

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



**30. STRUČNO - NAUČNI SKUP
SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM**

**ZBORNİK RADOVA
VODOVOD I KANALIZACIJA '09**

Drvengrad, 07 - 10. oktobar 2009.



SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

**30. stručno-naučni skup
sa međunarodnim učešćem
VODOVOD I KANALIZACIJA '09**

Zbornik radova

Drvengrad, 07 – 10. oktobar 2009.



Izdavač:

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Za izdavača:

Mr Branislav Vujinović, dipl. inž., generalni sekretar

Programski odbor:

Ninoslav Petrović (predsednik), Momčilo Bikicki,
Dušan Prodanović, Dragan Ivanović i Časlav Lačnjevac

Organizacioni odbor:

Branislav Vujinović (predsednik), Vladimir Taušanović,
Jovan Despotović, Zoran Marjanović, Borisav Milutinović,
Veljko Dimitrijević, Obren Četković,
Olivera Ćosović i Marijana Mihajlović

Glavni i odgovorni urednik:

Ninoslav Petrović

Tehnički urednik:

Slavka Vukašinović

Lektor:

Sonja Šoć

Štampa:

Akadska izdanja, Zemun

Tiraž: 250 primeraka

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

628. 1/ .2(082)

**Стручно – научни скуп са међународним учешћем Водовод
и канализација (30 ; 2009 ; Мокра Гора)**

Zbornik radova / 30. stručno – naučni skup sa međunarodnim učešćem
Vodovod i kanalizacija '09 , Drvengrad, 07 - 10. oktobar – 2009.
[organizator] Savez inženjera i tehničara Srbije ... [et al.] ; [glavni i
odgovorni urednik Ninoslav Petrović], – Beograd : Savez inženjera i
tehničara Srbije, 2009 (Zemun : Akademska izdanja). – 244 str. :
ilustr. ; 24 cm

Tekst lat. i cir. - Tiraž 250. – Napomene uz tekst. - Bibliografija uz
većinu radova. – Abstracts.

ISBN 978 – 86 – 80067 - 24 – 7

1. Савез инжењера и техничара Србије (Београд)

а) Водовод – Зборници

б) Канализација - Зборници

COBISS.SR-ID 169846028

S A D R Ž A J

<i>Staðana Šušnjar, Mirjana Vojinović-Miloradov, Zoran Vukadinović, Andrea Mladin</i>	
Realizacija finansiranja i izgradnje vodovoda i kanalizacije uz primenu PPP modela	9
<i>Boris Džodanović</i>	
Metodologija smanjenja gubitaka i povećanje efikasnosti vodovoda	15
<i>Nedim Suljić</i>	
Metode i pristup rješavanju stvarnih gubitaka u sistemu vodosnabdjevanja	21
<i>Željka Ostojić, Stevo Savić, Dušan Prodanović</i>	
Stohastički model za generisanje potrošnje sa nivoa sanitarnog pribora i aktivna kontrola gubitaka na priključku	27
<i>Stevo Savić</i>	
Tehnički uslovi priključenja na vodovodni sistem izbor i ugradnja vodomera	37
<i>Karolina Nemeš, Uranija Kozmidis-Luburić</i>	
Prikupljanje informacija o distributivnoj mreži grada Novi Sad	45
<i>Milica Milovanović, Mihajlo Panić, Dušan Đurić</i>	
Primena GIS alata u upravljanju podzemnim vodama	51
<i>Božo Dalmacija, Srđan Rončević, Dragan Ivanović, Vesna Pešić, Snežana Miletić, Aleksandra Tubić, Jelena Molnar</i>	
Hemijski kvalitet podzemnih voda na novosadskim izvorištima tokom 2008/09. godine	57
<i>Maja Poznanović, Ljiljana Popović</i>	
Arsen u podzemnim vodama izvora Avale (Beograd)	63
<i>Vujadin Aleksić</i>	
Metodološki pristup utvrđivanju preventivnih mera u cilju sprečavanja havarija na čeličnim vodotornjevima	69

МЕТОДОЛОШКИ ПРИСТУП УТВРЂИВАЊУ ПРЕВЕНТИВНИХ МЕРА У ЦИЉУ СПРЕЧАВАЊА ХАВАРИЈА НА ЧЕЛИЧНИМ ВОДОТОРЊЕВИМА

THE METHODOLOGICAL APPROACH FOR THE EVALUATION OF THE PREVENTIVE MEASURES IN ORDER TO PREVENT STEEL WATER TOWER BREAKDOWNS

ВУЈАДИН АЛЕКСИЋ¹

Резиме: У раду је дат методолошки приступ и програм утврђивања превентивних мера ради спречавања хаваријских оштећења и деградације материјала челичног водоторња, као и ради добијања нових информација за будућа поузданија пројектовања и конструисања челичних водоторњева.

