



*Получена: 07.11.2015 г.*

*Приета: 14.02.2017 г.*

## НАДГРАЖДАНЕ НА ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ „ЕРМА РЕКА“

Т. Чолаков<sup>1</sup>, Ог. Тодоров<sup>2</sup>

*Ключови думи: хвостохранилища, язовирни стени, подпорни стени, преливници*

### РЕЗЮМЕ

Предназначението на хвостохранилище „Ерма река“ е да създаде условия за депониране на отпадъчен хвост и избистряне на водите от преработката на оловно-цинкови руди в района на гр. Златоград. Понастоящем то е запълнено до кота 577,50. Поради изчерпване на възможностите за складиране на допълнителни отпадъци е необходимо надграждането му до следващ етап.

В доклада са анализирани основните конструктивни предизвикателства и проблеми, свързани с надграждането на стената на хвостохранилището до кота 585,00. Представени са приетите технически решения, като е акцентирано върху хидротехническата част от проекта. Направени са изводи и препоръки, които биха могли да са от полза при проектирането и изграждането на такъв тип хидротехнически съоръжения.

### 1. Въведение

Хвостохранилище „Ерма река“ е разположено в долината на едноименната река, на 8 km северно от град Златоград и на 5 km източно от с. Ерма река. Конструирано е като хвостохранилище от язовирен тип с преградна стена, изградена на 200 m преди сливането на р. Ерма река с р. Гюдюрска.

Предназначението на хвостохранилището е да служи за депониране на отпадъчния хвост от обогатителната фабрика на „ГОРУБСО-ЗЛАТОГРАД“ АД и да формира утаечно езеро за избистряне на технологичните води от преработката на оловно-цинкови

<sup>1</sup> Тоньо Чолаков, гл. ас. д-р инж., кат. „Хидротехника“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: tonyomc\_fhe@uacg.bg

<sup>2</sup> Огнян Тодоров, гл. ас. инж., кат. „Хидротехника“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: aquapro.eng@gmail.com

руди в района на гр. Златоград. Речните води заедно с избистрените отпадъчни води се отвеждат в долния участък чрез шахтов преливник и тунел.

Хвостохранилището е в експлоатация от 1964 г., след пускането на флотационната фабрика, разположена на десния бряг на р. Ерма река, непосредствено над хвостохранилището.

До 2013 г. стената на хвостохранилището е изградена до кота 581,00. Поради изчерпване на капацитета и с цел създаване на възможности за отлагане на допълнителни обеми хвост, е необходимо надграждане на стената и прилежащите ѝ съоръжения. В настоящия доклад са представени конструктивни решения, свързани с надграждането на хидротехническите съоръжения към обекта.

## 2. Основни данни за хвостовото стопанство

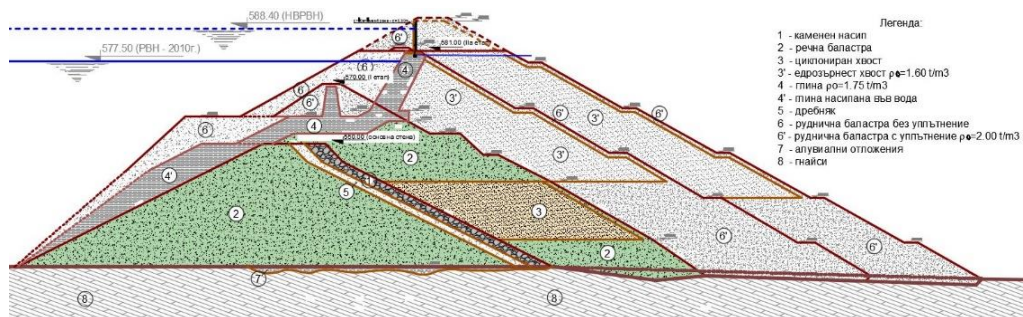
Хвостовото стопанство на обогатителната фабрика включва следните основни съоръжения:

❖ *Хидротранспортна система*, чрез която пулпът от флотационната фабрика се транспортира до мястото на отлагане. Тук тя се състои от базалтирани стоманени тръби с външен диаметър  $\varnothing$  350 mm и вътрешен  $\varnothing$  250 mm, по които отпадъчният хвост се подава в течно състояние (пулп в съотношение Т:В  $\approx$  1:8). Пулповото количество достига 130 l/s като пулпът се излива директно в реката на кота 608,00.

