

CLĂDIRILE REZIDENȚIALE ENERGOEFICIENTE: INTERDEPENDENȚA ASPECTELOR ARHITECTURALE, TERMOTEHNICE ȘI ECOLOGICE

I. BOȘNEAGA

***Abstract:** The main directions for residential buildings' energy efficiency increasing are discussed. For middle latitudes the problem can be solved by means of high and low temperature potential accumulation, application of energy-active thermal insulation and rational energy management.*

***Key words:** energy efficiency, thermal insulation*

Clădirile fac parte din cele mai importante mijloace de existență și activitate a civilizației, care se află în permanentă perfecționare (dar cu o inerentă inerțialitate proporțională, probabil, masei). Practic toate clădirile care se află în exploatare provin din secolele trecute (la direct și figurat) și poartă amprenta lipsei limitărilor la consumul resurselor materiale, energetice și ecologice. Se impune o modernizare a clădirilor existente (cu excepția acelor, bineînțeles, care nu merită să fie menținute) și revizuirea cardinală a ideologiei și practicii pentru construcții durabile noi.

Aceste transformări sunt impulsionate de criza energetică și ecologică care ia amploare și capătă un caracter global. În sectorul casnic se consumă (cu o eficiență mică) majoritatea din întregul produs al energiei electrice și se folosește combustibilul aproape în exclusivitate de

calitate înaltă. Societatea postindustrială este incompatibilă cu existența unor asemenea "găuri negre" (drept reflecție fiind adoptarea Protocolului de la Kyoto și a documentelor ulterioare).

Pentru Republica Moldova (care a moștenit o economie total extensivă, bazată pe consumul excesiv al resurselor) aceste probleme au o importanță cu totul deosebită (vitală).

Paralel cu renovarea (reabilitarea) clădirilor existente este important de a proiecta edificii noi, performante. Însă arhitectura durabilă ("energy efficient buildings") abia se conturează, nu are suficientă bază științifică și, în consecință, educațională. Tehnologiile, care asigură în ramura construcțiilor reducerea consumului de energie și a altor resurse, precum și a poluării mediului sunt în centrul atenției specialiștilor [1-4]. Reducerea densității materialelor de construcții, aplicarea materialelor

¹ Institutul de Fizică Aplicată al Academiei de Științe a Moldovei, Chișinău

eterogene (stratificate) este dictată și de impactul radiologic al radonului generat (emițători de α -radiație provenită din materiale de construcții sunt izotopii radonului Rn^{222} , Rn^{220} , Rn^{219} , Rn^{218}).

Masa excesivă a clădirilor contribuie la creșterea radioactivității și apropiere condițiile lor în contextul radiației ionizante de cele ale minelor subterane [5].

Habitatul omului reprezintă un spațiu foarte restrâns în apropierea suprafeței Pământului. Acest spațiu se află între două importante surse de energie (Fig.1): Soarele (cu temperatura suprafeței sale de aproximativ 6000 K, respectiv cu radiația concentrată în regiunea lumini vizibile-infraroșii, care se schimbă (oscilează) în urma rotației Pământului în jurul axei sale și în jurul Soarelui, cu intensitatea medie a radiației de 175 W/m^2) și miezul incandescent al Pământului (cu temperatura 3000 K, intensitatea radiației de $6 - 30 \text{ W/m}^2$). De menționat faptul, că

actual civilizația nu dispune de mijloace (tehnologii) pentru utilizarea directă a unei părți cât de cât însemnate din imensa cantitate de energie, care vine zilnic pe suprafața Pământului și folosește, aproape în exclusivitate, energia acumulată de-a lungul veacurilor prin procesul natural de fotosinteză. Echilibrul de temperatură pe Pământ (la suprafață – în mediu la nivelul de 288 K) se menține datorită fluxului de radiație în cosmos aproximativ egal cu aportul de radiație, însă (practic în totalitate) în diapazonul infraroșu. Arderea rezervelor de substanțe organice tinde să mărească temperatura echilibrului (predominant prin mecanismul de emisie a gazelor cu efectul de seră), provocând încălzirea globală. Soldul acumulării energiei chimice prin fotosinteză în ultimul timp este negativ în urma defrișării progresive, precum și a scoaterii permanente a pământurilor din uz agricol.

