

ПРИМЕНА ДИНАМИЧКИХ СИМУЛАЦИЈА У АНАЛИЗИ МЕРА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ОБЈЕКТА

Снежана М. Драгићевић

Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку
e-mail: snezana.dragicevic@ftn.kg.ac.rs,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0002-6244-0111>

DOI: 10.5937/vojtehg64-8878

ОБЛАСТ: машинство, енергетска ефикасност

ВРСТА ЧЛАНКА: оригинални научни чланак

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: српски

Сажетак:

*Једна од најчешће коришћених метода за унапређење енергетских карактеристика објекта – зграда јесте смањење потрошње енергије за грејање. У овом раду извршена је компаративна анализа енергетских потреба зграде за грејање простора, на основу студија случаја у којима су вршене модификације изолационих материјала омотача зграде и врсте прозора. За анализу је изабран јавни вишеспратни објект, који се налази у Београду. За динамичке симулације и анализе ефеката примене мера за унапређење енергетске ефикасности објекта на смањење потрошње енергије за грејање коришћен је програм *DesignBuilder*. Резултати рада показују да се изолацијом зграде и заменом прозора може остварити смањење енергије за грејање до 61% годишње.*

Кључне речи: енергетска ефикасност, динамичке симулације, *DesignBuilder*, изолација, замена прозора.

ЗАХВАЛНИЦА: Аутор се захваљује за финансијску подршку Министарству просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. (Рад представља резултат пројекта „Унапређење енергетских карактеристика и квалитета унутрашњег простора у зградама образовних установа у Србији са утицајем на здравље“, III42008, Област: Енергетика и енергетска ефикасност, 2011–2015).

Увод

На глобалном нивоу око 40% од укупне потрошње енергије представља топлотна енергија која се троши у зградама. У Србији преко 60% укупне потрошње финалне енергије користи се у зградама, што је више него у сектору индустрије и транспорта. Поред тога, грађевински сектор је у порасту, што ће довести до повећања потрошње енергије, поготово у стамбеним и комерцијалним зградама које су највећи крајњи потрошачи енергије за грејање, осветљење, као и за потребе рада кућних апарата и опреме (Eftimie, 2015).

Технички потенцијал за побољшање енергетске ефикасности у сектору домаћинства, пословним и јавним зградама је велики. Да би се обезбедила потребна количина енергије неопходно је применити све мере за унапређење енергетске ефикасности зграда. Због тога се при изградњи или ревитализацији зграда морају задовољити, осим архитектонских услова неопходних за изградњу, и услови који омогућавају остваривање енергетски ефикасног објекта.

Нискоенергетски објекти су они чије су годишње потребе за грејање простора између 40 и 60 kWh/m². Главни циљ нискоенергетских објеката јесте да се минимизира количина енергије која се обезбеђује из спољашњих извора енергије, а да се при том обезбеди потребан ниво топлотног комфора корисника објекта, без обзира на годишње доба и спољашње климатске параметре (Flodberg, et al., 2012). Нискоенергетске зграде најчешће имају веома добру изолацију и енергетски ефикасне прозоре, због чега је потребна енергија за грејање и хлађење мала, па су ови објекти енергетски веома ефикасни.

За побољшање енергетске ефикасности зграда мора се применити скуп метода и техника помоћу којих се зграда разматра као објекат за размену енергије са околином. Побољшање енергетских карактеристика зграде може бити постигнуто различитим методама, као што су:

- добра изолација зидова и коришћење прозора са високим степеном термичке заштите, чиме се на нивоу зграде стварају повољни унутрашњи услови комфора;
- побољшање енергетских перформанси система грејања;
- побољшање перформанси система за климатизацију и електричних инсталација.

У раду ће бити анализирани неки од најефикаснијих метода за побољшање енергетских карактеристика зграде. Анализираће се утицај метода ревитализације зграде на грађевинском нивоу и то употребом топлотне изолације спољашњих зидова и прозора са вишеслојним стаклом пуњеним гасом, како би се обезбедило одржавање топлоте у затвореном простору током зиме, али и спречили прекомерни добици енергије у току лета.

Смањење потрошње енергије за грејање и, у новије време, за хлађење објеката, директно смањује и критична вршна оптерећења у електроенергетском систему земље. Истовремено, побољшање енергетске ефикасности пружа велике могућности за смањење емисије гасова стаклене баште.

Циљ рада јесте да се коришћењем динамичких енергетских симулација топлотног понашања зграде израчунају енергетске потребе за грејање, уочавајући разлике између енергетских перформанси зграде у различитим варијантним решењима. У том смислу извршиће се компаративна анализа енергетских потреба добијених коришћењем различитих врста изолационих материјала спољашњих зидова и прозора. Наведене анализе извршиће се на изабраном јавном објекту који се налази на подручју града Београда.

