

ИНСТИТУТ ЗА НУМЕРИЧКУ АНАЛИЗУ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ КОНСТРУКЦИЈА

ИНИИ

ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ

Оснивање и делатност

Инжењерског рачунског центра

Инжењерски рачунски центар Грађевинског факултета у Београду (ИРЦ) основан је у фебруару 1971. године. Тих година у свету долази до бурног развоја електронских рачунара који интензивно почињу да се користе у многим гранама технике, па и у грађевинарству. У то време на Грађевинском факултету рачунаре су користили углавном наставници и сарадници из области Статика конструкција. Зато је донета одлука да се на нашем Факултету формира модеран рачунски центар какав су у то време имале само најразвијеније земље Европе и САД.

Основна концепција при оснивању била је да се ИРЦ снажно веже за грађевинску струку, што се умногоме разликовало у односу на сличне рачунске центре које су тада углавном формирали математичари (информатичари-програмери). Убрзо су набављени први рачунари коришћењем средстава Факултета и уз помоћ заинтересованих грађевинских предузећа.

У организационом смислу, основну снагу ИРЦ-а чинили су наставници и сарадници са Грађевинског факултета. У прво време то су били чланови Катедре за техничку механику и теорију конструкција. За првог управника постављен је проф. др Никола Хајдин, а за заменика доц. др Миодраг Секуловић. Осим проф. Хајдина који је био управник у два мандата (1971–1975 и 1979–1981) и остали управници су углавном били са Катедре за техничку механику и теорију конструкција: проф. др Миодраг Секуловић (1975–1979, 1981–1985. и 1987–1993), в. проф. др Бранислав Колунџија (1985–1987) и в. проф. др Бранислав Ђорић (1993–1996. и 2002).

Упоредо са развојем Инжењерског рачунског центра, повећавао се и број чланова ове радне јединице. Током 1993.

године дошло је до формалног спајања ИРЦ-а и Института за техничку механику и теорију конструкција у нову радну јединицу под заједничким (старим) називом Инжењерски рачунски центар. Тада су ову јединицу поред свих чланова Катедре за техничку механику и теорију конструкција (23) чинили и сви чланови Катедре за менаџмент и технологију грађења (9). Осим тога, у ИРЦ-у је било запослено још петоро службеника који су бринули о одржавању рачунарске опреме и помагали наставницима, сарадницима и студентима при раду са рачунарима. У том периоду функцију управника ИРЦ-а обављао је и в. проф. др Никола Клем (1996–2002).

Набавка опреме у ИРЦ-у одвијала се у више фаза у складу са финансијским могућностима Факултета и развојем рачунарске технике. Први набављени рачунар (почетком седамдесетих година) био је *IBM 1130*. С временом су набављани тада савременији системи: *DEC2040*, *VAX II*, *VAX 600* и други. У једном тренутку су се стекли услови да се формира и прва мрежа *PC* рачунара на Факултету. Наиме, почетком деведесетих година прошлог века долази до бурног развоја персоналних рачунара. Тако је сукцесивно набављан већи број *PC 286*, *PC 386*, *PC 486* и *Pentium* рачунара. Осим у ИРЦ-у, рачунари су били распоређени и у другим радним јединицама на Факултету. Самим тим, персонални рачунари постају доступни свим запосленима на Факултету и полако престаје потреба за Инжењерским рачунским центром у облику какав је тада постојао.

Тако су почетком 2003. године Катедра за техничку механику и теорију конструкција и Катедра за менаџмент и технологију грађења донеле одлуку да формирају засебне институте. Оне су се такође сагласиле да се део Рачунског центра трансформише у Информациони центар факултета (касније Центар за информационе технологије) који ће да преузме послове у вези са одржавањем рачунарске мреже и остале активности из домена информационих технологија.

Формирање Института за нумеричку анализу и пројектовање конструкција

Институт за нумеричку анализу и пројектовање конструкција формиран је почетком 2003. године. Наиме, на седници Катедре за техничку механику и теорију конструкција одржаној 23. 1. 2003. године констатовано је да је ИРЦ који је основан пре више од тридесет година у међувремену променио улогу коју је имао у домену стручне активности Факултета приликом свог оснивања. У том смислу је подржана иницијатива управе Факултета да се део тадашњег Рачунског центра трансформише у Информациони центар. Из наведених разлога Катедра је покренула иницијативу за оснивање нове организационе јединице коју би чинили њени чланови. Тако је новонастали *Институт за нумеричку анализу и пројектовање конструкција* наставио традицију Инжењерског рачунског центра који је био пионир у анализи и пројектовању конструкција применом рачунара. У раду Института су од почетка били ангажовани сви чланови Катедре за техничку механику и теорију конструкција. У тренутку оснивања Институт је имао 20 чланова (14 доктора наука, три магистра наука и три дипломирана грађевинска инжењера). Поред обавеза у извођењу наставе на свим нивоима студија, чланови Института су наставили своје ангажовање у научноистраживачком раду бавећи се актуелним темама у вези са широким спектром анализе и пројектовања конструкција. Они су кроз овај Институт такође реализовали стручне активности на Факултету кроз сарадњу са привредом.

