

ИНСТИТУТ ЗА МАТЕМАТИКУ, ФИЗИКУ И НАЦРТНУ ГЕОМЕТРИЈУ

ИМФНГ

УВОД

Научноистраживачки и стручни рад наставника и сарадника који предају предмете из области математике, техничке физике, нацртне геометрије одвија се и кроз Институт за математику физику и нацртну геометрију. Како Институт никада практично није имао ненаставно особље, сви чланови Института увек су били и чланови истоимене Катедре, њихови састанци одржавани су заједно, а активности су се преклапале. У овој монографији је научноистраживачки и стручни рад наставника и сарадника зато представљен делом кроз опис рада Катедре, а делом кроз опис рада Института.

Историјски развој Института до 1996. године

Реорганизацијом Факултета 1977. године, формира се Завод за математику, физику и друштвене науке, чији су чланови наставници и сарадници који предају предмете из области математике, физике, нацртне геометрије и друштвених наука, а који се састојао из кабинета за поједине предмете, а у оквиру кога су се одвијали наставни, научноистраживачки и стручни рад. У оквиру овог Завода се 1979. године формира Лабораторија за примењену физику и електронику коју оснива проф. др Миливије Симић уз пуну подршку тадашњег руководства Факултета на челу са проф. др Миодрагом Секуловићем, као и професора др Николе Хајдина и др Саве Јањића, што омогућава да се на Факултету одвија експериментални рад из техничке физике и електронике. Лабораторија настаје у делу просторије 335, где се премешта Кабинет за техничку физику и основе електронике, а затим се, надзиђивањем дела терасе у продужетку просторије 335, ствара и мања приручна радионица за израду појединих делова апаратура и уређаја који се развијају. Део опреме за Лабораторију набавља се из средстава Факултета, а део је уступљен од стране Завода за физику техничких факулте-

та, у оквиру кога су наставници и сарадници Кабинета за техничку физику и основе електронике углавном до тада сарађивали на изради апаратура за вежбе и у научно-истраживачким пројектима. Кроз међународну сарадњу проф. Миливоја Симића са Центром за нуклеарна истраживања у Јилиху (Немачка) добијен је и део опреме за фундаментална истраживања из физике и она је била смештена у адаптирани магацински простор (просторија 340). Бољи услови за рад чланова Завода омогућени су и проширивањем Кабинета за математику, као и постепеним опремањем свих кабинета првим рачунарима.

Од Завода 1988. године настаје Институт за математику, физику, нацртну геометрију и општеобразовне предмете и његови чланови тада припадају Катедри за математику, физику и нацртну геометрију и Катедри за општеобразовне предмете. Ове катедре су практично и тада радиле заједно, а од 1993. године постају јединствена Катедра за математику, физику и друштвене науке.

Од великог значаја за развој Института, и Лабораторије унутар њега, у овом периоду јесте интерни конкурс за мултидисциплинарне теме од значаја за грађевинску и геодетску струку који у току 1988. и 1989. године расписује Грађевински факултет са циљем да се стимулише међукатедарска сарадња у научно-истраживачком раду и да се окупе наставници и сарадници различитих струка на заједничким пројектима од значаја за Факултет у целини. У њему су учествовали скоро сви тадашњи наставници и сарадници Института и из њега је у оквиру Лабораторије за примењену физику и електронику проистекло више од 15 уређаја и мерних система за потребе заједничких научних и стручних пројеката са Институтом за хидротехнику, Институтом за материјале и конструкције, Институтом за геодезију и Институтом за саобраћајнице и геотехнику. Детаљнији опис ових уређаја дат је у претходној Монографији, али и кроз научне и стручне радове чланова Института.

ДЕЛАТНОСТ ИНСТИТУТА ЗА МАТЕМАТИКУ, ФИЗИКУ И НАЦРТНУ ГЕОМЕТРИЈУ ОД 1996. ГОДИНЕ

Институт за математику, физику и нацртну геометрију добија садашње име 1998. године. Увођењем предмета Грађевинска физика у наставу 1996. године, али и у научна и стручна истраживања, поред проблематике сензора и мерења, Лабораторија за примењену физику и електронику почиње да развија и мерне системе из области акустике, термике и влажности у зградама да би се за потребе развоја ове области 1997. године. оформила нова Лабораторија за грађевинску физику.