❖ *Утаечно езеро* за избистряне на технологичните води. Речното течение транспортира отпадъка до опашката на хвостохранилището, където хвостът се утаява, а технологичната вода се избистря. За добро пречистване на водата се поддържа утаечно езеро с дължина около 500 m. Наблюденията показват, че отлагането на хвоста е с наклон на плажа 0,8 – 1%. Хвостохранилището е обрасло с растителност, която намалява пропускната способност на течението.

❖ *Хвостохранилище язовирен тип*, формирано след изграждане на преградна стена в долината на р. Ерма река. Възприета е технология на поетапно изграждане на преградната (язовирната) стена. Предвидената кота на короната за крайното надграждане е 592,00. При последното надграждане стената завършва с широка берма (корона) на кота 581,00. Съгласно типовия напречен профил (фиг. 1), преградната стена, фундирана на кота 509,00, съдържа следните основни части:

- Основна (първоначална) стена до кота 550,00, надградена поетапно. Основната стена с височина 40 m над терена е построена в периода 1964 – 1969 година. Изпълнена е от речна баластра без уплътнение. По време на строителството речните води са преливали през стената, като въздушният откос е бил защитен с габиони. За редуциране на филтрацията през насипа от речната баластра, водният откос на основната стена с наклон 1:2 е покрит с глина, насипана във вода. По-късно този насип е продължен във височина като глинен екран. Върху въздушния откос на основната стена с наклон 1:2 са положени пласт дребняк и пласт каменен насип.



Фиг. 1. Типов напречен профил на преградната стена

- Надграждане I етап от кота 550,00 до кота 570,00 с насип от речна баластра върху въздушния откос, изпълнено през периода 1972 – 1980 година. Водоплътността на надградената част е постигната с вертикално ядро, което надгражда глинения екран на основната стена.
- Надграждане IIa етап до кота 581,00, изпълнен през периода 1983 – 1986 г. с насип от едър хвост върху въздушния откос, глинено ядро и насип от руднична баластра откъм водната страна. На кота 581,00 е формирана берма с ширина 20 m. Средният наклон на въздушния откос е 1:2 с четири берми с ширина 6 m всяка, през 15 m, на коти 517,00, 532,00, 547,00 и 562,00.
- Надграждане IIб етап до кота 592,00 със стоманобетонна стена (диафрагма) с височина 10 m над котата на етап IIa по изменен работен проект за надграждане на язовирната стена до кота 592,00 от декември 1986 година. Изменението се състои в замяна на водоплътния елемент наклонено глинено ядро със стоманобетонна стена (диафрагма), фундирана в глиненото ядро от етап II-а. Понастоящем стоманобетонната стена е изградена частично до кота 584,00 (и 582,00) и предстои да се изпълни до кота 591,00.

Височината на преградната стена на хвостохранилището, изградена до 2013 г., е 70 m, а при краен етап на надграждане тя ще бъде 83 m.

❖ *Преливно съоръжение* – тип шахтов преливник с водоотвеждащ тунел, разположен до десния бряг на долината, и бързоточен участък след тунела, за непрекъснатото отвеждане на речните води и на избистрените технологични води (фиг. 2). Шаховият преливник е с диаметър на преливния ръб 14,50 m и диаметър на вертикалната шахта 5,60 m. Диаметърът на водоотвеждащия тунел е 4,50 m.



Фиг. 2. Надлъжен профил на преливно съоръжение

### **3. Основни цели на проекта**

Съгласно техническото задание, пред колектива бяха поставени за решение следните основни задачи:

- надграждане на стената на хвостохранилището и на стоманобетонната противофилтрационна диафрагма;
- изграждане на водоплътна връзка на стоманобетонната диафрагма с левия скат;
- надграждане на преливната шахта до кота 580,50;
- изместване на пътя за с. Ерма река в района на хвостохранилището;
- сграда за охрана и аварийен склад;
- актуализация и рехабилитация на КИС.

Според тематиката на настоящия форум, в доклада са представени само техническите решения, касаещи пряко хидротехническите съоръжения на обекта.

### **4. Приети конструктивни решения**

#### **4.1. Надграждане на стената на хвостохранилището и на стоманобетонната противофилтрационна диафрагма**

Както стана ясно от предходната точка, преградната стена и шахтовият преливник се изграждат поетапно, като надграждането на стената изпреварва пълненето на езерото с хвост с необходимия запас срещу преливане през насипа. За да бъде определен този запас, първоначално е направена преценка на хидроложката картина, като за целта е използвана актуална хидроложка информация. Въз основа на това са определени необходимите за проекта параметри, както на оразмерителните максимални преливни водни количества, включително и с гарантийна поправка, така и на оразмерителните скорости на вятъра.