Мере за унапређење енергетске ефикасности објеката

Највећи губици енергије у зградама представљају губици топлотне енергије. Најбољи начин за побољшање енергетске ефикасности зграде, којим се остварује уштеда потрошње енергије, јесте изолација целе зграде, као и крова и подрумског простора код којих се могу остварити велики губици топлотне енергије (Pérez-Lombard, et al., 2008). Да би се смањили губици топлотне енергије потребно је применити низ додатних мера које узимају у обзир следеће аспекте:

- топлотни омотач зграде треба да обезбеди потребан унутрашњи климатски комфор уз малу потрошњу енергије, без обзира на годишње доба;

- прозори треба да имају најмањи могући коефицијент пролаза топлоте, да обезбеде максималне добитке енергије од сунца у зимском периоду и да их контролишу у летњем, како би се смањиле потребе за енергијом за грејање, тј. хлађење;

- кров треба да буде правилно изолован.

За анализу енергетског понашања зграда морају се имати прецизни подаци о свим конструктивним елементима објекта, као и о материјалима зидова, таваница, подова, прозора и кровне конструкције (Petrović, Vasić, 2012).

Најчешће коришћена метода која се користи за енергетску ревитализацију зграде јесте изолација спољашњих зидова, тј. омотача зграде (Young, Altan, 2013). Дебљина и квалитет омотача зграде имају значајан утицај на количину топлотне енергије која се губи кроз зидове. У случају некавалитетне изолације настају додатни губици топлотне енергије током зиме, могућност настанка кондензације на унутрашњим зидовима, као и прекомерна потрошња енергије за хлађење у летњем периоду. Најче-

шће коришћени изолациони материјали су експандирани полистирен (EPS) и екструдирани полистирен (XPS).

Да би се извршио правилан избор врсте материјала за спољашњу изолацију зидова потребно је познавати основне карактеристике најчешће коришћених изолационих материјала (Mishra, et al., 2012). Нека основна својства експандираног полистирена су:

- може се успешно користити у зградама које се налазе у подручјима са високим процентом влажности ваздуха;
- отпоран је на утицај влаге, гљивица и бактерија;
- има лоша противпожарна својства и слабу отпорност на утицај високих температура;
- паропропусност материјала, ако је монтиран на спољашњој страни зида, спречава стварање затворених делова који омогућавају развој влаге између плоча експандираног полистирена и зида;
- цена експандираног полистирена није се знатно мењала у последњих неколико година, за разлику од многих других грађевинских материјала.

Основна својства екструдираниог полистирена су:

- омогућава настанак кондензације, јер не дозвољава пролаз паре, па влажност остаје заробљена између зида и изолационог материјала;
- веома је поуздан и има високу отпорност на деструктивне утицаје природе;
- пружа велики отпор пролазу топлоте при паду температуре;
- у поређењу са експандираним полистиреном има већу отпорност на утицај хемијских супстанци, као што су киселине, базе, алкохоли и боје на бази алкохола, слану воду, цемент и асфалт;
- сунчева светлост може утицати на промену боје плоче екструдираниог полистирена, али не утиче на термоизолационе карактеристике изолације.

Поред наведених, данас постоје нови изолациони материјали који могу бити ефикаснији и јефтинији од поменутих, као што су изолациони материјали израђени од полиуретана. Неке од основних карактеристика полиуретанске топлотне изолације су (Federation of European Rigid Polyurethane Foam Association, 2006):

- коефицијент пролаза топлоте јој је око 0,020 W/mK у зависности од густине материјала и произвођача;
- отпорна је на дејство хемијских супстанци;
- не гори, отпорна је на ватру и не потпомаже сагоревање;
- може се поставити без прекида, чиме се онемогућава настајање топлотних мостова између панела, на целој површини објекта, без обзира на његову величину и облик;
- има знатно бољу звучну изолацију од експандираног полистирена;
- водоотпорна је за разлику од експандираног полистирена који може да апсорбује воду која може довести до одвајања постављеног изолационог материјала.

Изолациони материјали на бази полиуретана ретко се примењују за топлотну изолацију, па због тога неће бити разматрани у приказаним динамичким симулацијама.

У процесу енергетске рехабилитације зграде прозори представљају важан сегмент, јер најчешће заузимају велику површину омотача зграде, што је чест случај код пословних зграда. Данас су све више у употреби веома квалитетни прозори са троструким нискоемисионим стаклом, који омогућавају знатно смањење трошкова за грејање простора (Apte, et al., 2003).

Побољшање термичких карактеристика кровне конструкције је веома ефикасна мера за побољшање енергетске ефикасности објеката, која се може применити како код нових објеката, тако и на постојећим зградама. Правилном изолацијом крова смањују се губици топлоте и омогућава се захтевани топлотни комфор унутар зграде. Уградња додатног изолационог слоја у кровну конструкцију је једноставна за извођење, не представља велику инвестицију, а отплаћује се за веома кратак период.