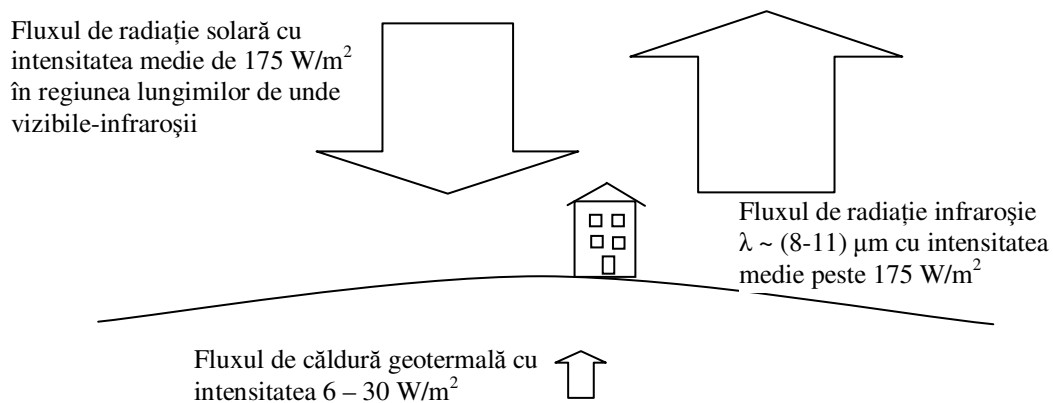


Fig. 1. Echilibrul termic pe suprafața Pământului (schemă simplificată)

Așezarea noastră geografică pune problemele asigurării condițiilor optime la temperaturi excesive vara și la cele scăzute iarna față de temperaturile confortabile ($t = 18-20^\circ\text{C}$, $\phi = 60\%$).

Temperaturile pe latitudinea în cauză sunt mult mai apropiate de cele confortabile vara decât iarna, ce se confirmă prin date statistice prezentate în tabelul 1.

Date statistice cu privire la temperaturile medii lunare ale aerului, °C Tabelul 1.

luna stațiunea	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Briceni	-5,2	-4,0	1,0	8,0	14,5	17,5	19,9	19,0	14,3	8,3	2,2	-2,7
Chișinău	-3,5	-2,5	2,6	9,5	15,9	19,3	21,5	20,7	15,9	10,1	3,9	-0,9
Tiraspol	-3,2	-2,3	2,6	9,7	16,2	19,5	22,0	21,0	16,2	10,3	4,2	-0,6
Cahul	-3,0	-1,8	3,6	10,0	16,2	19,6	21,8	21,1	16,5	10,8	4,7	-0,3

Temperatura medie anuală pe latitudinea Chișinăului se situează aproape de 10°C. Mersul anual al temperaturii este cauzat în cea mai mare parte de variația radiației solare. În Fig. 2 este prezentat graficul insolației pentru Chișinău (linia continuă).

Unitățile de măsură ($\text{kWh/m}^2 \times \text{zi}$) sunt alese așa încât să ușureze comparația cu consumul respectiv al energiei electrice. În aceeași figură linia întreruptă reprezintă calculul consumului zilnic de energie termică raportat la un locatar (date estimative). Cu tot caracterul convențional al calculului acestui consum se poate constata că valoarea integrală pe an este comparabilă cu cea a insolației anuale raportate la 1 m^2 (să se compare integralele - suprafețele sub curbele

respective). Aceasta înseamnă că problema încălzirii iarna va dispărea dacă va fi găsită metoda rentabilă de acumulare a energiei solare. Până atunci ne folosim pentru încălzirea clădirilor de acumulările naturale de energie solară consumând zăcămintele combustibilului organic. Criza energetică reflectă faptul că cele mai convenabile resurse energetice sunt deja consumate. De fapt, nici în cazul dacă printr-un miracol se va descoperi sursa de energie ieftină și accesibilă, nu va fi rezonabilă asigurarea încălzirii clădirilor numai prin metode existente extensive. Cauza constă în poluarea excesivă a mediului, inclusiv poluarea termică. Ultima contribuie la agravarea efectului de seră.