Рад Института се одвија највише кроз рад лабораторија, кроз организацију припремне наставе за будуће студенте грађевинарства и геодезије и осталих техничких факултета, али и кроз пројекте и радионице којима се врши унапређење наставе.

Списак наставника и сарадника који су у периоду од 1996. године до данас били чланови Института потпуно је исти као и списак чланова Катедре за математику, физику и нацртну геометрију за овај период, па овде неће бити посебно дат.

АКТИВНОСТИ ЛАБОРАТОРИЈА У ОКВИРУ ИНСТИТУТА

У оквиру Института постоје две лабораторије – Лабораторија за електронику (настала од Лабораторије за примењену физику и електронику) и Лабораторија за грађевинску физику, које су првенствено наставне и научноистраживачке лабораторије, али које се користе и у оквиру стручних пројеката. Ове лабораторије се допуњују у раду и користе доста заједничке опреме.

Лабораторије у оквиру Института за математику, физику и нацртну геометрију баве се:

- ♦ развојем и осавремењивањем апаратура (хардвера и софтвера) које се користе у оквиру лабораторијских вежби за предмете из оквира Кабинета за техничку физику;
- ♦ развојем сензора и мерних система који се користе за научноистраживачки рад и израду мастер и специјалистичких радова и докторских дисертација студената, у оквиру сарадње са другим катедрама и институтима Грађевинског факултета, као и сарадње са другим техничким факултетима и институтима Универзитета у Београду у оквиру мултидисциплинарних истраживања
- ♦ реализацијом научних и стручних пројеката.

Велики број апаратура и мерних система био је развијен до 1996. године, под руководством проф. Миливоја Симића. Захваљујући његовом активном раду и после пензионисања пуних 15 година, у Кабинету за техничку физику и лабораторијама Института, развој различитих мерних система кроз

Лабораторију се наставио уз пренос његовог огромног знања и искуства на остале наставнике и сараднике Кабинета за техничку физику, што је било од непроцењивог значаја.

Од 2018. године уведена је и награда из Фонда проф. др Миливоја Симића, којом се награђује студент свих нивоа студија за најбољи рад урађен у сарадњи са лабораторијама за електронику и грађевинску физику. Овај фонд је основала породица проф. Миливоја Симића и кандидати се бирају у сарадњи са члановима Кабинета за техничку физику.

Лабораторија за електронику

Лабораторија за електронику поседује различите изворе једносмерних и наизменичних напона и струје, осцилоскопе за испитивање карактеристика електричних сигнала, различите типове електричних и оптоелектронских компоненти и сензора, аквизиционе модуле, китове за развој и карактеризацију сензорских система, спектрофотометар, већи број мултиметара различитих врста и различите алате и машине у оквиру мале радионице.

У периоду после 1996. године развијено је више лабораторијских вежби за потребе предмета Основи електронике, Електроника у геодезији, Мерење неелектричних величина у грађевинарству и Физичке основе даљинске детекције. Развијене су вежбе: Одређивање спектралних карактеристика фотодетектора (В. Георгијевић, Љ. Брајовић, Д. Голубовић), Мерење малих помераја коришћењем сензора на бази оптичких влакана (М. Симић, Љ. Брајовић), Аквизиција и обрада сигнала са сензора (М. Маловић, Љ. Брајовић), Мерење релативне влажности ваздуха на бази система капацитивних сензора (М. Симић, Љ. Брајовић), Анализа рада астабилног мултивибратора и Одређивање параметара Тевененовог генератора помоћу програмског пакета СПАЈС (*SPICE*) (М. Давидовић), Експериментално одређивање карактеристика *NTC* термистора и мерење температуре (М. Симић, Г. Тодоровић).

За потребе израде докторских дисертација и домаћих и страних научних пројеката и стручних пројеката развијено је и примењено више мерних уређаја.