Кључне речи: челични водоторањ, превентивне мере, испитивања, хаварија.

Abstract: This presented paper introduces the methodological approach with the program for the evaluation of the preventive measures in order to prevent breakdown damages and degradation of materials with the aim of obtaining new information for future more reliable steel water tower planning and designs.

Key words: steel water tower, preventive measures, testing, breakdowns.

1. Увод

Челични водоторњеви у Републици Србији углавном су у експлоатацији дуже од двадесет година и ближе се пројектованом веку трајања. Хаварија челичног водоторња због непоштовања специфичних експлоатационих услова, упутства за руковање и одржавање, веома је извесна. Челични водоторњеви раде на отвореном и изложени су разним спољним утицајима, између осталог киселим падавинама и олујном ветру. На слици 1 приказана је хаварија челичног водоторња као последица олујног невремена и ветра.

Неправилно одржавање водоторњева за собом повлачи веома скупе санације, због чега је потребно да се веома темељно истраже питања заштите, трајности и одржавања водоторњева од челика и могућности праћења понашања материјала у експлоатацији. С тим у вези, потребна је оцена стања водоторња угроженог спољним утицајима.

¹ Мр Вујадин Алексић, дипл. инж. руд., IWE, Институт за испитивање материјала ИМС, Булевар војводе Мишића 43, Београд.



а) Лом водоторња у корену стуба



б) Лом резервоара због пада водоторња

Слика 1. Лом водоторња као последица олујног невремена и ветра

Да би још остали у погону потребно је испитивањима методама без разарања утврдити стварно стање материјала и планирати даљи рад, односно застој ради санације.

2. Узроци деградације материјала и хаварија челичних водоторњева

Према учесталости настајања хаварија, односно оштећења, а утврђивањем стања, узроци деградација су замор, дуктилни лом, корозија материјала. Такве појаве су базиране на грешкама у прорачуну, пројектовању и конструисању, грешкама у производњи и монтажи, непредвиђеним условима експлоатације и радне средине.

Замор и корозија материјала видљиви су на многим водоторњевима и установљено је корозионо и ерозионо одношење материјала, односно веће или мање стањење дебљине зида стуба и резервоара водоторња.

Упркос бројним начинима заштите због изложености спољним утицајима, корозија челичних водоторњева је неизбежна. Она се јавља у различитим облицима, као општа корозија са једнаким губитком дебљине зида или питинг корозија којој одговара локалном смањење дебљине зида. То води погоршању носивости челичног водоторња што угрожава водоснабдевање, објекте, па чак и људске животе.

Највећи број корозионих механизма и последица штете на металу могу се предвидети на основу корозионе средине. Ипак, неке од њих је тешко открити, а могу проузроковати озбиљна оштећења за веома кратко време. Због тога се захтева стални надзор корозије.

3. Програм превентивних мера

С циљем да се спрече деградација материјала и хаваријских оштећења потребно је направити програм превентивних мера и деловати у складу с њима. Утврђивање превентивних мера захтева анализу свих докумената

насталих у процесима пројектовања, конструисања, израде, монтаже, експлоатације, одржавања, редовних и ванредних контрола и испитивања, санација и евентуалних застоја и хаварија челичног водоторња. Програм захтева детаљну анализу:

- законске регулативе за ову врсту конструкције,
- утврђеног плана контроле и испитивања,
- метода за испитивања без разарања (избор, поступци и технике, надзори, опрема, особље, документација),
- претходних санацију и технологија извођења санација,
- процене и отклањања грешака,
- праћења (мониторинга) понашања грешке/грешака у експлоатацији.

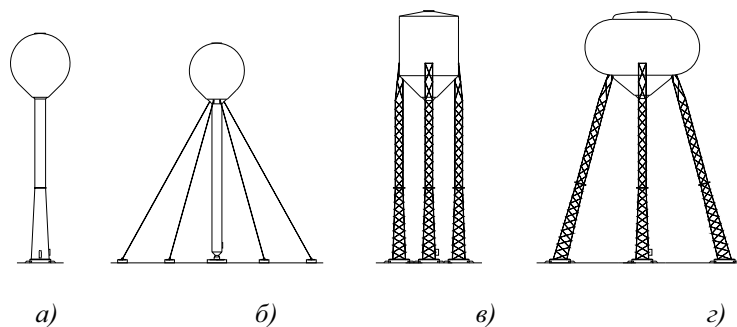
На основу програма утврђених превентивних мера дефинишу се планови редовних и ванредних контрола и испитивања.

