

УПОРЕДНА АНАЛИЗА ПОЖАРНЕ ОТПОРНОСТИ АБ СТУБОВА ПРЕМА ЕС 2 И СРПСКИМ НОРМАМА

Миливоје Милановић¹
Мери Цветковска²
Петар Кнежевић³
Цветанка Чифлиганец⁴

УДК: 624.042:614.84

DOI:10.14415/konferencijaGFS2017.036

Резиме: *Савремени европски прописи за пројектовање АБ конструкција примењују се у земаљама Европске Уније као и у неким земаљама ван ње. Ови прописи, за поједине типове конструкција, садрже део који се односи на противпожарно пројектовања. У једном делу земаља географске Европе, као што је Србија и још неколико земаља бивше Југославије, на снази су стари, национални прописи за пројектовање АБ конструкција у којима не постоје никакви услови са аспекта конструктивног противпожарног пројектовања. Из ових разлога, у овом раду, нумерички је анализирана пожарна отпорност средњег АБ стуба једне вишеспратнице, пројектованог према прописима ЕС2, и (још) важећим националним прописима за бетон и армирани бетон неких земаља бивше Југославије. Различити примењени коефицијенти сигурности за материјале и оптерећења, као и посебни услови пројектовања стубова према некадашњим ЈУС сеизмичким прописима, директно утичу на носивост стубова од армираног бетона у условима пожара што је приказано у раду. Усвојен је модел стандардног пожара који се најчешће користи у експериментима и нумеричким анализама. За нумеричку анализу пожарне носивости АБ стуба коришћен је софтвер САФИР.*

Кључне речи: *пожарна отпорност, АБ стубови, нумеричка анализа, прописи*

1. УВОД

Последњих деценија прошлог века и почетком нове ере проучавање дејства пожара, на грађевинске елементе и конструкције, узело је велики замањ. На ово је посебно утицао већи број инцидената, праћен деловањем температуре (настале пожаром), на елементе и целе конструкције стамбених и пословних објеката. Са развојем разних видова модерних технологија, у оквиру производње, услуга и осталих потреба

¹ Доц. Др, Државни универзитет у Новом Пазару, Департман за грађевинарство, Вука Караџића бб, Нови Пазар milanovicnp@gmail.com

² Проф. Др, Грађевински факултет „Св. Кирил и Методиј“, Универзитет у Скопљу, Македонија, cvetkovska@gf.ukim.edu.mk

³ Асис. Мр, Државни универзитет у Новом Пазару, Департман за грађевинарство, Вука Караџића бб, Нови Пазар petar.knezevic.dunp@gmail.com

⁴ Асис. Мр, Грађевински факултет „Св. Кирил и Методиј“, Универзитет у Скопљу, Македонија, c.chifliganec@gf.ukim.edu.mk

човечанстава, користе се различити извори енергије. Ови извори енергије, на различите начине, претварају у непосредне облике коришћења исте. Врло често ова енергија, у неким њеним видовима, може бити узрок појаве пожара у објектима где се користи. На тај начин расте и опасност од деловања пожара на људе и људске ресурсе. У том циљу јавља се потреба за испитивањем карактеристика пожарних дејстава, односно да се утврди његово дејство на различите конструкције објеката где је могућа појава пожара [1].

Из наведених разлога све више се обраћа пажња на пожар као појаву, његово дејство на елементе и конструкције у целини, као и на карактеристике материјала и њихово понашање на високим температурама [2].

Некада је довољно било правилно испројектовати конструкцију објекта за стандардна оптерећења карактеристична за намену и локацију објекта. Није се посебно обраћала пажња на евентуално дејство пожара. Али неколико урушавања објеката, код којих су поједини елементи или делови конструкције били изложени високим температурама (где је страдало људство), утицало је на то да се инжењери заинтересују за проучавање ових ситуација [1].

Више није довољно разматрати дејство пожара кроз архитектонске и урбанистичке услове пројектовања, као ни заштиту елемената конструкције помоћу термички отпорних материјала, већ је потребно установити понашање и носивост (отпорност) конструктивних материјала, елемената и конструкција у целини, при порасту температура окружења.

