

CONTRIBUȚII LA ÎMBUNĂȚIREA PERFOMANȚELOR TERMICE ȘI LA ECOLOGIZAREA APARATELOR DE STERILIZARE A INSTRUMENTELOR MEDICALE

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor la
Universitatea "Politehnica" din Timișoara
în domeniul INGINERIE INDUSTRIALĂ
de către

ING. LILIANA DANIELA MOȘTEORU

Conducător științific:
Referenți științifici:

prof.dr.ing. Mihai Jădăneanț
prof.dr.ing. Dănilă Iorga
prof.univ.dr. med. Roxana Moldovan
prof..dr.ing. Marin Bică

Ziua susținerii tezei: 23.03.2007

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Automatică | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie | 8. Inginerie Industrială |
| 3. Energetică | 9. Inginerie Mecanică |
| 4. Ingineria Chimică | 10. Știința Calculatoarelor |
| 5. Inginerie Civilă | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 6. Inginerie Electrică | |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2007

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Catedrei de Termotehnică, Mașini Termice și Autovehicule Rutiere al Facultății de Mecanică a Universității „Politehnica” din Timișoara.

Pregătirea și finalizarea acestei teze de doctorat este rezultatul îndrumărilor competente și sprijinului continuu primite din partea conducătorului științific Prof. dr. ing. Mihai Jădăneanț, căruia îi exprim profunda mea recunoștință și prețuire.

Un real sprijin în realizarea măsurărilor pe aparatul Bock, l-am primit din partea d-lui Prof. dr. ing. Dan Tudor din cadrul catedrei de Construcții Civile din cadrul Facultății de Construcții al Universității „Politehnica” Timișoara, căruia îi exprim vii mulțumiri.

Mulțumesc d-nei Prof. dr. Roxana Moldovan de la catedra de Microbiologie din cadrul Facultății de Medicină și Farmacie Victor Babeș din Timișoara pentru sprijinul acordat.

Adresez mulțumirea și recunoștința mea cadrelor didactice din cadrul Universității „Politehnica” Timișoara- Facultatea de Mecanică, care au contribuit la formarea mea profesională.

Pentru studierea atentă și pentru observațiile interesante, pertinente și constructive asupra tezei, sunt recunoscătoare și aduc mulțumiri referenților științifici oficiali.

De asemenea mulțumesc colegilor mei apropiați din cadrul catedrei din care fac parte pentru înțelegere și sprijin.

Mulțumesc prietenilor pentru încrederea și sprijinul moral acordat, pentru orele și zilele oferite ducerii la bun sfârșit a acestei lucrări.

Nu în ultimul rând, doresc să mulțumesc familiei mele, pentru că în toți acești ani au fost alături de mine, m-au încurajat în momentele dificile și s-au bucurat de realizările mele.

Timișoara, martie 2007

Liliana Daniela Moșteoru

Moșteoru, Liliana Daniela

Contribuții la îmbunătățirea performanțelor termice și la ecologizarea aparatelor de sterilizare a instrumentelor medicale

Teze de doctorat ale UPT, Seria 8, Nr.1, Editura Politehnica, 2007, 182 pagini, 66 figuri, 30 tabele și 28 anexe.

ISSN: 1842-8967

ISBN: 978-973-625-441-3

Cuvinte cheie: microorganisme, sterilizare, pupinel, transfer de căldură, eficiență energetică, ecologie.

Rezumat,

Teza de doctorat abordează un subiect de actualitate, care prevede reducerea consumului de energie electrică a micilor consumatori, concomitent cu păstrarea sau creșterea performanțelor sterilizatoarelor cu aer cald uscat (pupinele): distrugerea bacteriilor, consum redus de energie și ecologizare prin utilizarea de materiale nonagresive asupra organismului uman.

Lucrarea sistematizează și aduce la zi informații dintr-o zonă interdisciplinară, deosebit de extinsă în domeniile de lucru, focalizând cercetările spre fenomenul termic de bază și anume transmiterea căldurii prin conducție în regim nestaționar prin peretele unui sterilizator.

Cercetările experimentale se reflectă, atât prin realizarea programului de calcul, prin rularea acestuia pentru foarte multe structuri propuse, cât și prin validarea experimentală a rezultatelor obținute pe suportul calculului computerizat.

Astfel întreaga lucrare oferă proiectanților sau celor care lucrează în domeniul termic să adopte cu investiții minime soluții economice și ecologice. Este de subliniat propunerea de etichetare energetică a acestor aparate termice studiate.

CUPRINS

CUPRINS	5
Capitolul 1. INTRODUCERE.....	9
Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical	12
2.1 Bazele microbiologice ale sterilizării	14
2.1.1 Definiții	15
2.1.2 Moartea microbilor	15
2.1.3 Eficiența agenților antimicrobieni.....	16
2.1.3.1. Nivele de eficiență a decontaminării microbiene.....	16
2.1.3.2. Factori care influențează eficiența antimicrobiană	18
2.1.4 Agenți fizici în practica decontaminării și conservării	19
2.1.4.1. Căldura	19
2.1.4.2. Radiațiile ultraviolete	27
2.1.4.3. Ultrasunetele	27
2.1.4.4. Filtrarea	27
2.1.5 Agenți chimici în practica decontaminării și prezervării.....	27
2.1.5.1. Agenți de denaturare a stării coloidale a proteinelor.....	28
2.1.5.2. Agenți blocați ai grupărilor chimice libere ale enzimelor	28
2.1.5.3. Agenți care lezează membranele celulare	29
2.1.5.4. Agenți care alterează acizii nucleici	29
2.1.6 Controlul eficienței sterilizării.....	29
2.1.7 Norme tehnice privind efectuarea sterilizării și păstrarea sterilității obiectelor și materialelor sanitare	30
2.1.7.1. Pregătirea instrumentarului și a materialelor pentru sterilizare	30
2.1.7.2. Mijloace curente și modul de sterilizare	31
2.1.7.3. Metode de aprecierea a calității sterilizării.....	33
2.2 Tipuri de sterilizatoare	33
2.2.1 Sterilizator cu aer cald uscat tip SQ	33
2.2.2 Sterilizator cu aer cald uscat tip EC	34
2.2.3 Sterilizatoare cu aer cald uscat de 6, 19, 28, 53 l.....	35
2.2.4 Sterilizator cu aer cald uscat de tip Cox	39

6 Cuprins

2.2.5 Sterilizatoare cu aer cald uscat de tipul Steril Glass 65 W, 160 W și 160 W cu termometru	40
2.2.6 Sterilizatoare de tipul Harvey	43
2.2.7 Sterilizatoare cu aer cald uscat de tipul VIMS.....	46
2.3 Aspecte generale privind standardele europene și internaționale legate de controlul sterilizării	48
Capitolul 3. Modele teoretice aplicabile aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical	49
3.1. Încălzirea prin rezistență electrică.....	51
3.1.1. Principiul încălzirii prin rezistență electrică	51
3.1.2. Transmiterea căldurii într-un pupinel cu rezistoare	52
3.1.3. Alcătuirea pupinelului cu rezistoare	54
3.1.3.1. Peretii pupinelului	54
3.1.3.2. Elemente încălzitoare. Rezistoare electrice	55
3.1.4. Sisteme de reglare a temperaturii	57
3.1.4.1. Reglarea puterii prin contactoare	59
3.1.4.2. Reglarea continuă.....	60
3.1.4.3. Reglarea electronică a puterii	63
3.1.5. Măsurarea temperaturii în tehnica sterilizatoarelor	66
3.1.5.1. Măsurarea temperaturii utilizând termocupluri.....	66
3.1.5.2. Măsurarea temperaturii utilizând termorezistențe	68
3.2. Metode numerice pentru calculul câmpurilor de temperatură.....	69
3.2.1. Metoda diferențelor finite	70
3.2.2. Metoda elementelor finite	73
Capitolul 4. Tehnici și metode de investigație privind determinarea proprietăților materialelor folosite în construcția sterilizatoarelor	78
4.1. Determinarea conductivității termice a materialelor	78
4.1.1. Aspecte teoretice ale metodei	78
4.1.2. Principiul de lucru al metodei	80
4.1.3. Aparatul pentru măsurarea conductivității termice prin metoda plăcii.....	82
4.1.4. Efectuarea măsurărilor	85
4.1.5. Rezultatele măsurărilor	89
4.1.6. Calculul erorilor	93
4.2. Analiza termogravimetrică	96

Capitolul 5. Cercetări teoretice și experimentale asupra câmpului de temperatură din pereții sterilizatoarelor.....	98
5.1. Programul de calcul	98
5.1.1. Definierea programului propus	99
5.1.2. Modul de calcul.....	100
5.2. Rezultate obținute prin calcul în urma rulării programului.....	103
5.2.1. Temperaturi ale materialului izolator pentru perete omogen cu grosimea de 40 mm	103
5.2.1.1. Material izolator vată minerală	103
5.2.1.2. Material izolator vată de sticlă	105
5.2.1.3. Material izolator nobasil.....	106
5.2.1.4. Material izolator azbest.....	106
5.2.2. Temperaturi ale materialului izolator pentru perete omogen cu grosimea de 60 mm	107
5.2.2.1. Material izolator vată minerală	107
5.2.2.2. Material izolator vată de sticlă	108
5.2.2.3. Material izolator nobasil.....	108
5.2.3. Temperaturi ale materialului izolator pentru perete omogen cu grosimea de 80 mm	109
5.2.3.1. Material izolator vată minerală	109
5.2.3.2. Material izolator vată de sticlă	110
5.2.3.3. Material izolator nobasil.....	110
5.2.4. Temperaturi ale materialului izolator pentru perete neomogen cu grosimea de 40 mm	110
5.2.4.1. Material izolator vată minerală și vată de sticlă.....	110
5.2.4.1.1. Vată minerală 16 mm spre exterior și vată de sticlă 10 mm lângă sursa termică	110
5.2.4.1.2. Vată minerală 16 mm lângă sursa termică și vată de sticlă 10 mm spre exterior	112
5.2.4.1.3. Vată minerală 10 mm lângă sursa termică și vată de sticlă 16 mm spre exterior	113
5.2.4.1.4. Vată minerală 10 mm lângă sursa termică și 8 mm spre exterior și vată de sticlă 8 mm la mijloc.....	114
5.2.4.2. Material izolator vată minerală, nobasil și vată de sticlă.....	115

8 Cuprins

5.2.4.2.1	Vată minerală 8 mm spre exterior, nobasil 8 mm la mijloc și vată de sticlă 10 mm lângă sursa termică	115
5.2.4.2.2	Vată de sticlă 8 mm spre exterior, nobasil 8 mm la mijloc și vată minerală 10 mm lângă sursa termică	117
5.2.5.	Temperaturi ale materialului izolator pentru perete omogen cu grosimea de 40 mm izolat cu vată minerală	118
5.2.5.1.	Dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 10 mm ..	118
5.2.5.2.	Dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm ..	119
5.2.5.3.	Dimensiunea sursei de 12 mm și distanța între surse de 6 mm	120
5.2.5.4.	Dimensiunea sursei de 6 mm și distanța între surse de 12 mm	121
5.2.6.	Temperaturi ale materialului izolator pentru perete omogen cu grosimea de 40 mm izolat cu vată de sticlă	122
5.2.6.1.	Dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 10 mm ..	122
5.2.6.2.	Dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm ..	123
5.2.6.3.	Dimensiunea sursei de 12 mm și distanța între surse de 6 mm	123
5.2.6.4.	Dimensiunea sursei de 6 mm și distanța între surse de 12 mm	123
5.2.7.	Temperaturi ale materialului izolator pentru perete omogen cu grosimea de 40 mm izolat cu nobasil.....	123
5.2.7.1.	Dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 10 mm ..	123
5.2.7.2.	Dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm ..	124
5.2.7.3.	Dimensiunea sursei de 12 mm și distanța între surse de 6 mm	124
5.2.7.4.	Dimensiunea sursei de 6 mm și distanța între surse de 12 mm	124
5.3	Verificarea experimentală a calculelor teoretice	125
5.3.1	Rezultate de calcul și interpretarea lor	125
5.3.2	Determinarea experimentală a temperaturii în perete	134
Capitolul 6.	Considerații finale și contribuții personale.....	136
6.1.	Analiza eficienței sterilizării	136
6.2.	Etichetarea energetică.....	137
6.3.	Concluzii generale.....	140
6.4.	Contribuții personale	143
BIBLIOGRAFIE	145

Capitolul 1. INTRODUCERE

În urmă cu trei sute douăzeci și cinci de ani, un om obscur, pe nume Antony Leeuwenhoek, a pătruns pentru prima dată în tainele unei lumi noi și misterioase, populată cu mii de specii diferite de vietăți foarte mici, unele feroce și aducătoare de moarte, altele prietenoase și folositoare, multe din ele având o importanță mai mare pentru omenire decât descoperirea unui continent nou sau a unui arhipelag.