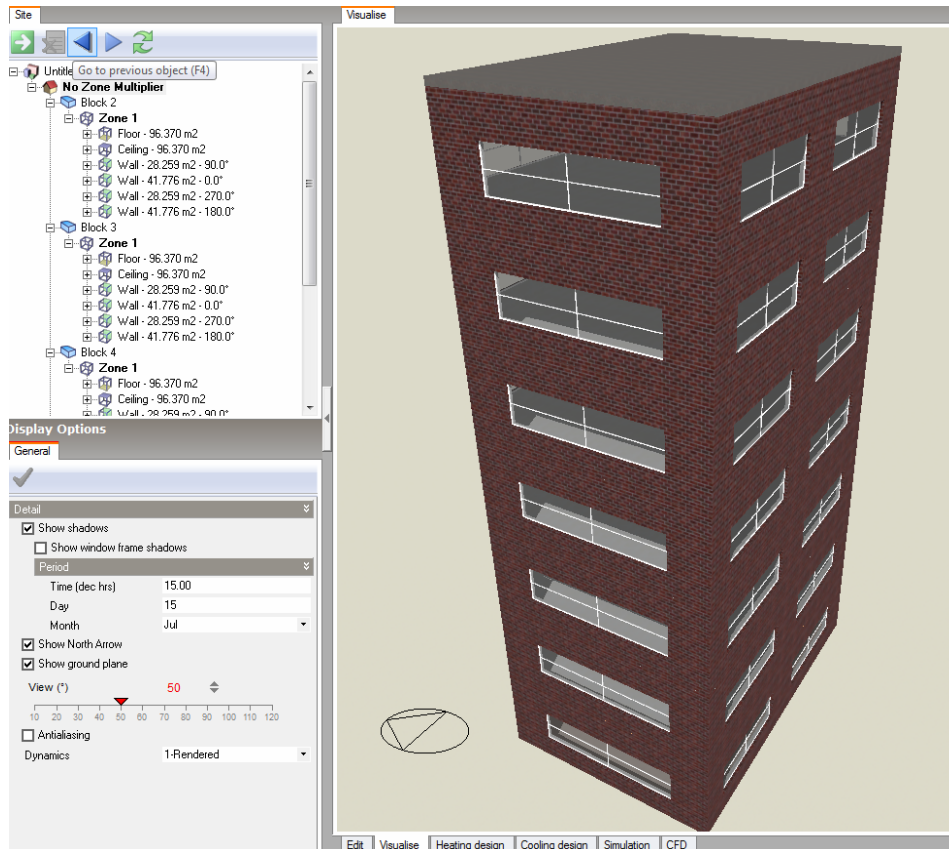
Резултати динамичких симулација

За динамичку симулацију термичког понашања одабраног објекта коришћен је програм DesignBuilder (www.designbuilder.co.uk). Његовом применом реализују се прорачуни топлотног оптерећења објекта и потрошње енергије за грејање и хлађење, који се користи за одређивање енергетских карактеристика зграде (Shetal, Sharples, 2010). Програм омогућава енергетске симулације објеката при њиховом пројектовању, али и при ревитализацији постојећих објеката са могућношћу примене локалних енергетских и грађевинских прописа и стандарда. Уз помоћ овог програма примена мера за побољшање енергетске ефикасности зграда може се квантификовати и вредновати.

Енергетска симулација топлотног понашања зграде извршена је на примеру јавног објекта који се налази у Београду. Зграда има приземље и 6 спратова, укупне површине 675 m² (слика 1).

С обзиром на исти топлотни режим који је дефинисан у свим просторијама зграде, цела зграда се посматра као једна топлотна зона. Површина сваког спрата зграде износи 96,37 m². На северној и јужној страни налазе се прозори укупне површине 12,5 m², а на источној и западној страни постављени су прозори површине 8,5 m². На првом спрату налазе се канцеларије са 25 службеника, а на осталима по 10. Корисници користе зграду 5 дана у недељи, од 7.00 до 19.00 часова. У истим терминима предвиђена је и употреба електронских уређаја и осветљења. Температура која се одржава у грејаном простору подешена је на 21°C у периодима када у згради има

много корисника. Проток ваздуха из спољашње средине у унутрашњост зграде дефинисан је инфилтрацијом и усвојен је број измена ваздуха од 0,5 l/h.



Слика 1 – Модел зграде креиран у DesignBuilder-у
 Рис. 1 – Модел зграда, создана у програму DesignBuilder
 Figure 1 – Building model created in DesignBuilder

Динамичка енергетска симулација у DesignBuilder-у урађена је за климатске услове Београда помоћу базе метеоролошких података која је интегрисана у програм. Симулација је извршена за грејни период од 1. октобра до 31. марта. Као референтни објекат узета је зграда без изолације спољашњих зидова, са прозорима са двоструким нискоемисионим стаклом и кровом са изолацијом од стаклене вуне. Структура спољашњих зидова и равног крова референтне зграде (од унутра ка споља) приказана је у табели 1.