Истраживања су се у почетку углавном базирала на једноставним пожарним експериментима на појединачним конструктивним елементима (греде, стубови и др.). Резултати ових експеримената коришћени су као основа за доношење првих прописа, при пројектовању елемената и конструкција за услове пожарног дејства. Паралелно са овим експериментима коришћени су и подаци који су прикупљани са објеката који су страдали у пожарним дејствима [1].

Подаци, прикупљени пописивањем и анализом резултата пожаром оштећених елемената и целокупних конструкција објеката, односно експериментима на појединим елементима конструкције, нису били довољно поуздани, за закључке о генералном понашању грађевинских конструкција изложених пожару.

Наиме, велики број фактора који утиче на јачину, обим и трајање пожарног дејства, као и непознавање особина и понашања појединих материјала, при високим температурама, утицало је на немогућност бољег предвиђања пожарне отпорности конструкција.

Због наведених разлога кренуло се у: теоријска разматрања пожара као појаве, термодинамичких појава при преносу топлоте и температуре, утврђивању понашања појединих материјала у условима високих температура и др. Сва теоријска разматрања су, према могућностима, праћена и потврђивана експериментима. Развијају се једноставни прорачуни понашања појединих елемената изложених температури, и доношење нових закључака о отпорности пресека, елемената и конструкција у целини. Као задња стапа овог процеса, данас се израђују рачунарски програми, засновани на методи коначних елемената (МКЕ или сличних), које узимају у обзир законе термодимике, механике флуида, статике конструкција и др. [3].

Један део истраживања иде у правцу анализе пожара као процеса и појаве, утврђивања његових карактеристика, јачине, времена трајања, обима и др., узимајући у анализама многобројне факторе.

Други правац истраживања је истраживање понашања појединих конструктивних материјала при порасту температуре, односно њихове отпорности на високим температурама. На крају ова истраживања се повезују у циљу анализе понашања елемената и конструкција у условима различитих пожарних сценарија. Развијају се различити софтвери, у циљу што бољег представљања пожара као појаве (са елементима који дефинишу његово деловање), његовог дејства на елементе конструкције, и анализе понашања тих елемената у смислу механичког одговора на та деловања. Да би се што боље испитала тачност и применљивост ових нумеричких модула, у анализама понашања елементата, делова конструкција, целих конструкција, појединих материјала и пресека елемената, у реалним пожарним ситуацијама, паралелно са развојем ових софтвера вршена су и значајна експериментална истраживања. Експерименти су вршени на појединачним елементима или целим објектима, специјално изграђеним за ове потребе. Упоређивањем резултата експеримената и прорачунских модела, утврђено је да се ови други, у великом проценту, слажу са резултатима експеримената.

Сваким даном са: бољим дефинисањима пожарних сценарија, прецизнијим дефинисањем карактеристика (понашања) материјала при високим температурама, дефинисањем понашања 3Д модела конструкција, све реалније се (са већим тачностима), нумеричким модулима, анализирају понашања грађевинских конструкција у пожарним дејствима.

У овом раду је, у циљу анализе понашања армиранобетонских стубова у условима пожарног дејства, коришћен један од бољих нумеричких софтвера за пожарне анализе - САФИР (Универзитет у Лијежу, Белгија) [3].

2. НУМЕРИЧКИ МОДУЛ САФИР

Нумерички модул САФИР се користи за термичку и статичку анализу елемената и конструкција на повишеним температурама. Анализа конструкција се врши у два одвојена корака [3].

Први корак је термички прорачун опожарених пресека елемената конструкције. У овој анализи могуће је задавати различите пожарне сценарије (стандардни пожар, реални пожар, параметарски пожар и др.) по обиму пресека одређеног конструктивног елемента. Термичким модулом прорачунава се пренос температуре кроз попречни пресек конструктивног елемента као и промена карактеристика појединих материјала (носивост, деформације и др.) у оквиру попречног пресека, у задатим временским интервалима.

У другом (статичком) модулу врши се прорачун носивости елемената и целих конструкција, за задате положаје пожарног оптерећења (преко задатих опожарених попречних пресека). На овај начин се симулира пожарно дејство на елементима и целим конструкцијама, и добијају резултати њихових носивости (отпорности). У оквиру пожарних сценарија могуће је, поред неколико програмски дефинисаних сценарија, дефинисати произвољни пожарни сценарио.

