

ТРЕНД РАЗВОЈА ТЕХНИКЕ КГХ НА ПРАГУ НОВОГ ВЕКА

Приказ Конгреса CLIMA 2000

TRENDS OF HVAC&R ENGINEERING DEVELOPMENT ON THE THRESHOLD OF NEW CENTURY

*Мр Љиљана Давидовић Марјановић, дил. инж.,
Машински факултет, Београд*

Тема овог рада је приказ Конгреса CLIMA 2000, одржаног у Бриселу, средином 1997. С обзиром на теме које су обрађиване, радови су разврстани у 9 секција. Саме теме су одраз укљученог развоја друштва, посебно науке и технологије. Све већа свесћ о неопходности рационалног односа према нашем окружењу, у најширем смислу те речи, довела је до нових тема научног истраживања и приступа већ постојећим на нови начин, са донекле различитим циљем. Именићел сваког обраћања скупу био је одговорности инжењера за свеј у коме живимо.

У раду су украјинко приказане изложене теме са посебним освртом на секцију о унутрашњем окружењу и на симулацију као најраспрострањенију технику истраживања. У посебном поглављу су анализирани разлози и неопходности интегралног научног приступа у зградарству.

The subject of the paper is a review of the Congress CLIMA 2000, which was held in middle of this year in Brussels. Regarding the subjects treated in the papers, there were 9 Congress sections. The topics themselves are obviously reflections of the whole development of society, especially science and technology. The growing consciousness of necessity of rational relation to our environment, in the broadest sense of the word, brought into new subjects of the scientific investigations and the accesses to already existing subject but in a new way, with somewhat different aims. The common denominator of each appearing at this meeting was engineer's responsibility for the world which we live in.

The presented papers, especially in the section on indoor environment and the simulation, as mostly widen investigation technique, are briefly reviewed. In a separate chapter, the reasons and necessity of the integral scientific approach to the building engineering are analyzed.

Кључне речи: Конгрес CLIMA 2000; унутрашња угодност;
симулација; зградарство

Key words: Congress CLIMA 2000; indoor comfort; simulation; building engineering

Увод

У Бриселу је ове године одржана шеста конференција CLIMA 2000 – највећи, а можда и једини прави, светски конгрес из области термотехнике. Изложени радови су пролазили строгу селекцију; сваки анонимно рецензиран, од стране три рецензента. Од око 500 предложених апстраката прихваћено је 360 тема, од

чега 174 рада у првом маху, да би на крају после другог круга рецензије, остао 151 рад разврстан у девет секција; ТС1. Унутрашње окружење; ТС2. Примена КГХ у стамбеним, индустријским и пољопривредним објектима; ТС3. Примена КГХ у комерцијалним објектима; ТС4. Енергија, околина и економија; ТС5. Аутоматско управљање; ТС6. Хлађење; ТС7. Физика зграде; ТС8. Експерименталне методе и провера модела; ТС9. Моделирање, симулациони програми и примена.

Број радова по секцијама је углавном био уједначен и износио је четрнаест до осамнаест, осим у деветој секцији, где су била 23 рада. Секције су континуирано радиле, без преклапања, праћене сва четири дана перманентном постер-секцијом у којој су били изложени сви радови. Научни ниво радова је био врло висок, а посебно уводних излагања.

Однос према научно-истраживачком раду

Свеукупан развој друштва, посебно науке и технологије, утицао је и на теме радова изложених на Конгресу. Све већа свест о неопходности рационалног односа према нашем окружењу, у најширем смислу те речи, довео је до нових тема научног истраживања и приступа већ постојећим, на нови начин, и са донекле различитим циљем. Именитељ сваког обраћања скупу био је одговорност инжењера научника за свет у коме живимо.