Olandezul Antony Leeuwenhoek, neslăvit de nimeni și abia pomenit, este primul vânător de microbi! Pornind de la o simplă lentilă, pe care cu răbdare, perseverență și încăpățănare, a șlefuit-o, a reușit să obțină primul microscop – o lentilă montată în aur - prin care avea să privească o picătură de apă de ploaie. Astfel, el și-a strecurat privirile într-o lume invizibilă, fantastică, lumea viețuitoarelor mici, care au trăit și s-au luptat, s-au înmulțit și au murit ascunse și complet necunoscute oamenilor de la începutul tuturor timpurilor. A descoperit acolo nenumărate soiuri de vietăți, unele fiind în stare să distrugă oameni. Totuși în urma unui experiment, în care a încălzit apa din tuburile sale la o temperatură mai ridicată, a observat că a încetat orice mișcare în tub. După aceea lăsând stropul de apă să se răcească, vietățile nu au mai revenit la viață.

În anul 1749 John Needham a constat că microorganismele prezente în bulionul de carne dispăreau după încălzire, dar reapăreau dacă acest bulion era păstrat pentru un timp, chiar într-un recipient acoperit. Concluzia lui a fost că dacă microorganismele inițial prezente au fost omorâte prin încălzire, microorganismele depistate în final nu puteau să apară decât spontan.

Eroarea din experimentul lui Needham a fost demonstrată de Lazzaro Spallanzani (1729 - 1799), care a închis ermetic flacoanele cu bulion fiert, observând că după mai multe zile, microorganismele nu mai apăreau. Astfel, el infirmă teoria generației spontane, arătând că "viața doar din viață provine". Și, în afară de aceasta a mai descoperit un lucru nou și important: unele microorganisme sunt mai rezistente la temperatura de fierbere, motiv pentru care necesită un timp mai îndelungat de fierbere, pentru a pieri.

După moartea marelui Spallanzani, vânătoarea de microbi ajunsese din nou în impas. Deși alte ramuri ale științei făceau salturi mari în dezvoltarea lor, animalele microscopice fuseseră date uitării, până la marele Pasteur.

În 1861 Louis Pasteur imagina balonul cu "gât de lebedă" (figura 1.1), un balon continuat în partea superioară printr-un tub lung prevăzut cu două coturi. Bulionul fiert într-un asemenea balon rămânea în contact permanent cu aerul și putea fi păstrat indefinit fără ca în el să se dezvolte microorganisme.

În toate aceste experimente, două sunt aspectele comune: *distrugerea* prin căldură a microorganismelor din bulion – sterilizarea și *prevenirea* accesului în bulionul sterilizat a unor elemente particulare purtătoare de microorganisme. Această ultimă condiție fusese insuficient controlată în experimentul lui Needham, de unde concluzia sa falsă.

Începând din anii 1860, pe baza experimentelor, era imaginat primul mediu pentru cultivarea unor microbi, bulionul de carne, utilizat și astăzi; erau elaborate primele metode simple de sterilizare și era conturat conceptul manipulării la adăpost de contaminare cu microorganisme (asepsia).

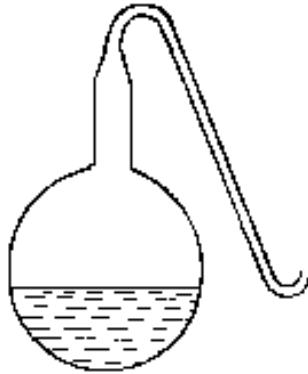


Figura 1.1 Balonul cu "gât de lebedă" imaginat de Pasteur

În anul 1861, medicul vienez Ignaz Philipp Semmelweiss, în cartea *Die Aetiologie, der Begriff und die Prophylaxis des Kindbettfiebers*, vorbea despre "contagiu cu particule cadaverice" vehiculate de mâinile contaminate ale medicilor, de instrumentele utilizate, de aerul saloanelor în care erau spitalizate bolnavele. Pentru prevenirea infecției, Semmelweiss recomanda spălarea mâinilor cu soluție de hipoclorit de calciu după consultul pacientelor sau după autopsie și separarea instrumentelor utilizate în prosectură de cele utilizate în maternitate. Era prima aplicație practică a antisepsiei (prevenirea contagiumului prin omorârea microorganismelor patogene).

Toate aceste valoroase observații și concepte, au trecut neobservate de lumea medicală nepregătită a le înțelege. Abia în deceniile care au urmat chimistul Louis Pasteur (1822-1895) și medicul Robert Koch (1843-1910) au realizat baza experimentală care a confirmat și impus teoria germenilor.

Pasteur a fost cel care pe lângă meritele pe care le are în domeniul microbiologiei, a susținut necesitatea sterilizării instrumentarului chirurgical, bandajelor etc.

Lumea medicală era pregătită să înțeleagă că a devenit beneficiara noilor descoperiri privind microorganismele. Chirurgul englez Joseph Lister (1827-1912) aplică în serviciul său principiile pasteuriene ale antisepsiei (sterilizarea bandajelor și instrumentelor, utilizarea antisepticelor) și aseptiei (protejarea plăgilor de contaminarea microbiană prin pansament steril, etc.) Dezinfecția chimică în sensul modern al cuvântului a fost fundamentată de Lister în 1867, când a propus pentru prima dată fenolul ca dezinfectant în sălile de operație.

Evoluția civilizației umane a generat o preocupare tot mai profundă de înțelegere a funcționării organismului viu. Ca urmare, omul a încercat să intervină tot mai eficient în scopul menținerii sănătății sau a redobândirii ei, folosind instrumente la început primitive și nesigure iar mai apoi tot mai perfecționate.

Din secolul XVIII se poate vorbi despre apariția instrumentarului și a aparatului medicale.

Cercetările efectuate în cadrul prezentei teze au în vedere un studiu complex și relativ complet asupra sterilizării, în condițiile în care problema poluării primește deja un caracter de agresivitate. Lucrarea în discuție este structurată pe șase capitole, cu un accent deosebit asupra sterilizatoarelor cu aer cald și în mod special cu aer cald uscat.

În primele două capitole, sunt analizate pe larg aspecte teoretice privind, pe de o parte, principiile microbiologice de bază ale sterilizării și pe de altă parte stadiul actual al aparatului existente, cu referire asupra aspectelor generale privind standardele europene și internaționale legate de controlul sterilizării.

Capitolul al treilea tratează pe larg modele teoretice aplicabile aparatelor de sterilizat cu aer cald uscat. Aceasta este caracterizată de un studiu de detaliu care are un caracter de mare importanță pentru modul în care sunt sistematizate informațiile referitoare la construcția sterilizatorului cu aer cald uscat, principiul încălzirii prin rezistență electrică și respectiv transferul de căldură tratat de la simplu la complex.

După expunerea sistemelor de reglare a temperaturii precum și măsurarea temperaturii utilizând prin comparație termocupluri și termorezistențe, sunt prezentate metodele numerice pentru calculul câmpurilor de temperatură.

În ultimele trei capitole sunt prezentate cercetările proprii, structurate pe două direcții, privind:

- determinarea conductivității termice a materialelor izolatoare folosite în izolarea pereților aparatului de sterilizat;
- calculul câmpului termic în peretele aparatului de sterilizat.

În vederea alegerii unui material izolator mai bun, s-a realizat și analiza termogravimetrică, care oferă o imagine mai exactă din punct de vedere a stabilității termice a materialului.

De asemenea cercetările experimentale sunt polarizate spre reducerea consumului de energie printr-un studiu privind indicele energetic al sterilizatoarelor, spre reducerea poluării, spre creșterea fiabilității și spre dimensionarea economică și optimizarea temperaturii.

Determinările experimentale au avut ca scop alegerea materialului izolator corespunzător în vederea obținerii performanțelor termice optime pentru a putea fi un aparat ecologic, încadrat într-o clasă superioară a eficienței energetice.

Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical

Sub denumirea de microbi se înțelege în general totalitatea organismelor microscopice care pot da naștere unor boli. O altă denumire, mai cuprinzătoare, folosită în literatura de specialitate este cea de agenți patogeni. Microbii se împart în mai multe categorii, în funcție de mărimea lor, modul de înmulțire și constituția lor generală în: prioni, virusuri, bacterii și protozoare (figura 2.1).

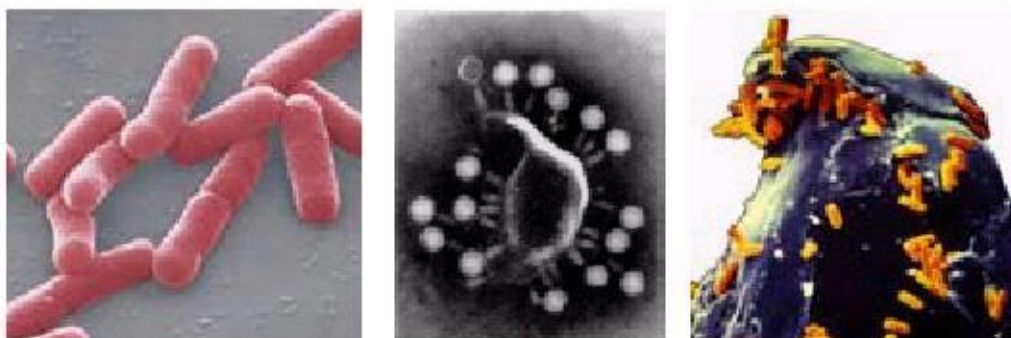


Figura 2.1 Amenințări: Bacterii

Virusi.

Contaminarea acelor [38]

Nu toate formele de viață microscopice cauzează boli. Există mii de tipuri de bacterii inofensive, unele dintre ele chiar utile cum ar fi *Escherichia coli* (care trăiește în intestinale noastre și are un rol important în procesul digestiv). Se poate spune cu certitudine că există microbi care sunt patogeni pentru anumite specii animale, dar nu pentru om, și invers.

Boala apare atunci când microbii reușesc să patrună în organismul uman și să se înmulțească atacând celulele organismului și distrugându-le, sau producând compuși toxici pentru țesuturile organismului uman.

Protozoarele sunt organisme unicelulare. Trăiesc mai ales în apă sau alt mediu lichid.

Bacteriile. Deși sunt mai mari decât virusii, bacteriile pot fi considerate extrem de mici. Unele în formă de bastonaș, altele sferice sau spirale, bacteriile au nevoie de umezeală și substanțe nutritive pentru a se dezvolta, dar majoritatea rezistă în condiții nefavorabile prin formarea unor spori rezistenți. Caracteristica principală care le deosebește de virusuri și prioni este că, la fel ca și protozoarele se pot înmulți în afara celulelor organismului parazitat.

Bacteriile se găsesc oriunde în sol, aer, apă. Unele dau naștere unor boli în mod direct, invadând și distrugând țesuturile organismului, altele produc substanțe otrăvitoare – toxine – care atacă organismul.