Съгласно техническото задание, преливният ръб на шахтовия преливник трябва да бъде повдигнат с 3,0 m (от кота 577,50 до кота 580,50). Въз основа на получените нови характерни нива в езерото е определено вълновото въздействие, с което е актуализирана и котата на короната на стената на съответния етап на надграждане. С цел недопускане на преливане през нея, преградната стена трябва да бъде надградена минимум до кота 584,00.

Предвидено е насипване на пластове от руднична баластра с обща височина 4,0 m до проектна кота 585,00. За изясняване на поведението на стената от филтрационна и статическа гледна точка, са проведени необходимите изследвания за съществуващото положение и за последен етап на надграждане до кота 592,00.

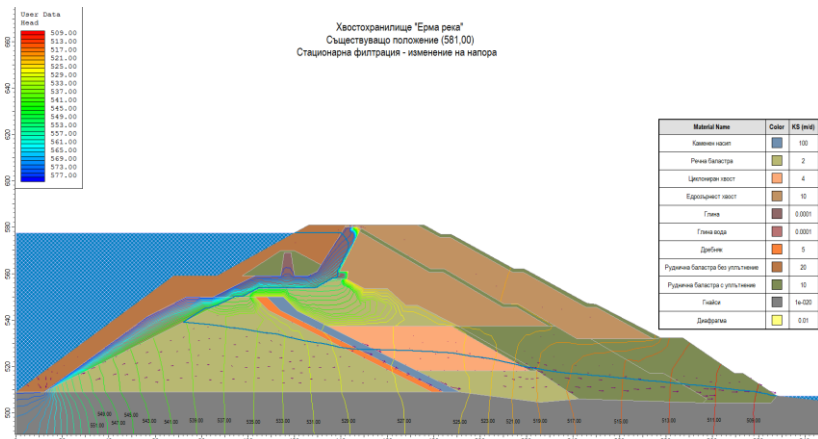
Филтрационните изследвания са осъществени с помощта на специализиран софтуерен продукт Slide, разработен от Rockscience Inc. Изчисленията са проведени по метода на крайните елементи, като за целта на два представителни профила (при различни етапи на надграждане) са разработени равнинни модели, като съвместно с тялото на стената е разгледана и част от основата. Поради нерегулярния характер на преобладаващата част от зоните в тялото на стената, дискретизацията на моделите е направена с

триъгълни крайни елементи. Мрежите са съгъстени в участъците на изтичане и в местата, където се наблюдават значителни промени в налягане, хидравлични градиенти и др.

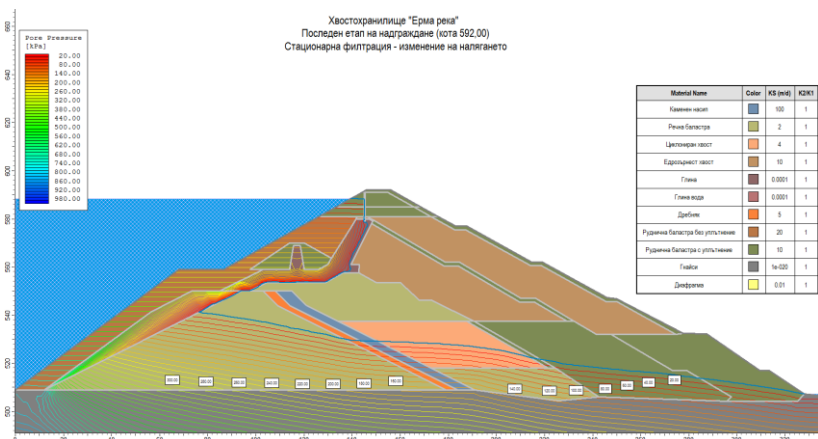
Филтрационният анализ включва два изчислителни случая:

- числен модел на филтрацията при съществуващото положение на преградната стена, когато водното ниво в хвостохранилището е на кота РВН = 577,50;
- числен модел при крайно надграждане на стената, когато работното водно ниво след трикратно надграждане на шахтата по 3 метра ще достигне кота 586,50.

На базата на съпоставка с резултатите от дългогодишните наблюдения на изградената пиезометрична система е тариран моделът при първи изчислителен случай, който служи за основа на втория разгледан случай. Част от получените резултати като хидродинамично налягане и напори са представени на фиг. 3.