Табела 1 – Состав термичког омотача референтне зграде
 Таблица 1 – Состав термоизоляционного слоя здания
 Table 1 – Elements of the referent building envelope

Део термичког омотача	Структура термичког омотача	Коефицијент пролаза топлоте (W/m^2K)
Спољашњи зид	продужени кречни малтер 2 cm бетонски зид 20 cm цементни малтер 3 cm	2,071
Раван кров	цементни малтер 2 cm бетон 20 cm битуменски премаз 0,1 cm стаклена вуна 15 cm битуменски премаз 0,1 cm шљунак 5 cm	0,249

У табели 2 приказани су резултати реализованих симулација за сва варијантна решења. У симулацијама је вршена анализа потрошње енергије за грејање, коришћењем две врсте изолационих материјала различитих дебљина на спољашњим зидовима и са прозорима са различитим врстама стакла. Предложене симулације извршене су за исту конфигурацију зграде, у истом периоду, али са предложеним изменама. Симулирани модел зграде представља трансформацију постојећег референтног објекта у нискоенергетски објекат, водећи рачуна да добијени коефицијенти пролаза топлоте термичког омотача зграде и прозора не прелазе највеће дозвољене вредности дефинисане Правилником о енергетској ефикасности зграда Републике Србије за постојеће зграде (Sl. glasnik RS br. 61/11).

Табела 2 – Варијанта решења зграде за које су спроведене енергетске симулације
 Таблица 2 – Один из вариантов решений здания, для которого выполнено энергомоделирование
 Table 2 – Building solution variant for which energy simulations were carried out

Варијанта	Карактеристике зграде	Специфична потрошња енергије за грејање ($kWh/m^2/ год.$)
v_0	Референтна зграда: – без изолације спољашњих зидова $U=2,071 W/(m^2K)$ – прозори са двоструким нискоемисионим стаклом, дебљине 6 mm, пуњени аргоном 13 mm, $U=1,322 W/(m^2K)$ – раван кров изолован стакленом минералном вуном, дебљине 15 cm, $U=0,249 W/(m^2K)$	94,19

Варијанта	Карактеристике зграде	Специфична потрошња енергије за грејање (kWh/m ² / год.)
v ₁	Референтна зграда + екструдирани полистирен (XPS) 5 cm дебљине, U=0,512 W/(m ² K) за спољашњи зид	50,34
v ₂	Референтна зграда + екструдирани полистирен (XPS) 8 cm дебљине, U=0,353 W/(m ² K) за спољашњи зид	44,67
v ₃	Референтна зграда + екструдирани полистирен (XPS) 10 cm дебљине, U=0,292 W/(m ² K) за спољашњи зид	42,47
v ₄	Референтна зграда + експандирани полистирен (EPS) 5 cm дебљине, U=0,577 W/(m ² K) за спољашњи зид	52,60
v ₅	Референтна зграда + експандирани полистирен (EPS) 8 cm дебљине, U=0,403 W/(m ² K) за спољашњи зид	46,46
v ₆	Референтна зграда + експандирани полистирен (EPS) 10 cm дебљине, U=0,335 W/(m ² K) за спољашњи зид	44,04
v ₇	Референтна зграда + екструдирани полистирен (XPS) 10 cm дебљине, U=0,292 W/(m ² K) за спољашњи зид + прозори са троструким нискоемисионим стаклом, дебљине 3 мм, пуњени аргоном 13 мм, U=0,786 W/(m ² K)	36,49

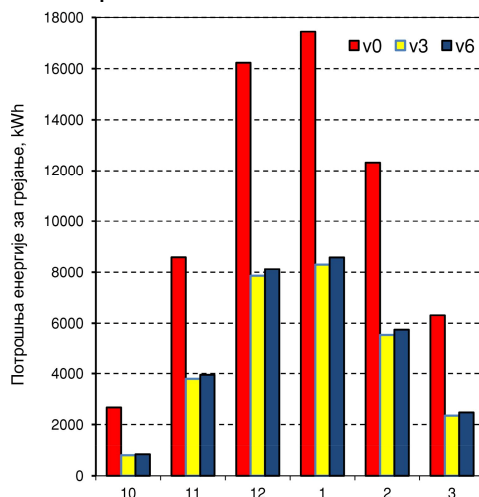
Резултати симулација показују да примена мере за побољшање енергетске ефикасности зграде уградњом изолације дебљине 5 cm на спољашње зидове не даје задовољавајуће резултате, јер су добијени коефицијенти пролаза топлоте за обе врсте изолационог материјала већи од највеће дозвољене вредности $U_{\max}=0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ која је дефинисана Правилником. Исти случај јавља се и ако се примени изолација од експандираног полистирена, дебљине 8 cm, док је за изолацију од екструдираниог полистирена, дебљине 8 cm, вредност коефицијента пролаза топлоте за спољашње зидове нешто испод прописане вредности. На основу добијених резултата види се да се применом изолације од екструдираниог полистирена, дебљине 10 cm, добијају најбољи резултати. Годишња потрошња енергије за грејање за све анализирани случајеве који задовољавају услове Правилника о енергетској ефикасности објеката наведена је у табели 3.