Virusii sunt cei mai mici microbi și cei mai greu de combătut. Virusul are un miez de acid nucleic care conține codul reproducerii și creșterii sale în interiorul unei membrane protectoare de proteine. Virusul nu poate supraviețui decât ca un parazit, folosindu-se de altă celulă vie, pe care o omoară pe măsură ce se replică și se răspândește.

Mult timp s-a considerat că virusurile nu sunt propriu-zis forme vii de viață datorită faptului că pot fi obținute în stare cristalizată iar pentru înmulțire au nevoie de aparatul intracitoplasmatic al unei celule gazdă. Teoriile mai recente susțin că de fapt vechile definiții ale vieții trebuie schimbate, trecerea de la biochimie la biologie fiind de fapt "un continuu".

Prionii. Sunt particule noi descoperite în ultimii 10 ani despre care încă nu se pot face multe afirmații hotărâte deoarece nu s-au adunat suficiente date despre caracteristicile lor. Ce se știe despre ele deocamdată este că stau la originea unor noi grupe de boli, a căror principală caracteristică este că au o evoluție foarte lentă. Mărimea, forma, constituția lor, modul de înmulțire și de transmitere fac încă subiectul unor controverse aprinse [125].

Probabilitatea de infecție crește în condiții de mizerie, a consumului de apă și mâncare infestate, a nespălării regulate și corecte a mâinilor, a standardelor joase de igienă, a sistemelor de canalizare neadecvate sau intrarea în contact cu persoane deja infectate (fig. 2.2).

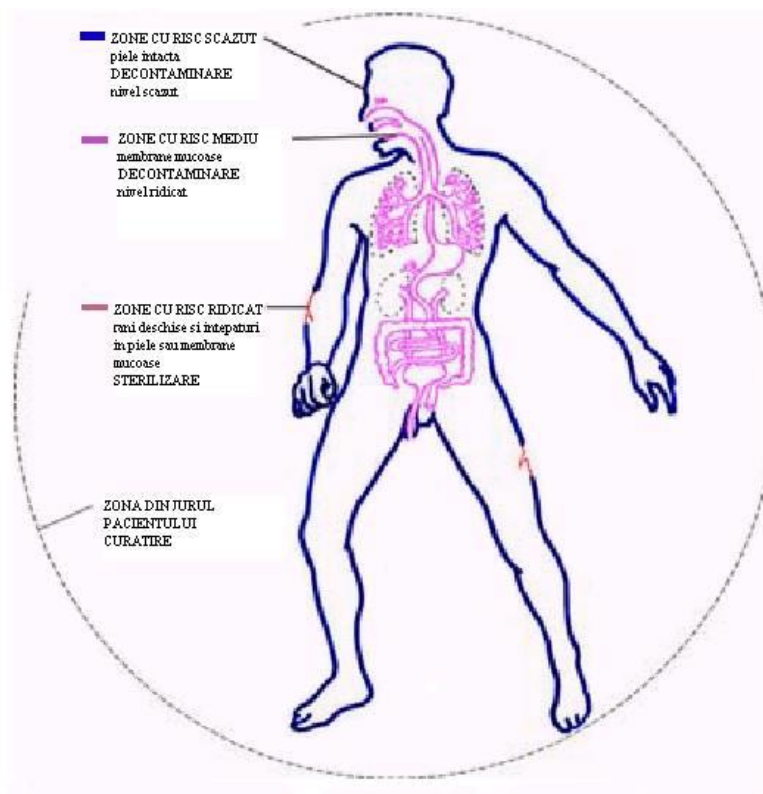


Figura 2.2 Zone de risc pentru corpul uman, bază pentru controlul infecției [38]

14 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2

În cursul evoluției civilizației, pe măsură ce cunoștințele de igienă au progresat, oamenii au căutat diverse metode de a preveni și combate acești agenți patogeni.

Inițial au prevalat unele reguli minimale, de bun simț, cum ar fi spălarea pe mâini sau evitarea poluării accidentale a alimentelor prin păstrarea lor în recipiente curate, folosirea de surse de apă curate etc. Experiența căpătată prin încercări și eșecuri a statuat anumite măsuri care și-au dovedit apoi utilitatea în timp.

Treptat, odată cu dezvoltarea cunoașterii științifice a început să se poată lua măsuri fundamentate științific, iar rezultatele au început să apară. Odată cu descoperirea agenților patogeni și avântul chirurgiei a început să se resimtă nevoia unor măsuri standardizate pentru dezinfectia materialelor folosite în acest scop.

Agenții patogeni pot fi distruși în diferite moduri, atât în afara cât și înăuntrul organismului uman.

Cu studiul și aplicarea metodelor de distrugere a germenilor existenți în afara organismului uman se ocupă "dezinfectia".

Prin "infecție" se înțelege pătrunderea unor microbi într-un organism viu și stabilirea unor relații antagonice între aceștia și gazda lor; prin "contaminare" se înțelege prezența unor agenți patogeni într-un spațiu.

Prin "dezinfectie" se urmărește distrugerea, neutralizarea sau îndepărtarea agenților patogeni, într-un spațiu din mediul extern.

Prin "antisepsie" se acționează asupra tegumentelor și mucoaselor cu scopul de a distruge agenții patogeni aflați în locul respectiv. Unele tehnici sunt comune dezinfectiei și antisepsiei; în antisepsie acțiunea nu este totdeauna radicală; alegerea antisepticului este uneori delicată deoarece nocivitatea pentru microb și pentru țesuturi nu pot fi separate complet.

2.1 Bazele microbiologice ale sterilizării

Când intensitatea factorilor fizici și chimici de mediu iese din limitele optime, apare un efect antimicrobian tradus fie prin moartea microbilor, fie prin oprirea reversibilă a multiplicării. În acest scop se utilizează agenții antimicrobieni în practica sterilizării. În tabelul 2-1 se pot vedea utilizarea agenților antimicrobieni în procesul sterilizării.

Agenți de sterilizare și dezinfectie [9]

Tabelul 2-1

Agenți și forme de aplicare	Mecanismul de acțiune
1. <i>Mecanici</i> : spalare cu apă și săpun sau detergenți	Udare, emulsionare- spumare, efect antimicrobian slab
2. <i>Fizici</i> : Căldura	
- căldura uscată	Oxidare, carbonizare
- căldura umedă	Coagularea proteinelor, degradarea enzimelor
Radiații	Ruperea legăturilor de H, oxidarea legăturilor duble
Ultrasunete	Cavitație
Filtrare	Reținere mecanică + absorbție
3. <i>Chimici</i> : substanțe antimicrobiene	Coagularea proteinelor, inactivarea

	enzimelor, perturbarea schimburilor de membrană, alterarea acizilor nucleici
--	--

2.1.1 Definiții

Steril (lat. *sterilis* = neroditor) = lipsit total de microbi viabili.

Sterilizare = omorârea sau îndepărtarea tuturor microorganismelor – patogene sau nepatogene, forme vegetative sau spori – de pe o suprafață sau dintr-o substanță.

Septic (gr. *septikos* = putred, stricat) = contaminat cu microbi patogeni (suprafețe, substanțe) ori infectat (plăgi, etc).

Aseptic = lipsit de microbi patogeni.

Asepsie = ansamblul metodelor prin care evităm contaminarea mediului ambiant și a unui substrat a cărui condiție microbiologică trebuie respectată: sterilitatea țesuturilor, sterilitatea mediilor de cultură pentru microbi și puritatea culturilor microbiene, microbioza unui produs patologic, sterilitatea medicamentelor injectabile ș.a.

Dezinfecția = omorârea formelor vegetative ale microbilor, dar nu obligatoriu și a sporilor, din substanțe sau de pe suprafețe pentru a le neutraliza ca vehicul al infecției. Se realizează prin agenți fizici sau substanțe dezinfectante. Dezinfectantele, în concentrațiile lor active, sunt iritante și toxice.

Antiseptizarea = omorârea microbilor în forma vegetativă de pe învelișurile organismului sau plăgi. Se realizează prin substanțe antiseptice, care în dozele lor active sunt netoxice.

Prezervarea = omorârea sau inhibarea dezvoltării microbilor în medicamente (seruri, vaccinuri, etc), în alimente, în vederea prevenirii infecțiilor transmise prin alimente ca și degradarea microbiană a medicamentelor și alimentelor.

Un obiect sterilizat devine aseptice, steril. Deci sterilizarea include în sine dezinfecția; un obiect sterilizat se subînțelege că a fost și dezinfectat.

2.1.2 Moartea microbilor

Moartea celulei microbiene înseamnă pierderea ireversibilă a capacității de a genera o cultură, ca rezultat al lezării unor molecule esențiale pentru viață. Leziunea este ireversibilă la intensități mari ale agentului antimicrobian, dar poate fi reversibilă la intensități mici. Un exemplu, dacă bacterii iradiate cu ultraviolete sunt înșămânțate imediat, se constată moartea a 99,9 % din celule, dar dacă aceleași bacterii sunt menținute înaintea înșămânțării numai 20 minute într-o soluție tampon adecvată, acest procent scade la 10.

Moartea populației bacteriene este un fenomen statistic pentru că sensibilitatea indivizilor care o compun are o anumită dispersie în jurul unei valori medii. Dacă se înregistrează grafic logaritmul numărului de bacterii supraviețuitoare în funcție de timp, se obține curba de supraviețuire a bacteriilor sub acțiunea agentului antimicrobian [9].

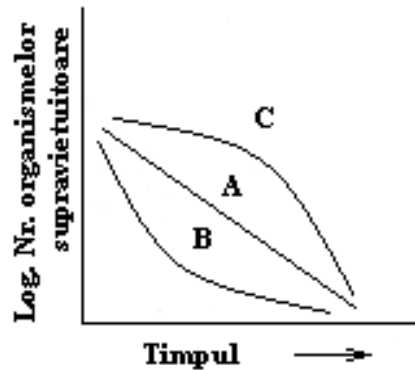


Figura 2.3 Curbe ale supraviețuirii în timp a bacteriilor supuse unui agent antimicrobian

Evoluția acestei curbe este exponențială când ținta agentului antimicrobian este unică per celulă (cromozom, membrană celulară) (fig. 2.3, A) sau multimodală când ținta este prezentă în multiple copii per celulă (enzime), când celulele sunt agregate (stafilococii, la care o grupare mai păstrează capacitatea de a forma o colonie cât timp mai persistă o singură celulă vie) sau când există o mare dispersie a sensibilității celulelor la agentul antimicrobian (fig. 2.3, B, C).

2.1.3 Eficiența agenților antimicrobieni

2.1.3.1. Nivele de eficiență a decontaminării microbiene

În funcție de riscul de contaminare, există trei feluri de condiții:

- Condiții critice, în care sterilizarea este indispensabilă:
 - ✓ instrumentele care penetrează învelișurile organismului și pătrund în țesuturi sau în mediul intern (instrumente chirurgicale, seringi etc.); materiale care realizează contacte cu țesuturile (mănuși chirurgicale, materiale de sutură, etc.); medicamente care se injectează sau perfuzează;
 - ✓ recipientele și instrumentarul destinate manipulării și cultivării microbilor; mediile de cultură; materialele contaminate cu microbi studiați în laboratoarele de microbiologie.
- Condiții semicritice, în care sterilizarea este de dorit, iar riscul infecției poate fi prevenit printr-o dezinfecție eficientă: instrumentarul care vine în contact cu mucoasele; aparatura pentru respirație; instrumentarul și seringile contaminate după utilizare; aerul sălilor de operație, etc.
- Condiții necritice, în care dezinfecția, antiseptizarea și decontaminarea mecanică sunt suficiente: obiectele și

instrumentele care realizează contacte numai cu tegumentele pacienților (mâinile personalului medical, stetoscop, electrozi, instalații tehnico-sanitare, lenjerie, veselă etc.)