На жалост, мора се констатовати да су дугогодишња изолација наше земље и стагнација привреде и индустрије довеле до значајног заостајања нашег научног развоја, посебно у односу на земље Западне Европе, односно Европске уније (ЕУ). Не само да Југославија тренутно заостаје по нивоу истраживања, него, што је много опасније, и по тематици, а и по приступу. Огромна већина радова приспела из земаља ЕУ, резултат је мултидисциплинарних истраживања, у којима је учествовало неколико великих истраживачких институција из више земаља. Фондови за истраживања су значајни као директна последица јачања "енергетске" свести. Оно што би у југословенским институцијама одговорним за развој науке на овај или онај начин морало да буде упозорење, али и подстрек у исто време, јесте чињеница да је у скоро сваки истраживачки пројекат који су финансирали комитети за енергетику УН била укључена и нека мање развијена земља са простора Европе.

Алармантно заостајање у научно-истраживачкој области доводи и до заостајања у терминологији. Ко је био у могућности да прати развој термотехнике и енергетике у свету, могао је приметити рађање нових термина. Оно што је у свакој од девет секција био директан или индиректан циљ већине истраживања јесте заједнички назив за топлотну угодност, квалитет ваздуха, визуелни и звучни доживљај у просторији која се греје, хлади и/или вентилира, а то је indoor environment, а што је аутор овог рада био слободан да преведе са *унутрашње окружење*.

Стандардне теме о КГХ

Истраживања у области расхладне технике углавном се и даље баве теоријским и експерименталним испитивањем нових расхладних флуида (НФС 404а, НФС 134а, трокомпонентних азеотропских и неазеотропских мешавина). Занимљив је релативно велики број радова који се бавио проблемима примене расхладне технике у супермаркетима.

У другој секцији, радови, који се односе на примену КГХ у стамбеним објектима, углавном су се бавили анализом, односно симулацијом постојећих елемената КГХ у циљу побољшања самог елемента и његове примене и методама прорачуна енергетских потреба. Насупрот томе, део радова који се односе на примену у пољопривреди више се бави развојем конкретних система или решења. Пример је

рад који је настао кроз сарадњу научних институција Немачке и Индије, финансиран од стране ЕУ, а који се односе на развој комбиноване примене енергије биогаса и соларно-хибридног силикагел/метанол адсорпционог расхладног система за потребе пољопривреде, сложеног система који се састоји од неколико подсистема. У раду су изложене теоријске поставке, критеријуми развоја подсистема, експериментална мерења и резултати симулације целог система помоћу програма TRANSYS. Изложена је и економска анализа и анализа емисије CO₂.

Најновија истраживања у области физике зграде односе се на побољшања већ постојећих техничких решења, проширивање знања у области моделирања, где се све више користе стохастички модели, што има физичког основа знајући да су гранични услови само делимично познати, и наравно на развој и оцену софистицираних елемената омотача зграде (фасаде као активни размењивачи ваздух/вода, нови прозорски материјали, фотоволтаичке фасаде, употреба рециклираних материјала итд.)

Секција посвећена аутоматском управљању практично је имала три дела: о адаптивним регулаторима опште или специјалне намене, о управљању на основу предвиђања и о методама детектовања и дијагностицирања грешака. Без обзира о којој се регулацији радило, остаје питање подешавања параметара регулатора, односно ко то и када ради?

Чињеница је да иако на тржишту постоје врло софистицирани регулатори, они тешко налазе своју примену управо због проблема подешавања њихових параметара.

У оквиру секције посвећене енергији, окружењу и економији, четвртина радова се бавила елементима КГХ као потрошачима енергије, углавном котловима и топлотним пумпама. Интересантна је студија о утицају предимензионисања котлова спроведена у целој Европској унији, чији је један од закључака био да 11 милиона котлова треба заменити. Половина радова се односила на зграду и системе КГХ (утицај и правилан избор омотача зграде, утицај различитих расхладних система на глобални индекс загревања атмосфере итд.) и исплативост увођења когенеративних система. Последња четвртина радова се односила на глобални аспект енергетске потрошње на регионалним нивоима.

Симулација и термотехника

Далеко највише коришћен метод истраживања, без обзира на тематику, била је компјутерска симулација. Да је то најраспрострањенија техника види се и из чињенице да је једина секција која одскаче по броју радова она која се у свом називу директно и обраћа симулацији (ТС9). Поред секције број 9, симулација је доминирала и трећом и осмом секцијом.

