

ТЕХНИЧЕСКО И ЕКСПЛОАТАЦИОННО СЪСТОЯНИЕ НА ЯЗОВИРНА СТЕНА „БЕЛИ ИСКЪР”

Георги Христов Кушев¹

ON THE TECHNICAL AND OPERATIONAL STATE OF BELI ISKAR DAM

Georgi Hristov Kushev¹

РЕЗЮМЕ

Докладът включва основни данни и параметри за водохранилището, яз. стена „Бели Искър” и съоръженията към нея. На основание Договор № W127/08.11.2012 г. между „Уотър Индъстри Сьпорт анд Едукейшън” ЕООД и „Прима Инвест Консулт” ЕООД, гр. София е изготвен цялостен анализ за техническото и експлоатационно състояние на яз. стена „Бели Искър” за периода юни 2009г. – юни 2012г.

На основание извършените пълни изследвания и анализи на данните от измерванията от отделните елементи на КИС, са направени съответните изводи и заключения, даващи реална представа относно техническото и експлоатационно състояние на язовирна стена „Бели Искър” към настоящия момент, както и подобренията, които са настъпили в това състояние, след извършването на съответните мероприятия при ремонтно – възстановителните работи от I ви етап на рехабилитация на стената, извършени през 2002г.

Посочени са и съответните действия, които „Софийска вода” АД е предприела, относно бъдещите мероприятия, които предстоят да бъдат изпълнени при рехабилитация на стената - При етап.

SUMMARY

This report comprises the main data and parameters for Beli Iskar Dam and its reservoir and facilities. On the basis of contract № W127/08.11.2012 between Water Industry Support and Education EOOD and Prima Invest Consult EOOD, Sofia, an overall analysis of the technical and operational state of Beli Iskar Dam has been made for the period June 2009 – June 2012.

On the basis of the full surveys and analyses of the monitoring system measurements, the relevant conclusions and findings are presented in the paper, describing the real technical and operational state of Beli Iskar Dam. The improvements of this state after the completion of the repair works during the I st stage of the dam rehabilitation, performed in 2002 are presented as well.

Also, the respective actions are specified, which Sofiyska Voda has undertaken in terms of the future measures to be completed during the second stage of the dam rehabilitation.

¹ инж. Георги Христов Кушев, „Софийска вода” АД, e-mail: gkushev@sofiyskavoda.bg
Eng. Georgi Hristov Kushev, Sofiyska Voda JSC, e-mail: gkushev@sofiyskavoda.bg

I ОСНОВНИ ДАННИ И ПАРАМЕТРИ ЗА ВОДОХРАНИЛИЩЕТО И ЯЗОВИРНА СТЕНА „БЕЛИ ИСКЪР”

Язовирната стена „Бели Искър” е построена на едноименната река Бели Искър. Створът на язовирната стена се намира в местността „Кулата”, на 17 км. над село Бели Искър, Самоковско, в подножието на връх Мусала на Рила планина и на 90 км от гр. София

Язовир „Бели Искър” е част от водоснабдителната система „Рила – София”. Основното му предназначение е:

- да регулира естествения отток на р. Бели Искър, чийто режим е непостоянен, като акумулира водата във водохранилището и изравнява водите в него;
- да подава вода за водоснабдяване на гр. София, гр. Самоков и прилежащите им селищни територии, която предварително се преработва през ВЕЦ „Бели Искър” и ВЕЦ „Мала Църква”.

1 Водохранилище

- кота НВРВН	1878,00 m;
- общ обем	15,03 млн. m ³ ;
- полезен обем	14,13 млн. m ³ ;
- мъртъв обем	0,90 млн. m ³ ;
- заляти площи при кота НВРВН	840 000 m ² ;
- водосборен басейн:	
• до створа на яз. стена	28,1 km ² ;
• с басейна на р. Прека	34,5 km ² ;

Към водохранилището могат да се насочат водите на следните деривации:

- събирателен канал от басейна на р. Прека, заустващ в левия бряг непосредствено до стената;
- част от деривация „Грънчар” – заустващ на десния бряг;
- деривация „Манастирски”, която в опашката на водохранилището може да се излива в яз. „Бели Искър” или чрез тунелна деривация за яз. „Белмекен”.

