ENERGETSKI EFIKASNA STAMBENA ZGRADA U MOSKVI

ENERGY EFFICIENT RESIDENTIAL BUILDING IN MOSCOW

Prof. dr Jurij Tabunšikov, dipl. inž., i
prof. dr Marijana M. Brodač, dipl. inž.,
Moskovski arhitektonski institut, Moskva

Izgradnja prve ruske energetski efikasne višespratne stambene zgrade, na jugozapadu Moskve, u oblasti Nikuljino-2, završena je nedavno. Vođa naučnog projekta je prof. J. A. Tabušnikov, iz Moskovskog arhitektonskog instituta, a inovativna rešenja u pogledu korišćenja toplote tla izvela je ruska kompanija „Insolar-invest", na čelu sa G. P. Vasiljevom. Projekat grejanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije uradila je ruska kompanija NPO „Thermake", na čelu sa A. L. Naumovom.

The construction of the first Russian energy-efficient multistored residential building has been completed lately at the south-west of Moscow, in Nikulyno-2 district. The project scientific leader was Prof. Y. A. Tabunschikov (Moscow Architectural Institute), the innovation solutions concerning the ground heat usage have been realized by the Russian company „Insolar–Invest", head of the company was G. P. Vasiljev, HVAC project has developed by the Russian company NPO „Thermake", headed by A. L. Naumov.

Ključne reči: grejanje; toplota; omotač zgrade; stambena zgrada; energetska efikasnost
Key words: heating; heat; building envelope; residential building; energy efficiency

„Projekat stambenih zgrada sa velikim panelima i sekcijskim blokovima serije 111-355.MO", određen je kao bazni projekat, pošto je smatran najperspektivnijim sa energetske tačke gledišta. Projekat je završen za 17 spratova visoku i u 5 sekcija podeljenu stambenu zgradu pomenute serije, čija ukupna površina poda iznosi 25 000 m^2. Određeni su sledeći ciljevi: modernizacija izabranog baznog projekta primenom nove perspektivne tehnologije za grejanje i klimatizaciju zgrade, smanjenje potrošnje energije na najmanje 40% i povećanje troškova gradnje ne više od 10%. Da bi se rešio taj problem, formulisane su sledeće odluke o modernizaciji postojećeg projekta:

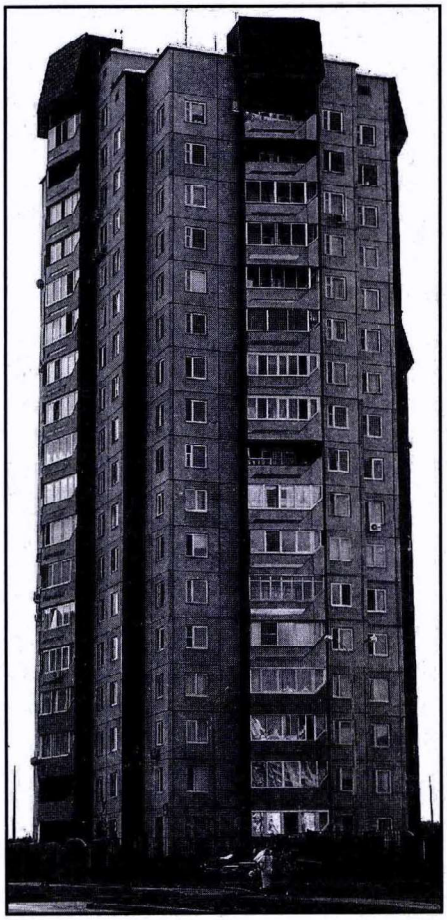
1. Pri izboru tehnologije koja štedi energiju, prednost dati onoj koja je najpovoljnija za unutrašnju klimu.

2. Pošto spoljna klima ima svoju sopstvenu energiju i toplotni potencijal (toplota od sunca, toplota spoljnjeg vazduha, toplota tla), neophodno je:

– koristiti tehnologije koje podrazumevaju netradicionalne reciklirajuće energetske izvore;

– izabrati takav oblik i orijentaciju omotača zgrade koji mogu najbolje da iskoriste prednosti spoljašnje klime i u isto vreme smanje njen negativni uticaj.