У секцији о примени система КГХ у комерцијалним објектима, радови су се могли поделити на три групе: проблеми развода ваздуха (контрола дима у високим зградама, избор локације сензора статичког притиска у каналима, визуелизација расподеле притисака итд.), квалитет унутрашњег окружења и симулација понашања објекта и система са посебним освртом на поузданост података до којих се долази код мониторинг постројења или тзв. система BEMS. Уопштени закључак је да постојећи модели углавном добро описују и предвиђају квалитативно понашање система, али ипак нису стигли до детаља. Један од разлога је и шкртост у информацијама које дају произвођачи опреме за КГХ.

У оквиру секције која се бавила експерименталним методама и провером модела, доминирале су три области: стање ваздуха у просторији, енергетска анализа система КГХ и елементи КГХ. Радови који су моделирали стање ваздуха у просторији проучавали су или примену технике CFD, или могућности развоја јед-

ноставнијих модела и даље базираних на Navier-Stokesovim једначинама, али који захтевају знатно веће компјутерско време. Општи закључак је да је CFD незаменљив ако је потребна велика прецизност у познавању одређених параметара ваздуха. Када су у питању елементи КГХ, акценат се ставља на развој динамичких модела и то углавном као чисто емпиријских или полуемпиријских, чји се параметри одређују мерењем уз коришћење и линеарних и нелинеарних техника оптимизације. Управо развој динамичких модела омогућава при енергетској анализи система детаљнију анализу утицаја начина експлоатације и различитих алгоритама аутоматског управљања на енергетску потрошњу. Сјајан пример таквог поступка је рад који је анализирао могућности уштеде гаса у апсорпционом расхладном систему. Прво је развијен квазистационаран модел, који је испитан поређењем са каталожним подацима, значи за стационарне услове. Онда је модел примењен на девет стварних летњих дана са подацима добијеним мерењем у систему. Одступања су износила 2%. Модел је даље самостално коришћен за анализу различитих могућности уштеде гаса и дошло се до закључка да 45% може да се уштеди другачијим избором капацитета чилера и побољшаном регулацијом, а још 10% додавањем акумулатора топлоте који би ублажио циклус чилера on/off. Овај рад демонстрира прави начин коришћења мерења и симулације за побољшање система: мерење се користи за проверу модела и избор његових параметара, а симулација за анализу различитих техничких решења.

Имајући у виду огромну распрострањеност симулације, можда не би било згорег, пре него што се започне израда програма за симулацију, одговорити на следећа питања: Зашто се врши симулација? Ако ово питање остане без одговора најбоље је одустати од започетог посла. Да ли зато што је помодно? (Да ли је то довољно добар разлог?). Које одговоре очекујемо од симулације? Да ли је побољшала производ, односно пројекат? Смањењем трошкова? Уштедом енергије? Нечим трећим?

Нема сумње да постоји огромно знање уложено у постојеће моделе симулације. Међутим, основно питање је како омогућити што бољу употребу тог знања. Важно је да библиотеке програма буду добро документоване и параметри модела јасно дефинисани и што ближи онима који се користе при пројектовању.

Унутрашње окружење

Нимало случајно, овој теми је дато самостално поглавље у овом раду. Тема која је повод одржавању редовних светских конгреса, која по правилу има своју засебну секцију на сваком већем међународном конгресу, не постоји за научнике и истраживаче у Југославији, а ни за пројектанте. Као да не постоји свест о томе да системи грејања, вентилације и климатизације постоје да би корисницима објекта за који су пројектовани обезбедили добар квалитет ваздуха и угодно окружење. Инженерски изазов је пројектовање таквог система уз минималне енергетске трошкове.