ДЕЛАТНОСТ ИНСТИТУТА ЗА НУМЕРИЧКУ АНАЛИЗУ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ КОНСТРУКЦИЈА

Организација рада и кадровска структура

Институт за нумеричку анализу и пројектовање конструкција, као и други институти, представља основну научноистраживачку јединицу на Факултету. У оквиру њега се научноистраживачка и високостручна делатност одвија кроз реализацију научноистраживачких пројеката, израду студија, експертиза, испитивања, мерења, израде и ревизије техничке документације у области грађевинарства.

Први управник Института, проф. др Бранислав Ђорић, ту функцију је обављао све до школске 2008/2009. године. Њега је наследила проф. др Мира Петронијевић која се на челу ИИП-а налазила од 2009. до 2015. године. Након ње управници Института били су доц. др Саша Стошић (2015–2018) и в. проф. др Марија Нефовска Даниловић (2018–2020), док је актуелни управник доц. др Станко Ђорић, који ту функцију обавља од почетка школске 2020/2021. године. У раду Института и даље су ангажовани сви чланови Катедре за техничку механику и теорију конструкција. Тренутно је то 13

доктора наука и осам мастер инжењера грађевинарства. Све информације о раду ИИП-а могу да се нађу на веб-страници <http://inp.grf.bg.ac.rs>.

Научноистраживачка делатност

Период до 1996. године¹

Од самог оснивања ИРЦ-а научноистраживачка активност била је веома интензивна. Она се одвијала кроз:

- ♦ израду докторских дисертација;
- ♦ реализацију научноистраживачких пројеката;
- ♦ публикавање радова у међународним и домаћим часописима;
- ♦ публикавање радова на научним скуповима и њихову организацију;
- ♦ организовање семинара за иновацију знања и припрему одговарајућег материјала;
- ♦ развој и усавршавање софтвера.

Теме истраживања у том периоду биле су веома шаренолике, али су се углавном односиле на следеће области:

- ♦ примена методе коначних елемената у прорачуну конструкција;
- ♦ понашање грађевинских конструкција при дејству земљотреса;
- ♦ динамичко понашање конструкција у флуидној средини;
- ♦ анализа стабилности линијских и површинских носача;
- ♦ нелинеарна анализа понашања бетонских и челичних конструкција;
- ♦ прорачун танкозидних носача;
- ♦ прорачун спрегнутих конструкција.

Један од главних циљева наведених истраживања и паралелно с њим и израде докторских дисертација био је развој и усавршавање одговарајућих софтвера. Зато може да се каже да је у то доба ИРЦ у тадашњој држави поседовао најквалитетнију библиотеку рачунарских програма из области грађевинарства. Ти програми су се користили за најсложеније нелинеарне нумеричке анализе при решавању научноистраживачких и стручних проблема.

У то доба је политика ИРЦ-а била да се успостави сарадња са познатим истраживачким центрима у свету како би, пре свега, млади истраживачи, отишли на студијско усавршавање и проширили своја знања. У том погледу се истиче сарадња са универзитетима у Лондону (*Imperial College*), Кардифу (*University College Cardiff*), Свонсију (*University of Wales*), Чикагу (*University of Illinois*), Сан Франциску (*University of California, Berkeley*).

Као што је већ напоменуто, у оквиру Инжењерског рачунског центра организовани су курсеви из иновације зна-

¹ Више детаља о периоду до 1996. године може да се нађе у Монографији насталој поводом 150 година наставе из области грађевинарства и географије у Србији.

ња из области техничке механике и теорије конструкција. Наиме, бурни развој рачунарске технике и одговарајућих нумеричких метода условио је да инжењери из праксе треба стално да иновирају своја знања и иду у корак с временом. Осим оваквих стручних курсева, ИРЦ је био и организатор међународних конференција. Треба истаћи међународну конференцију из области челичних конструкција која је 1986. године била одржана у Будви. Председник научног комитета конференције био је академик проф. др Никола Хајдин, а коорганизатори, поред Грађевинског факултета у Београду, били су Империјал колеџ из Лондона и Универзитет у Кардифу. На конференцији је учествовало преко 150 водећих стручњака из ове области из земље и иностранства, а изабране материјале са симпозијума штампала је реномирана издавачка кућа *Elsevier*. У оквиру ИРЦ-а су се реализовали и научни пројекти који су финансирани од стране ресорног државног министарства.

Период после 1996. године

На основу свега до сада изложеног може се закључити да су у периоду до 1996. године постигнути значајни научноистраживачки резултати на домаћем и међународном нивоу. С обзиром на потенцијал истраживача који су чинили ИРЦ, односно касније ИНП, интензивна научноистраживачка активност и вредни резултати настављени су и до данас.