Резултати, добијени помоћу овог програмског пакета, веома добро се уклапају са резултатима експерименталних истраживања, тако да исти можемо, са добром сигурношћу, користити у разним нумеричким пожарним анализама. У раду је, при

анализи пожарне отпорности (носивости) АБ стубова, коришћен представљени софтвер, са пожарним оптерећењем дефинисаним преко стандардног пожара [3].

3. ПОЖАРНА ОТПОРНОСТ АБ КОНСТРУКЦИЈА

Као што је раније написано, заштита грађевинских конструкција од пожарних дејстава, са аспекта носивости и оторности елемената и целих конструкција, новијег је датума. Учестали инциденти на грађевинским објектима (у смислу рушења конструкција), при дејству јаких пожара, наметнули су потребу да више пажње посветимо на носивост (отпорност) елемената и конструкције при повећању температуре. У том циљу, почели су да се доносе прописи, који све више третирају прорачун носивости елемената и конструкција, при дејству пожарног оптерећења. Тежња је (у свету) да сви национални прописи, у деловима пројектовања појединих типова конструкција, не касне у овој области, па се убрзано комплетирају правилима за пројектовање пожарно отпорних конструкција.

Један од савременијих прописа из ове области је Еврокод који, у склопу свих типова конструкција (челичне, дрвене, бетонске, спрегнуте и др.), има посебан део, којим се дефинише пројектовање елемената и њихове отпорности (носивости) на пожарно оптерећење. У Еврокоду пожар је, преко основних параметара, дефинисан као оптерећење. Такође су дате и карактеристике појединих материјала (у зависности од типа конструкција) и њихово понашање (смањење носивости) при повећању температуре. Еврокод прописује и методе које можемо користити при анализи појединих елемената и конструкција на дејство пожара [2].

Класичне армиранобетонске конструкције, услед доминантности бетона у попречном пресеку елемената, имају предност над другим типовима конструкција (челичне, спрегнуте, дрвене и др.), при дејству пожарних оптерећења. Разлог томе је особина бетона да се веома добро понаша у условима повишених температура. Такође, арматура у АБ стубовима и гредама је обавијена бетоном што утиче на добро понашање исте загревању. Ово посебно важи за усвојене веће вредности заштитних слојева бетона. Због наведеног, армиранобетонске конструкције имају знатно већу пожарну отпорност од осталих видова конструкција [4].

Ипак, и код армиранобетонских елемената, ако их међусобно упоређујемо, постоји низ фактора који утичу на њихову различиту пожарну отпорност. Неки од тих фактора су:

- За сличне АБ пресеке, већу отпорност имају они пресеци који имају веће димензије (спорији пробој температуре кроз пресек) [1][5][6],
- Притиснути елементи са мањим процентом армирања имају већу отпорности на пожар (мањи утицај арматуре која при загревању брже губи носивост од бетона),
- Код елемената изложеним савијању већи заштитни слојеви бетона штите арматуру од високих температура и дају већу отпорност пресека на пожар,
- Бетони различитог састава различито реагују на пораст температуре (боље карактеристике имају карбонатни него силикатни бетони) и др. [1].

Пројектовање армиранобетонских конструкција, односно елемената тих конструкција, у прописима разних земаља је различито. Данас постоји интенција да се

успоставе међународни стандарди, који ће се примењивати у свим земљама које желе да прихвате те стандарде. Велики корак ка томе је направљен у Европи где су земље европске уније, а и земље изван ње, прихватиле савремене европске прописе-Еврокодове [2].

Међутим, и даље велики број земаља има своје националне прописе из области појединих видова конструкција, који се у већој или мањој мери разликују од европских прописа. Ове разлике се огледају пре свега у следећем:

- Пројектовање АБ конструкција се врши према прописима и стандардима са различитим концептима, теоријама и параметрима,
- У оквиру исте теорије различит је концепт примењених парцијалних коефицијената,
- Непостојање прописа који третирају понашање материјала и конструкција у условима пожара и др.