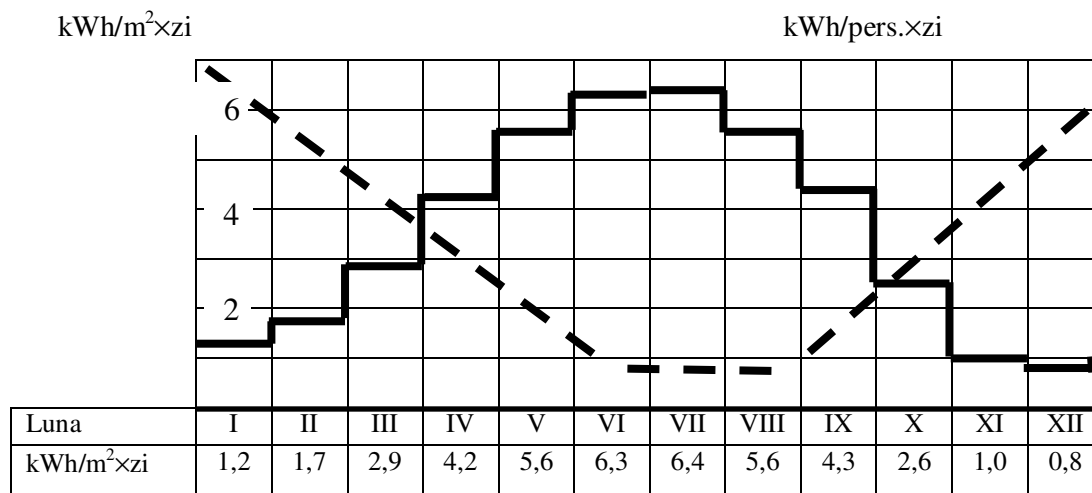


Fig. 2. Densitatea fluxului radiației solare pentru stațiunea Chișinău (date statistice). Linia întreruptă reflectă necesitățile de căldură termică, calculate pentru un locatar.

De fapt, Soarele cu derivatele sale nu este unica sursă de energie pentru noi. De partea cealaltă, din centrul incandescent al Pământului vine un flux constant de căldură geotermală cu densitatea 6 – 30 W/m² (Fig.1). Gradientul geotermic constituie aproximativ 3 °C la fiecare 100 m adâncime. Practic, toată căldura geotermală se degajă până la urmă în cosmos fără a fi concentrată în clădirile noastre. În tabelul 2 este prezentată variația temperaturii solului care este rezultatul acțiunii tuturor factorilor. Se poate observa că deja la câțiva metri adâncime temperatura solului variază puțin (rămâne

practic constantă pe toată durata a anului) datorită fluxului de căldură din interior.

Solul poate servi ca sursă de căldură de potențial redus cu condiția aplicării soluțiilor tehnice rezonabile.