Табела 3 – Годишња потрошња енергије за грејање за сва варијанте решења
 Таблица 3 – Годовое потребление энергии по всем вариантам решений
 Table 3 – Annual heating energy consumption for all variant solutions

Варијанта	Годишња потрошња енергије [kWh]	Годишње смањење потрошње енергије за грејање (%) у односу на v ₀
v ₀	63.578	-
v ₂	30.154	52,57
v ₃	28.665	54,91
v ₆	29.728	53,24
v ₇	24.630	61,26

Поређење потрошње енергије за грејање зграде без изолације спољашњих зидова и са изолацијом од експандираног полистирена и екструдираниог полистирена, дебљине 10 cm, показује да је током године, тј. једне грејне сезоне, могуће остварити знатну уштеду енергије до 55%. Ако се на тако изолованој згради изврши замена прозора могуће је остварити додатних 6% уштеде енергије за грејање. На слици 2 приказана је месечна анализа потрошње енергије референтне зграде и зграде са уграђеном изолацијом од експандираног полистирена и екструдираниог полистирена дебљине 10 cm.

Ако се упореде ефекти примене изолације, дебљине 10 cm, може се уочити да се на годишњем нивоу може уштедети 3,7% више енергије за грејање ако се користи екструдирани полистирен уместо експандираног полистирена.



Слика 2 – Месечна потрошња енергије за грејање: референтна зграда (v₀), референтна+XPS/10cm (v₃) и референтна+EPS/10 cm (v₆)
 Рис. 2 – Месячное потребление энергии за отопление: референтное здание (v₀), референтное+XPS/10cm (v₃) и референтное+EPS/10 cm (v₆)
 Figure 2 – Monthly space heating consumption for: reference building (v₀), reference+XPS/10cm (v₃) and reference+EPS/10cm (v₆)

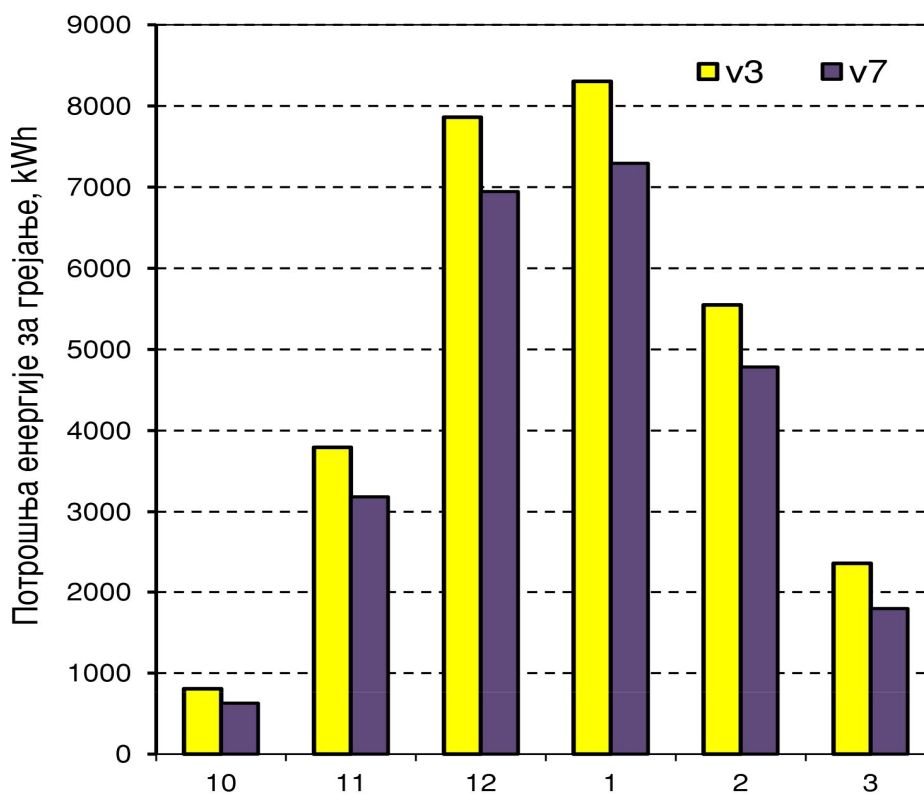
Поређење различитих изолационих материјала могуће је извршити на основу коефицијената топлотне проводљивости. Основне карактеристике изолационих материјала који налазе примену у пракси наведене су у табели 4. Ако се упореде коефицијенти топлотне проводљивости експандираног полистирена, односно екструдирани полистирена и полиуретанске пене, која је у смислу односа коефицијената топлотне проводљивости са 26,5% боља у односу на екструдирани полистирен, тј. са 37,5% у односу на експандирани полистирен, добијају се проценти који не приказују однос у разликама између потребне топлоте за грејање када се користе анализирани материјали. Због тога се за правилан избор изолационог материјала препоручује компаративна анализа потребне топлоте за грејање за различите врсте и дебљине изолационих материјала. На тај начин узимају се у обзир и остали битни фактори, као што су оријентација и комплетна структура зграде, климатски услови и др.