În raport cu aceste condiții se pot stabili trei nivele de eficiență a agenților antimicrobieni (tabelele 2-2 și 2-3) [9]:

- înalt – indicați în condițiile critice
- mijlociu - indicați în condițiile semicritice
- jos – suficienți în condițiile necritice

Definirea celor trei nivele de eficiență microbicidă ale agenților decontaminați

Tabelul 2-2

Nivelul de eficiență	Bacterii			Fungi	Virusuri	
	Forme vegetative	Bacilii tuberculozei	Spori		Mari și mijlocii cu înveliș lipidic	Mici, fără înveliș lipidic
Înalt	+	+	+	+	+	+
Mijlociu	+	+	-	+	+	+
Jos	+	-	-	+	+	-

+ efect bactericid

- lipsa efectului bactericid

Clasificarea agenților de decontaminare în funcție de nivelul eficienței bactericide

Tabelul 2-3

Nivelul eficienței	Agentul antimicrobian	Intensitatea	Timpul de omorâre a microbilor
Înalt: Agenți de sterilizare	<i>Aer cald</i> <i>Vapori sub presiune</i> <i>Agenți chimici:</i> oxid de etilenă glutaraldehydă în soluție alcalină formaldehidă în alcool de 70 ⁰	180 ⁰ C 121 ⁰ C 134 ⁰ C 450-800 mg/l 2 % 8 %	25 minute 18 minute 3 minute 2 ^{1/2} – 3 ore 2 ore 2 ore
Mijlociu: Agenți de dezinfectie sau antiseptizare	<i>Fierberea</i> <i>Agenți chimici:</i> compuși ai clorului lapte de var formaldehidă în apă iod în alcool de 70 ⁰ detergenți amfolitici	100 ⁰ C 0,1-0,5% 20 % 3 % 2 % 2 %	30 minute 4-6 ore 6 ore 4 ore 5 minute 12 ore
Mijlociu la jos	derivați fenolici iodofori alcool etilic iod soluție apoasă	1-3 % 75-150 mg/l 70 ⁰ 1%	4-12 ore 5 minute 5 minute 5 minute
Jos: În majoritate agenți de antiseptizare	detergenți cationici detergenți amfolitici săruri anorganice de mercur	0,1-1 % 2 % 0,1-0,2 %	2-30 minute 5 minute

2.1.3.2. Factori care influențează eficiența antimicrobiană

Intensitatea și timpul de acțiune. Timpul de omorâre a microorganismelor variază invers proporțional cu intensitatea agentului antimicrobian. Pentru a scurta timpul de omorâre a microbilor, trebuie să crească intensitatea agentului folosit. Panta curbei de supraviețuire a microorganismelor crește cu intensitatea agentului antimicrobian (fig. 2.4). Prin urmare dacă se dorește scurtarea timpului de omorâre a microbilor, trebuie să crească intensitatea agentului antimicrobian folosit.

Conform figurii 2.4, curba de supraviețuire arată că în orice moment există o șansă de supraviețuire a unor celule. Dacă se ia în considerare curba A, se observă că supraviețuirea scade cu o rată constantă de la 10^6 organisme / ml la 10^0 celule / ml după 60 minute expunere la agentul antimicrobian. Extrapolând, se constată că după 70 minute vor rămâne 10^{-1} organisme vii / ml, după 80 minute 10^{-2} , iar după 120 minute 10^{-6} . Aceasta înseamnă că în aceste condiții, la 1000 litri mediu va rămâne o bacterie vie. Deci definiția dată sterilizării se referă la condiția ideală. Practic, metodele de sterilizare fiind cu 10^6 endospori bacterieni uscați, sterilizarea se acceptă ca starea în care probabilitatea unui singur spor supraviețuitor este de 10^{-6} sau mai mică.

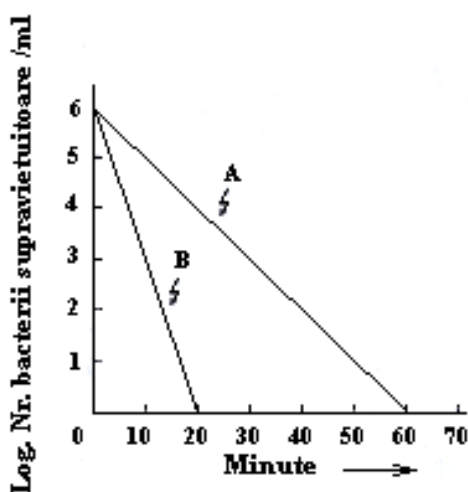


Figura 2.4 Panta curbei de supraviețuire a microorganismelor variază cu intensitatea agentului antimicrobian

Concentrația microbilor. Pentru aceeași intensitate a unui agent antimicrobian, timpul de omorâre crește o dată cu concentrația microbilor. Fenomenul, numit *efect populațional*, se explică prin acțiunea protectoare a substanțelor eliberate de celulele moarte asupra celor supraviețuitoare sau prin capacitatea mai mare a suspensiilor microbiene cu o anumită concentrație de a

neutraliza unii agenți antimicrobieni. Timpul de sterilizare este prevăzut cu un larg coeficient de siguranță.

Natura mediului prin care se exercită acțiunea asupra microbilor. Apa realizează un contact intim între microbi și agentul antimicrobian. Porozitățile și mediile vâscoase întârzie penetrarea către microbi a căldurii și a soluțiilor antimicrobiene. Grăsimile împiedică udarea suprafeței microbilor. Substanțele organice protejează direct microbii și inactivează substanțele antimicrobiene; precipitatele scad, prin absorbție, eficiența agenților chimici; pH-ul alcalin sau acid al mediului favorizează efectele bactericide.

Gradul de rezistență al microbilor. Are importanță practică în aprecierea eficienței bactericide a agenților antimicrobieni. În cadrul aceleiași specii unele tulpini pot fi mai rezistente decât altele.

Deci, se realizează nivelul de eficiență scontat al decontaminării numai dacă se asigură condiții precis controlate de acțiune a agenților decontaminați. Din această cauză:

- Eficiența sterilizării trebuie testată sistematic pentru fiecare lot de materiale sterilizate.
- Eficiența dezinfectantelor cu nivel scăzut de eficiență trebuie testat periodic, prin metode de testare a sensibilității microbilor la dezinfectante. Totuși dezinfecția chimică nu are siguranța sterilizării prin căldură pentru că eficiența soluțiilor dezinfectante este aproape imposibil de evaluat corect.

2.1.4 Agenți fizici în practica decontaminării și conservării

2.1.4.1. Căldura

Căldura acționează asupra microorganismelor prin denaturarea substanțelor organice, distrugându-le și inactivându-le. Rezistența variată a microorganismelor față de căldură este în funcție de diferențele ce există între constituenții celulari, precum și de prezența apei care favorizează sensibilitatea germenilor la căldură, ușurând absorbția de energie calorică în mod proporțional cu volumul său. Sporii care conțin o cantitate mai mică de apă decât formele vegetative, precum și microorganismele deshidratate sunt mai rezistente la acțiunea căldurii. La scara culturilor de laborator, formele vegetative ale majorității speciilor mezofile mor după expunerea o oră la 60°C căldură umedă; toate formele vegetative ale acestor bacterii mor după 2-3 minute la fierbere, endosporii sunt omorâți după 15 minute de autoclavare la 121°C. Căldura umedă este mult mai nocivă decât căldura uscată: cei mai rezistenți spori bacterieni sunt omorâți în 5 minute la 140°C căldură umedă, dar numai după 180 minute la 140°C căldură uscată.

Mecanismele microbicide ale căldurii variază de la dezorganizarea reacțiilor metabolice până la coagularea proteinelor (căldura umedă) sau reacții de oxidare până la carbonizare (căldura uscată). [81]

Sterilizări prin căldură uscată

- **Sterilizarea prin ardere în flacără** este rapidă și cu eficiență absolută. Este indicată pentru obiectele de volum mic, care nu se degradează, se răcesc repede și se întrebunțează imediat.

20 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2

- ✓ **Flambarea** constă în trecerea prin flacără până la incandescență a unor obiecte metalice sau de sticlă, etc. Metoda se aplică pentru gura eprubetelor și flacoanelor și este contraindicată pentru sterilizarea acelor de seringă din oțel sau a instrumentelor chirurgicale, deoarece le degradează.
- ✓ **Incinerarea** (arderea) se utilizează pentru distrugerea materialelor contaminate de mică valoare (pansamente, comprese, gunoi menajer).
- **Sterilizarea prin aer cald** se realizează în cuptoare cu izolație termică (etuvă sau pupinel) în care se realizează temperatura de 180°C timp de 1 oră. Timpul de sterilizare crește peste 1 oră în cazul obiectelor voluminoase sau a obiectelor care se încălzesc greu.

Sterilizarea prin aer cald este indicată la obiecte de sticlă, porțelan, instrumentarul chirurgical metalic și este contraindicată la soluții apoase, obiecte de cauciuc sau garnituri de cauciuc, țesături și fibre de bumbac, materialul contaminat din laborator care se pot degrada (tabelul 2-4).

Etuva este o cutie cilindrică sau paralelipipedică, cu pereți dubli din tablă (fig. 2.5). Rezistențe electrice și un termostat permit obținerea și menținerea temperaturii de sterilizare. Un sistem de ventilație circulă aerul cald în interiorul aparatului pentru uniformizarea temperaturii. În incinta de sterilizare se găsesc rafturi din sită metalică pe care se așează obiectele de sterilizat (fig. 2.6). Obiectele pregătite pentru sterilizare se așează pe rafturi fără a umple aparatul foarte mult și lăsând între obiecte mici spații pentru circulația nestânjenită a aerului cald. Se închide ușa aparatului, se deschide orificiul de ventilație, se face contactul electric. Din momentul în care incinta de sterilizare ajunge la 180°C se marchează timpul. Obiectele sterilizate se scot numai după răcirea aparatului.

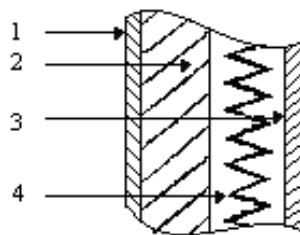


Figura 2.5 Secțiune prin peretele unui sterilizator cu aer cald
1 – perete exterior, 2 – perete izolant, 3 – perete interior, 4 – rezistor

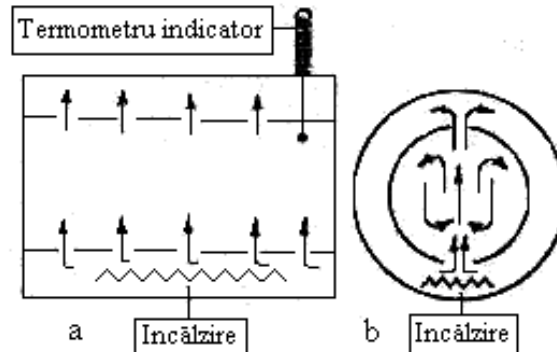


Figura 2.6 Schema unui sterilizator cu aer cald (etuvă sau pupinel)
 a – secțiune longitudinală
 b – secțiune transversală

Dezinfectia, respectiv sterilizarea prin căldură uscată are următoarele avantaje:

- materialul de sterilizat rămâne uscat, astfel coroziunea de metale este evitată;
- diversele obiecte puse la sterilizat pot fi ambalate ermetic și astfel păstrate ulterior sterile;
- numai căldura uscată asigură sterilizarea ireproșabilă de pulberi, uleiuri, parafină;
- instalația funcționează independent de conexiuni la rețeaua de apă sau abur;
- aparatura și dispozitivele au o construcție mai ieftină decât cele care lucrează cu vapori, pentru același spațiu de lucru;
- consumul de energie electrică nu diferă sensibil de cel al sterilizării prin vapori. Aceasta pentru că, deși prin căldură uscată timpul de lucru este mai lung, încărcarea rețelei electrice este mai redusă;
- problemele de protecție a muncii sunt mai reduse în aplicarea căldurii uscate, decât în căldura umedă.