Аутори овог рада су управо, из предходно наведеног, хтели да покажу на различитост у понашању појединих елемената конструкција (овде АБ стубова), пројектованих према према прописима ЈУС (бивши југословенски прописи, који су још на снази у доста земаља старе Југославије : Србија, Македонија, Црна Гора, БИХ), и савремених европских прописа, ако су исти изложени пожару [2][7].

4. ПРОРАЧУН АБ КОНСТРУКЦИЈА ПРЕМА ПРОПИСИМА

Пројектовање, прорачун и димензионисање армиранобетонских конструкција, у старим ЈУС и савременим европским прописима, врши се на основу теорије граничних стања (носивости и употребљивости). Оба прописа примењују исту теорију али је различит приступ при дефинисању парцијалних коефицијената сигурности [2][7].

Стари ЈУС пропис примењује јединствене коефицијенте сигурности док ЕС примењује систем парцијалних коефицијената сигурности. Са овог аспекта ЕС прописи су знатно модернији и прецизнији у кориговању утицаја карактеристика материјала (носивости) и оптерећења која делују на елементе или конструкције у целини. Логично је да тамо где, према карактеру материјала, нема одступања од прописаних карактеристика истих, имамо и мање коефицијенте сигурности за материјал. Код других материјала, код којих коефицијентима сигурности морамо предвидети недостатке тог материјала и непредвидљивост квалитета при производњи и уградњи истог, исти морају имати већу вредност (на пример: мањи коефицијенти сигурности за арматуру и челик него за бетон и сл.) [2][7].

Исто важи и за коефицијенте за оптерећења, који су дефинисани са знатно прецизнијом предвидљивошћу и корекцијама у комбиновању.

Треба, такође, рећи да разлика, између укупног коефицијента сигурности према ЕС (синтеза коефицијената за материјале и оптерећења), за одређене видове конструкција и одређене случајеве комбинација оптерећења (на пример: стално + корисно), и јединственог парцијалног коефицијента према ЈУС пропису, може бити незнатна. Другим речима, битна разлика у пројектовању АБ стубова према ЈУС и ЕС прописима не лежи у различитом приступу одређивања парцијалних коефицијената сигурности, већ у другом сегменту.

Према ЈУС прописима, у оквиру Правилника за пројектовање објеката високоградње у сеизмичким подручјима, условљено је да код стубова оквирних армирано-бетонских конструкција, однос напона у бетону и чврстоће бетона стуба буде максимум 0,35. Анализом овог услова пројектовања стуба (према ЈУС пропису) може се приметити да исти захтева знатно већу површину попречног стуба од оне која је потребна за носивост истог. Такође, овако одређене димензије стуба утичу на знатно већу крутост и стабилност истог (мања опасност од извијања) [8].

Како АБ стубови имају велику улогу у обезбеђењу носивости и стабилности објеката високоградње, то њихово правилно пројектовање и димензионисање завређује велику пажњу сваког инжењера.

Ако се анализира носивост пожарно оптерећених АБ стубова, пројектованих према различитим прописима и стандардима, добићемо одговор о утицају тих прописа на носивост стубова у пожарним условима.

5. АНАЛИЗА ПОЖАРНЕ ОТПОРНОСТИ АБ СТУБОВА

У нумеричкој анализи отпорности на пожар армиранобетонских стубова, пројектованих према ЈУС и ЕС стандарду, усвојени су следећи улазни параметри:

- Разматран је издвојен АБ стуб квадратног попречног пресека (за оба прописа), димензија $a/b = 30/30$ cm, приказан у табели 1,
- Стуб је армиран са 12 \emptyset 14. Дебљина заштитног слоја бетона је 3 cm,
- Усвојени квалитет бетона је: МБ 30 (ЈУС), односно С 25/30 (ЕС2), [2][7]
- Анализирана је носивост пресека стуба као и носивост стуба као елемента дужине $h = 4$ m,
- При анализи носивости стуба као елемента, усвојена су три услова ослањања стуба на крајевима - слика 1,
- Ексцентрицитет услед несавршености при извођењу стуба усвојен је према пропису ЕС 2, [2]
- Термичке карактеристике материјала, пожарни сценарио (стандардни пожар), и остали фактори пожарне анализе, усвојени су према ЕС 2, [2][9]
- Стуб је оптерећен центричном нормалном силом, а почетни ексцентрицитет је аплициран хоризонталном силом у средини висине стуба,
- У укупном оптерећењу стално и корисно оптерећење учествују у односу: $G / Q = 4 : 1$ (G- стално, Q-корисно оптерећење),

За усвојени АБ стуб (усвојену арматуру и квалитет бетона) срачунате су одговарајуће максималне силе које стуб може прихватити.