2 Язовирна стена

- тип на стената	бетонова гравитачна;
- кота корона	1878,70 m;
- широчина на короната	3,40 m;
- дължина на короната	533,00 m;
- максимална височина	50,70 m;
- наклони на откосите на напречния профил:	
• водна страна	1:0,03;
• въздушна страна	1:0,683;
• обем на бетона	226 000 m ³ ;

Строителството на стената е започнало през 1935 г. и завършено в края на 1945г. Приетите геометрични параметри показват високата степен на стройност на стената, която я прави най-стройната в България, респективно най-уязвимата при силни сеизмични въздействия. Строителството е извършено на отделни участъци (блокове), отделени с работни фуги.

Напречното сечение на стената включва следните зони:

- геомембрана от водната страна монтирана върху облицовката от дялан камък;
- водоплътна зона откъм водната страна изпълнена от бетон с 280 кг/м^3 портланд цимент;
- масивна част на тялото на стената – изпълнена от бетон със 185 кг/м^3 цимент;
- бетонов зъб на стената – изпълнен в петата на водния откос с 300 кг/м^3 цимент;
- контролна галерия, разположена близо до водния откос и основата на стената;

Продължителният строителен период – от 1935 до 1946г. и прекъсванията за по 6 месеца през зимата са се отразили неблагоприятно върху качеството на бетоновите работи. Водата във водохранилището е мека и силно агресивна към бетона. Установена е силна филтрация още от началото на завиряването, до 32л/с. През 1947г. при пълно водохранилище е измерена обща филтрация от 13,2 л/с.

3 Сеизмичност на площадката

При проектирането язовирната стена не е изчислявана на земетръс. До 1987г. районът, съгласно старите норми за земетръс и картите за сеизмично райониране, се е намирал в зона със VII степен на сеизмичност. След промяна на нормите за земетръс през 1987г., степента на сеизмичност на района е повишена на IX степен, максимална за България. Това повишаване е направено, тъй като най-близкото сеизмично огнище, което оказва влияние на сеизмичността на района на яз. стена „Бели Искър” е тектонския разлом Кресна - Крупник, където през 1904г. е имало земетресение от IX – X степен и това земетресение се счита за най-силното в Европа през последните 150г. Тази степен на сеизмичност е запазена и в Наредба 2 за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони от 2007г., според която районът на яз. „Бели Искър” се характеризира с проектно земетресение с $K_s = 0,270g$ (период на повтаряемост 1000 г.). Същото е положението и според последната Наредба № РД-02-20-2, 2012г. за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони. От друга страна, при микросеизмичното райониране от 2006 година за сеизмично ниво с период на повтаряемост 1000г., е определено ускорение, равно на $0,305g$.

4 Ремонтни работи на язовирната стена и съоръженията

През експлоатационния период на язовирната стена от 1946 г. до сега са извършени редица ремонтни работи, основно за намаляване на филтрацията през тялото и основата.

- Инжектиране на бетона с циментов разтвор (1945–1946г.);
- Измазване на водния откос с инертол (1949г.);
- Уплътняване на горната част на водния откос с паста „Сорал” (1971г.);
- Уплътняване на долната част на водния откос с епоксидна смола (1977).

Всички тези мероприятия са довеждали до временно намаляване на филтрацията, която след няколко години отново се увеличавала, съпроводена и с изнасяне на свободна вар.

През 1999–2001г. са извършени подробни полеви, лабораторни изследвания и анализи на състоянието на язовирната стена. Били са разгледани различни варианти за основна рехабилитация и укрепване на стената.