3. Zgrada je posmatrana kao jedan objedinjen energetski sistem, čiji su svi elementi – omotač, instalacije za unutrašnju klimu, dovod toplote – energetski međusobno povezani. Koncepcija energetski efikasne zgrade kao zbira nekoliko inovativnih rešenja uštede energije možda neće doneti očekivani rezultat: čak i ako je svako rešeje efikasno, njihova kombinacija sa ostalim može dati loše rezultate. Projekat energetski efikasne zgrade trebalo bi da predstavlja zbir inovacija koje štede energiju uz pomoć naučnih metoda; to je najbolji način rešavanja problema – osigurati čuvanje energije uz istovremeno poboljšanje uslova ugodnosti. Zadatak optimizacije energetski efiikasne zgrade je sledeći: naći celinu arhitektonskih i tehničkih rešenja i definisati atribute njenog izvođenja tako da se obezbedi najmanja potrošnja energije sistema za unutrašnju klimu zgrade.



Glavna rešenja uštede energije primenjena u gradnji bila su sledeća:

Arhitektonska projektna rešenja

Zgrada je paralelopipednog oblika. Njeno izduženo lice okrenuto je ka jugu. Garaže zauzimaju podrum zgrade. U prizemlju su radnje i magacini. Potkrovlje se greje otpadnim vazduhom.

Omotač zgrade

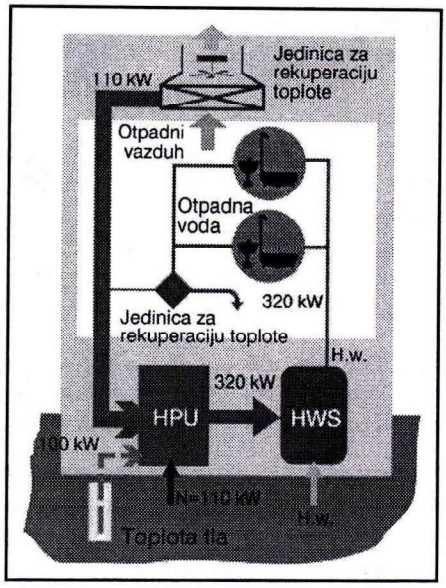
Spoljni zidovi su troslojni, a poliuretanska pena je upotrebljena kao toplotni izolator; toplotni otpor je 3,6 m^2 °C/W. Struktura zida je odabrana prema minimumu smanjenja troškova.

Zastakljenje

Na zgradi su trostruko zastakljeni prozori. Osim toga, sve lode su zastaklјene, da bi se iskoristila sunčeva energija u hladnim i prelaznim periodima godine.

Ventilacioni sistem

Na svakom spratu su mehanički ventilacioni sistemi za dovod i odvod vazduha, opremljeni razmenjivačima rekuperativnog korišćenja toplote otpadnog vazduha; razmena vazduha je obezbeđena pod uslovom da su prozori dobro zaptiveni.



Slika 1. Šema kompleksa rekuperacije toplote za dovod tople vode; HPU – toplotna pumpa kompresivnog tipa; HWS – sistem za snabdevanje toplom vodom; C. W. – hladna voda, H. W. – topla voda

Sistem za dovod toplote

Postoje dva sistema za dovod toplote:

1) centralizovani izvor toplote za grejanje i za snabdevanje toplom vodom;

2) rekuperacija toplote iz tla i otpadnog vazduha, korišćena za zagrevanje vode pomoću kompresione toplotne pumpe.

Sistem za snabdevanje toplom vodom

Ovaj sistem koristi toplotu tla (pomoću toplotne pumpe), i toplotu otpadne vode i otpadnog vazduha.

Sistem za nabdevanje toplom vodom, koji koristi toplotnu pumpu, sastoji se od sledećih osnovnih jedinica:

– parno-kompresionih toplotnih pumpi,

– rezervoara za smeštaj tople vode,

– sistema za prikupljanje niskopotencijalne toplote iz tla i otpadnog vazduha.

Slika 1 prikazuje šemu sistema za rekuperaciju toplote za snabdevanje toplom vodom.

Grejni sistem

Grejni sistem za svaki sprat je dvocevni, horizontalni, opremljen meračima toplote i termostatskim ventilima instalisanim na svakom grejaču u prostoriji; sistem obezbeđuje mogućnost registracije potrošnje toplote i njene regulacije na svakom spratu i, štaviše, individualno regulisanje temperature vazduha u prostorijama.

Grejne sisteme izdvojene po spratovima stanari mogu regulisati bez narušavanja toplotnih uslova u ostalim prostorijama. Sistemi omogućuju registraciju potrošnje tople vode u svakom stanu.

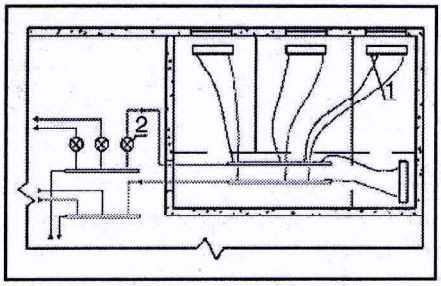
Da bi se organizovala registracija potrošnje toplote u svakom stanu posebno, postoji za svaki stan jedan ulaz za cev za dovod i odvod. Primenjena su dva tipa sistema za grejanje stanova: „perimetarski" i „radijalni" (sl. 2 i 3).