4. Редовне и ванредне контроле и испитивања ради превенције

Све грешке, било да су уграђене или настале при експлоатацији, потребно је испитивањем регистровати и контролисати у одређеном временском раздобљу, чиме се добија реалан увид у могућа напредовања оштећења, тако да се може директно утицати на смањење броја хаварија, планирати застој постројења и значајно смањити укупни трошкови одржавања.

Пре почетка испитивања водоторња треба се детаљно упознати са техничком документацијом челичног водоторња, извршити категоризацију оштећења, утврдити критеријуме прихватљивости и установити степен приоритета интервенција за сваки део конструкције.

Такође је потребно утврдити критичне елементе и места на која нарочито треба обратити пажњу, а затим извршити визуелну контролу носеће конструкције водоторња, нпр. за водоторњеве са сл. 2, унутрашњи и спољњи преглед резервоара и стуба/стубова водоторња, преглед ужади, преглед решеткастих стубова, преглед ослонаца стубова, преглед носећих конструкција мердевина и инсталација.



Слика 2. Различити облици челичних водоторњева [1, 2]

Правилно планирано испитивање, одабир метода за испитивање без разарања, повезаност метода и металуршких испитивања проведених на узорцима на терену и у лабораторији ради карактеризације грешке те високостручног приступа и процене стања и даљег поузданог рада испитаног објекта представљају оквир превентивних мера да до хаварије не дође.

С обзиром на то да су замор и корозија материјала неповратни процеси и да је сва опрема произведена седамдесетих година, без садашњих сазнања и праксе из области металургије и корозије, у врло лошем стању потребно је извршити стручну процену стања такве опреме, а у складу са условима експлоатације. Посебно треба водити рачуна о ИСО-стандардима 9001 до 9004 и сигурности постројења, као и поштреним законским мерама и прописима у вези са заштитом корисника и околине.

5. Контроле и испитивања у вези са санацијом

У случајевима када се на водоторњу десе хаварије или се утврде оштећења редовном или ванредном контролом која угрожавају сигуран и поуздан рад, приступа се санацији објекта. За израду комплетног термин плана реализације активности на санацији челичне конструкције водоторња потребно је, такође израдити план и програм контроле и испитивања. План испитивања се састоји из три фазе:

- контрола и испитивања пре почетка санације водоторња, уколико није санација проистекла непосредно после ванредне или редовне контроле,
- контрола и испитивања у току санације водоторња,
- контрола и испитивања након завршетка санације водоторња.

За ову врсту објеката сва испитивања у случају превенције као и санације морају изводити акредитоване организације са одговарајућим стручним особљем и адекватном опремом.

6. Контролни прорачун

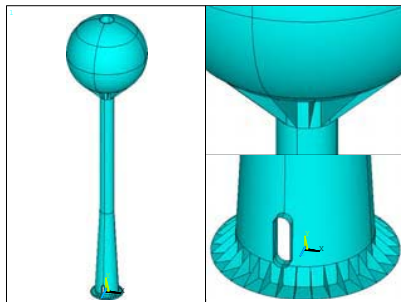
На основу података добијених контролом и испитивањима ради превенције или санације, приступа се контролном прорачуну.

Параметри експлоатације који директно утичу на чврстоћу конструкције су [3]:

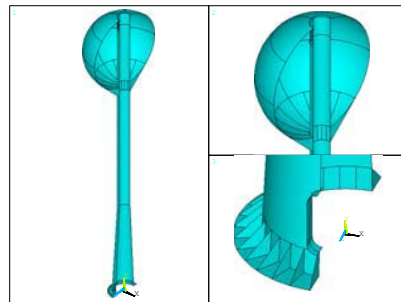
- капацитет водоторња;
- потребна количина и врста материјала за израду;
- утицај руже ветрова, земљотреса, падавина;
- положаји отвора на стубовима и резервоару водоторња.

Прорачун се ради класичном методом коју би требало употпунити статичким и динамичким прорачуном напонског стања применом методе коначних елемената (МКЕ), да би се видела расподела напона услед утицаја свих оптерећења присутних у условима експлоатације. На слици 3 приказан је модел и прорачун МКЕ водоторња од 500 m³.