Иако у овом периоду долази до наглог развитка комерцијалних програма из области грађевинског конструктерства, чланови Института су наставили активности у вези са развојем софтвера. Треба истаћи да су Ш. Дуница и С. Стошић непосредно учествовали у изради програма *Tower* домаће компаније *Радимџекс*. Тај програм је тренутно најкоришћенији софтвер за статичку и динамичку анализу конструкција у земљи и региону. Он је намењен за свеобухватну анализу утицаја у раванским и просторним конструкцијама, као и димензионисање бетонских, челичних и дрвених елемената.

Такође, С. Брчић је са својим сарадницима у научне сврхе развијао програм *ALIN*. Он је намењен за комплексну анализу просторних и раванских линијских носача састављених од решеткастих и гредних елемената, као и за анализу мостова са косим кабловима. Његове основне могућности јесу анализа по теорији првог реда, анализа по линеаризованој теорији другог реда, динамичка анализа и анализа стабилности у нееластичној области. Програм омогућава и свеобухватну статичку и динамичку анализу мостова са косим кабловима.

У оквиру истраживања из области развоја напредних модела у динамици конструкција, развијен је објектно оријентисан рачунарски програм *FREEVIB* у Пајтону, заснован на методи динамичке крутости (или методи спектралних елемената). Програм је настао као резултат истраживања у

оквиру докторских дисертација чланова Института (М. Нефовска Даниловић, М. Марјановић, Н. Коларевић). У програм су имплементирани сви до сада развијени спектрални елементи изотропних и ортотропних плоча, чиме је омогућена анализа слободних вибрација система плоча (плоче под углом, плоче са укрућењима и сл) са произвољним граничним условима, што је омогућило примену овог програма у динамичкој анализи инжењерских конструкција.

Истраживачке теме којима су се у наведеном периоду бавили чланови Института, а које су и тренутно актуелне јесу следеће:

- ♦ Вибрације од саобраћаја оквирних конструкција;
- ♦ Динамичка интеракција тла и темеља;
- ♦ Нелинеарне методе прорачуна конструкција;
- ♦ Нелинеарна анализа оквирних конструкција;
- ♦ Анализа стабилности оквирних носача;
- ♦ Стабилност челичних танкозидних носача под локалним оптерећењем;
- ♦ Утицај ветра на конструкције;
- ♦ Сеизмичка анализа армиранобетонских оквира са зиданом испуном;
- ♦ Сеизмичка анализа челичних рамова са полукрутним везама;
- ♦ Интеракција конструктивних и неконструктивних елемената при дејству земљотресног оптерећења;
- ♦ Нумеричка анализа композитних плоча и љуски применом методе коначних елемената;
- ♦ Прорачун спрегнутих конструкција од челика и бетона;
- ♦ Статичка анализа челичних јарбола применом методе коначних елемената;
- ♦ Циклична пластичност линијских носача са оштећењем;
- ♦ Нумеричка и експериментална анализа таваница од унакрсно-ламелираног дрвета;
- ♦ Изогеометријска анализа просторних криволинијских греда;
- ♦ Енергетска ефикасност у зградарству.

Наведена истраживања детаљније су описана у делу текста посвећеном Катедри за техничку механику и теорију конструкција. Као резултат тих истраживања у наведеном периоду је тринаест чланова Института урадило и одбрало своје докторске дисертације.

Овде треба нагласити да је добар део приказаних истраживања нашао директну примену у стручној пракси. Тако се, на пример, као резултат дугогодишње анализе проблема вибрација услед кретања шинских возила истичу две студије:

– *Геодинамичка анализа осејљивости објеката на дејство постојећих вибрација према постојећим стандардима и процена њихове осејљивости на дејство лаког метроа* (М. Петронијевић, М. Нефовска Даниловић). У оквиру ове студије је за потребе израде идејног пројекта лаког метроа

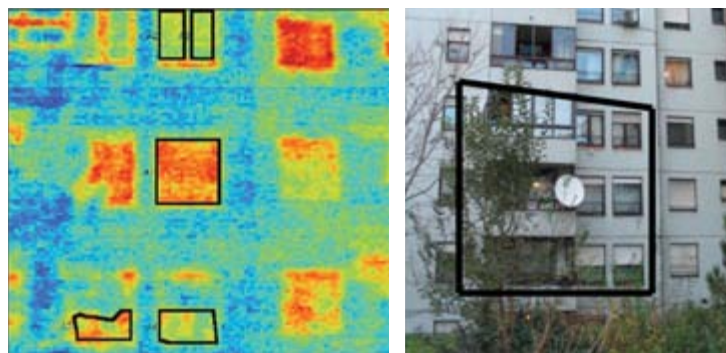
у Београду урађен пројекат мерења вибрација од саобраћаја дуж тада дефинисане трасе метроа и одређивање дејства вибрација на објекте и људе. То је урађено са циљем да се утврде основне карактеристике вибрација које су изазване постојећим саобраћајем дуж те трасе и њихово дејство на објекте и људе, као и да се изврши процена нивоа вибрација које би биле изазване саобраћањем лаког метроа.