Међу њима је од посебног значаја био аквизициони систем (1998. године) за прикупљање и основну обраду напонских сигнала са сензора са оригиналним софтвером (М. Маловић) и електроником за прилагођење сигнала са сензора (М. Симић, Љ. Брајовић).

Систем је коришћен и у оквиру лабораторијских вежби, али и за експериментална мерења у оквиру израде четири доктората у сарадњи Грађевинског и Технолошко-металуршког факултета и при изради стручних елабората. Пре набавке професионалних аквизиционих система у оквиру Института овај систем је примењиван код свих научних и стручних пројеката у којима је вршена нека врста аквизиције мерних сигнала.

Развијен је оригиналан систем за мерење сила затезања у ужадима која носе кровну конструкцију Спортске дворане на Новом Београду (аутори М. Симић, Љ. Брајовић, М. Маловић). Овај систем се састојао од акцелерометра који се помоћу адаптиране штапаљке причвршћивао на испитивану ужад која су ручно побуђивана на осциловање и вршена је аквизиција сигнала добијених са акцелерометра. Применом брзе Фуријеове трансформације одређивана је резонантна учесталост осциловања, а преко ње и сила затезања. Ово је био један од првих стручних пројеката у оквиру Грађевинског факултета где је коришћена аквизиција сигнала на самом градилишту и омогућио је да се за седам дана измери сила затезања на преко 700 ужади. Добијени резултати приказани су у оквиру стручног *Извештаја о измереним вредностима интензитета сила у ужадима каблова хале спортова на Новом Београду*.

Уређај на бази четири ЛЕД диоде као светлосних извора и четири фотодетектора на бази фотодиода (2000. године) са могућношћу контроле интензитета оптичких сигнала и осетљивости фотодетектора у великом опсегу направљен је и намењен и за лабораторијске вежбе и за научни рад (М. Симић, Љ. Брајовић, М. Маловић). Коришћен је у току израде више докторских дисертација, за мерења промена интензитета оптичких сигнала са фиброоптичких сензора интензитетног типа уграђених у композитне материјале који се излажу различитим механичким напрезањима. Овај уређај је коришћен и као део мерног система на бази уграђених оптичких влакана и графитних сензора за детекцију настанка пукотина у бетонским гредама, што је рађено у сарадњи Грађевинског факултета са Институтом за материјале Србије.

За потребе праћења замора композитних штапова у реалном времену помоћу уграђених оптичких влакана (2000. године) развијен је електромагнетски систем за побуђивање штапова на осциловање како би се симулирао њихов нискофреквентни замор (Љ. Брајовић, М. Симић).

Оптоелектронски мерни систем за мерење малих помераја на бази позиционо осетљивог детектора (ПСД) развијен је за мерење угиба и издужења шине при динамичким и температурским напрезањима и за мерења крутости шине у колосеку (Љ. Брајовић, С. Петричевић са Електротехничког факултета).

Развијен је оригинални мерни систем за бежично мерење вибрација на грађевинским објектима у реалном времену (2013. године), на бази мреже МЕМС акцелерометара (М. Маловић, Љ. Брајовић), са оригиналним оперативним системом (М. Маловић) и системом за допуњавање енергије на бази соларних ћелија. Посебно је обрађена пажња на временску синхронизацију удаљених сензора у оквиру мреже, малу потрошњу енергије и софтверске корекције температурске осетљивости и осне кроссензитивности самих акцелерометара. Систем је испитан у лабораторијским ус-

ловима, на мостовима и посебно за мерење угиба шинских прагова под саобраћајем.



Мерни систем за истовремено мерење, аквизицију и почетну обраду сигнала са 18 термисторских сензора који је намењен мерењу расподеле температуре на површини шина и сл. (Љ. Брајовић, Н. Мирковић са Катедре за путеве, аеродроме и железнице, 2019. године) примењен је на терену, за одређивање и моделовање температурског напрезања у шинама.



Детаљан опис ових система и резултата њихове примене објављен је у великом броју радова у иностраним и домаћим часописима, као и на конференцијама.