Din analiza precedentă reiese că actualul sistem de încălzire al clădirilor în condițiile scumpirii inevitabile a combustibilului nu mai poate funcționa. Pentru clădiri existente este necesară o reabilitare complexă, care ar prevedea, în primul rând, reducerea cardinală a consumului de energie datorită izolației termice perfecte și modernizarea sistemului de încălzire cu orientarea spre resurse de energie renova-

Temperatura medie lunară(°C) a solului în dependență de adâncime in Chișinău

Tabelul 2.

adâncimea, m	Lunile											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	-4,0	-3,0	3,0	12,0	20,0	25,0	28,0	26,0	18,0	10,0	4,0	-1,0
0,4	1,2	0,6	2,4	9,4	16,1	21,0	23,7	24,1	19,3	13,7	6,9	2,7
0,8	3,0	2,0	2,9	8,2	14,2	18,8	21,7	22,5	19,4	14,1	9,0	4,7
1,6	6,2	4,8	4,6	7,0	11,3	15,1	18,0	19,6	18,7	15,6	12,0	8,4
2,4	8,5	7,1	6,3	7,0	9,7	12,7	15,3	17,0	17,2	15,6	13,3	10,5
3,2	10,4	9,1	8,1	8,0	9,4	11,3	13,4	15,0	15,7	15,3	13,9	12,1

bile. Proiectele noi trebuie să corespundă imperativelor energoecologice. Pentru crearea clădirilor moderne este necesar de rezolvat un ghem de probleme interdependente – energetice, arhitecturale, ecologice.

Elementele de închidere

Pereții și ferestrele sunt principalele elemente de închidere. Ambele compartimente pot fi perfecționate.

Construirea ferestrei moderne (cu tot progresul reușit în ultimul timp) ține de viitor. Nu este suficientă o simplă reflectare a unei părți de infraroșii și izolarea acustică și termică perfectă; acțiunea ferestrei trebuie să fie dirijabilă,

cu reglarea spectrului de transmisie–reflexie; radiația nefolosită trebuie utilizată (transformată în forme de energie utile, în primul rând cea electrică); funcția de iluminare (în deosebi locală) o vor purta și ghidurile de lumină. Optimizarea funcției ferestrei iese din cadrul materialului dat.

Pereții clădirilor de asemenea trebuie să fie energoactivi și multifuncționali. Actualele clădiri pot fi considerate practic “dezbrăcate” din cauza izolației termice insuficiente. După opinia noastră, izolația termică poate fi considerată perfectă dacă degajările interne (tehnologice) de căldură asigură condițiile termice necesare (fără aportul sistemului de încălzire).

Este evident că termoizolarea se aplică din exteriorul clădirii (în primul rând,

pentru a nu supune elementele portante ale construcțiilor temperaturilor mici și mari, precum și umezelii, dar și pentru a nu micșora suprafața disponibilă).

Exteriorul termoizolației îndeplinește funcțiile de reflector-concentrator pentru utilizarea energiei solare. Considerăm, că tractoarele fotoelectrice extinse, care transformă energia solară neconcentrată [7], vor avea (în condițiile terestre) aplicație limitată deoarece sunt costisitoare și nu asigură folosirea energiei secundare la un potențial cât se poate de înalt. Construcția reflectoarelor-concentratoarelor de asemenea merită o abordare aparte (nu este arătată în Fig. 3).

Peretele cu termoizolația activă (schematic prezentat în Fig. 3) conține structuri active, care mențin distribuția dorită de temperatură. Pentru fixarea temperaturii se folosesc agenți termici cu

tranziție de fază. Pentru asigurarea temperaturii dorite (în special în conturul interior) este posibil de a utiliza căldura subterană fără schimbarea potențialului natural de temperatură (evitând folosirea pompelor termice). Termobateriile lucrează în regimul pompelor de căldură la o diferență de temperatură neînsemnată, respectiv randamentul lor este mare.

Pentru acoperișuri soluțiile sunt practic implementate: concentratoarele parabolocilindrice sunt eficiente. De menționat faptul, că aceste instalații pot avea menire dublă: noaptea (în special, în condiții de cerul degajat) ele pot servi pentru răcirea radiațională.

Modernizarea clădirilor existente este o șansă benefică de a schimba aspectul unificat și monoton al orașelor.