Последњих десет година развијене су многобројне препоруке које би требало да обезбеде повољне унутрашње услове на основу којих би систем КГХ морао бити пројектован. Међутим, то је само потребан, али не и довољан услов при пројектовању простора са високим термичким стандардима. Постојећи стандарди су базирани на експерименталним условима са великом групом људи, односно на упросечен осећај термичке угодности. Индивидуалан осећај угодне температуре може да се разликује и за 10 К од просечне. Метаболизам при стресним пословима много је јачи него у нормалним околностима. Број људи у једној канцеларији је мали, што је у директној супротности са логиком упросечавања. За разлику од лабораторијских услова у стварним условима, корисник је изложен могућем истовременом дејству неколико неповољних фактора. Закључак који се намеће је да систем КГХ мора бити пројектован тако да омогућава локална подешавања термичких параметара у зони боравка људи. Најчешћи пример је

промаја – увек је лакше деловати на локално повећање брзине струјања ваздуха ако неко то жели, него на њено смањење. Тренутна техничка достигнућа омогућавају задовољење различитих потреба употребом локалних грејача, стоних покретљивих вентилатора итд.

Топлотна угодност човека зависи од четири параметра окружења: температуре ваздуха, средње температуре зрачења, брзине ваздуха, релативне влажности и два индивидуална фактора: степена обучености и активности. Различите комбинације ових шест параметара могу да остваре топлотну угодност, према томе различита техничка решења могу остварити топлотну угодност. У основи је чињеница да се на топлотну угодност мора гледати као на робу која се корисницима обезбеђује, тј. продаје, преко индустрије КГХ. Да би ово могло да функционише, од велике је важности могућност квантификације топлотне угодности. Најчешће коришћени показатељи су PMV – PPD и SET (ET), чији је покушај побољшања или корекције био тема неколико радова на конференцији.

У последњих 10–15 година, развијен је читав низ компјутерских програма који предвиђају топлотну угодност. Пример су и програми који прате стандард ISO 7730 и ENISO 27730. На конгресу је међутим приказан изузетно развијен и моћан рачунарских програм за пројектовање термички угодних простора. Овај програм омогућава комплетно предвиђање параметара средине: термичке, визуелне, звучне и мирисне, а на основу постојећих стандарда и препорука. Базиран као на рачунским рутинама, тако и на информативно-текстуалним, програм омогућава пројектовање различитих нивоа угодности. Цео простор је могуће описати "исо-комфорним" линијама. Једино ограничење је што подразумева већ усвојен и пројектован систем КГХ.

У свету често спроводе велика истраживања на објектима у функцији. Неколико радова је произашло из таквих истраживања, а бавили су се од идентификација проблема и предлога за њихово истраживање, или бар ублажење, до провере стандарда или нових модела наспрам већ постојећих. Истраживања на терену су врло важна јер немају мањкавост лабораторијских, о чему је већ било речи. Међутим, њихови резултати се морају много пажљивије анализирати, јер на њих утиче много фактора; од форме упитника који корисници попуњавају, до поузданости мерења, на начина обраде података итд.

Имајући у виду сразмерно велику потрошњу електричне енергије за осветљење, занимљив је закључак једног рада да је могуће остварити уштеде смањењем густине светлости без нарушавања визуелног комфора.

Систем КГХ и ако је савршено пројектован, може да подбаци у остваривању свог циља због лошег одржавања, али и коришћења. Сами корисници, због незнања, врло често намештајем блокирају отворе за ваздух, самовољно искључују или укључују делове опреме и сл. Све стране – пројектант, систем-инжењери и корисници система КГХ одговорни су за остваривање угодне средине уз малу енергетску потрошњу. Програми едукације свих заинтересованих страна свакако би допринели том циљу.

Интегрални приступ

Грејање, хлађење и климатизација су дејства усмерена на унутрашње окружење. Грејање и хлађење утичу на температуру ваздуха, док се климатизацијом регулише квалитет ваздуха. Грејање, хлађење и климатизација представљају активне мере које се стално предузимају у циљу одржавања параметара унутрашњег окружења у жељеним границама. Међутим, поред тог активног дејства, могуће је пасивним мерама тежити истом циљу. О пасивним мерама се одлучује кроз пројекат зграде и њене пратеће опреме. Важно је разумети да се од самог почетка

мора интегрално сагледати дејство активних и пасивних мера. На жалост, у пракси је то сасвим другачије. Архитекта у најранијој фази пројектовања одреди многе елементе: оријентацију, форму, материјале итд., без стварног разумевања тих одлука на могуће коришћење пасивних мера. Са друге стране и за инжењера КГХ врло често зграда није ништа друго до укупни коефицијент пролаза топлоте и број измена ваздуха на час. Пример површног и потрошачког приступа је одговор индустрије КГХ на прекомерно коришћење стаклених површина на објектима у Средњој Европи, које доводи до прегревања у периоду март–октобар, тачније продаје и уградње система за хлађење у земљама које су природни резервоари хлађења.