а)



б)

Фиг. 3. Стационарна филтрация: а) изменение на напора при съществуващо положение, б) изменение на налягането при надграждане до кота 592,00

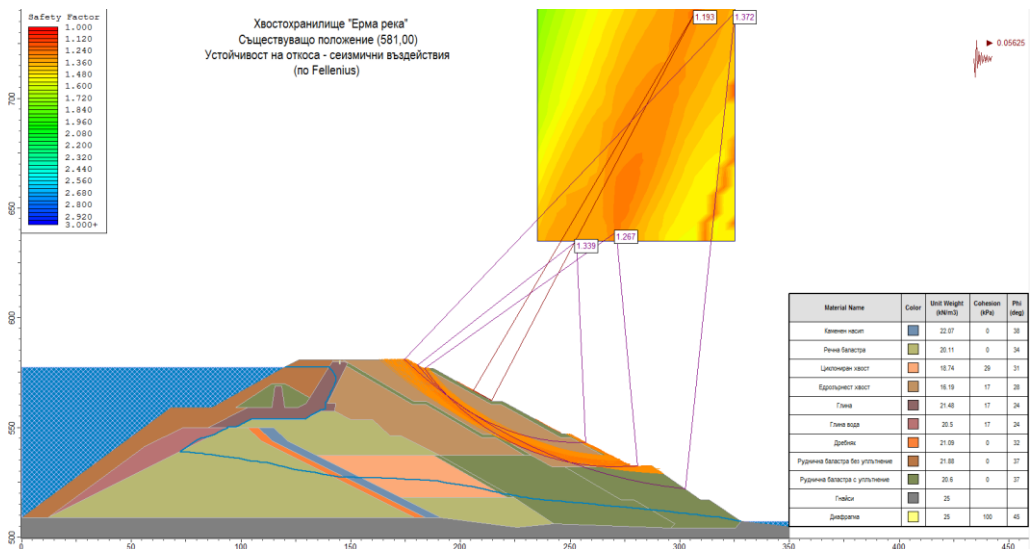
*Изводи от филтрационните изследвания:*

- Резултатите сочат много добро съвпадение между получената депресионна крива и измерените на място водни нива. Като цяло водната повърхност в тялото на стената е ниска и липсва концентрация на хидравлични градиенти.
- Единствено с качествено изпълнение на стоманобетонната диафрагма, като основен противофилтрационен елемент във връхната конструкция на стената, може да се гарантира устойчивост на тялото на преградната стена срещу вътрешна ерозия, както при съществуващото положение, така и при крайното надграждане до кота 592,00.

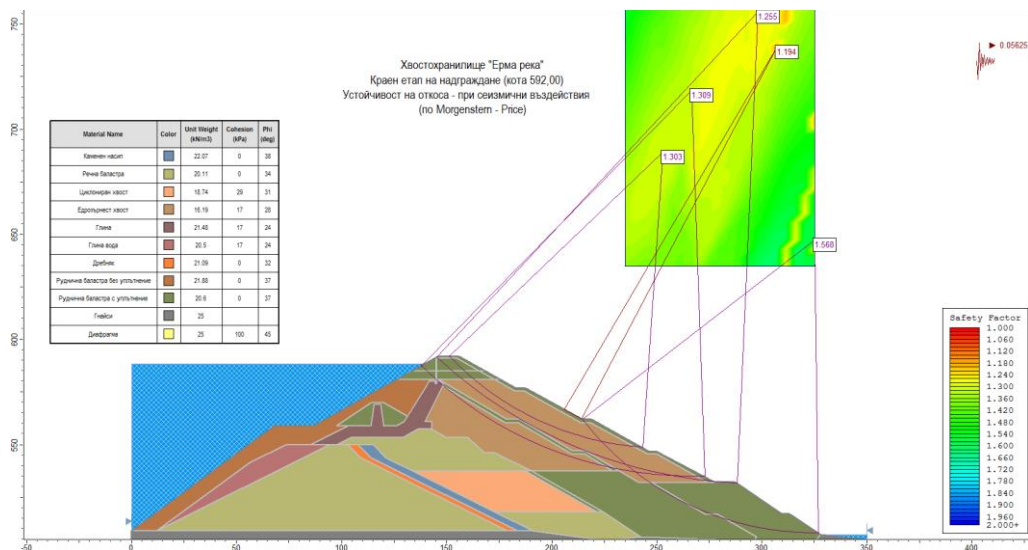
Стабилитетните изследвания са проведени със същия програмнен продукт Slide, с помощта на който се осъществяват анализи на устойчивостта на откоси по гранично равновесие. В него е интегриран споменатият по-горе модул по крайни елементи за филтрационни изследвания на стационарни и нестационарни процеси. В настоящото изследване данните от филтрационните анализи са използвани при извършените проверки на устойчивостта на въздушния откос на преградната стена.