Totuși are următoarele dezavantaje:

- sterilizarea prin căldura uscată necesită un timp relativ lung de încălzire și revenire ulterioară a obiectelor la temperatura mediului
- temperatura de inactivare a tuturor germenilor este mai ridicată și timpul realizării mai lung;
- acțiunea nocivă asupra obiectelor este mai mare decât la sterilizarea prin căldură umedă.

Timpul de inactivare este pentru formele vegetative de bacterii și pentru virusuri de 30 minute la 160°C, iar pentru spori 30 minute la 180°C. Acestea sunt echivalente cu o oră la 120°C pentru formele vegetative și o oră la 160°C pentru spori.

22 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2

Parametrii sterilizării prin aer cald și prin vapori de apă sub presiune [9]

Tabelul 2-4

Materialul și volumul care este supus sterilizării	Timpul de egalizare a temperaturii [minute]	Timpul de omorâre a microbilor [minute]	Timpul total al operației [minute]
<i>Sterilizare în etuvă la 180°</i>			
Sticlărie, instrumentar metalic în ambalaje cu volum reduse	35	25	60
Ibidem în ambalaje voluminoase: seringi Luer din sticlă ambalate în tuburi: pulberi (în cutii Petri în strat mai subțire de 0,5 cm și nu mai mult de 10 g/cutie)	65-95	25	90-120
Ulei (max. 85% din volumul recipientului):			
- în fiole până la 20 ml	25	25	50
- în flacoane de 100 ml	45	25	70
- în flacoane de 300 ml	50	25	75
<i>Sterilizare 121° (1 atmosferă)</i>			
În autoclav vertical cu perete simplu: soluții apoase (maximum 75-80 % din volumul recipientului)			
- vol. de 10 ml în eprubete	0	18	18
- vol. de 500 ml	2-7	18	20-25
- vol. de 1000 ml	7-12	18	25-30
- vol. de 2000 ml	17-27	18	35-45
În autoclav cu manta de abur:			
- instrumentar în containere metalice întredeschise	12	18	30
- cazolette cu lenjerie chirurgicală (fără a fi îndesată)	27	18	45
<i>Sterilizare 134° (2 atmosferă)</i>			
În autoclav orizontal cu prevacuum:			
Cazolette cu lenjerie chirurgicală (chiar îndesată)	1	3	4

Observație: Timpul total al operației este măsurat din momentul în care presiunea în incinta de sterilizare a atins valoarea selectată.

Sterilizări prin căldură umedă

Dezinfecția prin căldură umedă este metoda cea mai răspândită în dezinfecție, ea fiind cea mai eficientă asupra microorganismelor.

Dezinfecția prin fierbere se aplică instrumentarului chirurgical contaminat după utilizare, apei de băut când există riscul infecțiilor, tacâmurilor, alimentelor, lenjeriei. Nu se aplică țesăturilor de mătase, lână, blănurilor și pieilor.

Fierberea la 100°C asigură distrugerea formelor vegetative în 10-20 minute, a virusurilor hepatice în 30 de minute, iar a sporilor în 1-3 ore sau chiar mai mult, dar nu distruge unii spori bacterieni. Dacă apa este dură, pentru a evita depunerea de calcar pe instrumente, fierberea se face în apă distilată sau deionizată. Pentru a mări eficiența antimicrobiană a fierberii, se pot adăuga unele substanțe, cum ar fi carbonatul de sodiu în concentrație de 1-2 % sau detergenți 0,5-1 %. Timpul se marchează din momentul în care începe să fiarbă. După aceasta, nu trebuie să se introducă nici un alt obiect în fierbător. La sfârșit se scurge apa și se vor utiliza cârlige sterilizate prin flambare. Dacă seringă udă este luată în mână, microbii de pe degete, prin pelicula de lichid, pot contamina o suprafață întinsă, chiar acul și pistonul.

Pasteurizarea sau conservarea prin căldură, este o metodă de dezinfecție care folosește căldura umedă, se realizează prin încălzirea lichidelor ce nu suportă fierberea și are largă aplicare în conservarea pentru scurtă durată a unor alimente. Se poate face o pasteurizare joasă de 30 de minute la 63°C, una înaltă, câteva secunde la 85°C și pasteurizare mijlocie. În acest mod, sunt omorâte formele vegetative ale bacteriilor și fungilor, dar nu sunt omorâți endosporii bacterieni și eterovirusurile.

Tyndalizarea sau sterilizarea fracționată este o pasteurizare joasă, o încălzire în jur de 60°C, care se repetă de 3-4 ori, tot la 24 ore interval, permițând și activând dezvoltarea vegetativă a sporilor rezistenți în intervalul dintre încălziri. În acest fel, formele vegetative vor fi omorâte apoi la încălzirea următoare. Metoda, se aplică produselor biologice, care nu suportă o temperatură mai ridicată.

Sterilizări prin vapori de apă sub presiune se realizează în autoclave la 1 atmosferă (121°C) sau 2 atmosfere (134°C).

Din tabelul 2-4 ce prezintă parametrii sterilizării prin aer cald și prin vapori de apă sub presiune, se observă că sterilizarea la autoclav se realizează la temperaturi mai reduse și într-un timp mai scurt decât în etuvă. Aceasta ține de mecanismul diferit de acțiune al căldurii umede și uscate și de încălzirea mai rapidă a obiectelor în autoclav (propagarea căldurii prin convecție) decât în etuvă (propagarea căldurii numai prin conductibilitate și radiație).

Autoclavul este format dintr-un cazan metalic cu pereți dubli rezistenți între care se pune apă până la nivelul indicat. După închiderea etanșă cu un capac masiv, prevăzut cu buloane, vaporii de apă se comprimă la presiunea necesară sterilizării.

- Autoclavul vertical cu perete simplu (fig. 2.7) se utilizează pentru sterilizarea soluțiilor, a sticlăriei pentru culturi de celule, a aparatelor de filtrare și a materialului contaminat din laboratoare. Nu se folosește pentru sterilizarea materialelor chirurgicale și a seringilor deoarece nu asigură uscarea eficientă după sterilizare.

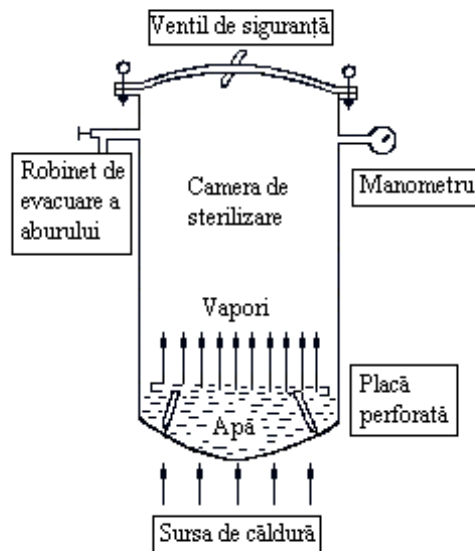


Figura 2.7 Secțiune schematică printr-un autoclav cu perete simplu

Vaporii provin din apa aflată în cazanul de presiune și pătrund în camera de sterilizare de jos în sus prin suportul de tablă perforată pe care se așează obiectele de sterilizat. Un manometru controlează presiunea din interiorul cazanului. Un robinet de vapori, aflat în partea superioară a autoclavului, pune în legătură cazanul cu exteriorul. Al doilea robinet, aflat la partea inferioară, permite evacuarea apei din cazan. O supapă de siguranță permite evacuarea vaporilor când presiunea lor depășește limita de securitate. Cazanul are un manșon din tablă groasă, care în partea inferioară formează un lăcaș pentru adaptarea sursei de căldură.

Funcționarea: Se introduc materialele de dezinfectat în corpul autoclavului. Se pune apă în cazanul autoclavului până la indicația nivelului care se află marcat pe un tub ce este vas comunicant cu conținutul cazanului. Se închide ușa etanș. Se pornește sursa de căldură, concomitent cu robinetul de vapori deschis, până când vaporii ies în jet continuu, după care se închide și se urmărește termometrul și manometrul. Din momentul în care s-a ajuns la temperatura și presiunea dorită, se reglează coșul de tiraj pentru ca să se mențină constante aceste valori în timpul indicat. La epuizarea timpului de sterilizare, se înlătură sursa de căldură, se deschide robinetul de vapori și se lasă să se răcească. Autoclavul se deschide numai în momentul în care presiunea a coborât la zero. Apoi se scot materialele dezinfectate. Dacă se întârzie deschiderea aparatului, vaporii de apă se condensează și udă materialele sterilizate și răcite,

iar în autoclav se creează vid. Ruperea vidului prin robinetul de vapori, pentru a deschide capacul, poate compromite sterilizarea.

- Autoclavul vertical cu manta de abur asigură prin construcție și mod de funcționare uscarea mai rapidă și completă a materialelor sterilizate. Este indicat pentru sterilizarea de materiale chirurgicale, obiecte și instrumente din cauciuc, instrumentar metalic (fig. 2.8).

La acest tip de autoclav vaporii de apă provin dintr-o sursă plasată la partea inferioară a cazanului și pătrund în camera de sterilizare de sus în jos după ce au trecut prin mantaua de abur și au încălzit-o. Față de autoclavul cu perete simplu, la acest tip de autoclav mai apar următoarele accesorii: o pâlnie și o sticlă de nivel prin care se controlează apa din sursa de vapori, robinetele care pun în comunicare sursa de vapori cu aceste piese, un robinet prin care se elimină apa de condens acumulată la partea declivă a camerei de sterilizare.

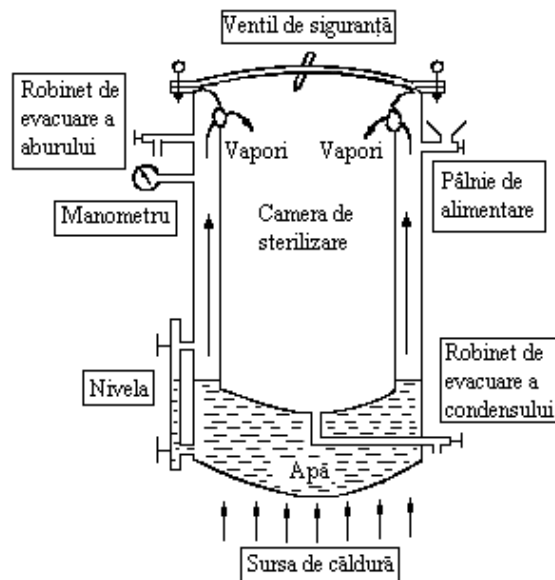


Figura 2.8 Secțiune schematică printr-un autoclav vertical cu manta de abur

Funcționarea: Se introduce apă în cazan până la marca indicată pe sticla de nivel. Se închid robinetele nivelei și pâlniei de alimentare. Se procedează la fel ca la autoclavul cu perete simplu până la epuizarea timpului de sterilizare. Se deschide robinetul de vapori. Când presiunea ajunge la 0,5 atmosfere, se deschide robinetul pentru evacuarea condensului din camera de sterilizare, iar când presiunea scade la zero se deschide capacul autoclavului. Vaporii, în drumul lor prin mantaua de abur, mențin temperatura camerei de sterilizare în care însă nu mai au acces. Uscarea materialului sterilizat este completă și rapidă, la adăpost de pulberile din aer care sunt antrenate în sus de către vaporii de apă.

26 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2

- La autoclavul orizontal (fig. 2.9) vaporii pot proveni dintr-o sursă separată, iar aerul poate fi îndepărtat printr-o pompă de vid. Aceasta asigură penetrația rapidă a vaporilor de apă în porozitățile materialelor. După sterilizare vaporii de apă pot fi îndepărtați de asemenea prin intervenția pompei de vid. Căldura și vidul creat asigură uscarea perfectă și rapidă a materialelor sterilizate. Pentru ruperea vidului, după uscarea materialelor, aparatul este prevăzut cu un filtru de aer. Autoclavele orizontale cu prevacuum sunt indicate pentru sterilizarea inventarului chirurgical. Absența aerului în timpul încălzirii elimină riscul degradării instrumentelor metalice sub acțiunea oxigenului în condițiile căldurii umede.