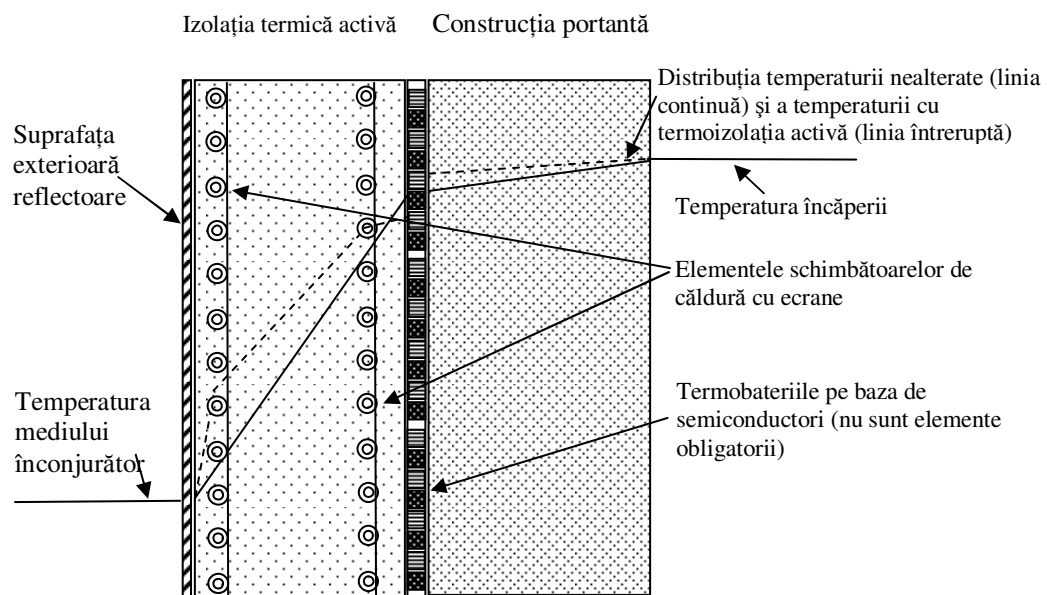
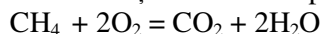


Fig. 3. Schema peretelui cu termoizolația activă (elementele exterioare nu sunt arătate). Distribuția temperaturilor corespunde sezonului rece.

Elementele sistemului de condiționare

În materialul ce urmează sunt analizate posibilitățile de modernizare a sistemului de condiționare în clădirile existente. Majoritatea absolută a clădirilor de locuit cu multe etaje sunt înzestrate cu ventilarea naturală organizată prin canale. Gurile de absorbție sunt instalate aproape de tavanul încăperii și, de obicei, sunt dotate cu grătare de ventilare fără jaluzele. Asemenea sistem de ventilare care e eficient vara, în zilele cu vânt iarna reprezintă o adevărată “gaură neagră”, care absorbă căldura din încăperi. Înzestrarea gurilor de absorbție cu jaluzele, eventual de acțiune automată, ar fi o soluție paliativă. Adevărata soluție constă în abandonarea ventilației naturale (cel puțin în timpul iernii) și organizarea ventilației forțate locale prin refulare și aspirație. Evident că căldura aerului uzat trebuie recuperată. Gradul de recuperare depinde de calitatea schimbătorului de căldură recuperativ. În acest recuperator aerul cald aspirat din zona poluării intră în contact termic (dar nu și direct) cu aerul proaspăt refulat din afară în regimul de contracurent.

După cum reiese din explicația de mai jos, schema dată este indicată în special pentru bucătării, care în primul rând au nevoie de condiționarea aerului. Pentru pregătirea bucatelor se folosește arderea gazelor (gaz natural cu odorant sau, mai rar, amestec de propan-butan). Teoretic, cum rezultă din reacția chimică respectivă,



combustibilul dat este aproape perfect. În realitate o anumită parte de carbon se oxidează numai până la CO. În plus, o

parte de molecule de azot N_2 (prezent în aer în lipsa aburilor de apă cu ponderea volumică substanțială de 78%) la temperatura înaltă a flăcării intră în reacție cu oxigenul, formând noxurile NO_x . Produsele reacției de ardere (CO_2 , H_2O , CO, NO_x) trebuie să fie evacuate din încăperea, iar oxidul de carbon (CO) și oxizii de azot (NO_x) - substanțe deosebit de nocive - necesită și neutralizarea.