Разгледани са гранични равновесия при хлъзгане по кръгово-цилиндрични хлъзгателни повърхнини за двата изчислителни случая при основни въздействия и при наличие на земетръс. Цитирани са стойностите на получените коефициенти на сигурност по Fellenius, Bishop и Morgenstern-Price.

На фиг. 4 са показани меродавни за устойчивостта на стената хлъзгателни повърхнини по метода на Fellenius, при земетръс от IX степен, за съществуващото положение на преградната стена. На фиг. 5 са демонстрирани резултатите от устойчивостта на откоса при сеизмични въздействия за крайно надграждане на преградната стена по Morgenstern-Price.



**Фиг. 4. Съществуващо положение – устойчивост на откоса при сеизмични въздействия (Fellenius)**



**Фиг. 5. Краен етап на надграждане (592,00) – устойчивост на откоса при сеизмични въздействия (по Morgenstern-Price)**

Стойностите на получените коефициенти на сигурност срещу хлъзгане на откоса на хвостохранилище „Ерма река“ са систематизирани в таблица 1. Видно е, че и трите метода потвърждават устойчивостта на откоса. Най-ниски стойности се получават при метода на Fellenius. Съответно при съществуващата стена и при крайното надграждане стойностите са 1,445 и 1,393 при основни сили и 1,267 и 1,218 при земетръс. Тези стойности са по-високи от нормативните 1,25 при основни сили и 1,10 при земетръс.

**Таблица 1. Коефициенти на сигурност срещу хлъзгане**

Изчислителен случай	Метод на Fellenius	Метод на Bishop	Метод на Morgenstern-Price
<b>1. Съществуващо положение (до к. 581,00)</b>			
1.1. Основни сили	1,445	1,505	1,503
1.2. Със земетръс	1,267	1,321	1,319
<b>2. Краен етап на надграждане (до к. 592,00)</b>			
2.1. Основни сили	1,393	1,437	1,433
2.2. Със земетръс	1,218	1,258	1,255

Резултатите от изследванията показват, че стената може да бъде надградена до проектна кота с предвидените откоси 1:1,8 от водна и въздушна страна.

## 4.2. Изграждане на водоплътна връзка на стоманобетонната диафрагма с левия скат

Съгласно изменения работен проект за надграждане на язовирната стена до кота 592,00 от декември 1986 година, водоплътността на стената се осигурява със стоманобетонна стена (диафрагма) с максимална височина 10 m над котата на етап IIa. Понастоящем диафрагмата е изградена частично до кота 584,00 и до 582,00, като е фундирана в глиненото ядро от етап IIa. Предстои да се изпълни до кота 591,00.

По същество това решение от 1986 г. предопределя вида на надграждането, разгледан в настоящия проект. Изграденият до по-високата кота (фиг. 6) водоплътен елемент има необходимия запас срещу преливане над него при новото положение на преливния ръб на преливника. Необходимо е той да бъде изцяло надграден до кота 584,00, като бъде продължен и свързан с левия бряг на долината.



Фиг. 6. Поглед към съществуваща стоманобетонна диафрагма

Това само по себе си не е трудна задача, но тя води до редица усложнения и предизвикателства. Първото от тях е прекръсването на единствения път, свързващ обогатителната фабрика и с. Ерма река със света. Това от своя страна изисква сложна организация по самото строителство и осигуряването на транспортна връзка между населените места. Необходимо е изграждане на ново трасе на пътя, което ще бъде със значителен наклон и частично ще минава по короната на стената. Преминаването на тежки транспортни средства по язовирната стена би довело до сериозни динамични товари и нежелани деформации, които от своя страна могат да компрометират и водоплътния елемент.

За да бъдат избегнати изброените по-горе неблагоприятия, бе взето следното техническо решение. По-ниската част от стоманобетонната диафрагма да бъде надградена на кота 584,00 и продължена до съществуващия път за с. Ерма река. Там тя се свързва със стоманобетонната подпорна стена, показана на фиг. 7.

Тя е проектирана като лека, ъглова подпорна стена с криволинейно очертание в план и променлива височина. Фундирана върху скалната основа по левия бряг и посредством водоплътна fuga се свързва със стоманобетонната диафрагма. Състои се от осем секции, като средните (от трета до шеста) са с максимална височина, а крайните (първа, седма и осма) са с по-малка и променлива височина.



Криволинейното очертание в план и различната височина ограничават насипа в тялото на преградната стена при предстоящото надграждане до кота 585,00, като по този начин запазват трасето на съществуващия път. Същевременно от двете страни на подпорната стена се оформят рампи, които осигуряват двустранен достъп на експлоатационния персонал до новата берма на язовирната стена. Благодарение на задигнатия в началото (до секция 1) терен и на водоплътните фуги между отделните секции до диафрагмата, се осигурява необходимата водоплътност с левия скат. По този начин се гарантира работа на конструкцията при водни нива в езерото, съответстващи на завишеното с 20% оразмерително водно количество.