През 2002г. е изпълнен I етап от тази рехабилитация, при което са извършени следните видове работи:

- Инжектиране на тялото на стената от короната и вътре от галерията с циментов разтвор (консолидационни и заздравителни мероприятия);
- Изпълнение на нова противифилтрационна и инжекционна завеса в основата на стената – I ред, в петата на водния откос отвън и II ред от галерията;

- Изпълнение на нова дренажна система в основата заустваща в дренажната галерия;
- Монтаж на водоплътна геомембрана по водната повърхност с дренаж от геотекстил зад нея;
- Монтаж на нова КИС;

Контролно – измервателната система (КИС) на язовир „Бели Искър” е изцяло подменена и обновена по време на изпълнените ремонтно – възстановителни работи I ви етап през 2002г. Тя включва геодезическа мрежа, по короната на стената и бреговете, съоръжения за измерване на филтрация, дренажни сондажи, пиезометри в основата и свода на галерията, пиезометри в основата и скатовете на сухия откос, прави и обратни отвеси монтирани в бл. №№ 9 и 19, акселерометри и уреди за хидрометеорологични измервания.

Измерванията и наблюденията се извършват в съответствие с годишна „Програма за провеждане на технически контрол и стопанска експлоатация на язовир „Бели Искър” и съоръженията към него”, също и с Наредба № 13 от 29.01.2004 г. за условията и реда за осъществяване на техническа експлоатация на язовирните стени и съоръженията към тях.

За целия 10г. експлоатационен период геомембраната е подложена на резки климатични разлики от летни високи температури до +30°C до зимни отрицателни температури до -25°C. Зимният период с отрицателни температури е продължителен от октомври – ноември до април – май. През този период освен отрицателни температурни въздействия, неблагоприятни въздействия оказват и плаващи ледени блокове и залепването им за геомембраната, което при понижаване на водното ниво води до разтягане и скъсване на геомембраната. Допълнителни механични въздействия, които водят до скъсвания на геомембраната, оказват ударите от плаващи дървета най-вече през пролетта, вследствие на силните ветрове и високите ветрови вълни, които се образуват през този сезон. През 2009г. и 2012г., в края на месец март, е извършено възстановяване на общо 36 броя разкъсвания на геомембраната.

II АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ПРОВЕДЕНИТЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ИЗВЪРШЕНИТЕ ИЗМЕРВАНИЯ НА ЯЗ. СТЕНА ЗА ПЕРИОДА 2009г – 2012г.

На основание Договор № W127/08.11.2012 г. между „Уотър Индъстри Сърпорт анд Едукейшън” ЕООД и „Прима Инвест Консулт” ЕООД, гр. София е изготвен цялостен анализ за техническото и експлоатационно състояние на яз. стена „Бели Искър”.

Последният анализ обхваща измерванията и наблюденията, извършени за периода 16.06.2009 до 13.06.2012г., дадени в тримесечните информации на експлоатационния персонал, като е използвана изготвената методика за обработка, съхраняване, таблично и графично представяне на наличната и бъдеща информация.

При оформяне на изводите и заключенията за отделните явления е взето под внимание поведението на язовирната стена през експлоатационен период след завършване на ремонтно – възстановителните работи I ви етап през 2002г. и изготвен Анализ за техническото състояние за периода 2006 – 2009 година. По този начин е създадена възможност да се проследи историята на протичане на явленията и да се даде реална оценка за състоянието на стената. Ползвана е базата данни с всички резултати от текущия технически контрол на язовира, изготвените тримесечни информации за техническото състояние на яз. стена „Бели Искър”, представени от „Софийска вода” АД.

Анализът е извършен на фона на динамиката на водните стоежи в язовира и във взаимна връзка между явленията – водни нива в язовирното езеро, температура на въздуха и в стената, влажност и състоянието на бетона.

В настоящия доклад ще бъдат посочени само най-основните изводи и констатации на съответните параметри, а именно:

1 Химически анализ за количествата на изнесеня калций от бетона на стената

Химически анализ на състава на водата в язовирното езеро и филтрационната вода през тялото и основата на стената са извършени по време на експлоатационния период. Пълни химически анализи преди отчетения период са извършени през 1955 г., 1960г., 1961г., 1981г., 1985г., 2005г. и 2006г.

