, A. Yordanova⁴,
V. Rainova⁵, K. Nacheva⁶, S. Borisov⁷

Keywords: dams, water supply systems, operation, security

Research area: hydraulics and hydrology

ABSTRACT

In the recent years, the problems related to security, operation and management of water systems, including dams, has repeatedly been a subject of increased attention. In this regard, a research project on "Security aspects of hydraulic structures during operation in extreme conditions" is being developed in NIMH-BAS. Its objectives are to create a database and to accumulate expert information on technical, operational and other key parameters of reservoirs, dams and associated facilities; to be given recommendations for updating the dams' category with parameters, close to the limit set by the International Commission on Large Dams (separating them into small and big), etc.

In this report the focus is directed to the quality of the available information – limited data on the number and parameters of dams. Particular attention is given to the dams with parameters, close to the above-mentioned limit, to the existence of problem dams and to the potential danger which they pose in the event of extreme conditions during their operation. Some results of the studies conducted so far are presented.

¹ Stefan Tasev, Assoc. Prof., e-mail: stefan.g.tasev@gmail.com

² Igor Nyagolov, Assoc. Prof., e-mail: igorbg@bas.bg

³ Irena Ilcheva, Assoc. Prof., e-mail: ireniwp@yahoo.com

⁴ Ani Yordanova, Assoc. Prof., e-mail: yordanova61@gmail.com

⁵ Vesela Rainova, Res., e-mail: vesela.rainova@meteo.bg

⁶ Krasimira Nacheva, PhD., e-mail: krassimira.nacheva@abv.bg

⁷ Svilen Borisov, Res., e-mail: svileron@abv.bg

NIMH – BAS, 66 Tzarigradsko chose Blvd., Sofia