– *Анализа преношења вибрација насталих услед кретања возова кроз Железничку станицу „Београд-центар” у Прокопу на постојећу конструкцију изнад перона на коти 105 (М. Петронијевић, С. Брчић, М. Нефовска Даниловић, З. Мишковић).* Циљ ове студије био је да се одговарајућом комбинацијом нумеричких модела и мерења на лицу места провери начин и ниво преношења вибрација услед кретања возова на постојећу конструкцију на коти 105 Железничке станице Београд-центар у Прокопу, као и да се нумерички провери и верификује ефикасност предвиђених измена у конструкцији горњег строја у смислу смањења вибрација.



Железничка станица Београд-центар у Прокопу

Последњих 15-ак година група истраживача ИНП-а предвођена Д. Шумарцем и његовим сарадницима С. Ђорићем и З. Перовићем бави се проблемима из области енергетске ефикасности у зградарству. Они су учествовали у изради Правилника о енергетској ефикасности зграда који је усвојен 2011. године, као и у изради угледног елабората и материјала за обуку у Инжењерској комори Србије. Поред тога, Институт је био ангажован и на истраживању карактеристика термичког омотача различитих типова објеката у Србији, са циљем утврђивања параметара за теоретско-нумеричке моделе, као и за потенцијалну енергетску санацију и економску исплативост таквих пројеката. Институт поседује адекватну опрему помоћу које су спровођена мерења температуре, влажности, тачке рошења, као и одговарајућа снимања термовизијском камером и термографским методама. Осим тога, експериментално су утврђивани вентилациони губици, а вршена су и експериментална мерења ефеката замене прозирних и непрозирних елемената термичког омотача. ИНП је у сарадњи са већим бројем релевантних држав-



Истраживање енергетске ефикасности зграда

них институција у фебруару 2005. године организовао велико саветовање под називом *Енергетска ефикасност зграда* са више од сто учесника. На њему су разматране актуелне теме у вези са могућношћу уштеде енергије унапређењем термичког омотача, начина енергетске санације грађевинских објеката, законском регулативом у земљи и окружењу, проценом исплативости повећања термичке заштите и друге.

Сарадња са привредом

Период до 1996. године²

Развојем рачунарске технике у оквиру ИРЦ-а стекла се могућност за решавање многих комплексних проблема који су раније са нумеричког аспекта сматрани нерешивим. Зато је од свог настанка Инжењерски рачунски центар успоставио веома интензивну сарадњу са привредом, о чему говоре многи сложени грађевински објекти у чијој су реализацији чланови ИРЦ-а пружили драгоцену помоћ. Основне карактеристике такве стручне активности запослених са Катедре за техничку механику и теорију конструкција су биле:

- ♦ сарадња кроз коју се утицало на промену метода и начина рада и на увођење инжењера из праксе у коришћење рачунара и одговарајућих програма;
- ♦ едукација и иновација знања из многих области теорије конструкција;



Нови железнички мост преко Саве у Београду

² Више детаља о периоду до 1996. године може да се нађе у Монографији насталој поводом 150 година наставе из области грађевинарства и геодезије у Србији.

- ◆ пружање услуга кроз непосредно решавање конкретних сложених проблема за које су потребна специјализована знања;
- ◆ стручна помоћ у виду консултација и експертиза.

Сигурно је да се најзначајнији вид научноистраживачког рада у сарадњи са привредом односио на анализу понашања и прорачун мостова великих распона. При томе треба истаћи да је дугогодишњи управник ИРЦ-а академик Никола Хајдин био аутор *Новой железничкој мосџи* преко Саве у Београду и *Мосџи слободе* преко Дунава у Новом Саду, док је академик Милан Ђурић био аутор *мосџи Газела* преко Саве у Београду.



Мост *Газела* преко Саве у Београду

Ова три моста су представљала врхунска остварења тадашњег југословенског, па и светског грађевинарства. У оквиру ИРЦ-а су за ту сврху урађене комплексне студије, као нпр.:

- ◆ Студија о статичко-деформацијском понашању моста *Газела* према теорији другог реда;
- ◆ Анализа напонско-деформацијских утицаја на мосту *Газела* пре пуштања моста у експлоатацију;
- ◆ Студија о статичко-деформацијском понашању главне конструкције Новог железничког моста преко реке Саве у Београду у оквиру идејног и главног пројекта;
- ◆ Анализа стабилности пилона Новог железничког моста преко Саве у Београду;
- ◆ Комплетна статичко-деформацијска анализа главне конструкције Моста слободе преко Дунава у Новом Саду;
- ◆ Анализа торзионих вибрација за Мост слободе у Новом Саду.

Осим наведених мостова, у назначеном периоду стручњаци ИРЦ-а су урадили студије и за друге значајне мостовске конструкције тог доба, као нпр. мост *Орашје* преко реке Саве, мост *Газиводе*, мост на реци Пиви преко акумулације ХЕ *Мрајшиње*, мост преко Саве код Остружнице и друге.