Проведено е статическо оразмеряване на подпорната стена в съответствие с „Ръководство по геотехника“ (разработено съгласно изискванията на ЕВРОКОД 7. Геотехническо проектиране), като е приложен втори комбинативен подход (DA2). Използвани са Норми за проектиране на подпорни стени от 1987 г., ЕВРОКОД 2, БДС EN1990 и ЕВРОКОД 8. Съгласно цитираните по-горе нормативни документи, са извършени проверки на следните основни гранични състояния: *EQU*, *GEO* и *STR* състояние.

Разгледани са следните комбинации от натоварвания и въздействия, включващи всички основни сили<sup>1</sup> и по една особена сила (въздействие)<sup>2</sup>, които могат да възникнат по едно и също време:

- Комбинация I – Всички основни натоварвания и подвижен товар НК-800;
- Комбинация II – Всички основни натоварвания и водно ниво на кота 583,40;
- Комбинация III – Всички основни натоварвания и сеизмично въздействие.

### 4.3. Надграждане на преливната шахта до кота 580,50

За приемане и отвеждане на речните и избистрените води е изграден шахтов преливник, разположен пред преградната стена, в близост до десния бряг на хвостохранилището. Прелелите води се отвеждат с тунел. През над 45-годишния период на експлоатация на хвостохранилището, както конструкцията на стената, така и преливникът, са претърпели конструктивни промени.

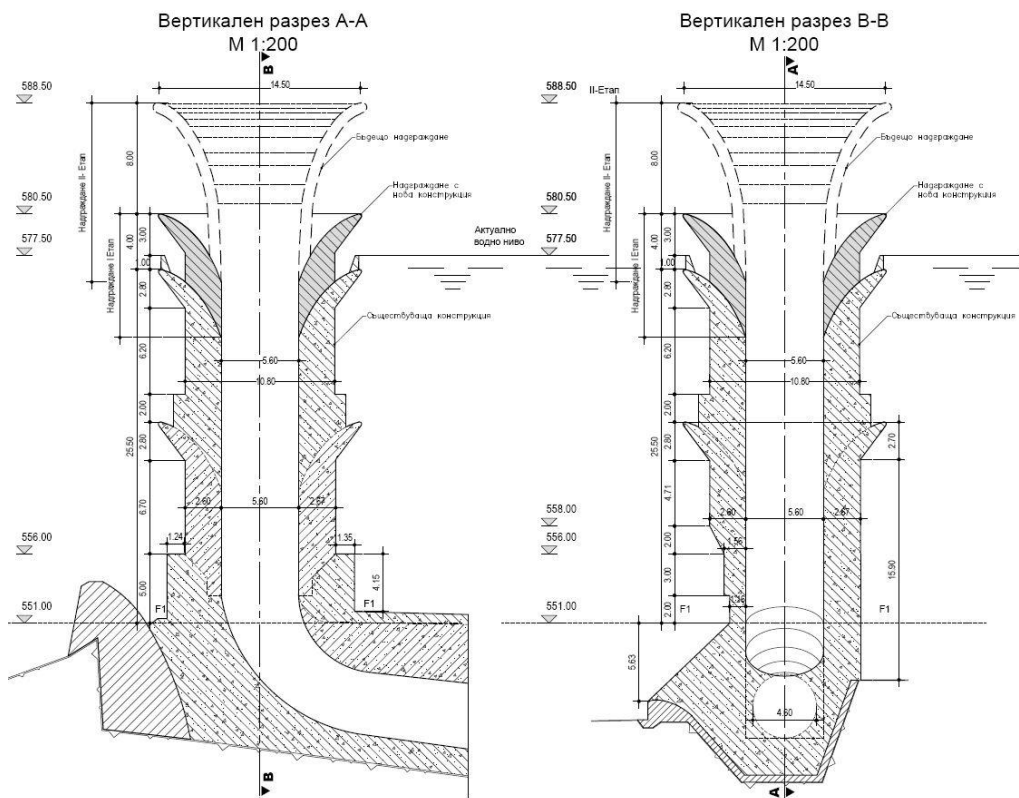
Шахтата е вертикална с диаметър 5,60 m, поетапно надградена с преливна фуния с диаметър горе 14,50 m (фиг. 8). След последното надграждане на преливника през 2004 г. с един метър, котата на преливника е 577,50. Предвижда се при изграждане на язовирната стена до кота 592,00 преливната шахта да достигне кота 588,40.