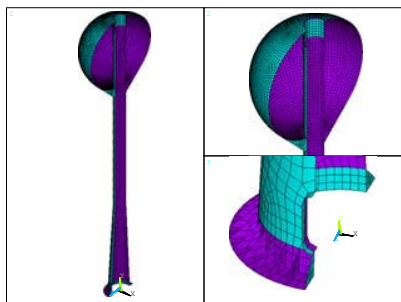
Резервоар се прорачунава на притисак по важећим стандардима из серије СРПС М.Е2. Претпоставка је да је притисак масе посуде заједно с масом воде, на носећи стуб већи од прорачунског унутрашњег притиска и да постоји могућност оштећења посуде услед њиховог утицаја, па се они морају узети у обзир при одређивању прорачунског притиска, тачка 4.5 СРПС М.Е2.250.



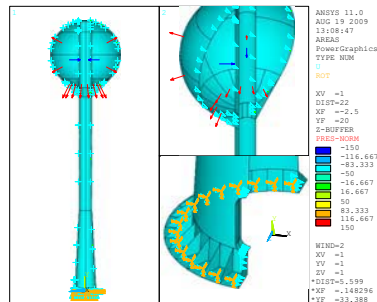
а) Модел површина целог водоторња



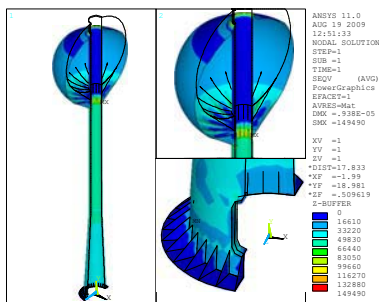
б) Модел симетричних површина водоторња



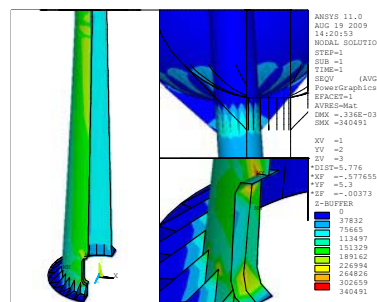
в) КЕ симетричних површина водоторња



г) Гранични услови и оптерећења



д) Расподела напона без утицаја ветра



е) Расподела напона са утицајем ветра

Слика 3. Графички приказ прорачуна челичног водоторња МКЕ

Утицај статичког притиска воде на зидове резервоара и резервоара на стуб је знатно мањи у односу на утицај ветра при укупној носивости.

Стуб водоторња је изложен притисним напонима, па мора да задовољи услове стабилности, што важи и за остале елементе изложене притиску [4].

Анализом утицаја експлоатационих параметара на конструкцију водоторња и на основу резултата контроле и испитивања контролним прорачуном, проверава се дебелина зида резервоара и стуба, као и стабилност целог водоторња.

Због израженог динамичког оптерећења водоторња потребно је прорачунати дејство ветра за познато подручје експлоатације и ружу ветрова. Такође је важно проверити утицај отвора врата на цевном стубу, као и осталих отвора на стубу и резервоару водоторња, за познате услове експлоатације, због изражене концентрације напона у условима динамичког оптерећења.

Стручном оценом добијених резултата трајност и функционалност опреме може се продужити знатно изнад пројектованог радног века.

7. Закључак

Неправилно одржавање водоторњева са аспекта заштите за собом повлачи веома скупе санације, па је с тим у вези потребно утврдити превентивне мере и веома темељно истражити питања заштите, трајности и одржавања водоторња, нарочито стуба/стубова и резервоара и могућности праћења чврстоће водоторња у експлоатацији. Стога је потребна оцена стања стуба/стубова и резервоара водоторња угрожених спољним утицајима након дуготрајног коришћења, коју треба да прате одређена испитивања методама без разарања, ради утврђивања стварног степена оштећења, а након тога предузимања одговарајућих мера за санацију критичних оштећења и деградације материјала.

8. Литература

- [1] Пројекат Водоторањ са сајлама 200–500 м³, Институт ГОША, Београд, 2000.
- [2] Пројекат Водоторањ без сајли 200–500 м³, Институт ГОША, Београд, 2001.
- [3] Вујадин Алексић, Миодраг Арсић, Зоран Одановић: An analysis of the steel water tower selection in function of the exploitation parameters, 12. international symposium Macedonian association of structural engineers, MASE'09, Струга, Македонија, 27–29 септембар 2007, Зборник радова, стр. 277–282.
- [4] Вујадин Алексић, Миодраг Арсић,: Методолошки приступ избору решења облика челичног водоторња у зависности од техноекономских параметара и сигурности у експлоатацији, 28. стручно-научни скуп са међународним учешћем, Водовод и канализација '09, Тара 16–19 октобар 2007, Зборник радова, стр. 105–110.