Треба нагласити велики допринос који су инжењери ИРЦ-а дали у области динамике конструкција. Наиме, после земљотреса у Скопљу 1963. године указала се потреба

за савременијим приступом у пројектовању и извођењу објеката који су изложени дејству сеизмичких сила. За ту потребу је у оквиру Инжењерског рачунског центра развијен један од првих програма за динамичку анализу високих грађевинских објеката у тадашњој Југославији. Наведени програм је годинама усавршаван тако да је добијен модеран софтвер који је имао могућност анализе линеарног и нелинеарног одговора конструкције. Овај програм је прилагођен прописима разних земаља, па је тако коришћен за прорачун већег броја сложених грађевинских објеката у земљи и иностранству (Совјетском Савезу, Либији, Алжиру, Чехословачкој итд.).

Такође је потребно истаћи значај истраживања у вези са прорачуном интеракције објекта и тла током осамдесетих година прошлог века. Анализа статичко-деформацијских утицаја у темељним конструкцијама које леже на тлу као еластичном полупростору, коришћењем сопствених програма, примењена је на многим објектима, нпр. код темељних конструкција већег броја солитера у Београду, темељних конструкција више објеката у ТЕ *Пљевља*, ТЕ *Колубара* и др. Урађене су и бројне студије које су се односиле на прорачун сложених конструкција и њихову интеракцију са тлом (нпр. прорачун конструкције тунела Дедиње у оквиру нове железничке станице у Београду, напонско-деформацијска анализа тунела *Мишелук* у Новом Саду, пројекат потпорне грађевине за хотел *Авала* у Будви и др.).

Сарадња са привредом у Инжењерском рачунском центру често се одвијала и кроз пружање услуга при решавању конкретних проблема грађевинске струке. Најчешће су то били специјални објекти који су захтевали студијски рад. То су, пре свега, биле бране, силоси, резервоари, подземне конструкције, кровне конструкције хала и дворана, антенски стубови, димњаци, расхладни торњеви и др. Овде се наводе само неке од важнијих студија које су урађене за такве објекте: Статичка и динамичка анализа бране *Грахово* и бране *Модрац*; Статичко-деформацијска анализа челичног силоса запремине $15\,000\text{ m}^3$ у Алуминијумском комбинату у Подгорици; Статичко-деформацијска анализа за више подземних објеката за потребе ЈНА, Анализа статичко-деформацијских утицаја хиперболично-параболичне кровне љуске затвореног базена Спортског центра *25. мај* у Београду; Статичко-деформацијска анализа димњака висине 210 m у Обреновцу и многе друге.

Стручњаци ИРЦ-а су учествовали у санацији многих грађевинских објеката у земљи и иностранству, при чему се ова активност најчешће односила на утврђивање узрока оштећења и на предлагање мера за санацију конструкције. Тако су, на пример, после земљотреса у Црној Гори 1979. године израђени пројекти санације за већи број оштећених објеката.

На крају краћег приказа сарадње са привредом до краја 1996. године треба напоменути да су се чланови ИРЦ-а, осим студијског рада у вези са анализом конструкција, бавили и пројектовањем сложених објеката. Тако је нпр. М. Секуловић био аутор конструктивног решења хотела *Космос* у Москви. Б. Ђорић је са сарадницима био одговорни пројектант конструкције фабрике коже у Осташкову (Русија), која је са површином од преко 40 000 m^2 у то време била једна од највећих фабрика те врсте у свету.



Фабрика коже у Осташкову, Русија

Период после 1996. године

И у овом периоду су се наставиле стручне активности чланова Катедре за техничку механику и теорију конструкција, прво кроз Инжењерски рачунски центар, а затим и кроз Институт за нумеричку анализу и пројектовање конструкција. Иако су из објективних разлога смањени обим и величина послова, и даље је Институт имао важну улогу у реализацији завидног броја грађевинских објеката. У оквиру овог текста дат је преглед таквих пројеката у којима је остварена сарадња са привредом.

Институт за нумеричку анализу и пројектовање конструкција обавио је испитивање саниране конструкције Моста слободе кога су у априлу 1999. године срушиле две ракете „томахавк” лансиране од стране НАТО пакта. Мост је система са косим кабловима, са два челична пилона висине 60 m који су на размаку од 351 m . Главна конструкција моста је укупне дужине $L = 60 + 60 + 351 + 60 + 60 = 591 m$. Прилазне конструкције моста су спрегнуте са распонима $4 \times 60 m$ са једне стране и $3 \times 60 m$ са друге стране главне конструкције моста. Руководилац посла је био тадашњи управник ИНП-а Б. Ђорић, а поред чланова овог Института у испитивању су учествовали и чланови Института за материјале и конструкције и Института за геодезију и геоинформатику Грађевинског факултета у Београду. Испитивање је обављено у септембру 2005. године. Мост је испитиван под пробним статичким и динамичким оптерећењем у складу са важећим стандардима. Циљ испитивања је био да се утврди да ли нова санирана конструкција моста испуњава услове да може да се пусти у саобраћај.