С техническото задание се изисква изготвяне на работен проект за увеличаване на капацитета на хвостохранилището. В случая се предвижда надстрояване на преливната шахта с три метра от сегашния преливен ръб на кота 577,50 с обем на чашата  $13,984 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  до кота 580,50 с обем  $15,611 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Надграждането на преливния ръб с три метра позволява в близките години в хвостохранилището да се депонират допълнително  $1,627 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  хвост.

---

<sup>1</sup> Основните сили включват – собствено тегло на стената и част от почвата и земен натиск от насипа.

<sup>2</sup> Особените (специални) сили (въздействия) включват – подвижен товар от тежко возило, хидростатичен натиск (воден подеи) предизвикани от високо водно ниво в хвостохранилището и въздействия от земетръс.



**Фиг. 8. Вертикален разрез на шахтов преливник**

В изпълнение на поставените задачи е направена хидравлична проверка на пропускателната способност на облекчителния тракт с актуализираната хидроложка информация. Извършен е статичен и динамичен анализ на шахтовия преливник за надграждане на шахтата до кота 587,50, съответстваща на крайно надграждане на преградната стена 592,00, както и за настоящото надграждане на преливния ръб до кота 580,50. Изследването е проведено по две методики:

- Приблизителна методика;
- Статическо и динамично изследване на линеен еластичен модел по метода на крайните елементи.

В настоящия проект е изработен числен модел на напрегнатото и деформирано състояние на преливника по метода на крайните елементи и е реализиран в средата на програмната система SAP2000. Проведеният динамичен анализ е съобразен с действащата Наредба от 27.01.2012 г. за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони (обн. ДВ, бр. 13 от 2012 г.). Проведените изчисления обхващат определени на собствените честоти на конструкцията и реакция на конструкцията на сеизмично въздействие, зададено чрез оразмерителен спектър на реагиране. Проведен е модален анализ, като са определени първите 20 собствени честоти на системата, и е определен процентът на участие на модалните маси на всяка една от тях.

За целите на моделирането са направени някои опростяващи допускания, касаещи геометрията на конструкцията и поведението на бетона (не е отчетена коравината на армировката и е прието, че бетонът е хомогенен изотропен материал).

Степента на сложност на конструкцията наложи разработване на пространствен модел. Разработеният числен модел е изграден от дискретна мрежа от 3D изопараметрични елементи. За стъблото на кулата, връхната част, фундамента и скалата са използвани 3D елементи. Моделът на кулата и основата е изграден от 9306 броя изопараметрични 3D крайни елемента.

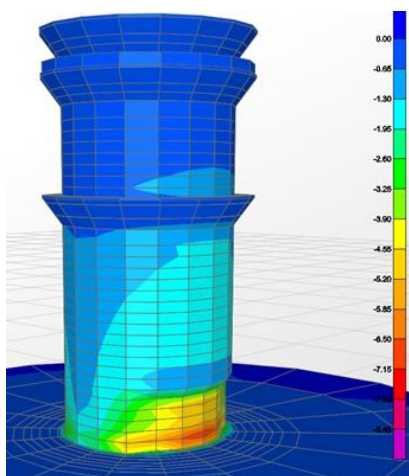
В следващата табл. 2 са синтезирани резултати за максималните и минималните достигнати стойности на нормалното напрежение  $\sigma_z$ . Цитираните стойности в таблицата са за най-опасното разглеждано сечение  $D-D$  на кота 552,00. Опънът като негативно явление е обозначен с отрицателни стойности. На фиг. 9 са илюстрирани част от графичните приложения, представени в проекта.

**Таблица 2. Максималните и минималните достигнати стойности на нормалното напрежение  $\sigma_z$**

Съчетание на силите	Числен модел, $\text{kN/m}^2$		Приблизителна методика, $\text{kN/m}^2$	
	Особено съчетание на силите, направление на сеизмичната компонента по ос $X$	8450	-3640	3250

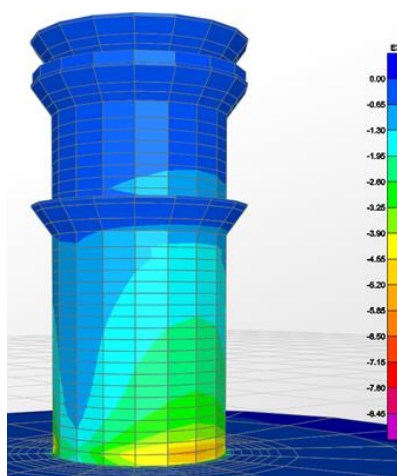
Стойностите в таблицата са максималните получени в ръбовите възли. Характерната концентрация на напрежения в ръбовите точки на числения модел се дължи най-вече на рязка промяна на геометрията и на изчислителна грешка, свързана с някои допускания при дискретните числени модели. От фигурите е очевидно, че интензитетът на затихване на напреженията е голям и в рамките на един краен елемент напреженията достигат до средните стойности, сходни с изчислените по приблизителната методика. Въпреки това, в проекта е препоръчано изграждане на насип от руднична баластра около преливната кула, с цел подобряване на напрегнатото състояние и сеизмичната устойчивост на отливното съоръжение.

