

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

ВАРИАНТИ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА ВОДОПЪЛТНОСТТА НА ИЗРАВНИТЕЛ „ПОПИНА ЛЪКА“ ОТ КАСКАДА „САНДАНСКА БИСТРИЦА“

А. Захариев¹, Б. Николчева²

Ключови думи: ВЕЦ, дневен изравнител, водоплътност, PVC мембрани

Научна област: хидротехническо строителство

РЕЗЮМЕ

Каскада „Санданска Бистрица“ е построена и пусната в експлоатация през периода 1969–1971 г. Състои се от три стъпала: дневен изравнител и ВЕЦ „Сандански” – 14,4 MW, дневен изравнител и ВЕЦ „Лиляново” – 20,0 MW и дневен изравнител и ВЕЦ „Попина лъка” – 22,0 MW. В периода на експлоатация на дневен изравнител „Попина лъка“ се появяват редица неблагоприятни явления, водещи до повишаване на филтрацията през конструкцията на изравнителя и поява на свлачищни процеси. В резултат на лабораторни изследвания е установено агресивното поведение на водата спрямо бетонната облицовка, което води до неговата химична и физична корозия. В настоящата статия е представено проучване, свързано с определяне на подходяща технология за подобряване на водоплътността на съоръжението. Решенията са оценявани чрез сравняване на технико-икономически и експлоатационни критерии, поставени като изискване от страна на инвеститора. Водещ критерий се оказва минимизиране на времето за ремонтни дейности с цел намаляване на загубите от произведена електроенергия.

¹ Ангел Захариев, гл. ас. д-р инж., кат. „Хидротехника”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: hydrostruct@abv.bg

² Боряна Николчева, инж., Ви Джи Еф ООД, ул. „Проф. Цв. Лазаров“ № 115, София, e-mail: b.nikolcheva@vjf.bg

1. Общи данни за изравнител „Попина лъка“

Изравнител „Попина лъка“ е част от хидроенергийната схема на ВЕЦ „Попина лъка“, първо стъпало на каскада „Санданска Бистрица“. Строена е в периода 1966–1968 г. Проектът е разработен от МEG – НИППИЕС „Енергопроект“, а строителството е извършено от ДСО „Хидрострой“.

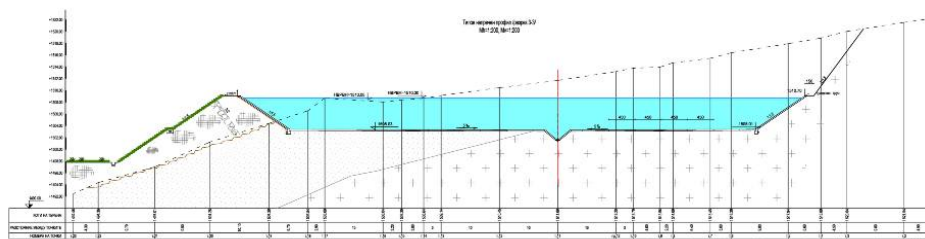
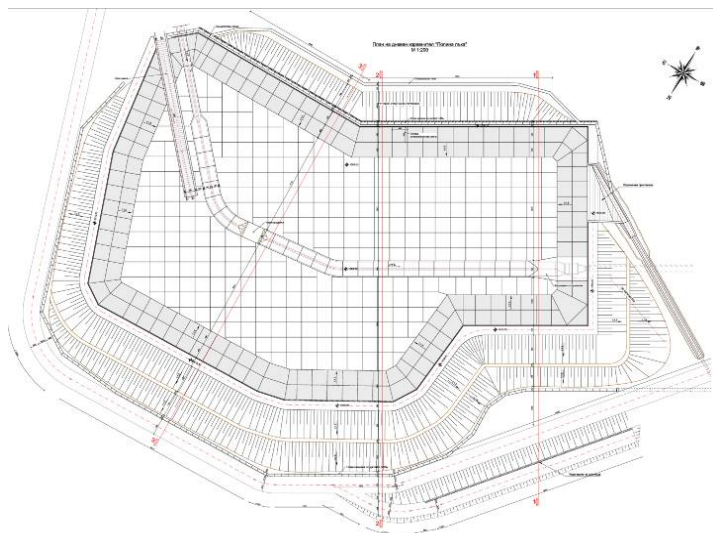
Изравнителят е с неправилна форма и е фундиран в изкоп – насип. Общият му обем възлиза на $V_{\text{общ.}} = 46,0 \times 10^3 \text{ m}^3$. Височината на дигите варира от $H = 5,60 \text{ m}$ до $H_{\text{max}} = 6,10 \text{ m}$. Короната на дигата е с ширина $B = 3,00 \text{ m}$ и е разположена на кота 1510,70 m.