Осим овог моста, ИНП је у протеклом периоду обавио испитивања још преко шездесет већих и мањих мостовских конструкција. Поред запослених у Институту, у испитивањима су учествовале и колеге из Лабораторије за испитивање конструкција Грађевинског факултета, као и други спољни сарадници. Обављено је испитивање моста преко реке Саве код Остружнице у фази монтаже и пре пуштања у саобраћај. Истичу се и испитивања под пробним статичким и динамичким оптерећењем осам друмских мостова Сектора IV ауто-пута Добановци – Бубањ Поток у оквиру обилазнице око Београда. Испитивано је и десет мостовских конструкција на ауто-путу *E-75*, деоница Печењевце–Грабовница, два моста на ауто-путу *E-80*, деоница Комрен–Просек, четири надпутњака на ауто-путу *E-75*, деоница Нови Сад – Београд, више мостова на магистралним путевима Ниш–Димитровград, Појате–Чачак, као и многе друге мостовске конструкције.

У протеклом периоду у Институту за нумеричку анализу и пројектовање конструкција урађене су студије и пројекти за многе важне објекте у нашој земљи. Тако су дуги низ година рађени пројекти и студије за различите фазе изградње нове железничке станице *Београд центар* у Прокопу. Прво су урађени главни пројекат бетонске конструкције, извођачки



Испитивање Моста слободе преко Дунава у Новом Саду

пројекат и сеизмички прорачун дела централне зграде железничке станице Београд центар између оса 3 и 3' и између IV и VI перона. С обзиром на то да радови на изградњи станице нису текли предвиђеном динамиком, касније је урађен Елаборат статичке провере носивости конструкције на коти 105 са проценом могућности максималне носивости за изградњу објекта на овој плочи. Носиоци свих ових послова били су С. Брчић и Б. Ђорић. Као што је већ речено, ИНП је радио и анализу простирања вибрација насталих услед кретања возова кроз железничку станицу *Београд центар* у Прокопу на постојећу конструкцију изнад перона на коти 105.

У протеклом периоду значајна стручна активност посвећена је санацији зграде Дома Народне скупштине у Београду, објекта који је изграђен 1937. године и који спада у монументалне објекте под културно-историјском заштитом. Институт за нумеричку анализу и пројектовање конструкција преузео је задатак да изради ауторизован програм, пројектни задатак и идејно решење санације конструкције објекта Дома Народне скупштине у Београду. Циљ ове документације био је да се дође до трајног решења проблема слегања и проблема дугорочне динамичке стабилности и статичке одрживости конструктивног система објекта са контролом сеизмичке отпорности при програмираним и очекиваним сеизмичким утицајима. На основу овог документа, тј. у складу са пројектним задатком, под руководством Б. Ђорића и Р. Мандића урађени су и следећи идејни пројекти санације појединих делова конструкције објекта:

- ♦ Идејни пројекат ојачања велике куполе и малих купола, ојачања целокупне конструкције крова и сеизмички лабилних делова зидова у тавану изнад велике и мале сале;
- ♦ Идејни пројекат санације дела конструкције Дома Народне скупштине у Београду, односно санације конструкције подрума, приземља првог и другог спрата;
- ♦ Идејни пројекат за санацију темељног дела конструкције Дома Народне скупштине у Београду.



Санација конструкције Дома Народне скупштине у Београду

Осим наведених пројеката, Институт је обавио и посао испитивања конструкције санираних јарбола на платоу испред зграде Скупштине Србије.

У Институту за нумеричку анализу и пројектовање конструкција велики број активности односио се на реконструкције и санације различитих врста објеката. Овде се наводи неколико послова у вези са објектима који су били оштећени или срушени током бомбардовања 1999. године:



Реконструисан објекат у ул. Немањина бр. 9 у Београду

- ♦ Ревизија пројекта санације оштећеног дела објекта пословног центра *Ушће* (бивше зграде ЦК) у Београду, под руководством С. Стошића и Љ. Савића. Објекат је био значајно оштећен бомбардовањем 1999. године и санација је обухватала довођење објекта у стање пре бомбардовања;
- ♦ Експертско мишљење са предлогом мера санације конструкције више војних објеката (КН-54, КН-55) у касарни *Дедиње* Београд, који су оштећени при НАТО бомбардовању;
- ♦ Управљање пројектом Реконструкција објекта у Немањиној улици бр. 9 у Београду. У оквиру тога је спроведена санација и реконструкција са надградњом и доградњом објекта изграђеног 1940. године за потребе Министарства грађевина, а који је оштећен за време НАТО бомбардовања 1999. године. Објекат је пројектован и изведени су радови како би имао сеизмичку отпорност за осми степен *MCS* скале. На основу потписаног уговора, Р. Салатић је у име ИНП-а координисао све учеснике и активности у реализацији санације и давао предлоге за експертска мишљења за специфичне проблеме током реконструкције наведеног објекта.

Треба истаћи да је под руководством Ш. Дунице урађено неколико пројеката у вези са реконструкцијом аеродрома *Никола Тесла* (тада аеродрома *Београд*). То су, пре свега, идејни и главни пројекат конструкције *Терминала 2* за потребе његове реконструкције. Такође су урађени и главни пројекат конструкције *VIP*-а и главни пројекат кон-

Реконструисан Терминал 2 аеродрома *Никола Тесла* у Београду

струкције везног дела између *Терминала 1* и *Терминала 2* у оквиру реконструкције аеродрома.