Pentru asigurarea condiționării locale în spațiile cu degajarea substanțelor nocive nu pot fi folosite condiționerile de sistemul “split” (dar care totuși sunt deseori folosite). Aceste condiționere sunt în esență pompe de căldură din mediul înconjurător și nu schimbă componența aerului în încăperea. La substanțe nocive chimice se mai adaugă radioactivitatea din încăperea. Faptul că “split”- condiționere totuși sunt pe larg, dar neadecvat folosite se explică prin lipsa de informație și preț mai accesibil.

Urmează descrierea schemei condiționerului care oferă, în opinia noastră, soluțiile necesare. Întreaga construcție este implantată în conductele de aer (care oricum nu pot fi excluse). O conductă servește pentru transportarea aerului uzat de la mașina de gătit cu gaz, iar cealaltă - pentru aducerea aerului proaspăt în încăperea din exterior. Cu scopul de a simplifica recuperarea energiei conductele se proiectează cu cel puțin un perete comun de lungime maximă prin care fluxurile de aer contracurente intră în contact termic. Acest segment de conducte comun servește drept recuperator (Fig. 4).

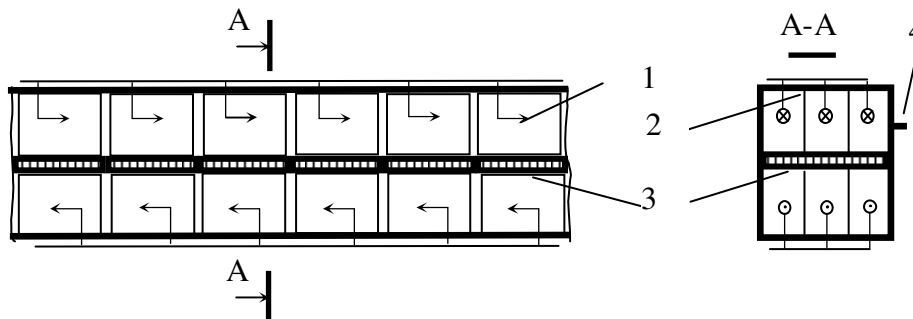


Fig. 4. Secțiunea recuperatorului cu perete comun activ între două fluxuri contracurente;
1 – electrozii de coronare; 2 – nervurile termoconductibile; 3 – bateriile termoelectrice;
4 – bornele termobateriilor

Pentru intensificarea transferului de căldură peretele comun poate fi înlocuit cu pompa de căldură plană. Rolul unei asemenea pompe îl poate îndeplini o baterie de termocupluri pe bază de semiconductoare (deși există alte variante de perspectivă). În sfârșit, transportarea aerului și tratamentul lui se asigură prin organizarea fluxului electroaerodinamic – “vântului electric”. Prin amplasarea periodică a electrozilor de formă convenită cu tensiune înaltă se obține descărcarea electrică de tip corona, formarea sarcinilor electrice în volum și, ca urmare, a mișcării maselor de aer în direcția dorită. În mediul descărcării electrice (în care sunt prezenți

pe lângă moleculele gazelor sus-numite electronii, ionii, radicalii) se petrec reacțiile chimice.

Caracterul acestor reacții poate fi stabilit din analiza datelor prezentate în tabelul 3. Din mulțimea proceselor posibile sunt arătate cele mai importante. Din datele prezentate reiese că moleculele azotului N_2 , având energiile de disociație și ionizare mari, practic, nu interacționează. Acest lucru se confirmă și prin observațiile în straturile superioare ale atmosferei Pământului. Moleculele oxigenului, din contra, disociază ușor în atomi de O, care au o mare capacitate reacțională. Atomii oxigenului O, în cazul când nu participă în

Procese principale care au loc în descărcare prin efect corona în aerul atmosferic. În paranteze sunt indicate lungimile corespunzătoare de undă a fotonilor, care pot fi cauza reacțiilor date.