В близост до водоземането е разположен преливник, оразмерен за максимално водно количество $Q_{\text{пр.}} = 5,00 \text{ m}^3/\text{s}$. Прелелите води се отвеждат посредством бързоток в дере, разположено на значително отстояние от изравнителя.

За предпазване от филтрация изравнителят е покрит с бетонна облицовка с дебелина съответно: дъно $d = 20 \text{ cm}$, откоси $d = 15\text{-}20 \text{ cm}$.

Под нея е разположена дренажната система, оформена от 3 пласта: 1-ви пласт с дебелина 20 cm – трамбован чакъл; 2-ри пласт с дебелина 10 cm – трамбован пясък; 2-ри пласт с дебелина 30 cm – уплътнена глина.

Облицовката е разделена на плочи с размери 450/450 cm, между които са оформени фуги.



За осигуряване на водоплътността на облицовката през 1977 г. е положен стоманоторкретен пласт с дебелина $d = 2-3$ cm върху основната облицовка. Облицовката е изпълнена по цялото протежение на откосите.

2. Текущо състояние на изравнителя

Към настоящия момент са констатирани значителни нарушения на повърхността на стоманоторкрета. Направените подробни огледи и обследвания показват, че в зоните на фугите покритието е почти 100% компрометирано. Това се дължи на факта, че така положеният стоманоторкрет не позволява еластични деформации и вследствие на движения с различен характер във фугите, логично този механизъм е довел до напукване и компрометиране на защитния пласт. Основни въздействащи фактори са неблагоприятните атмосферни условия на кота 1510,00 m, сработката на водно ниво и ледовите въздействия в изравнителя.



Въз основа на извършения оглед и констатации са направени следните основни изводи:

1. Към настоящия момент облицовката от стоманоторкрет е компрометирана напълно и не изпълнява предвидените изолационни функции.

2. Водоплътността на изравнителя към момента се осигурява от степента на водоплътност на дилатационните фуги.

3. Динамиката на разрушение на облицовката ще се засилва и това ще доведе до нарастване на опасността от обрушване на големи площи стоманоторкрет както по откоса, така и по дъното на изравнителя.

4. Наложително е да се предвидят мерки за отстраняване на стоманоторкрета във всички обрушени участъци и даване на комплексно решение за възстановяване на водоплътността на стените и дъното на изравнителя с оглед на дългосрочно решаване на проблема, свързано и с осигуряване на нормален експлоатационен процес на съоръжението.

5. Деформациите по разместените платна са такива, че за привеждането на откоса към проектния се налага тяхното отстраняване и изграждане наново.

6. Липсата на рампа е основен недостатък на изравнителя с оглед почистване на наносния отток и бързината на извършване на ремонтни СМР по облицовката на стените и дъното му.

7. Активираното срутище в западната част на изравнителя следва да се укрепи с оглед осигуряване на стабилитета на скалните късове и предотвратяване на тяхното попадане в изравнителя.

8. Макар и далеч от основния насип на стената на изравнителя, установеното активирано плитко свлачище следва да се укрепи.

3. Изисквания към техническото решение

За осигуряване на водоплътността на изравнителя от страна на възложителя „Енерго Про България“ АД са поставени следните изисквания:

- В проекта да бъде направено изчерпателно специфициране на вида и обема на повредите на изравнителя.
- Да се предложат вариантни решения за саниране на бетонната облицовка на изравнителя, като се допуска и решение с поставяне на цялостна нова хидро-изолация.
- Във всеки един от вариантите да се предвиди възстановяване на конструктивната цялост на облицовката в местата, където има разместване на стоманобетонни платна едно спрямо друго.
- Всеки един от вариантите да запази съществуващата геодезична и дренажна КИС на изравнителя.
- Всеки един от вариантите да запази функциите на деформационните фуги в изравнителите.
- Разработените варианти на строително-конструктивните решения да осигуряват бъдещо използване на строителна механизация в чашата на изравнителя при почистване на наносите и други ремонтни дейности.
- На изравнител да бъде изградена рампа за достъп на механизация в чашата на изравнителя.
- В идейния проект да се предложат решения за ремонтване на вливното съоръжение и на преливника към изравнител „Попина лъка“.
- Да бъде спазено изискването всички използвани в предложените вариантни решения материали и компоненти да бъдат сертифицирани за допир с питейни води.

4. Вариантни решения за осигуряване на водоплътността на изравнител „Попина лъка“

Състоянието на фугите и състоянието на стоманоторкрета ограничава значително възможностите за прилагане на различни технологии, които да удовлетворяват изискванията на техническото задание.