Na spratovima su sve veze za stanove spojene kolektorom u kontrolnim panelima, gde su instalisani merači toplote za svaki stan (slika 4). Kontrolni paneli za sve spratove povezani su stubovima za dovod i povrat, koji su povezani sa mrežom daljinskog grejanja preko ansambla za merenje u celoj zgradi.

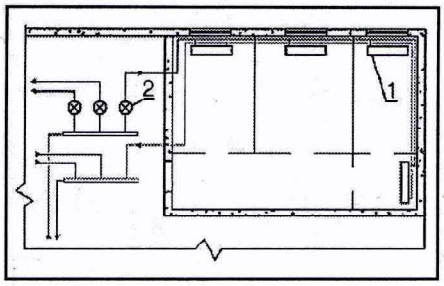
Sistem za prikupljanje niskopotencijalne toplote otpadnog vazduha

Sistem za prikupljanje niskopotencijalne toplote otpadnog vazduha obuhvata razmenjivače niskotemperaturske toplote otpadnog vazduha. On uključuje razmenji-

vače rekuperativne toplote instalisane u komorama za otpadni vazduh, koji su povezani sa isparivačima toplotne pumpe pomoću hidrauličkog kola. Taj metod omogućuje dublje hlađenje otpadnog vazduha i korišćenje toplote otpadnog vazduha za sistem za grejanje vode.



Slika 2. Radijatorski tip grejnog sistema; 1 – grejač prostorije, 2 – merač vode na spratu



Slika 3. Perimetarski tip grejnog sistema; 1 – grejač prostorije, 2 – merač vode na spratu

Šema kolektorskog sistema za niskopotencijalnu toplotu otpadnog vazduha prikazana je na slici 5. Otpadni vazduh iz kanala (1) skuplja se u jednom vezniku; zatim ventilator tera vazduh kroz rekuperativni razmenjivač toplote (3), koji je povezan sa isparivačem toplotne pumpe pomoću posrednog kola; hladan vazduh se oslobađa u atmosferu. Raspoloživa toplota se odvodi iz kondenzatora (5) u grejni sistem ili dovod tople vode.

Automatski regulacioni sistem

Klimatizacioni sistem zgrade može da osigura prilagodljivu i mnogostruku reakciju na svaku promenu klimatskih uslova, parametara vazduha u prostoriji itd.: jedino sredstvo za postizanje ovog cilja je automatski regulacioni uređaj. Namena ovog uređaja je:

– osiguranje najveće uštede energije za sistem unutrašnje klime;

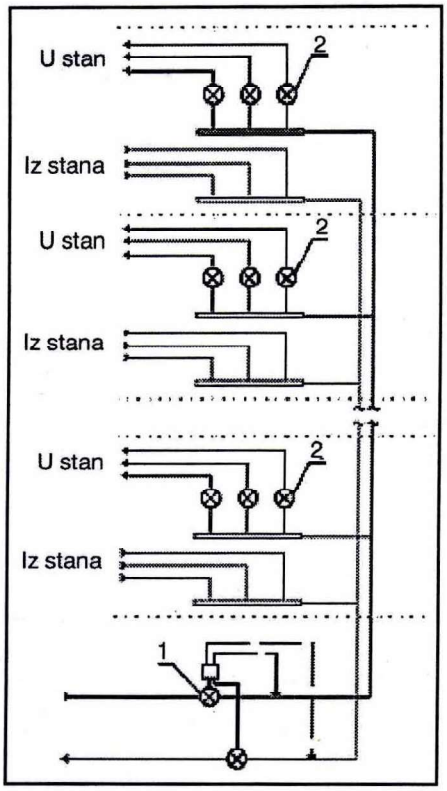
– poboljšanje kvaliteta toplotne ugodnosti;

– poboljšanje kvaliteta regulacije toplote u celom sistemu opreme zgrade;

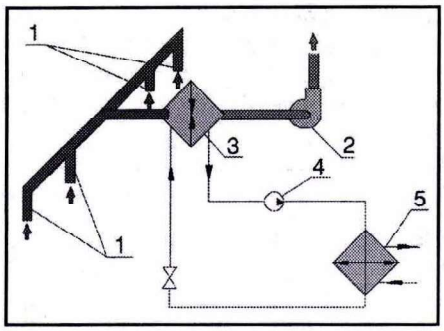
– stvaranje baze poataka za sve moguće uslove u slučaju mogućih vanrednih okolnosti, njihove dijagnoze i preporuke za metode dovoda toplote u zgradu kao i ličnog ponašanja u ovim okolnostima, tj. razvijanje intelektualnih elemenata sistema unutrašnje klime u zgradi;

– registracija stvarne potrošnje toplote.