Како је прописима (за пожарна дејства) дефинисано да парцијални коефицијенти сигурности, за материјале и оптерећења, буду 1.0, то су максималне силе, које стубови могу прихватити у амбијенталним условима, кориговане за вредности коефицијената сигурности. Тако су одређене силе у стубовима за пожарну анализу.

Према пропису ЈУС, максимална сила у стубу, коригована је јединственим коефицијентом за оптерећења и материјале, односно :

$$N_{fi} = N_{ul} / \gamma_{sred} \quad (1)$$

где је :

$$\gamma_{sred}^{JUS} = 1,60 * 0,80 + 1,80 * 0,20 = 1,64 \quad (\text{за } \epsilon_a > 3 \text{ ‰})$$

Према ЕС 2, максимална сила стуба, коригована је са два коефицијента. Средњим коефицијентом сигурности за оптерећења :

$$\gamma_{\text{sred}}^p = 1,35 * 0,80 + 1,50 * 0,2 = 1,38$$

и средњим коефицијентом сигурности за материјале:

$$\gamma_{\text{sred}}^m = 1,15 * 0,218 + 1,50 * 0,665 = 1,248$$

односно јединственим коефицијентом сигурности:

$$\gamma_{\text{sred}}^{\text{EC2}} = \gamma_{\text{sred}}^p * \gamma_{\text{sred}}^m = 1,38 * 1,248 = 1,722$$

У Табели 1 приказане су вредности вертикалних нападних сила за пожарно оптерећене стубове за оба прописа.

Табела 1. Приказ вертикалних сила у стубу при дејству пожара

		JUS	EC2
	N_{ul} (kN)	2770	2969
	γ_p	1,636	1,380
	γ_m		1,248
	γ_{sred}	1,636	1,722
	N_{fi} (kN)	1693	1724

Као што смо раније поменули, према ЈУС пропису, мора бити задовољен услов да однос напона у бетону стуба и чврстоће бетона стуба мора бити [8]:

$$\sigma_b / \beta_b \leq 0,35 \quad (2)$$

где је: σ_b - напон у бетону стуба; β_b – чврстоћа бетона стуба;

Напон у бетону стуба је:

$$\sigma_b = N / A_b \quad (3)$$

где је: N – аксијална сила; A_b – површина бетонског дела пресека стуба;

За чврстоћу бетона стуба може се узети (према правилнику) да је :

$$\beta_b = 0,70 * \beta_k, \quad (4)$$

где је: β_k , - чврстоћа коцке бетона (може се узети марка бетона) .

На основу 2, 3, и 4, лако је срачунати да потребна сила у стубу, која би одговарала површини бетона (усвојеног) стуба ($A_b = A - A_s = 881,53 \text{ cm}^2$), износи :

$$N_{fi} = 0,735 * A_b = 648 \text{ kN} .$$

Са овом вредношћу силе усвојени стуб 30 x 30 cm испуњава услов дат у пропису ЈУС, приказан у једначини 1. Сила у истом стубу, одређена према пропису ЕС2, има знатно већу вредност и износи 1724 kN (табела 1).

Почетни ексцентрицитет узет је према ЕС2 за стуб посматран као изоловани елемент.[2] Вредност ексцентрицитета је :

$$\theta = \theta_0 * \alpha_h * \alpha_m \quad (5)$$

где је : $\theta_0 = 1/200$ – почетна имперфекција ;

$$\alpha_h = 2/\sqrt{h} = 2/\sqrt{4} = 1,00 \quad (\text{треба да је : } 2/3 \leq \alpha_h \leq 1,00)$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{m})} = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{6})} = 0,764 ;$$

где је : m = број етажа изнад разгледаног стуба приземља ($m = 6$) .