Разгледани са общо 4 възможни варианта – 2 варианта с третиране на фуги и саниране на бетонни повърхности и 2 варианта с цялостно полагане на хидроизолационен пласт – геосинтетична мембрана.

I и II вариант предвиждат третиране на фуги и пукнатини с полиуретанови смоли и саниране на повърхности с бетонозаместващи материали на различни производители.

III вариант предвижда полагане на синтетична хидроизолационна мембрана, направена от ЕКБ /етилен-кополимер-битум/ с дебелина $d = 2 \text{ mm}$, положена върху нетъкан иглонабит геотекстил с тегло 300 g/m^2 .

IV вариант предвижда полагане на геосинтетична хидроизолационна система, съставена от геокомпозитна мембрана от гъвкав поливинилхлорид (PVC-P) с дебелина $d = 2,5 \text{ mm}$ (за откоси) и $d = 2,0 \text{ mm}$ (за дъно), с фабрично вграден иглонабит полиестерен (нерециклиран) геотекстил, за защита и сепарация, мин. 500 g/m^2 . Продуктът е с UV защита и специално приложение за питейна вода.

На база на дефектовката и огледа на стените на изравнителя се определиха следните количества:

- дължина на фугите, необходими за третиране – $L = 1600 \text{ m}$;
- площ за отстраняване на стоманоторкрета – $F = 4920 \text{ m}^2$;
- общ обем на стоманоторкрета за отстраняване при $d = 20 \text{ mm}$ – $V = 71,00 \text{ m}^3$;
- общ обем на строителния отпадък $V = 142,00 \text{ m}^3$;

За варианти I и II дължината на фугите и площите, необходими за обработката, са:

- дължина на фуги $L = 1600 \text{ m}$;
- площ за възстановяване – $F = 4920 \text{ m}^2$;

За варианти III и IV необходимите квадратури мембрана са:

- дъно – дебелина $d = 2 \text{ mm}$, $F = 8300 \text{ m}^2$;
- откоси – дебелина $d = 2,5 \text{ mm}$, $F = 5600 \text{ m}^2$.

За всички варианти е предвидено и възстановяване на компрометираните съоръжения по изравнителя.

За варианти III и IV основно внимание е обърнато на възможността за последваща експлоатация на изравнителя и по-специално на осигуряване на възможността за механично изгребване на наносите посредством тежкотоварни машини.

В досегашната практика това е сериозен проблем, който води до по-дълги престои на хидроенергийните системи и увеличава дела на произведена енергия, от което се реализират значителни финансови загуби.

Направен е обстоен анализ на предложените вариантни решения на база взети под внимание технически аспекти, включително техните инсталационни и експлоатационни предимства, както и тяхното ценово отражение в дългосрочен план. Предвид получените резултати статията представя избраното от инвеститора решение като вариант, отговарящ на технико-икономическите и експлоатационните очаквания.

5. Оценка на вариантите и избор на конкретна технология за осигуряване на водоплътността на изравнителя

Съгласно изискванията на възложителя е направен анализ на вариантите и технико-икономическа обосновка за избор на вариант за следваща фаза на проектиране.

Оценката е извършена по следните показатели:

- стойност на СМР,
- строителни срокове,
- трудоемкост,
- дълготрайност и гаранции при експлоатация,
- експлоатационни условия – загуба от произведена енергия.

Оценката на отделните показатели по варианти са обобщени в табл. 1.

Таблица 1. Оценка на вариантите по показатели

№	Показатели	дим	ВАР I	ВАР II	ВАР III	ВАР IV
1	Стойност	BGN	2832000	2360000	1553000	1480000
2	Времетраене	days	125	125	108	108
3	Трудоемкост	p.day/m ²	0.20	0.20	0.18	0.18
4	Престой	days	68	68	46	46
5	Непр. енергия	X10 ⁶ kWh	35,008	35,008	23,736	23,736

От таблицата се вижда, че вариант IV е с най-добри технико-икономически показатели и би бил най-изгоден за реализация.

От друга страна, полагането на цялостна геомембрана по стените и откосите на изравнителя, ще гарантира еднозначно неговата водонепропускливост.

Вариантите с обработка на фуги и повърхности със смоли крият рискове по отношение на качествено изпълнение на СМР и постигане на желаната водоплътност.

6. Вариантно решение IV

Решението е разделено на облицовка по дъно и облицовка по откоси. За такъв тип приложение използването на геосинтетична хидроизолационна система включва геокомпозитна мембрана от гъвкав поливинилхлорид (PVC-P) с дебелина 2,00 mm (по дъното) и 2,50 mm (по откосите) с UV-защита [1], [2]. И двата типа са с фабрично вграден иглонабит (нерециклиран) геотекстил за защита и сепарация, мин. 500 gr/m². Разглежданата система има своите характерни особености за конкретното приложение.