През периода 2009 до 2012г. са взети 5 проби за химически анализ. От направените изчисления е установено, че количеството на изнесеня калций от бетона е средно 0,754t за година. Направените сравнения с резултати от химически анализи направени в минали периоди показват следното:

- В периода 1945г. – 1981г., изнесеня калций е в размер на 232t, или средно 6,27t за година;
- В периода 1981г. – 2002г., изнесеня калций е в размер на 21t, или средно 1,90t за година;
- В периода 2002г. – 2012г., изнесеня калций е в размер на 7,6t, или средно 0,760t за година;
- При общо количество от 43 000t положен цимент в бетона на стената, процентът на изнесеня цимент възлиза на 0,606% от цялото общо тегло;

Като цяло може да се посочи, че след полагането на геомембраната през 2002г. значително е намаляло изнасянето на калций от бетона на стената.

За периода от 1951г. до 2012г. съставът на водата в язовирното езеро не се е изменил съществено.

2 Филтрационни водни количества през тялото на стената

Измерванията на филтрационните водни количества през тялото на стената става посредством отчитане резултатите от постъпилите данни от 9 броя водомерни преливници, монтирани към съответните дренажни сондажи откъм геомембраната, от 5 броя водомерни преливници монтирани в събирателните канавки на инжекционната галерия и от ръчните измервания на 89 броя дренажни сондажи положени по дъното на галерията зад инжекционната завеса.

За целия отчетен период максимално отчетената филтрация възлиза на 4,82л/с. При сравняване на данните от отчетените филтрации през периода 2003г. – 2012г. с тези отчетени за периода 1981г. – 2002г. се вижда, че след полагане на геомембраната през 2002г., над два пъти е намаляла филтрацията през тялото на стената.

От направените изводи се вижда, че основните причини за повишеното количество на отчетените филтрационни води са следните:

- Обходна филтрация от двата ската на стената;
- Скатови води от топене на снегове и валежи от дъжд;
- Поддържане на високи подпочвени води зад сухия откос на стената, отчетени от 12 броя скатови пиезометри;
- Липса на брегови завеси;
- Липса на обходни скатови канали;
- Липса на дренажни изводи отвеждащи водите от петата на най-ниско фундараните бетонови блокове;

Извършените наблюдения и анализи показват, че над 30% от филтрационните водни количества измерени в инжекционната галерия постъпват откъм сухия откос на стената, именно поради посочените по-горе фактори.

3 Хоризонтални и вертикални премествания

Измерването на хоризонталните и вертикалните премествания на язовирната стена се извършва по два начина:

- По геодезичен способ, чрез система от контролни марки, монтирани по короната на язовирната стена, общо 14 на брой;
- Чрез прави и обратни отвеси, монтирани в блок 9 и блок 19 на стената;

Освен това се следи и отварянето и затварянето на фугите между два съседни блока, което също дава информация за деформационното поведение на язовирната стена. Проследено е отварянето и затварянето на фугите между блоковете на язовирната стена, започвайки от фугата между блокове №№ 3 и 4, последователно във всички фуги, достигайки до фугата между блокове №№ 32 и 33.

Наблюденията на контролните точки по короната се извършва по створния метод от два наблюдателни стълба в оста на стената. Контролирането на тези наблюдателни стълбове се извършва чрез други такива, включени в опорната геодезична мрежа.

3.1 Хоризонтални премествания

От резултатите получени от направените 10 броя измервания за периода 2009г. – 2012г. са направени следните изводи:

- Хоризонталните премествания на контролните марки се изменят в диапазона от - 2,1mm (откъм водния откос) до +2,0mm (откъм сухия откос), като тези данни са аналогични на данните от измерванията извършени в периода 2006г – 2009г;
- Хоризонталните премествания на короната на язовирната стена в годишен разрез зависят главно от промените на температурата на въздуха в региона и от колебанията на водното ниво в язовира;
- По принцип, през летните месеци и при високи температури се наблюдава преместване на наблюдаваните контролни марки към водната страна, а през зимните месеци и съответните ниски температури преместването на марките е към въздушната страна;
- Трябва да се има предвид, че в представените графично материали измерванията на хоризонталните премествания не обхващат зимния период (месеците януари и февруари), поради което има прекъснатост на информацията;
- Влиянието на другия важен фактор, водното ниво, върху преместванията се изразява в това, че при ниски водни нива ходовата линия на преместванията е изместена към водна страна, а при високи водни нива - към въздушната;
- Хоризонталните премествания на марките по короната на стената имат обратим характер. Измерените стойности на хоризонталните премествания са в рамките на очакваните за типа на стената и скалната основа, както и за височината на стената.