Коначна вредност имперфекције, према једначини 5, је:

$$\theta_i = \theta_0 * \alpha_h * \alpha_m = (1/200) * 1,0 * 0,764 = 0,00382$$

Вредност замењујуће хоризонталне силе, која делује на половини висине зида и која симулира ексцентрицитет од имперфекције је :

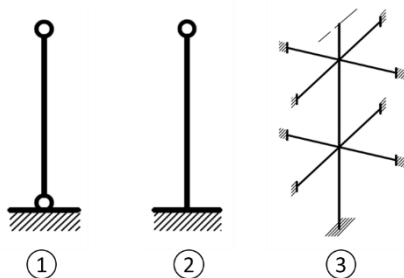
$$H_i = N_{fi} * \theta_i \tag{6}$$

односно :

$$H_i = N_{fi} * \theta_i = 1724,00 * 0,00382 = 6,59 \text{ kN}$$

Резултати нумеричке анализе, пожарне отпорности усвојеног АБ стуба, оптерећеног нормалном (вртикалном) силом, који је пројектован према ЈУС и прописима ЕС2, приказани су у Табели 2. Исти стуб је анализиран за три случаја ослањања у ослонцима, Слика 1, и то:

- 1 - Зглобни ослонац на оба краја стуба,
- 2 - Укљештење на доњем крају стуба (темељна конструкција) и зглоб на горњем крају стуба,
- 3 - Укљештење на доњем крају стуба и реални чвор на горњем крају стуба, симулиран спојем гредних елемената у свим правцима од стуба и стубом изнад разматраног стуба),



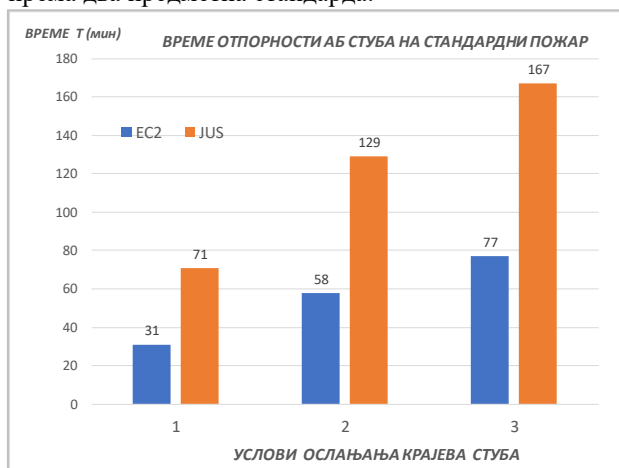
Слика 1. Приказ услова ослањања на оба краја стуба

Табела 1. Приказ резултата отпорности стуба при дејству пожара.

	1		2		3		4	
N_{fi} (kN)	JUS	EC2	JUS	EC2	JUS	EC2	JUS	EC2
t_{fi} (min)	71	31	129	58	167	77	231	96
χ_{fi}	0,307	0,323	0,558	0,604	0,723	0,802	-	-

Приказане отпорности стуба, изложеног стандардном пожару, за различите услове ослањања на крајевима (према Слици 1), приказане у првих шест колона Табеле 2 односе се на стуб као елемент, висине 4 м. Задње две колоне, Табеле 2, приказују носивост попречног пресека стуба. У задњем реду Табеле 2 дат је пожарни коефицијент виткости за анализирани стуб дужине 4 m. Коефицијент виткости не фигурира код носивости попречног пресека.

На Слици 2 графички је приказана отпорност на пожар анализираних стуба пројектованих према два предметна стандарда.



Слика 2. Упоредни приказ отпорности на пожар стуба, пројектованих према ЈУС и EC2 прописима, са различитим условима ослањања крајева стуба

6. ЗАКЉУЧАК

Као што се види, из предходне анализе и приказаних резултата, један прилично конзервативан приступ у пројектовању АБ стубова, какав је ЈУС пропис, односно Правилник о пројектовању објеката високоградње у сеизмички активним прописима, са аспекта пожарне отпорности даје веома добре резултате.