Табела 4 – Основни параметри изолационих материјала
Таблица 4 – Основные параметры изоляционных материалов
Table 4 – Parameters of insulation materials

Изолациони материјал	Коефицијент топлотне проводљивости λ (W/mK)	Густина ρ (kg/m ³)	Специфична топлота c (kJ/kgK)
Екструдирани полистирен	0,034	35	1400
Експандирани полистирен	0,040	15	1400
Полиуретан пена	0,025	10	1500

Друга мера која је примењена за побољшање енергетске ефикасности зграде је замена прозора. Према Правилнику о енергетској ефикасности објеката максималне дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте за прозоре и балконска врата грејаних просторија за постојеће и нове зграде је исти и износи $U_{\max}=1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. У спроведеним анализама коришћени су двоструки и троструки прозори пуњени аргоном, чији коефицијенти пролаза топлоте не прелазе максималну дозвољену вредност.

На слици 3 приказана је упоредна анализа потрошње енергије за грејање за референтну зграду са уграђеном изолацијом од екструдирани полистирена, дебљине 10 cm за случајеве када се користе двоструки и троструки прозори. На основу добијених резултата може се закључити да се услед замене двоструких прозора са троструким може остварити уштеда од 17% годишње потрошње енергије за грејање.

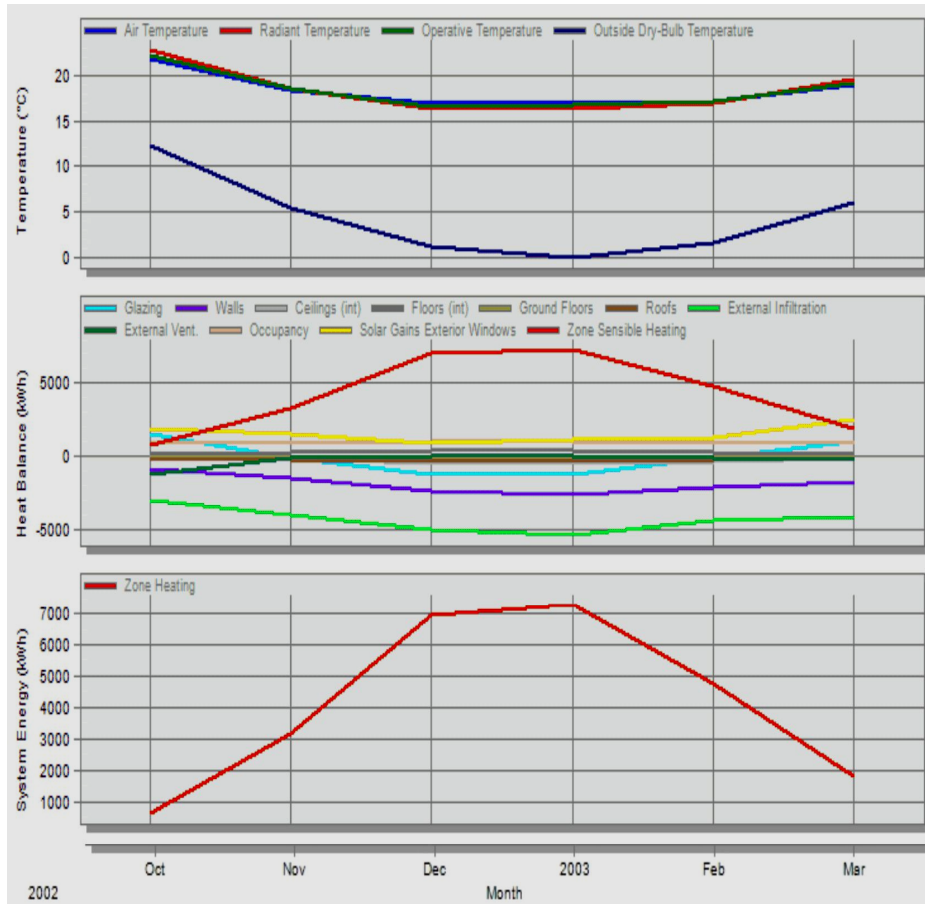


Слика 3 – Месечна потрошња енергије за грејање са двоструким (v_3) и троструким прозорима (v_7)

Рис. 3 – Месячное потребление энергии с зданиях с двойным (v_3) и тройным остеклением (v_7)

Figure 3 – Monthly heating consumption for a building with double (v_3) and triple glazing (v_7)

На слици 4 приказани су резултати динамичке симулације зграде (v_7) као варијантног решења зграде код које је могуће остварити највећу уштеду енергије за грејање. Резултати динамичке симулације показују да су промене добитака и губитака топлоте кроз елементе термичког омотача зграде и осталих елемената конструкције у директној сразмери са променом спољашње температуре ваздуха. Са слике се види да су губици топлоте кроз спољашње зидове и прозоре највећи, због чега се у раду и вршила анализа утицаја њихових топлотних карактеристика на количину топлоте потребну за загревање зграде.