Као резултат научноистраживачког рада и коришћења развијених апаратура проистекло је око десет техничких решења међу којима су најзначајнија:

- ♦ Р. Алексић, Д. Митраковић, В. Радојевић, П. Ускоковић, А. Којовић, М. Зрилић, Д. Стојановић, П. Стајчић, Д. Трифу-

новић, Љ. Брајовић, *Технологија израде свейловодних влакана у облику некохерентних снојова полимерних оптичких влакана*, 2009, кат. М83;

- ♦ З. Мишковић, М. Маловић, Љ. Брајовић, *WI-Асс – Систем за конструкцијски мониторинг убрзања применом бежичних комуникација (Wireless Acceleration Structural Monitoring System)*, Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2010, кат. М83;
- ♦ С. Петричевић, Љ. Брајовић, Л. Милосављевић, М. Маловић, П. Михаиловић, *Систем за оптиоелектронско мерење угиба шине при квазистатичким оптерећењима*, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, 2013, кат. М85.

По одласку проф. Миливоја Симића у пензију, руководилац Лабораторије за електронику је в. проф. Љиљана Брајовић, а чланови Лабораторије су сви наставници и сарадници Кабинета за техничку физику.

Лабораторија за грађевинску физику

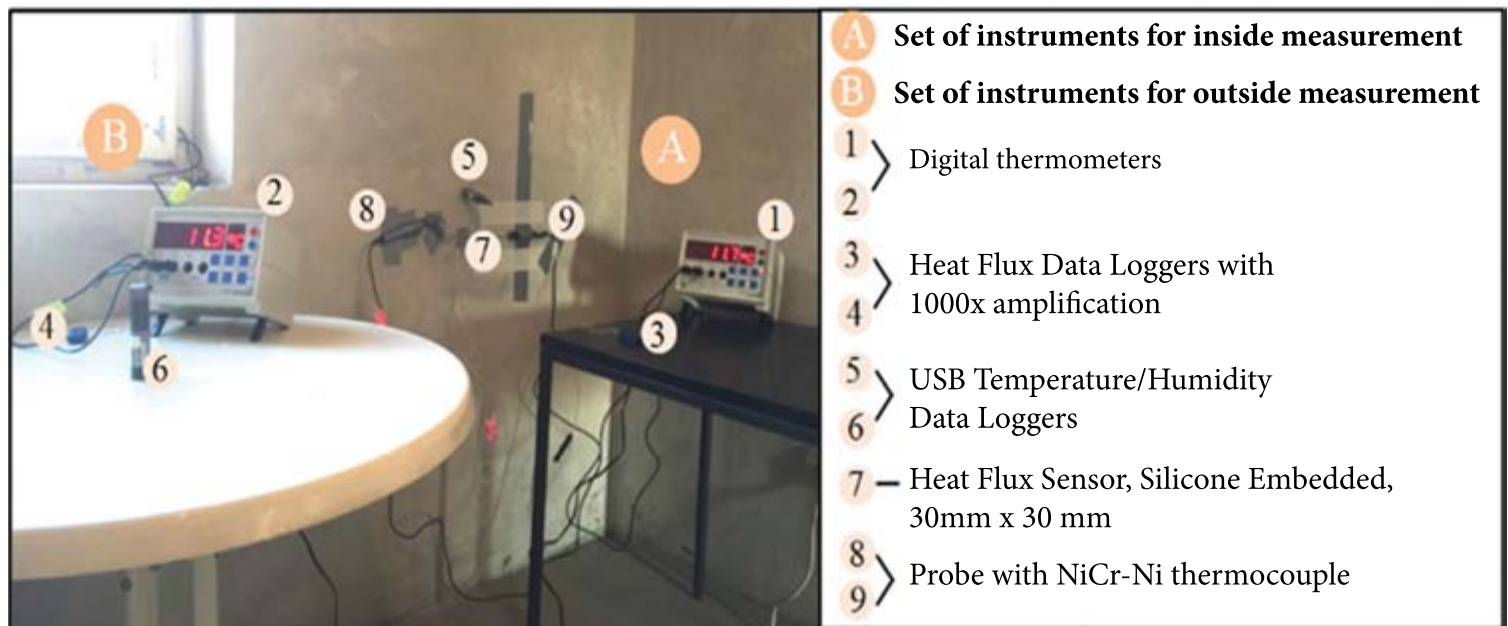
Лабораторија за грађевинску физику намењена је за развој мерне опреме и система за мерење термичких величина, температуре, топлотног флукса, релативне влажности, мерне опреме и система за мерење осветљености у зградарству, мерне опреме и система за мерења у акустици, тј. времена реверберације просторија. Развијена опрема се користи и за наставне потребе предмета Грађевинска физика и Термика грађевинских објеката. Лабораторија поседује мерну опрему за мерење топлотне проводности материјала, времена реверберације просторија, мерење осветљености просторија, мерење релативне влажности ваздуха и мерење топлотног флукса. За потребе прикупљања мерних података написан је софтвер за аквизицију PC RS232 портова.