У зградарству учествују разне професије. Са аспекта крајњег корисника зграде, издвајају се следеће групе које учествују у процесу а чији се циљеви разликују:

- | | |
|---------------------|--------------------------------------|
| – инвеститор | минимални инвестициони трошкови, |
| – власник објекта | минимални укупни трошкови, |
| – одржавање објекта | минимални трошкови рада и одржавања, |
| – корисници објекта | максимална функционалност. |

Да би се објекат у целини оценио, важна су три критеријума:

- функционалност (успешност одржавања дефинисаних параметара унутрашњег окружења у жељеним границама дужи период времена);
- цена; и
- енергетска потрошња (и при производњи/конструкцији делова објекта и при коришћењу).

При изради целокупног пројекта, ова три критеријума се оптимизују. Будући да нису се независни, а ни упоредни, процес оптимизације делује узалудно. Условно се може сматрати да се енергетска потрошња и трошкови могу свести на исту јединицу – новац, али коју онда цену имају неправилности и неподобности при функционисању објекта? За прожимање и упоређење ових захтева недостаје знање. Врло илустративан пример те чињенице су супстанце које могу бити опасне по људско здравље:

- 300 000 хемијских једињења је познато у литератури, од чега се
- 30 000 користи у зградарству,
- 3 000 има дефинисане дозвољене концентрације, а
- 30 супстанци има дефинисану горњу границу у затвореним просторима.

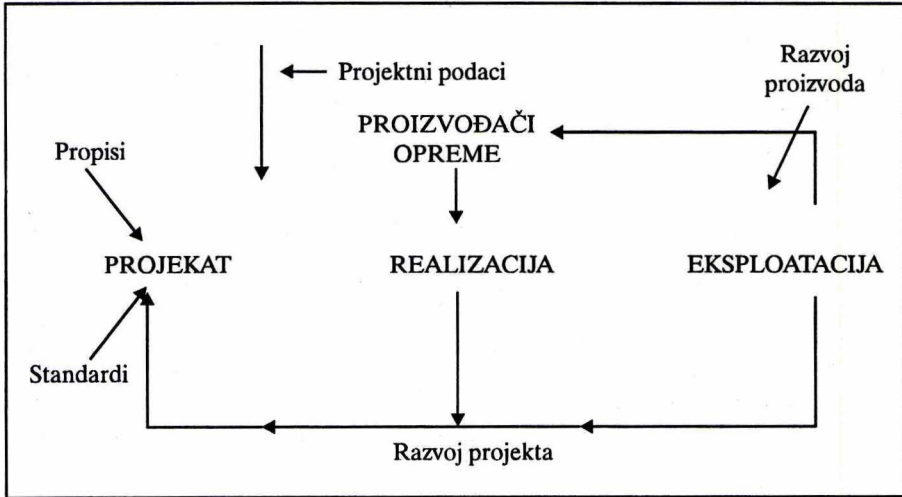
Ове цифре се односе само на монохемијску анализу. Ништа се не зна о комбинованом дејству. Интересантно или иронично је да се оптимизација горњих критеријума лакше врши ако је у питању индустријска или пољопривредна климатизација. Различити утицаји на унутрашње окружење и њихове последице у таквим објектима много су више проучени и познати и у крајњој инстанци новчано квантификовани.

На срећу, у последње време су све присутнији трендови пораста интересовања за одређивање укупних, а не само инвестиционих трошкова, интересовања за анализу трошкова укупног животног циклуса неког постројења, интересовања за унутрашње окружење, или интересовања за еколошке последице зградарства. Пораст интересовања собом носи проширење знања из било које области приказане на слици 1.