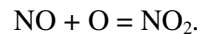
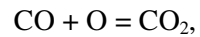
Tabelul 3.

Procesul disociație (asociație)	Energia disociației (asociației), kJ/mol	Procesul ionizare (recombinare)	Energia ionizării, kJ/mol
$N_2 + hv \rightarrow N + N$	941 ($\lambda_{\max} = 127,2\text{nm}$)	$N_2 + hv \rightarrow N_2^+ + e^-$	1495 ($\lambda_{\max} = 80,1\text{nm}$)
$O_2 + hv \rightarrow O + O$	495 ($\lambda_{\max} = 241,8\text{nm}$)	$O_2 + hv \rightarrow O_2^+ + e^-$	1205 ($\lambda_{\max} = 99,3\text{nm}$)
$O_2 + O \rightarrow O_3 + hv$	105 ($\lambda = 1140\text{nm}$)	$O + hv \rightarrow O^+ + e^-$	1313 ($\lambda_{\max} = 91,2\text{nm}$)

reacțiile de oxidare, se asociază cu moleculele oxigenului O_2 și formează o combinație alotropică O_3 (ozonul). Atomul oxigenului are o energie de asociere mică

în molecula ozonului (105 kJ/mol) și practic neîmpiedicat participă în reacțiile de oxidare.

Așadar, produsele de ardere sunt supuse oxidării suplimentare în timpul transportării sale spre echipament conform reacțiilor:



Se oxidează și alte substanțe aromatice neapărat prezente în atmosfera bucătăriei. Efectului ecologic i se alătură și un anumit efect energetic.

Conducta de aer proaspăt de asemenea se înzestreaază cu pompa electrodinamică de aer care mai servește și pentru purificarea aerului de microorganisme. În cazul folosirii pompei termice pe baza bateriilor cu termocupluri inversia direcției pompării căldurii se obține prin simpla inversie a contactelor.

Avantajele construcției descrise sunt: lipsa detaliilor în mișcare, durabilitatea, mersul silențios, reglaj simplu, corespunderea exigențelor ecologice. Principalul neajuns este randamentul mai redus a pompei de căldură pe bază de semiconductoare față de cele electromecanice, dar și acela se observă doar la diferențe de temperatură mari.

Analiza sistemului energetic al clădirilor

Sistemul de aprovizionare cu energie electrică și termică, cu gaze naturale, de condiționare a aerului, tehnica iluminării, utilizarea deșeurilor în clădirile rezidențiale – aceste și alte elemente ale clădirilor (nemijlocit legate cu consumul de energie) necesită o revizuire, direcția dominantă fiind descentralizarea. Fiecare clădire (sau un grup de clădiri învecinate) în condițiile de piață energetică dezvoltată vor avea propria centrală electrotermică. Calitatea și cantitatea (regimul) producerii energiei electrice pot fi controlate (reglate) cu ajutorul computatoarelor (calitatea energiei proastă și compatibilitatea cu sistemul energetic sunt principale contra-argumente pentru descentralizarea

energeticii), iar energia secundară de potențial redus folosită cu eficiența maximală pe loc (transportarea energiei secundare de potențial redus la distanțe mari nu este rentabilă). Respectiv necesită revizuirea sistemului de aprovizionare cu gaze naturale: aducerea gazului în interiorul blocului trebuie de calificat ca o greșeală de sistemă.

Utilizarea potențialului apelor reziduale.

Consumul de căldură se împarte aproximativ egal între apa caldă și sistemul de încălzire. Anticipăm, însă, că ponderea apei calde va crește. Ca urmare, în viitor volumul deversărilor de căldură cu apele reziduale cel puțin nu va scădea. După părerea noastră, potențialul acestei surse de energie secundară rămâne subestimat.