Слика 4 – Резултати динамичке симулације зграде (v₇): температуре, губици и добици топлоте и потрошња енергије за грејање
 Рис. 4 – Резултати динамической симуляциии здания (v₇): температура, потеря и экономия тепла и расход энергии для отопления
 Figure 4 – Results of a building (v₇) dynamical simulation: temperatures, heat gains and energy consumption

Закључак

Потрошња енергије за грејање објекта представља значајан удео у укупној потрошњи енергије. Климатски услови у области у којој су лоцирани објекти имају значајан утицај, како на топлотни комфор, тако и на потрошњу енергије. С обзиром на овај аспект, реализоване су динамичке симулације помоћу база метеоролошких параметара које су интегрисане у коришћеном програму DesignBulilder.

Ефекте примене различитих мера за унапређење енергетске ефикасности објеката није могуће прецизно проценити без примене компјутерских симулација. Коришћењем база података грађевинских материјала, прозора, временских података и стандарда за одређивање перформанси зграде, помоћу компјутерских симулација могу се проценити сви параметри који осигуравају побољшање енергетске ефикасности зграде.

У раду су приказане динамичке симулације енергетског понашања анализираних вишеспратних објеката, као и компаративне анализе између референтног објекта и приказаних варијантних решења, која представљају објекат са примењеним различитим мерама за унапређење енергетске ефикасности. На основу добијених резултата може се закључити да се изолацијом спољашњих зидова од експандираног полистирена или екструдираних полистирена, дебљине 10 cm, може остварити уштеда енергије за грејање од око 55% у односу на референтну варијанту зграде. На тако изолованом објекту, ако се изврши замена двоструких прозора енергетски ефикаснијим троструким прозорима, може се остварити уштеда енергије за грејање од око 61% у односу на референтну варијанту зграде. Добијени резултати недвосмислено показују оправданост примене приказаних мера за побољшање енергетске ефикасности разматраног објекта.

Литература / References

- Apte, J., Arasteh, D., & Huang, Y.J. 2003. Future Advanced Windows for Zero-Energy Homes. *ASHRAE Transactions*, 109(2), str. 1-12.
- Eftimie, E. 2015. Costing energy efficiency improvements in buildings Case study: Braşov, Romania. *International Journal of Energy and Environment*, 6(1), str. 47-60.
- Federation of European Rigid Polyurethane Foam Association. 2006. *Thermal insulation materials made of rigid polyurethane foam (PUR/PIR) Report No 1*.
- Flodberg, K., Blomsterberg, A., & Dubois, M.C. 2012. Low-energy office buildings using existing technology: simulations with low internal heat gains. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 3(19). doi:10.1186/2251-6832-3-19
- Mishra, S., Usmani, J.A., & Varshney, S. 2012. Energy Saving Analysis In Building Walls Through Thermal Insulation System. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(5), str. 128-135.
- Pe'rez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. 2008. A review of building energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40, str. 394-398.
- Petrovic Becirovic, S., & Vasic, M. 2012. Energy-efficient refurbishment of public buildings in Serbia. *Rehva Journal*, , str. 40-44. December.
- Shetal, W., & Sharples, S. 2010. A Building Simulation Sustainability Analysis to Assess Dwellings in a New Cairo Development. U: 4th National Conference of IBPSA, New York City, USA. , str. 94-101
- Službeni glasnik Republike Srbije. 2011. Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada. *JP "Službeni glasnik "*, 61.
- Young, K.K., & Altan, H. 2013. Using dynamic simulation for demonstrating the impact of energy consumption by retrofit and behavioural change. U: 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France. str. 2451-2457 26-28.
- Preuzeto sa <http://www.designbuilder.com>

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗ МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Снежана М. Драгичевич
Университет в г.Крагуевац, Факультет технических наук в г.Чачак

ОБЛАСТЬ: машиностроение, энергоэффективность
ТИП СТАТЬИ: оригинальная научная статья
ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

Резюме:

Одним из успешных методов повышения энергоэффективности зданий является снижение потребления энергии при отоплении. В данной статье приведен сравнительный анализ нужд для отопления помещений, выполненный на основании исследования объекта, на котором произведена модификация изоляционных материалов и изоляционного слоя здания, а также его остекления. Эксперимент был проведен на многоэтажном здании в городе Белград. При выполнении динамической симуляции и оценке эффекта примененных мер для повышения энергоэффективности объекта, в виде снижения потребления энергии для отопления использовалась программа DesignBuilder. Результаты исследования показали, что благодаря изоляции здания и замене окон годовой расход энергии на отопление уменьшен до 61%.

Ключевые слова: энергоэффективность, динамическое моделирование, DesignBuilder, изоляция, замена окон.