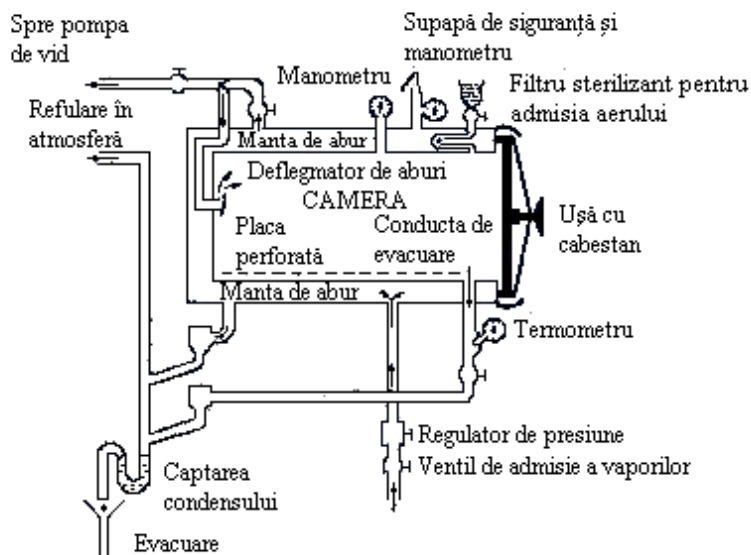


Figura 2.9 Secțiune schematică printr-un autoclav orizontal cu prevacuum

Aceste autoclave sunt destinate stațiilor centrale de sterilizare din spitale, blocuri operatorii.

Dezinfecția, respectiv sterilizarea prin căldură umedă are următoarele avantaje:

- timp de lucru relativ scurt
- eficiență mare la temperaturi nu prea ridicate
- bună pătrundere a căldurii în material

Dezavantajele sunt:

- cost relativ ridicat de efectuare
- atenție și investiție pentru siguranța funcționării
- umezirea materialului

2.1.4.2. Radiațiile ultraviolete

Radiațiile ultraviolete au numai o acțiune de suprafață. Ele nu străbat nici sticla. Razele solare au acțiune dezinfectantă prin razele ultraviolete pe care le conțin și mai puțin prin celelalte radiații, căldură și uscare, un efect bactericid. Tesăturile, pielea, suprafețele poroase nu se dezinfectează cu raze ultraviolete, fapt ce impune utilizarea lor ca un mijloc de completare alături de mijloacele fizice sau chimice de dezinfecție.

Indicații:

- suprafețe netede
- încăperi: boxe de laborator, săli de operație

Se utilizează lămpi pentru dezinfecție, cu tuburi de 15-30 W cu radiație directă (fără prezența omului) sau radiație indirectă.

Temperatura mediului trebuie să fie de 15-30°C, umiditatea de max. 60%; dezinfecția este precedată de curățenie.

2.1.4.3. Ultrasunetele

Ultrasunetele sunt microbicide prin cavitația pe care o produce unda ultrasonoră la trecerea prin apa extra și intracelulară, determinând dezagregarea structurilor microbiene. Se utilizează la dezinfecția și curățirea instrumentarului stomatologic și chirurgical: ultrasonare în băi cu soluții de detergenți.

2.1.4.4. Filtrarea

Filtrarea este trecerea unui fluid printr-un corp poros, filtru. Filtrele cu porozități convenabile pot debarasa de microorganisme fluidul filtrat, acestea fiind reținute mecanic și electrostatic în porii filtrului. Metoda este indicată pentru sterilizarea aerului, a unor medii de cultură pentru microbi, medicamente care nu suportă încălziri.

2.1.5 Agenți chimici în practica decontaminării și prezervării

O serie de substanțe cu acțiune antimicrobiană nespecifică alterează direct și global structuri și funcții comune microbilor și organismelor superioare. Lezează enzimele la nivelul unor grupări chimice comune și nu funcția specifică. Aceste substanțe cu toxicitate neselectivă sunt utilizate ca dezinfectante antiseptice sau prezervante. Utilizarea agenților chimici în practică impune anumite condiții:

- Factorii care influențează comportarea dezinfectantelor
 - ✓ spectrul și puterea germicidă
 - ✓ numărul inițial de bacterii pe suportul tratat
 - ✓ natura suportului
 - ✓ accesibilitatea dezinfectantelor la bacterii (forma, metoda de aplicare și gradul de curățenie al suporturilor)
 - ✓ temperatura
 - ✓ concentrația
 - ✓ volumul

28 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2

- ✓ pH-ul
- ✓ timpul
- ✓ stabilitatea în timp
- ✓ prezența materialelor inerte (apa dură, materia organică, pluta, materialele sintetice, săpunurile și detergenții anionici)
- Criterii de alegere
 - ✓ eficacitatea
 - ✓ ușurința în preparare, aplicare și stocare
 - ✓ economicitatea
 - ✓ lipsa corozivității și a efectelor distructive
- Reguli generale de utilizare
 - ✓ completează curățenia, dar nu înlocuiește sterilizarea
 - ✓ este condiționată de o curățenie riguroasă prealabilă
 - ✓ se aplică numai când nu e posibilă dezinfectia prin căldură umedă
 - ✓ se utilizează un număr scăzut de dezinfectante cu spectru larg bactericid și virucid
 - ✓ în focar se utilizează înaintea curățeniei
 - ✓ în condiții de protecție a muncii

2.1.5.1. Agenți de denaturare a stării coloidale a proteinelor

- Acizii. Sunt rar utilizați în practică
- Alcoolii. Mai întrebunțat este alcoolul etilic de 70°. Efecte antimicrobiene mai puternice are alcoolul izopropilic. Efectul sporocid al alcoolilor este slab. Sunt utilizați pentru antiseptizarea tegumentului.

2.1.5.2. Agenți blocați ai grupărilor chimice libere ale enzimelor

- Oxidarea
 - ✓ Peroxizii. Efectul lor antimicrobian este puternic redus în prezența substanțelor organice. Apa oxigenată este utilizată pentru spălarea plăgilor, permanganatul de potasiu în antiseptizarea mucoaselor.
 - ✓ Halogenii. Dintre halogeni, utilizare au *clorul și iodul*. Efectul antimicrobian al clorului este puternic redus în prezența substanțelor organice. Clorul și derivații săi au aplicații variate în antiseptizare, dezinfectie, igienizare și sanitizare. Iodul are o bună acțiune bactericidă, efectul microbicid nu este afectat semnificativ de prezența substanțelor organice.
- Metalele grele:
 - ✓ Mercurul este utilizat sub forma sărurilor anorganice și a preparatelor organomercuriale. Au remarcabile proprietăți bacteriostatice, dar slab bactericide. Din această cauză utilizările medicale ale sărurilor de mercur sunt limitate.

- ✓ Argintul, sub forma sărurilor de argint sau a compușilor de argint coloidal își găsește aplicație în practica antisepsiei conjunctivei.
- Alkilarea:
 - ✓ Formaldehida se utilizează sub formă de vapori și de soluții. Datorită efectului bun asupra tuturor formelor microbiene, se folosește în practica dezinfectiei și limitat în cea a sterilizării.
 - ✓ Glutaraldehida are bune efecte asupra tuturor formelor microbiene. Se utilizează în soluții pentru dezinfectia instrumentarului și sticlăriei de laborator.
 - ✓ Oxidul de etilen, gaz relativ toxic și inflamabil, se utilizează în amestec cu 15 % CO₂. Este un important agent de sterilizare a instrumentarului, fiind mai eficient decât formaldehida.

2.1.5.3. Agenți care lezează membranele celulare

- Fenolii. *Acidul fenic* are utilizări limitate, ca dezinfectant, datorită toxicității, dar reprezintă etalonul față de care se măsoară activitatea antimicrobiană a antisepticelor și dezinfectantelor. În schimb se utilizează *crezoli*, derivați metilați ai fenolului, datorită intensei activități bactericide. Sunt activi asupra formelor vegetative și nu sunt influențați de prezența substanțelor organice.
- Detergenții sunt agenți tensioactivi care, pe lângă acțiunea antimicrobiană, au și alte proprietăți utile pentru decontaminare, de curățire. Acțiunea lor antimicrobiană este antagonizată de lipide.

2.1.5.4. Agenți care alterează acizii nucleici

Sunt coloranți *derivați de anilină sau aeridină*.

Derivații de anilină, puternic inhibați de către substanțele organice, au utilizări limitate în medicină, fiind folosiți pentru prepararea unor medii de cultură selective.

Derivații de aeridină, puțin influențați de prezența substanțelor organice, își găsesc aplicații în antiseptizarea plăgilor (exemplu: pansamente îmbibate cu rivanol ebiberează lent colorantul menținând o activitate bacteriostatică slabă, dar îndelungată).

2.1.6 Controlul eficienței sterilizării

Controlul eficienței sterilizării se face prin indicatori fizici (manometru, termometru, termograf, higrograf), chimici (tabelul 2-5) și biologici. Indicatorii fizici și chimici, exceptând termografele, nu dau indicații asupra timpului cât s-a menținut temperatura. Indicatorii biologici au o mare fidelitate. După sterilizare se testează viabilitatea sporilor prin însămânțarea lor în medii de cultură adecvate.

30 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2

Substanțe folosite ca indicatori chimici pentru sterilizarea prin căldură

Tabel 2-5

La autoclav		La etuvă	
Substanța	Punct de fuziune	Substanța	Punct de fuziune
Floare de sulf	115°C	thiouree	180°C
Acid benzoic	121°-122°C	sulfametoxipiridazină	180°-182°C
Fenacetină	134°C		
1. 3. 5-tribromfenol	120°C		

Tuburi cu indicatori chimici sau biologici se plasează la diferite nivele ale camerei de sterilizare, în centrul ambalajului. Uzual sterilizarea fiecărui lot de materiale se testează prin indicatori fizici și chimici, iar săptămânal aparatele sunt verificate prin indicatori biologici.

Controlul sterilității substanțelor sau obiectelor se face prin însămânțări în condiții aerobe și anaerobe de incubare.

După sterilizare, toate ambalajele sunt sigilate, iar pe sigiliu se notează data și nr. lotului de sterilizare, conform registrului de evidență.

2.1.7 Norme tehnice privind efectuarea sterilizării și păstrarea sterilității obiectelor și materialelor sanitare

2.1.7.1. Pregătirea instrumentarului și a materialelor pentru sterilizare

Atât materialele de laborator cât și instrumentarul și materialele chirurgicale, înainte de sterilizare trebuie perfect curățate prin spălare. Instrumentarul și recipientele contaminate cu sânge, chiar dacă provin de la o persoană aparent normală, expune personalul la riscul unor infecții grave. În vederea pregătirii sterilizării, trebuie respectați următorii pași:

- 1) **Curățirea minuțioasă** prin:
 - înmuierea timp de 8-15 minute, în apă rece sau apă cu adaos de amoniac sau carbonat de sodiu în concentrație de 1-2%;
 - spălare cu apă călduță și carbonat de sodiu 1-2%
 - clătirea abundentă pentru îndepărtarea urmelor de substanțe chimice
- 2) **Aranjarea truselor și pachetelor** pentru sterilizare trebuie să asigure:
 - pătrunderea uniformă a agentului sterilizant în interiorul truselor și pachetelor (evitarea presării materialelor moi în recipientele utilizate);
 - evitarea degradării materialelor;
 - evitarea posibilităților de contaminare a conținutului trusei, în momentul scoaterii din aparat și în continuare.
- 3) **Precauții generale.** Pregătirea instrumentelor și materialelor pentru sterilizat se face în spații bine precizate. Periile, recipientele și alte ustensile utilizate la curățire se spală și se decontaminează cu soluții clorigene sau prin fierbere.

2.1.7.2. Mijloace curente și modul de sterilizare

Sterilizarea la autoclave și etuve (cuptoare cu aer cald) se efectuează numai de către persoane instruite, cu respectarea tuturor prevederilor cuprinse în cartea tehnică a fiecărui aparat.