Numai emisiile anuale de metan (CH_4), care provin din apele reziduale, constituie pentru Republica Moldova mii de tone. Aceste emisii au atât aspect energetic, cât și ecologic dat fiind faptul că metanul face parte din gazele de seră. Cel puțin parțial biogazul trebuie utilizat la instalații locale.

Utilizarea căldurii apei reziduale se înscrie armonios în concepția descentralizării sistemului de alimentare cu căldură. Esența soluției – aplicarea pompei termice în cadrul clădirii date – nu se pune la îndoială. Însă organizarea concretă a schimbului de căldură conține componente tehnice avansate și necesită o atenție aparte. De exemplu, schemele utilizării a apei reziduale se schimbă substanțial în situația când este posibil de asigurat colectarea separată a “apelor sure” (după băi, dușuri, bucătăriei). De menționat faptul că gradul de utilizare poate fi încă mai înalt dacă de organizat prelucrare locală a deșeurilor lichide. În acest caz se poate în genere de refuzat conectarea la canalizație [6].

Evitarea pierderii căldurii pentru evaporarea umidității.

Măsurile respective sunt evidente și prevăd minimalizarea contactului liber a aerului încăperii cu suprafața apei sau a

altor obiecte cu apa liberă, ele având temperatura termometrului umed și mai sus. Căldura latentă de evaporizare a apei (2260 kJ/kg) este destul de mare și asemenea pierderi nu pot fi neglijate. De menționat că publicul larg nu este suficient informat despre necesitatea evitării evaporărilor inutile.

Utilizarea energiei eoliene.

Contraindicațiile referitor la implantarea instalațiilor eoliene în construcția clădirilor (zgomot, afectarea semnalelor radio) pot fi ușor depășite. În raza orașelor sunt utile instalațiile specializate cu viteza redusă, confecționate din materiale compozite dielectrice pentru a nu perturba undele electromagnetice. Pentru Chișinău utilizarea largă a energiei vântului ar fi o redescoperire a trecutului: în veacul XIX aici funcționau mai mult de o sută de mori de vânt (la care se mai alăturau și cele hidraulice situate în majoritate în actuala Valea Morilor). Ele toate au fost înlocuite de mașini cu aburi, iar mai apoi cu motoare electrice.

Concluzii

Există posibilități reale de reabilitare și modernizare a clădirilor existente, care ar avea urmări pozitive în domeniul energetic, ecologic, arhitectural. Proiectele de clădiri noi ar putea să fie armonizate cu actualele cerințe energetice și ecologice.

Bibliografie

1. Buchanan, A.H., Honey, B.G.: *Energy and carbon dioxide implications of building construction*. Energy and Buildings, 1994, No. 20, p.205-217.
2. Suzuki M., Oka T., Okada K.: *The estimation of energy consumption and CO₂ emission due to housing construction in Japan*. Energy and Buildings, 1995, No. 22, p.165-169.
3. Debnath, A., Singh, S. K., Singh, Y.P.: *Comparative assessment of energy requirements for different types of residential buildings in India*. Energy and Buildings, 1995, No. 23, p. 141-146.
4. Venkantarama Reddy, B.Y., Jagadish, K.S.: *Embodied energy of common and alternative building materials and technologies*. Energy and Buildings, 2003, No. 35, p.129-137.
5. *Impactul radiologic al radonului și derivatelor sale în clădirile rezidențiale din Republica Moldova*. (Material nepublicat)
6. *Proiect-pilot a unei clădiri cu mai multe etaje cu consumul de energie redus*. Okologie bis ins Detail. Sonnenenerg. und Wärmetechn., 1999, Nb.6, p.29-33.
7. *Building integrated photovoltaics: a Korean case study*. Solar Energy, vol. 64, 1998, Nos 4 – 6, p.151 – 161.