У оквиру Института израђена је пројектна документација грађевинско-архитектонског решења Дистрибутивног центра предузећа *Fresh & Co* из Суботице. Прво су урађени идејни и главни архитектонско-грађевински пројекти за неколико значајних подсистема центра, као и саобраћајних и манипулативних површина на целокупном комплексу. Затим су урађени и главни грађевински пројекти фундамента складишта и подова са нивелацијом у неколико објеката подсистема Дистрибутивног центра. Носилац ових послова био је Б. Пујевић. Он је, такође, аутор и Студије грађевинско-архитектонског решења Центра за логистику а. д. *Књаз Милош* из Аранђеловца у оквиру које су урађени главни пројекти четири хале тог центра. Такође је израђена и студија са неопходним пројектима саобраћајних и манипулативних површина у оквиру комплекса *Књаз Милош* из Аранђеловца.

За потребе хотела *Hyatt Regency* у Београду ИНП је урадио значајне послове у вези са реконструкцијом стаклене фасаде и санације крова хотела. Прво је урађена Експертиза о солидности објекта хотела са аспекта фасаде, микроклиме и звучне изолације. На основу тога је урађен

Реконструкција стаклене фасаде хотела *Hyatt Regency* у Београду

пројекат реконструкције стаклене фасаде и израђена је тендерска документација за њену санацију. Током извођења радова давале су тражене консултантске услуге и вршен је пројектантски надзор. Осим тога, урађена је и студија о стању носеће челичне кровне конструкције над главним улазом у хотел.

Током 2020. године тим Института на челу са М. Марјановићем израдио је типски пројекат челичне конструкције анемометарског стуба (јарбола) висине 160 *m* са контролним прорачуном. На основу овог пројекта крајем 2020. изведен је анемометарски стуб за одређивање енергетских потенцијала ветра на територији општине Алибунар, на локалитету Николинци, у циљу развоја будућег ветропарка *Банайи-2*. Изведени јарбол највиша је конструкција овог ти-па у нашој земљи.



Анемометарски стуб на локалитету Николинци

Значајан део активности посвећен је специфичним проблемима за које је било потребно применити теоријска знања која поседују стручњаци Института. Тако је, на пример, урађен прорачун напонско-деформацијског стања цевовода на Бранковом мосту и мосту *Газела* у Београду. Треба споменути и геодинамичку анализу осетљивости објекта на дејство постојећих вибрација и процена на њихову осетљивост на дејство лаког метроа у зони трасе која је тада била актуелна. Обављен је и посао нострификације и реатестирања челичне конструкције увезене из НР Кине ради уградње у објекте ЈП *Елекџроисџок*.

Стручњаци ИНП-а, под руководством М. Петронијевић, бавили су се и пројектовањем резервоара чисте воде, где се истичу резервоар *Јулино брдо* (основе 36 x 36 *m* и 42 x 24 *m* подигнуте на стубовима висине 6 *m*, запремине 2 x 5 000 *m*³) и резервоар *Лийовац* (запремине 2 x 2 500 = 5 000 *m*³) за које је урађен Главни пројекат конструкције. У оквиру њега је по-

себна пажња била посвећена статичком прорачуну армиранобетонске конструкције резервоара, динамичкој анализи дејства земљотреса на конструкцију резервоара са узимањем у обзир хидродинамичког дејства воде, као и одговарајућем прорачуну фундарања.

Треба навести да је делатност Института везана и за пројектовање стамбених и пословних објеката. Овде се истичу главни пројекти конструкција пословних објеката у Вишњићевој бр. 8 и у улицама Рајићева 27–29 и Цара Лазара бр. 2 у Београду. Такође се наводе и израде комплетне техничко-пројектне документације за два објекта Пореске управе (филијале у Смедереву и на Вождовцу).

У протеклом периоду је урађен и већи број пројеката санације различитих грађевинских објеката. Овде се истичу само неки од њих: Главни пројекат санације зграде Медицинског факултета Универзитета у Крагујевцу; Главни пројекат санације кровне конструкције објекта затвореног базена у Обреновцу са свим потребним детаљима за извођење; Пројекат ојачања постојеће конструкције објекта у Улици краља Милутина бр. 6 у Београду; Измена и допуна Главног пројекта санације конструкције Основне школе „Марко Орешкових“ на Новом Београду; Пројекат реконструкције постојећег објекта котларнице у Клиничком центру Србије. На основу спроведених експерименталних испитивања израђен је и пројекат санације међуспратне конструкције приземља анекса зграде МУП-а у Улици мајке Јевросиме бр. 33 у Београду.