Presiunile, temperaturile și timpul de sterilizare reprezintă valori de siguranță pentru eficacitatea sterilizării, în funcție de aparat.

Sterilizarea la autoclave

Autoclavele pot fi folosite pentru sterilizarea materialelor textile, a instrumentelor, obiectelor de sticlă, materialelor de cauciuc și a altor materiale care nu se deteriorează prin tratamentul termic respectiv.

Personalul care efectuează sterilizarea la autoclav trebuie să asigure:

- deschiderea colierelor casoletelor și orificiilor cutiilor cu mănuși înainte de introducerea în autoclav și închiderea lor imediată, la scoatere;
- respectarea timpilor ciclului de sterilizare (încălzire, purjare, sterilizare, uscare) potrivit cărții tehnice a fiecărui aparat, a performanțelor reale ale aparatului și fiecărui tip de încărcătură.

Pentru a se asigura o bună circulație a aburului în timpul sterilizării este recomandabil ca cutiile cu instrumente sau materiale de cauciuc să fie așezate în autoclav pe rafturi sau în navele de sârmă.

Pentru asigurarea unei bune evacuări a aerului din autoclav, după terminarea timpului de încălzire, se va urmări realizarea corectă a tuturor purjărilor conform indicațiilor din cartea tehnică a fiecărui aparat. Se va atrage atenția că purjările la autoclavul (vertical) cu pereți dubli se efectuează prin robinetul montat la baza autoclavului, până la ieșirea aburului în jet continuu, fără picături.

Sterilizarea la etuve

Sterilizarea la etuve (cuptoare cu aer cald - pupinele) se efectuează la temperatura de 180°C, timp de o oră de la atingerea acestei temperaturi sau 160°C timp de 2 ore.

Ciclul complet al unei sterilizări are trei timpi:

- 1) **încălzirea** la temperatura indicată pentru sterilizare;
- 2) **menținerea** temperaturii realizate în tot timpul indicat pentru sterilizare;
- 3) **răcirea** aparatului.

În timpul ciclului de sterilizare **este interzis** să se deschidă aparatul la temperaturi peste 80°C.

Sterilizarea la etuve se folosește pentru obiecte metalice sau de sticlă.

Personalul care efectuează sterilizarea la cuptorul cu aer cald trebuie să asigure așezarea materialelor astfel încât aerul să circule ușor între obiecte, respectând planurile delimitate prin rafturi. Este interzisă scoaterea rafturilor.

Sterilizarea apei pentru spălare chirurgicală

Se efectuează în autoclave pentru sterilizarea apei, potrivit instrucțiunilor de utilizare din cartea tehnică a acestora, la o presiune de sterilizare de 1,5 kgf/cm² și un timp de sterilizare de 30 de minute.

Conductele pentru aducerea apei sterile de la autoclave la spălătorie trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

32 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2

- a) distanța maximă de la autoclav la punctul de distribuție nu va depăși 20 m;
- b) sunt admise numai conducte fără mufe;
- c) eliminarea oricărei posibilități de contaminare a apei sterile prin stagnarea în sistemul de distribuție (cu interzicerea coturilor în formă de "U" sub nivelul conductei);
- d) apa sterilă pentru spălarea chirurgicală se prepară în ziua utilizării ei.

Sterilizarea cu trioximetilen

Pentru sonde care nu pot fi autoclavate, utilizate în urologie, și pentru cistoscoape se recomandă sterilizarea cu trioximetilen în etuve Janet metalice, în următoarele condiții:

- asigurarea umidității necesare acțiunii formaldehidei prin introducerea a 3-5ml apă pe un tampon de vată;
- asigurarea unei temperaturi de 60°C

În aceste condiții, timpul maxim de sterilizare este de 3¹/₂ h.

După efectuarea sterilizării, formolul din cutie se neutralizează prin introducerea pe același tampon de vată a unei cantități de 2 ml amoniac 5% cu un timp de contact de 30 minute.

Obiectele astfel sterilizate, înainte de a fi utilizate, se spală de reziduuri prin 5 clătiri în apă sterilă.

Condiții de eficacitate:

Pregătirea instrumentelor și materialelor potrivit indicațiilor de la pct.2.1.7.1.

- După aranjarea materialelor, se toarnă apă suficientă pentru a acoperi în întregime instrumentele sau materialele pe toată durata fierberii, se așează capacul și se dă drumul la sursa de căldură; apa folosită trebuie să îndeplinească condițiile de potabilitate;
- Timpul de fierbere se calculează din momentul când apa dă în clocot și trebuie să fie de minimum 30 minute;
- După fierbere, cutia se scurge astfel încât apa să se evacueze într-o singură direcție pentru a nu contamina interiorul după ce a atins marginile recipientului.
- Trusele astfel pregătite pot fi utilizate timp de 2 ore.

Pentru menținerea sterilității obiectelor și materialelor sterilizate este necesar să se asigure etanșeitarea containerelor cu sterile, păstrarea acestora până la distribuție în depozite de sterile sau în locurile cu această destinație, în dulapuri închise întreținute în perfectă stare de curățenie. În aceste locuri este interzisă depozitarea sau păstrarea altor materiale.

Durata de valabilitate a sterilelor este de 24 ore de la sterilizare, cu condiția menținerii containerului închis.

Imediat după sterilizare, pe cutii, caserole sau alte tipuri de ambalaje se aplică banderolă de hârtie (care se rupe cu ocazia deschiderii, înainte de folosire). Banderola va cuprinde următoarele date:

- ziua și ora sterilizării;
- conținutul ambalajului;
- aparatul la care s-a sterilizat și numărul ciclului din tura respectivă;
- indicativul persoanei care a sterilizat.

2.1.7.3. Metode de aprecierea a calității sterilizării

- Aprecierea calității curățirii instrumentelor se face prin ștergerea acestora cu o compresă curată (uscată sau umectată cu alcool etilic 70%) încărcată pe o pensă adecvată. Compresa utilizată trebuie să rămână complet curată.
- Aprecierea funcționării aparatelor:
 - testul cu glucoză și citrat de sodiu pentru controlul sterilizării la autoclav
 - testul cu acid benzoic indică temperatura atinsă la un moment dat și în locul din autoclav în care a fost plasat testul.
- Controlul bacteriologic al sterilizării: Stearotest 120 (suspensie limpede violet)
 - după sterilizare, incubare la 56°C, 24h
 - citire: menținut aspectul (culoare, transparență) = sterilizare corectă
 - virajul în galben = sterilizare sub parametrii optimi
 - virajul în roșcat până la galben = depășită temperatura de 120°C
- Aeromicroflora. Pentru fiecare încăpere se folosesc două grupe de cutii Petri cu diametrul de 10cm cuprinzând o placă cu geloză nutritivă 2% și o placă cu geloză-sânge 5-10%. O grupă de plăci se expune în mijlocul încăperii, la înălțimea unei mese; a doua grupă se expune într-un colț al încăperii, la înălțimea unei mese (60cm de la podea). Număr necesar de plăci: 1 placă Petri la 10 m³ aer și nu mai puțin de 5 plăci într-o încăpere. Examinarea probelor: după termostatare la 37°C, 24h (tabelul 2-6).

Rezultatele probelor

Tabel 2-6

Denumirea spațiilor controlate	Limite maxime admise: (număr total de germeni (NTG)/m ³)	
	La 10-15 min. după efectuarea curățeniei	În timpul lucrului
A. Laboratoare de soluții perfuzabile, depozit de sterile, biberonării, saloane prematuri	200	300
B. Săli de operație, săli de nașteri, saloane nou-născuți	300	600
C. Saloane de copii < 1 an, săli de alăptare, saloane ATI	500	1000

2.2 Tipuri de sterilizatoare

2.2.1 Sterilizator cu aer cald uscat tip SQ

34 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2

Sterilizatoarele (fig. 2.10) sunt destinate cabinetelor stomatologice, laboratoarelor clinice, pentru orice alte cabinete sau laboratoare unde sunt necesare sterilizări, precum și în cabinetele de cosmetică, manichiură, frizerie etc.



Figura 2.10 Sterilizatoare cu aer cald uscat tip SQ

În tabelul 2-7 sunt prezentate caracteristicile tehnice pentru diferite tipuri de sterilizatoare SQ.

Caracteristici tehnice pentru sterilizatoare tip SQ

Tabel 2-7

STERILIZATOR	SQ 25	SQ 50	SQ 100
Materiale sterilizabile	Instrumentar metalic, Seringi și obiecte de sticlă	Instrumentar metalic, Seringi și obiecte de sticlă	Instrumentar metalic, Seringi și obiecte de sticlă
Capacitate internă	25 litri	50 litri	100 litri
Temperatură / Timp	180°C / 60 min	180°C / 60 min	180°C / 60 min
Dimensiuni interioare	320 x 250 x 270 mm	420 x 330 x 360 mm	550 x 400 x 450 mm
Putere electrică maximă	600 W	900 W	1200 W
Greutate	20 kg	30 kg	45 kg
TERMOSTAT	SQT 25	SQT 50	SQT 100
Temperatura	30...70°C	30...70°C	30...70°C
Putere electrică maximă	100 W	150 W	200 W
INCINTA TERMICA	IQ 25	IQ 50	IQ 100
Temperatura	30...200°C	30...200°C	30...200°C

2.2.2 Sterilizator cu aer cald uscat tip EC

Aceste tipuri de sterilizatoare sunt destinate cabinetelor medicale pentru sterilizarea vaselor și instrumentarului medical precum și laboratoarelor biomedicale, pentru uscare și sterilizarea sticlăriei de laborator. Ele prezintă următoarele caracteristici funcționale:

- simplitate în utilizare
- consum redus de energie electrică
- siguranță în funcționare (procesele sunt controlate cu microprocesor)
- fiabilitate ridicată, asigurată de materialele utilizate:
 - material rezistiv KANTHAL – Suedia
 - izolație cu vată minerală
 - microprocesor INTEL – S.U.A.
 - componente electronice import C.E.
- afișare digitală și optică a parametrilor temperatură și timp
- rezoluție de măsură: $\pm 0,1$ °C;
- rezoluție de afișare și reglaj a temperaturii (a timpului): ± 1 °C (± 1 min);
- timp de omogenizare a temperaturii în incintă: cca. 60 min;
- protecție la întreruperea accidentală a alimentării cu energie electrică (reluarea automată a programului de sterilizare);
- posibilitate de prestart (timp după care să pornească procesul de sterilizarea, max. 99,99 ore)
- autoprotecții (termocuplu defect, supratemperatură, element comandă putere defect)

Caracteristicile tehnice sunt prezentate în tabelul 2-8

Caracteristici tehnice pentru sterilizatoare tip EC

Tabel 2-8

Tip aparat	Gama de temperatură [°C]	Precizie stabilizare [°C]	Putere instalată [W]	Volum[litri]	Dimensiuni interioare (lxLxH) [mm]
EC 25	50...240	± 2 °C	750	25	290x310x260
EC 50	50...240	± 2 °C	1.400	50	385x472x275
EC 100	50...240	± 2 °C	1.800	100	450x495x450
EC 200	50...240	± 2 °C	2.200	200	570x585x600

2.2.3 Sterilizatoare cu aer cald uscat de 6, 19, 28, 53 l

În figurile 2.11, 2.12, 2.13 și 2.14 se pot vedea sterilizatoarele cu aer cald uscat de 6, 19, 28 respectiv 53 l.

36 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2



Figura 2.11 Sterilizatoare cu aer cald uscat de 6 l

Caracteristici tehnice:

- Căldură uscată.
- Capacitate 6 litri.
- Dimensiuni interioare: L 41 x H 18 x l 9 cm.
- Dimensiuni exterioare: L 49 x H 31 x l 18 cm.
- Greutate 8 Kg.
- Putere 400 W.
- Tensiune 220 V 50 Hz.
- Temporizator: 0 - 120 minute.
- Termometru: până la 250°C.
- Termostat: 0 - 200°C.