В работния проект се дава технологичната последователност на дейностите, свързани с надграждането на преливната фуния.



*Изглед от страната на водохранилището*

Резултати за  $G + E_x$  обвивна на мин. стойност в  $\text{kN/m}^2$



*Изглед от страната на ската*

Резултати за  $G + E_y$  обвивна на мин. стойност в  $\text{kN/m}^2$

**Фиг. 9. Нормално напрежение  $\sigma_z$**

## 5. Заключение

- С приетите технически решения се отговаря на поставените изисквания към проекта.
- С надграждането на стената на хвостохранилището, на стоманобетонната противофилтрационна диафрагма и на преливната шахта се увеличава капацитетът на хвостохранилището, като се осигуряват възможности за отлагане на близо  $1,627 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  отпадък.
- Осигурена е водоплътна връзка на стоманобетонната диафрагма с левия скат.
- Запазва се старото и единствено трасе на пътя за с. Ерма река, като се избягва трасирането му по короната на преградната стена.
- По този начин се избягват динамични товари от преминаващи тежки транспортни средства по насипната стена.
- Осигурено е отвеждане на избистрените води от ОФ и на излишните високи води в реката.
- Актуализирана и рехабилитирана е КИС.
- Изготвен е проект за нова сграда за охрана и аварийен склад.

## Препоръки

- При възможност да се избягва изграждането на корави противофилтрационни елементи върху насипи от деформируеми нескални материали.
- Препоръчваме избягването на шахтови преливници особено като водоотливни съоръжения на хвостохранилища (сгуроотвали).
- Шаховите преливници са по-уязвими и по-несигурни от експлоатационна гледна точка при осигуряване на пропускателна способност.
- Налице са сериозни трудности при тяхното надграждане, особено когато трябва да работят без прекъсване.

## ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN1990.
2. ЕВРОКОД 2 (ЕС2).
3. ЕВРОКОД 8 (ЕС8).
4. Закон за устройство на територията.
5. Наредба № 1 от 30.06.2003 г. – за номенклатурата на видовете строежи – МРРБ.

6. Наредба № 3 от 21.07.2004 г. – за основните положения за проектиране на конструкции на строежите и за въздействията върху тях – МРРБ.
7. Наредба № РД-02-20-2 от 27 януари 2012 г. за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони.
8. Норми за натоварвания и въздействия на хидростатически съоръжения от вълни лед и плавателни съдове – 1988 г.
9. Норми за проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции за хидротехнически съоръжения – 1990 г.
10. Норми за проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции – 1988 г. – изменение № 5/2008 г.
11. Норми за проектиране на подпорни стени от 1987 г.
12. Норми за проектиране на хидротехнически съоръжения. Основни положения – 1985 г.
13. Ръководство по геотехника разработено съгласно изискванията на ЕВРОКОД7. (Геотехническо проектиране).
14. BDS EN 1991-2.

## UPGRADING OF THE “ERMA RIVER” TAILING DAM

**T. Cholakov<sup>1</sup>, O. Todorov<sup>2</sup>**

*Keywords: tailings dams, dams, spillway*

### ABSTRACT

The purpose of the tailings dam "Erma River" is to create conditions for the disposal of the waste tailings and the clarification of the water from the processing of lead-zinc ores in the area of the town of Zlatograd. Currently it is filled to elevation 577,50. It is necessary to upgrade to its next stage due to the lack of opportunities for storage of additional waste.

The paper analyzes the main structural challenges and problems associated with the upgrade of the tailing dam to elevation 585,00. The technical solutions adopted are presented emphasizing on the hydraulic part. Conclusions and recommendations that could be useful in the design and construction of similar type of hydraulic structures are made.

---

<sup>1</sup> Tonyo Cholakov, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Hydraulic Engineering”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: tonyomc\_fhe@uacg.bg

<sup>2</sup> Ognyan Todorov, Chief Assist. Prof. Eng., Dept. “Hydraulic Engineering”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: aquapro.eng@gmail.com