Знатно веће димензије попречног пресека стуба, у односу на димензије према стандарду EC2, веома погодују носивости стуба у пожарним околностима. Чињеница да веће димензије стуба, због споријег пробоја температуре кроз попречни пресек стуба, за исто оптерећење, битно утичу на носивост стуба (у истим пожарним условима) и дају предност овом стандарду у односу на пропис EC2 (за овај вид оптерећења).

Иако ЈУС пропис уопште не третира отпорност и носивост елемената и конструкција у случају пожарних дејстава, део Правилника за пројектовање објеката у сеизмички активним прописима, својим често критикованим условом (1) при пројектовању димензија стуба, омогућава много бољу заштиту и носивост АБ стубова од високих температуре.

Разлика у времену пожарне отпорности стуба, пројектованих према ЈУС пропису, у односу на стуб пројектован према EC2, није мала. Као што се види она може бити и преко два пута већа.

Иако ће неко можда рећи да ово и није тако битно, обзиром да АБ стубови ионако имају добру отпорност на пожарно оптерећење, треба ипак размислити о овој чињеници при коначном увођењу европских стандарда у наше законодавство. Можда услов под (1) треба задржати такав какав је, или га евентуално мало кориговати, такође и због чињенице да се исти добро показао и у нормалним

условима пројектовања стубова, кроз њихову бољу дуктилност у случају дејства хоризонталних сила (сеизмичке и силе ветра).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Милановић Миливоје, Анализа утицаја типа пресека на повећање отпорности на пожар спрегнутих линијских конструкција, Докторска дисертација, Подгорица, Црна Гора, Мај 2016 год.
- [2] EN 1992-1-1 (2004) : Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Brussels, 2004,
- [3] САФИР- Компјутерски програм, Универзитет у Лијежу, Белгија, 2016.
- [4] Цветковска Мери, Однесување на армиранобетонски елементи и линиски конструкције во услови на пожар, Скопје, Докторска дисертација, 2002.
- [5] Милановић М., Цветковска М, Ефтоска М., Гаврилошка Т.А., Пожарна отпорност централно оптерећених спрегнутих стубова у функцији промене димензија пресека и пожарног сценарија, Међународна конференција „Савремена достигнућа у грађевинарству“, стр. 141-147, 24-25 Април, Суботица, Србија,
- [6] Милановић М., Цветковска М., Зависност пожарне отпорности централно оптерећених спрегнутих стубова од димензија пресека, Пети интернационални научностручни скуп „Грађевинарство наука и пракса, 17-21 Фебруар, 2014, Жабљак, Црна Гора.
- [7] Правилник о техничким нормативима за бетон и армирани бетон, Службени лист СФРЈ број 11 од 23.02.1987 год.
- [8] Правилник о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима , Службени лист СФРЈ 31/81,49/82, 29/83,21/88,52/90.
- [9] CEN, EN 1992-1-2, Eurocode 2 - Design of concrete structures – part 1-2: General rules – Structural fire design, Brussels, 2004.

COMPARATIVE ANALYSIS OF FIRE RESISTANCE OF RC COLUMNS ACCORDING TO EUROCODES AND SERBIAN STANDARDS

Summary: Contemporary European regulations for the design of reinforced concrete structures are applicable in the European Union as well as in some non EU countries. These regulations, for certain types of construction, comprise a part that relates to fire safety design. In one part of non EU countries, such as Serbia and several other countries of the former Yugoslavia, in force are the old, national regulations for the design of reinforced concrete structures in which there are no requirements in terms of the structural fire design. For these reasons, in this paper, numerical analyzes of the fire resistance of middle storey RC column of a tall building, designed according to the EC2 regulations and (yet) applicable national regulations for concrete and reinforced concrete

structures, is presented. Different applied safety factors for materials and loads, as well as the specific design requirements for columns, defined by the former JUS seismic regulations, directly affect the capacity of reinforced concrete columns under fire conditions and these effects are shown in this paper. Standard fire ISO 834, which is commonly used in experiments and for the numerical analyzes, is used in these case. For the fire resistance analysis of the RC columns the specialized software SAFIR was used.

Keywords: *fire resistance, RC column, numerical analysis, regulations*