Облицовка по откоси

Основни характеристики, на които отговаря предложената водоплътна облицовка:

Геокомпозитната система (PVC-P) мембрана + геотекстил има по-добро поведение по контактната повърхност с бетона при стръмни откоси, отколкото вариантите с отделно полагане на геотекстил и мембрана.

В зависимост от водните колебания, особено през зимния период, геокомпозитната система гарантира необходимата здравина, като намалява възможността за повреди вследствие ледовите натоварвания.

Притежава устойчивост срещу UV-лъчение, стареене, развитие на коренова система на растения и деформации.

При този тип система е търсена по-голяма прецизност в изпълнението поради по-голямото обемно тегло и предвид композитния характер на мембраната. Системата е уязвима при наличие на битум, масла и смоли и се препоръчва при резервоари за питейни води.



Фиг. 1. Вариант IV – Типов детайл за облицовка на дъно

Облицовка по дъно

Предвид експлоатационните изисквания за почистване на резервоара, се налага преминаване на механизация за почистване по дъното. За механична защита, както и за технологично улесняване на изпълнението на цялостната облицовка, без да има зависимост от атмосферни условия и при бърз темп на изграждане, в проектното решение е предвидено полагане на геоклетъчна система, запълнена с бетон. Върху хоризонтално положената геокомпозитна мембрана, за постигане на механична защита се полага слой нетъкан иглонабит геотекстил от полипропиленови нишки мин. 500 gr/m² и полиетилен 0,1 mm за предотвратяване изтичането на циментовото мляко. Така положената система се запълва с бетон клас C20/25, като са възможни различни повърхностни обработки (запердашване, замазка или нагряпване) в зависимост от изискванията към повърхностното триене.

6. Изводи и заключение

Предложеното решение съгласно изискванията за рехабилитация и възстановяване на водоплътността на облицовката на резервоара по откоса и дъното включва изпълнението на система от геокомпозитен материал (PVC-Р геомембрана с фабрично вградено геотекстилно платно за защита). Решението само по себе осигурява надеждна водоплътност, предвид спецификата на системата и предложените детайли за закрепването ѝ към повърхността на съществуващата облицовка.

Предложеното решение за покритие на дъното дава възможност за значително съкращаване на времето за почистване на изравнителя и намаляване на времето за престой на ВЕЦ-а. Решението може да се мултиплицира при изравнители с аналогично хидроизолационно покритие на територията на Р България.

ЛИТЕРАТУРА

1. *R M Koerner*, Designing with Geosynthetics-6th edition_ vol 1 and 2.
2. *US Department of transportation*, Geosynthetic Design and Construction Guidelines –, Revised April 1998, Publication N FHWA HI-95-038.
3. Recommendation of Foundation lining with signal layer membrane – Renolit AlckorGeo.
4. Waterproofing_of_Concrete_basins - Renolit AlckorGeo.
5. Waterproofing of Basins and similar - Renolit AlckorGeo.
6. Technical Memorandum – Concrete-filled Geocells channel protection system – Presto Geosystems GW-10, 1.02.2008.

VARIANTS TO ENSURE A WATERTIGHTNESS OF THE “POPINA LAKA” DAILY RESERVOIR, “SANDANSKA BISTRITSA” CASCADE

A. Zahariev¹, B. Nikolcheva²

Keywords: HPP, daily reservoir, waterproofing, PVC membranes

Research area: hydraulic engineering

ABSTRACT

The “Sandanska Bistritsa” Cascade was built and put into operation during the period 1969–1971. It consists of three steps: daily reservoir and HPP “Sandanski” – 14,4 MW, daily reservoir and HPP “Lilyanovo” – 20,0 MW and daily reservoir and HPP “Popina Luka” – 22,0 MW. During the operation of the “Popina Luka” daily reservoir numerous negative phenomena appear, leading to increased seepage through the structure and the occurrence of landslides. As a result of the laboratory tests the aggressive behavior of the water against the concrete structure, leading to its physical and chemical corrosion, is determined. In this report research related to determining the appropriate technology to improve the watertightness of the facility is presented. The solutions are evaluated by comparing the feasibility and performance criteria required from the owner. A limitation factor is the minimization of the time for civil works.

¹ Angel Zahariev, Assist Prof. Dr., Dpt. "Hydraulic Engineering", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: hydrostruct@abv.bg

² Boryana Nikolcheva, MSc Eng., VJF OOD, 115 "Prof. Ts. Lazarov" Str., Sofia, e-mail: b.nikolcheva@vjf.bg