3.2 Вертикални премествания

От резултатите получени от направените 10 броя измервания за периода 2009г. – 2012г. са направени следните изводи:

- Вертикалните премествания на контролните марки се изменят в диапазона от -2,1mm (повдигане на короната) до +2,1mm (слягане). Тези стойности са в рамките на

наблюдаваното до сега, включително и предишния тригодишен период (2006 – 2009 г.);

- Вертикалните премествания на короната на язовирната стена в годишен разрез зависят главно от промените на температурата на въздуха в региона и от колебанията на водното ниво;
- През летните месеци и при високи температури се наблюдава преместване на наблюдаваните контролни марки нагоре, т.е. повдигане на короната, а през зимните месеци и съответните ниски температури преместването на марките е надолу, т.е. слягане;
- Вертикалните премествания на марките по короната на стената имат обратим характер. С други думи язовирната стена реагира като еластично тяло, тъй като евентуалните нееластични деформации на скалната основа са отдавна реализирани в процеса на експлоатация. Измерените стойности на вертикалните премествания са в рамките на очакваните за типа на стената и скалната основа, както и за височината на стената.

3.3 Прави и обратни отвеси

В блокове №№ 9 и 19 са монтирани по два броя – прав и обратен отвеси, с които се отчитат съответните премествания по оси „X” (воден – въздушен откоси), „У” (по оста на стената, ляв – десен бряг).

3.3.1 Прави отвеси – отчитащите отклоненията в короната на стената

От получените резултати от измерванията за периода 2009г – 2012г. са направени следните изводи:

- Максималната амплитуда на отклоненията за бл.№ 9 по ос „X” достига 2,61mm;
- Ако се направи сравнение с максималната отчетена стойност на преместванията на марка №3 монтирана на бл. №9, измерени по геодезически път се вижда, че стойностите са изключително близки – максималната амплитуда е 2,60mm, а тази достигната с правия отвес е 2,61mm;
- Максималната амплитуда на отклоненията за бл. №9 по ос „У” е практически равна на 0,00mm;
- Максималната амплитуда на отклоненията за бл.№ 19 по ос „X” достига 3,60mm;
- Ако се направи сравнение с максималната отчетена стойност на преместванията на марка №8, монтирана на бл.№9 измерени по геодезически, път се вижда, че стойностите са много близки – максималната амплитуда е 3,40mm, а тази достигната с правия отвес е 3,60mm;
- Максималната амплитуда на отклоненията за бл. №19 по ос „У” е практически равна на 0,00mm;
- В заключение към анализа на резултатите от измервания на преместванията на стената с прави отвеси може да се каже, че хоризонталните премествания, измерени с прави отвеси са в пряка зависимост от температурните промени и водното ниво в язовира и имат цикличен характер. Характерът на ходовите линии на преместванията в блокове 9 и 19 е приблизително еднакъв е този на преместванията, измерени по геодезически начин за съответните точки на короната на стената;
- При сравнение на характера и стойността на преместванията трябва да се има предвид, че двата вида измервания (геодезически и чрез прави отвеси) не започват едновременно и при еднаква комбинация от стойности на двата основни фактора – водно ниво и температура на въздуха. Също трябва да се има предвид, че

наблюдаваните по двата метода точки не са идентични и точността на измерване не е еднаква. Въпреки това, получените по двата начина резултати показват много добро съвпадение, което дава основание да се приеме, че деформационното поведение на язовирната стена „Бели Искър” е стабилно.

3.3.2 Обратни отвеси – отчитащите отклоненията в основата на стената

От получените резултати от измерванията за периода 2009г – 2012г. е направен следният изводи: отчетените амплитуди на отклоненията и по двете оси „Х” и „У” са в изключително малки граници и практически може да се приеме, че няма премествания.