Научно-истраживачки рад посвећен развоју елемената КГХ и развоју целокупног пројекта директно би допринео лакшем интегралном приступу свих страна. Аутоматско управљање никако не сме остати изолована дисциплина при развоју елемената и система КГХ. У пракси постоје две различите ситуације:

- 1) производња великог броја елемената КГХ са већ уграђеном регулацијом

и функцијом за детектовање и дијагностицирање грешака. Одређивање физичког модела и његових параметара у том случају је релативно јефтино, при чему су развојни институти при произвођачима опреме права места за такву врсту истраживања;



Слика 1. Систем КГХ од пројекта до реализације

2) систем регулисања и систем за детектовање и дијагностицирање грешака независно се бирају за стандардне системе КГХ чији су физички модели доступни. У овом случају истраживање може да иде у два правца: у правцу развоја физичких модела, чији се параметри лако одређују, краткорочнији и тренутно јефтинији процес, или развоја физичког модела интегралног система почевши од нуле, да би се једном коначно сагледало које, какве, када и од кога су све информације потребне са крајњим циљем да се формира заједничка база података, што је очито дугорочнији и тежи пут.

Закључак

У уводном излагању Марија Костантина, идејног творца конференција CLIMA 2000, на прошлој конференцији, 1993. год. у Лондону, чуло се да се не треба плашити изазова фундаменталних истраживања у оквиру термотехнике. Оно што системе КГХ чини заиста посебним у односу на било које друге машинске системе, јесте чињеница да се пројектују за зграду, а да би удовољили потребама људи, што подразумева праву мултидисциплинарност – од примењене физике до медицине и социологије. Друга врста посебности је да при свом раду енергију претварају у топлоту. Чинити грешке у развоју таквих система више је него неминовно. Изазов је наћи их, са њима се суочити и предложити нова решења. Док се то не догоди, задатак је свакако усавршавати постојећа и то на начин потребан свакодневной инжењерској пракси: постојеће моделе обогатити употребљивим и јасним базама података, да би били лакши за примену, а тиме и провери, и за даље усавршавање сагледати стварну моћ симулације као средства које нам омогућава варирање ограничења и оптерећења и не дозволити изоловани развој регулисања. Поред техничке стране, имајући у виду сложеност и специфичност система КГХ, не сме се занемарити ни едукативна страна ни људи професионално присутних у зградарству, нити корисника система.

Литература

- [1] **Melikov, A.:** *Design and Assessment of Indoor Environment CLIMA 2000*, Brussels, 1997.
- [2] **Luscre, P. G.:** *HVAC Applications in Domestic, Industrial and Agricultural Buildings*, CLIMA 2000, Brussels, 1997.
- [3] **Holmes, M. J.:** *Applications in Commercial Buildings*, CLIMA 2000, Brussels, 1997.
- [4] **Mitchell, J.:** *Energy, Environment and Economics*, CLIMA 2000, Brussels, 1997.
- [5] **Todfli, J.:** *Control and Management*, CLIMA 2000, Brussels, 1997.
- [6] **Kruse, H.:** *Report About the Papers on Refrigeration*, CLIMA 2000, Brussels, 1997.
- [7] **Heus, H.:** *Building Physics and HVAC: Different, yet Complementary*, CLIMA 2000, Brussels, 1997.
- [8] **Braun, J. E.:** *Overview of Technical Session VIII: Experimental Methods and Model Validation*, CLIMA 2000, Brussels, 1997.
- [9] **Pelletret, R.:** *Overview of Technical Session IX: Modeling, Simulation Softwares and Applications*, CLIMA 2000, Brussels, 1997.
- [10] **Filippi, M., A. Astolti, G. Piccablotto:** *An Hypertextual Tools for Comfort Design*; CLIMA 2000, Brussels, 1997.
- [11] **Mande, S., P. Ghosh., V. V. N. Kisore., K. Oertel, U. Sprengel.:** *Development of an Advanced Solar-hybrid Adsorption Cooling System for Decentralized Storage of Agricultural Products in India*; CLIMA 2000, Brussels, 1997.
- [12] **Moindard, S., E. Givois.:** *System Operation – Application to a Real Installation*; CLIMA 2000, Brussels, 1997.