Један од резултата научноистраживачког рада јесу техничка решења објављена у периоду од 1996. године:

- ♦ Р. Госпавић, Г. Тодоровић, Д. Шумарац, М. Ђуровић, *Софтвер за симулацију нестационарних термичких и дифузионих процеса*, Грађевински факултет, 2010, кат. М85 – Ново прихваћено техничко решење у области грађевинарства;
- ♦ Г. Тодоровић, Р. Госпавић, З. Петојевић, *Софтверско-хардверско решење за естимацију термалног импулсног одзива вишеслојној равной зиди*, Грађевински факултет, 2021, кат. М81 – Ново техничко решење примењено на међународном нивоу.
- ♦ Р. Госпавић, Г. Тодоровић, М. М. Мирковић, Љ. Брајовић, *Софтверско-хардверско решење за одређивање термалних одзивних фактора за вишеслојни равански зид коришћењем Гринових функција*, Грађевински факултет, 2021, кат. М81 – Ново техничко решење примењено на међународном нивоу.

У представљеним техничким решењима (2, 3) развијена је нумеричка процедура, одговарајући софтвер и мерна опрема (хардвер) за одређивање трансфер функција и одзивних фактора за вишеслојну планарну структуру непознатих термалних и геометријских параметара коришћењем искључиво *in-situ* мерења површинске температуре и термалног флукса са обе стране преграде у динамичком режиму. За потребе практичне демонстрације развијеног метода и примене софтвера за естимацију трансфер функција и одзивних фактора, извршена су мерења површинских температура и топлотних флуксева са унутрашње и спољашње стране омотача једне стамбене зграде на територији Београда.

У оквиру Института 2016. године развијен је мерни систем за истовремено мерење топлотних флуксева и температура на равним грађевинским преградама непознатих



карактеристика и реализована *in-situ* мерења која су коришћена за израду докторске дисертације *Оптимизација грађевинских мера у циљу смањења потребне енергије за грејање у стамбеним зградама* на Грађевинском факултету.

Из области грађевинске физике урађено је више стручних пројеката. Међу њима су најзначајнији пројекат *Процена коефицијената прелаза топлоте кровних конструкција на основу термовизијских снимака града Зајреба* из 2015. године (Г. Тодоровић) из области термике и пројекат из Зеленог фонда под називом *Сиварање услова за побољшање квалитетне животне средине у зградама у домену заштите од буке* (2018) чији је резултат предлог Правилника о акустичком комфору зграда (Љ. Брајовић).

По одласку проф. Вељка Георгијевића у пензију 2009. године, руководилац Лабораторије за грађевинску физику је в. проф. Горан Тодоровић.