4 Изводи и заключения

Съгласно чл. 46 от Наредба № 13 от 29.01.2004г., за условията и реда за осъществяване на техническа експлоатация на язовирните стени и съоръженията към тях и на основание направения анализ на резултатите от измерванията чрез КИС, визуалните огледи и годишните технически прегледи на язовирна стена "Бели Искър" в периода 2009-2012г. са направени следните основни изводи и заключения:

№	СЪОРЪЖЕНИЕ	СЪСТОЯНИЕ
1	Язовирна стена	Изправно, работоспособно
2	Преливник	Изправно, работоспособно
3	Водовземно съоръжение	Изправно, работоспособно
4	Основен изпускател	Изправно, работоспособно
5	Затворни органи	Изправно, работоспособно
6	КИС	Изправно, работоспособно
7	Геодезическа мрежа	Изправно, работоспособно

Въз основа на резултатите от техническата експлоатация на стената и представения по-горе анализ, може да се направи изводът, че:

- **Язовирна стена “Бели Искър” е в добро експлоатационно състояние и може да се експлоатира без създаване на неблагоприятни предпоставки за нейния стабилитет, при спазване максимална кота на завиряване на язовира 1876,00m.**

През месец май 2012г. в района на Перник и Софийска област бяха регистрирани серия от сеизмични трусове. По този повод концесионерът „Софийска вода” направи експресен Анализ на риска за стената на язовир „Бели Искър”. Резултатите от пълните измервания на всички елементи на КИС показаха, че не са настъпили никакви отклонения от нормалните резултати от измерванията на тези елементи проведени в предходните периоди.

III НАСТОЯЩИ И БЪДЕЩИ МЕРОПРИЯТИЯ ОТНОСНО УКРЕПВАНЕТО НА ЯЗ. СТЕНА „БЕЛИ ИСКЪР – II РИ ЕТАП

Съгласно Договор № W127/08.11.2012г. между „Уотър Индъстри Съпорт анд Едукейшън” ЕООД и „Прима Инвест Консулт” ЕООД, гр. София, „Софийска вода” АД е възложила изготвянето в три етапа на: **ЕКСПЕРТИЗА** – относно проучвания, изследвания, проектни работи, и актуализация на якостно – деформационните характеристики на скалата

и бетона с оглед оценка на състоянието им; предложения и разработване във фаза ТИД на вариантни решения за укрепване на стената При етап; разработване на работен проект и тръжна документация за укрепване на яз. стена „Бели Искър” – При етап.

Основни насоки, на основание на които се разработва ЕКСПЕРТИЗАТА са:

- Анализ и оценка на разработката на „РИСК ИНЖЕНЕРИНГ” АД и „SWECO ЕНЕРГОПРОЕКТ” – ЕТАП II;
- Нови поледи и лабораторни изследвания;
- Анализ и оценка на материалните характеристики на системата въз основа на данните от стари и нови поледи и лабораторни изследвания;
- Съоръжения към яз. стена;
- Варианти на укрепване на стената с оглед нейната нормална експлоатация и намаляване на сеизмичния риск;
- Основни резултати от ЕКСПЕРТИЗАТА;
- Основни изводи и препоръки.

Към настоящия момент, разработката е представена на СО с оглед, до края на месец ноември 2013г. същата да бъде разгледана на ЕТИС и да се премине към разработването на следващите два етапа – вариантни решения във фаза ТИД, работен проект и тръжна документация.

В края на месец юли 2013г. „Софийска вода” АД е представила за разглеждане и одобрение бизнес план за периода 2014г. – 2018г., в който е предвидено, в периода 2014г. – 2016г. да бъде изготвен и одобрен работния проект и изпълнение на всички рехабилитационни мероприятия При етап съгласно този проект, по укрепване на яз. стена „Бели Искър”.

Автор:

инж. Георги Христов Кушев

„Софийска вода” АД

Старши мениджър отдел „Външно водоснабдяване”

gkushev@sofiyskavoda.bg

Prepared by:

Eng. Georgi Hristov Kushev

Sofiyska Voda JSC

Senior Manager External Water Supply

gkushev@sofiyskavoda.bg