APPLICATION OF DYNAMIC SIMULATIONS IN THE ANALYSIS OF MEASURES FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

Snezana M. Dragicevic
University in Kragujevac, Faculty of Technical Sciences in Cacak

FIELD: Mechanical Engineering, Energy Efficiency
ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper
ARTICLE LANGUAGE: Serbian

Summary:

One of the most commonly used methods for improving energy performances of buildings is reducing heating energy consumption. This paper shows a comparative analysis of building energy demand for space heating based on case studies in which building modifications were made with insulating materials of building envelopes and with different window types. For the analysis, a public building with 6 floors,

located in Belgrade, was selected. For a dynamical simulation and evaluation of the applied energy efficiency measures to reduce heating energy consumption, the DesignBuilder program was used. The results show that the insulation of the building and the replacement of windows can lead to an annual reduction of heating energy up to 61%.

Introduction

In this paper, some of the most effective methods for improving energy performances of buildings are analyzed. It examines the influence of methods of building revitalization at the building level with the use of:

- Thermal insulation of external walls, and
- Windows with multiple glazing filled with gas in order to ensure keeping heat indoors during winter, but also to prevent excessive energy gains during summer.

The aim of the paper is to show that, with a dynamic building simulation of building thermal behavior, it is possible to calculate energy requirements for heating, recognizing the differences between energy performances of buildings in different variants. In this regard, a comparative analysis of energy needs obtained using different types of external walls insulation and glazing will be carried out. The analysis will be performed in a case study for a public object located in Belgrade.

Measures for improving energy efficiency in buildings

The most commonly used methods for energy revitalization of buildings is the insulation of exterior walls, ie. building envelope (Young, Altan, 2013). The thickness and quality of the building envelope have a significant impact on the amount of heat that is lost through walls. In the case of non-performing insulation, additional heat losses in winter and the possibility of condensation on interior walls occur, as well as excessive consumption of energy for cooling in summer. The most commonly used insulating materials are expanded polystyrene - Styrofoam (EPS) and extruded polystyrene (XPS).

Regardless of which type of exterior walls insulation is used, its thickness has a significant impact on heat losses. Nowadays, the minimum insulation thickness of 10 cm is recommended.

In the process of building energy rehabilitation, windows are an important segment because they usually occupy a large area of the building envelope, which is common in office buildings. Today, high-quality windows with triple low-e glass panes are used more and more, allowing a significant reduction of costs for space heating (Apte et al., 2003).

Results of the dynamic simulation

An energy calculation was applied for a public office building, located in Belgrade. The building has six floors with a space area of 675 m². (Figure 1).

The simulation was performed, followed by calculating heating energy consumption for two types of external walls, insulating materials with different thicknesses and with different types of window glazing. The proposed simulations were performed for the same configuration of the building, in the same period of time, but with a series of successive modifications. The simulated model of the building represents the transformation of an existing reference object into a low-energy building.

The simulation results show that the application of measures to increase the building energy efficiency by installing insulation of a thickness of 5 cm on external walls do not give satisfactory results. The obtained results show that the application of extruded polystyrene of 10 cm in thickness gives the best results. The comparison of the heating energy consumption for the building without insulation and for the building insulated with 10 cm of expanded polystyrene and extruded polystyrene shows that it is possible to achieve annual energy saving up to 55%.

The comparison of the application effects of 10 cm-thick insulation shows that 3.7% of energy could be saved annually for heating if extruded polystyrene is used instead of expanded polystyrene.

Figure 3 presents a comparative analysis of heating energy consumption for the reference building and the building insulated with 10 cm-thick extruded polystyrene, as well as for the cases when the building has double and triple glazing windows. Based on these results, it can be concluded that due to the replacement of double glazing windows with triple ones, saving of 17% of annual heating energy consumption could be obtained.

Conclusion

This paper presents a dynamic simulation of the energy behavior of the analyzed object and a comparative analysis between the reference object and the presented alternative solutions, which represent an object with applied various measures to improve its energy efficiency. Based on these results, it can be concluded that the insulation of external walls with 10 cm-thick expanded polystyrene or extruded polystyrene results in energy saving of about 55% compared to the reference variant of the building. For such an insulated object, if double-glazing windows are replaced with energy-efficient triple-glazing windows, energy saving of about 61% compared to the reference variant of the building can be achieved. The results clearly show the validity of the presented measures to increase the energy efficiency of the object in question.

Key words: energy efficiency, dynamic simulation, DesignBuilder, insulation, window replacement.

Датум пријема чланка / Дата получения работы / Paper received on: 21. 08. 2015.
Датум достављања исправки рукописа / Дата получения исправленной версии
работы / Manuscript corrections submitted on: 25. 10. 2015.
Датум коначног прихватања чланка за објављивање / Дата окончательного
согласования работы / Paper accepted for publishing on: 27. 10. 2015.

© 2016 Аутор. Објавио Војнотехнички гласник / Military Technical Courier (www.vtg.mod.gov.rs,
втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у складу са Creative
Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2016 Автор. Опубликовано в "Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military
Technical Courier" (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и
распространяется в соответствии с лицензией "Creative Commons"
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2016 The Author. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). This article is an open access article distributed under the
terms and conditions of the Creative Commons Attribution license
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