Kompjuterski sistemi za kontrolu potrošnje toplote i energije rade na bazi matematičkog modela toplotne ravnoteže zgrade, s obzirom na stvarni energetski uticaj spoljašnje klime i količine unutrašnje toplote. Matematički model predstavlja niz jednačina toplotne ravnoteže, koje opisju razmenu vazduha, odavanje toplote unutrašnjih izvora (prisutnih osoba, osvetljenja itd.), uticaja spoljašnje klime, toplotnih gubitaka kroz omotač zgrade izazvan prevođenjem toplote i prodorom vazduha, sadržajem toplote instalisane opreme i konstrukcijom unutrašnjosti zgrade i razmenom kaloriferske toplote.



Slika 4. Šema ansambla za registraciju potrošnje toplote u stanu; 1 – merač toplote u zgradi, 2 – merač vode na spratu



Slika 5. Sistem sa toplotnom pumpom za rekuperaciju toplote iz otpadnog vazduha; 1 – kanali za odvod, 2 – ventilatori za odvod, 3 – isparivač, 4 – kompresor, 5 – kondenzator, 6 – regulacioni ventil

Originalni metod poboljšanja adekvatnosti matematičkog modela regulacije toplotnih uslova podrazumeva njegovo pretvaranje u samoobučavajući model.

Cilj se postiže sledećim sredstvima: automatski regulacioni sistem obuhvata simulator senzora spoljne klime. U početnom periodu održavanja sistema, vreme između regulacionih ciklusa je korišćeno za samoobučavanje: simulator je povezan sa procesorom, umesto sa senzorima za stvarne vremenske uslove.

Funkcionisanje sistemom za vreme saomobučavanja je isto kao regulacioni proces, sa jednom razlikom: sistem je predviđen za informacije o ulaznim vrednostima koje daje simulator vremenskog senzora, a izlazne vrednosti sistema se prenose u modelski program unutrašnje klime.

Nakon obučavanja zasnovanog na trenutnom matematičkom modelu za unutrašnju klimu, formiranje je završeno, uveden je komplikovaniji matematički model za unutrašnju klimu, a sistem nastavlja samoobučavanje na ovom delu, koristeći stečeno iskustvo. Čim sistem dođe u stanje da brzo menja matematičke modele formiranja unutrašnje klime, proces obučavanja na bazi modela se privodi kraju i sistem nastavlja da obučava na stvarnom objektu. Vreme obučavanja se skraćuje, pošto je tokom obučavanja na bazi modela učestanost regulacionih ciklusa za dva reda veća.

Zaključak

Kao rezultat primenjenih mera štednje, ušteda energetskih resursa u energetski efikasnoj stambenoj zgradi iznosi 46%. Specifična godišnja potrošnja energije u poređenju sa istim vrednostima za baznu varijantu navedena je u sledećoj tabeli.

Specifična godišnja potrošnja energije

Specifikacione procene	Jedinica mere	Osnovna zgrada	Energetski efikasna zgrada
1. Godišnja potrošnja energije, uključujući:			
– toplotnu energiju za grejanje	MWh/god.	5450	2967
– toplotnu energiju za snabdevanje toplom vodom		2360	1013
– električnu energiju		1730	–
		1360	1954
2. Ušteda energetskih resursa	MWh/god.	–	2483
	%	–	46
	tona ekviv. goriva/god.	–	307
3. Specifična godišnja potrošnja energije, uključujući:			
– toplotnu energiju za grejanje	$MWh/m^2god.$	0,296	0,161
– toplotnu energiju za snabdevanje toplom vodom		0,128	0,055
– električnu energiju		0,094	–
		0,074	0,106
4. Specifična godišnja ušteda energetskih resursa	$MWh/m^2god.$	–	0,135

Literatura

[1] ***: *Energy-efficient residential house in Moscow,* Heating system, Heat pump hot water supply system, ABOK, No. 4, 1999.

[2] ***: *Energy-efficient residential house in Moscow,* ABOK, No. 3, 1999.

[3] **Tabunschikov, Y. A., M. M. Brodach:** *Scientific basis of energy efficient buildings design,* ABOK, No. 1, 1998.

[4] **Tabuschikov, Y.,** *Mathematical models of thermal conditions in buildings,* SRC Press, U.S.A., 1993.