Сарадња ИНП-а са другим грађевинским фирмама и привредним субјектима одвијала се и кроз давање стручних мишљења и израду одговарајућих студија. У оквиру овог прегледа стручних активности наводе се нека од стручних мишљења која су рађена ради решавања различитих проблема у пројектовању и извођењу грађевинских конструкција: Стручно мишљење о могућности коришћења фасадног стакла на објекту *Delta City* на Новом Београду; Извештај о узроку појаве оштећења и деформација на подовима у три школе у Обреновцу; Стручно мишљење о структурном саставу старог силоса клинкера цементаре у Поповцу; Стручно мишљење о начину извођења монтажано-монолитизираних на лицу места АБ плоча мостовских конструкција; Студија са експертским мишљењем о узроцима хаварије током пробног испитивања *Дунавског водоводника* – Нови Сад. Треба навести да је урађено и више студија у вези са понашањем стамбених и пословних објеката при дејству земљотреса, као и евентуалној могућности њиховог надзиђивања. Што се тиче динамичких анализа, треба споменути Студију динамичких карактеристика темеља машине – млина у постројењу за млевење угља за ротациону пећ у фабрици цемента у Беочину. Исто тако је обављена и динамичка анализа складишта радиоактивног отпада у Винчи, који спада у објекте „ван категорије“. Стручњаци Института су такође радили студије у вези са проценом стабилности објеката (нпр.

Института за реуматологију у Београду) и давали стручна мишљења о узроцима слегања и појавама пукотина на различитим објектима. Занимљиво је споменути и израђену Студију могућности адаптације грађевинске конструкције у циљу уградње покретног степеништа у објекту *Планеи* у Кнез Михаиловој улици; Стручну анализу узрока пада спуштеног плафона у Специјалној затворској болници и Стручно мишљење на концепт грађевинске конструкције за пословно-стамбени комплекс са гаражама, на локацији *Марине Дорћол* у Београду.

Поред већ наведених испитивања мостовских конструкција, Институт је учествовао и у испитивањима других грађевинских конструкција, као нпр. испитивању елемената конструкције објекта *Навиј* у Београду којим је руководио Д. Шумарац. Осим тога, издвајају се и: испитивање и статичка анализа челичног силоса у цементари у Поповцу; испитивање квалитета материјала за објекат Фабрика чврстих фармацеутских препарата у *Галеници* и испитивање телескопских трибина на коти борилишта Београдске арене.

Једна од главних стручних делатности Института за нумеричку анализу и пројектовање конструкција у претходном периоду односила се на техничку контролу пројеката. У оквиру тога се истиче стручна контрола дела главног пројекта за објекте који припадају технолошкој линији система термоелектране Станари, као и техничка контрола главних пројеката реконструкције електрофилтера и система за отпепељавање на ТЕ *Колубара А*, блок 5, које је урадио Б. Пујевић.



Термоелектрана Станари у Републици Српској

Урађене су и техничке контроле главних пројеката за неколико значајнијих инфраструктурних објеката: за магистрални пут *М-5*, Ужице–Чачак, деоница: обилазак Овчар Бање; за реконструкцију магистралног пута *М-21*, деоница Борова Глава – Увац; за санацију тунела *Шариан – Комин* и др. којима је руководио Ђ. Вуксановић. Осим тога треба

издвојити и техничке контроле: Главног грађевинског пројекта санације клизишта на ауто-путу *E-75* Београд–Ниш, локација Колари; Главног пројекта за раздвајање друмског и железничког саобраћаја на друмско-железничком мосту преко реке Саве – *Сремска Рача*; Главног пројекта *ТС 110/10* кV Београд 36 *Обилић*; Главног пројекта реконструкције магистралног топловода *М6* преко моста *Газела*; Идејног и Главног пројекта за изградњу санационих дренажа у Рафинерији Нови Сад; главних пројеката телескопских трибина у Београдској арени, као и техничку контролу техничке документације израђене у току изградње бране *Првонек*. Техничке контроле рађене су и за главне пројекте санације мостова (нпр. висећег моста на Западној Морави у Трстенику), конструкције спортских хала (нпр. хале у Петровцу на Млави), јавних зграда (нпр. више основних школа, дела зграде Завода за мере и драгоцене материјале), као и већег броја конструкција стамбених зграда и пословно-стамбених објеката.

Институт је учествовао и у стручном надзору при изградњи и санацији различитих грађевинских објеката. Овде се

наводе стручни надзори: над извођењем радова реконструкције ентеријера корисничког дела Народне библиотеке Србије; над извођењем радова на санацији и адаптацији зграде Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду; над извођењем радова на одржавању Учитељског факултета Универзитета у Београду; над извођењем радова на санацији Основне школе *Марко Орешковић* на Новом Београду; над извођењем радова на реновирању дела штампарије ЈП *Службени гласник* у Београду; стручни надзор монтаже модуларне конструкције паркиралишта на два нивоа *Fast park* на локацији Ада Циганлија, као и стручни надзори над извођењем радова на санацији и реконструкцији неколико зграда основних школа у Србији.

На основу приказане анализе стручних активности, може се закључити да је у претходном периоду Институт за нумеричку анализу и пројектовање конструкција имао значајну улогу у реализацији многих грађевинских објеката. Може се очекивати да ће се у будућности та активност још више интензивирати и да ће чланови Института дати запажен допринос развоју грађевинарства у нашој земљи.