Припремна настава из математике и физике

Институт за математику, физику и нацртну геометрију заузима значајно место у оквиру Грађевинског факултета јер, између осталих активности, организује и пријемни испит и припремну наставу за упис студената на Грађевински факултет Универзитета у Београду. Од максималних 100 поена које будући студент може да оствари при упису до 40 може да оствари на основу успеха у средњој школи и до 60 на основу резултата пријемног испита. Неколико година, почев од 1991. године, пријемни испити из математике и физике организовани су заједнички на свим техничким и природно-математичким факултетима како би се најбољим кандидатима кроз заједничку ранг-листу омогућио упис жељеног факултета. Међутим, овај начин провере знања будућих студената није заживео и факултети су почели постепено да се враћају организацији сопствених пријемних испита.

У периоду од 1996. до 2006. године студенти који су желели да упишу студије грађевинарства и геодезије могли су да полажу или само пријемни испит из математике и да добију од 0 до 60 поена или пријемни испит из математике и физике заједно, у ком случају се ових 60 поена распоређује на максималних 36 из математике и 24 из физике, при чему је кандидат бодован на за њега повољнији начин. За припрему пријемног испита из физике користила се *Збирка шестова из физике* аутора В. Георгијевића, Љ. Јанковић (касније Брајовић) и Г. Тодоровића, коју су користили и кандидати са других техничких факултета. У овом периоду задатке из математике састављају проф. Владимир Мићић и в. проф. Љубомир Чукић, а из физике проф. Вељко Георгијевић.

Од 2007. године кандидати који конкуришу за упис у прву годину основних студија полажу пријемни испит само из математике који се састоји од 20 задатака. Састављање задатака за пријемни испит врше наставници математике,

чланови Института за математику, физику и нацртну геометрију.

Састављање задатака је од тада прешло у надлежност мр Миле Марић Дедијер (до одласка у пензију), в. проф. Александра Ерић и в. проф. Зорана Пуцановића.

Како би кандидатима који конкуришу за упис у прву годину основних студија додатно помогли приликом уписа, наставници математике у склопу Института организују и припремну наставу из математике за упис на техничке факултете. Као плод тих припрема, 2016. године објављена је *Збирка решених задатака из математике за припремање пријемног испита на Грађевинском факултету*, аутора А. Ерић, З. Пуцановића, В. Половине и И. Лазаревића, која за циљ има да кандидатима пружи додатно знање за полагање пријемног испита.

Радионице за увођење нових наставних метода

Чланови Катедре су били ангажовани и као организатори и/или учесници неколико изложби студентских радова.

Изложба студентских радова *Seminary Paper as an Additional Task in Teaching Descriptive Geometry* (кустос М. Обрадовић; аутори М. Обрадовић, С. Мишић и М. Драговић) организована је као пратећи програм 2. међународне конференције *тоNГеометрија2010*. Аутори радова, студенти прве године Грађевинског одсека, генерација 2008/2009. и 2009/2010, учествовали су у експерименталној иновацији у настави Нацртне геометрије кроз израду семинарских радова, која је имала за циљ да им приближи практичну примену теоријске материје изучаване на предмету.

Две генерације студената (2018/2019. и 2019/2020) су кроз креативне радионице могле да се ангажују на изради изабраних задатака применом рачунара, као и кроз израду модела макета, ради унапређења знања из Нацртне геометрије. Радионице су организовали и водили А. Чучаковић и М. Драговић. Резултати овог студентског ангажовања презентова-



ни су као један од радова на међународној изложби *Designing Complexity* (аутори М. Обрадовић и С. Марковић), пратећег програма 6. међународне конференције *moNGeometrija2018*, и на међународној изложби *Dimensions reflected – Perspective* (кустос М. Обрадовић; аутори М. Драговић и А. Чучаковић) пратећег програма 7. међународне конференције *moNGeometrija2020*.

У оквиру Центра за промоцију науке урађено је више пројеката-радионица у циљу унапређења наставе у основним и средњим школама из области природних наука како

би се оне што више приближиле ђацима. Међу њима су и *Подношицајна околина за учење природних наука* (2014), чији је један од реализатора М. Давидовић, и *Научна визуелизација у школском простору и на џамејном телефону* (2015). У оквиру њих су предложене и направљене различите едукативне инсталације, демонстрирани експерименти који се до тада нису користили у настави и приказане примене паметног телефона при анализи реалних експеримената и у симулацији експеримената.