Figura 2.12 Sterilizatoare cu aer cald uscat de 19 l

Caracteristici tehnice:

- Căldură uscată.
- Capacitate 19 litri.
- Dimensiuni interioare: L 30 x H 25 x l 26 cm.
- Dimensiuni exterioare: L 44 x H 34 x l 40 cm.
- Greutate 13 Kg.
- Putere 600 W.
- Tensiune 220 V 50 Hz.
- Temporizator: 0 - 120 minute.
- Termometru: până la 250°C.
- Termostat: 0 - 200°C.



Figura 2.13 Sterilizatoare cu aer cald uscat de 28 l

Caracteristici tehnice:

- Căldură uscată.
- Capacitate 28 litri.
- Dimensiuni interioare: L 40 x H 28 x l 25 cm.
- Dimensiuni exterioare: L 58 x H 40 x l 25 cm.
- Greutate 16 Kg.
- Putere 800 W.
- Tensiune 220 V 50 Hz.
- Temporizator: 0 - 120 minute.
- Termometru: până la 250°C.
- Termostat: 60 - 230°C.



Figura 2.14 Sterilizatoare cu aer cald uscat de 53 l

Caracteristici tehnice:

- Căldură uscată.
- Capacitate 53 litri.
- Dimensiuni interioare: L 40 x H 28 x l 25 cm.
- Dimensiuni exterioare: L 58 x H 40 x l 25 cm.
- Greutate 16 Kg.
- Putere 800 W.
- Tensiune 220 V 50 Hz.
- Temporizator: 0 - 120 minute.
- Termometru: până la 250°C.
- Termostat: 60 - 230°C.

2.2.4 Sterilizator cu aer cald uscat de tip Cox

Sterilizatorul Cox (fig. 2.15) este cel mai rapid sterilizator, deoarece realizează sterilizarea în numai 6 minute:

- Având în vedere că utilizează căldura uscată, nu cea umedă, instrumentele de sterilizat nu prezintă pericolul corodării sau ruginii.

40 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2

- Nu necesită utilizarea apei distilate sau a altor substanțe chimice.
- Datorită vitezei mari de sterilizare, se pot folosi un număr redus de seturi de instrumente.



Figura 2.15 Sterilizatoare cu aer cald uscat de tip Cox

Sterilizatorul Cox a fost testat biologic de către Departamentul de Microbiologie al Colegiului Stomatologilor din Dallas, Texas. Formele uzuale de spori precum și unii bacili și spori considerați rezistenți la căldură, sunt distruși cu succes.

Caracteristici tehnice:

- Dimensiuni exterioare: L 432 x l 432 x H 381 mm
- Dimensiunile tăvii pentru instrumentar: L 229 x l 216 x H 38 mm
- Greutate: 23 kg
- Tensiune 220 V, 50 Hz
- Putere electrică 1100 W pentru încălzire și 300W operare
- Temperatura de operare 190°C

2.2.5 Sterilizatoare cu aer cald uscat de tipul Steril Glass 65 W, 160 W și 160 W cu termometru

Sterilizatoare cu aer cald uscat de tipul Steril Glass 65 W, 160 W și 160 W cu termometru sunt prezentate în figurile 2.16, 2.17 respectiv 2.18, iar caracteristicile tehnice în tabelul 2-10.

Aceste tipuri de sterilizatoare sunt aparate de joasă tensiune, utilizate în laboratoare, conform normelor europene 89/336/EEC și 73/23/EEC. Ele sunt destinate sterilizării instrumentelor mici (freze, instrumente endocanalier, oglinzi mici, etc.).

Sterilizatoarele au o gamă largă de utilizare în domeniul stomatologic, medical și estetic. Succesul acestor mici sterilizatoare cu aer cald uscat se datorează trăsăturilor lor specifice:

- posibilitate de a reduce substanțial încărcarea bacteriană într-un timp scurt, la un nivel prevăzut pentru sterilizare (probabilitatea unui singur spor supraviețuitor este de 10^{-6})
- siguranță în funcționare datorită unei bune izolații electrice

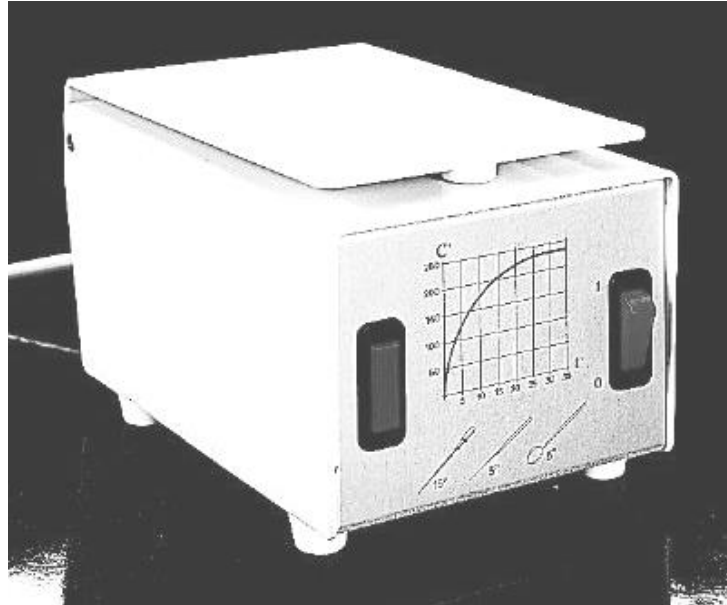
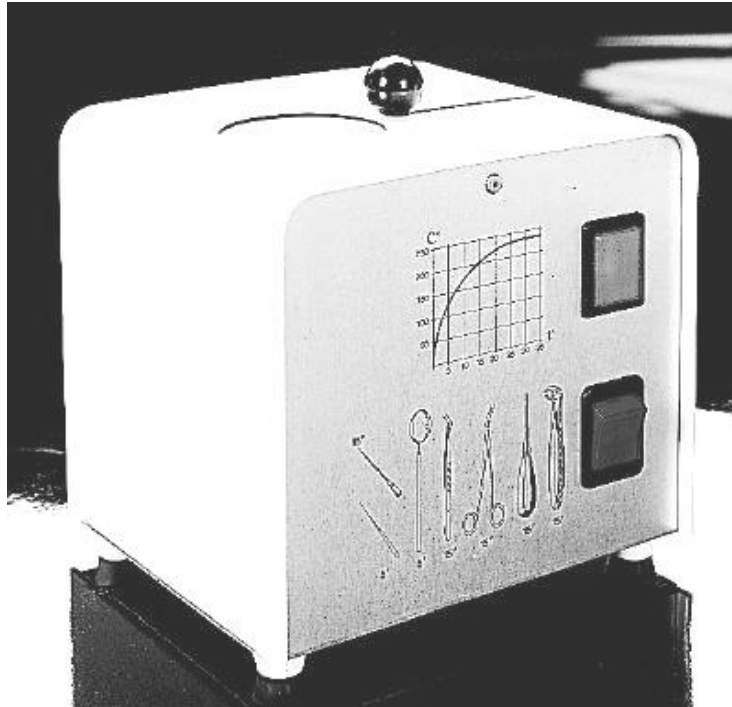


Figura 2.16 Sterilizator cu aer cald uscat de tip Steril Glass 65 W



42 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2

Figura 2.17 Sterilizator cu aer cald uscat de tip Steril Glass 160 W

- consum electric scăzut, obținut printr-o izolare termică bună prin folosirea unor materiale fibro ceramice și a unui termostat pentru reglarea automată a temperaturii până la valoarea de 245°C
- consum redus de energie electrică
- întrerupătoare cu led încorporate
- un indicator pentru termostat, controlează sistemul de încălzire: când temperatura este ridicată la 245°C se stige semnalul luminos și este gata de utilizare

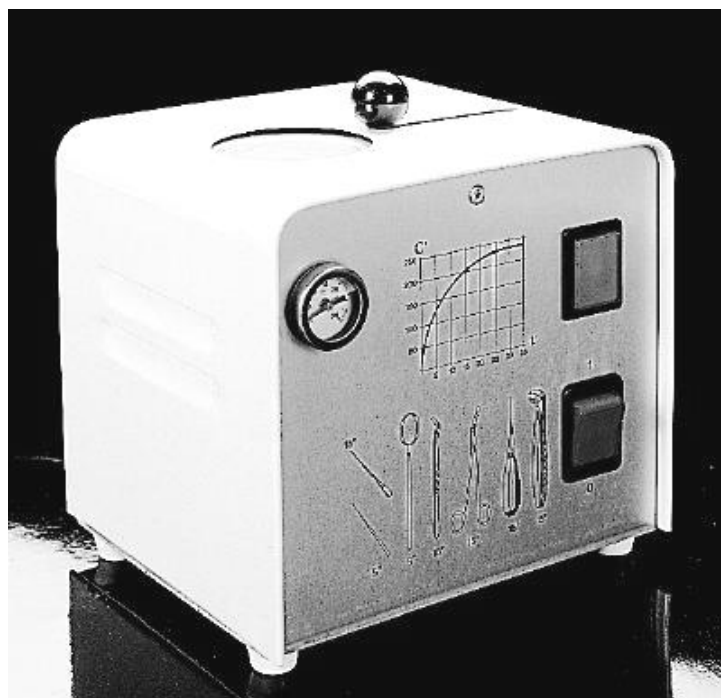


Figura 2.18 Sterilizator cu aer cald uscat de tip Steril Glass 160 W cu termometru

Rezultatele testelor de laborator prezintă distrugerea unor microorganisme cu o probabilitate de 10^{-6} , conform tabelului 2-9.

Rezultatele testelor de laborator

Tabel 2-9

Microorganismele	T ₁₀	Timpul de inactivare a încărcăturii bacteriene					
		30 sec	40 sec.	50 sec.	3 min.	4 min.	5 min.
Escherichia Coli	3 sec.	10 ⁴	10 ⁷	10 ¹⁰	-	-	-
Staphilococcus Aureus	3 sec.	10 ⁴	10 ⁷	10 ¹⁰	-	-	-

Spores B. Subtilis	20 sec.	-	-	-	10 ³	10 ⁶	10 ⁹
--------------------	------------	---	---	---	-----------------	-----------------	-----------------

Teoretic, la o poziționare corectă, după un timp necesar pentru a ajunge la temperatura de 245°C, sunt necesare 30 secunde pentru a distruge o încărcătură bacteriană de microorganisme și deasemenea 3 minute pentru o încărcătură bacteriană foarte rezistentă. Aceste inactivări se referă la părțile instrumentelor care sunt efectiv expuse la temperatura prevăzută. Datele au fost confirmate de testele de laborator specifice, pe aparate medicale specifice, în condiții normale de utilizare.

Caracteristici tehnice

Tabel 2-10

	Steril Glass 65 W	Steril Glass 160 W
Tensiune	230 V - 50/60 Hz	230 V - 50/60 Hz
Putere electrică	65 W	160 W
Capacitatea recipientului	h = 55 mm; θ = 36,5 mm	h = 110 mm; θ = 43 mm
Dimensiuni	115 x 170 x 105 h mm	162 x 140 x 150 h mm
Greutate	1,85 kg	2 kg

2.2.6 Sterilizatoare de tipul Harvey

De peste 50 de ani, sterilizatoarele Harvey (figura 2.19 și tabelul 2-11) oferă o metodă de sterilizare sigură, rapidă și eficientă.



Figura 2.19 Sterilizator Harvey

Spre deosebire de sterilizatoarele cu abur, în sistemul Harvey, conținutul în apă este menținut sub nivelul de aproximativ 15 %, de unde începe rugina și coroziunea. Această metodă ameliorează neajunsurile unei metode obișnuite, revoluționând toate obiceiurile admise în domeniul sterilizării. Metoda Harvey are avantajul că prelungește durata de viață a instrumentarului sterilizat (figurile 2.20 și 2.21).

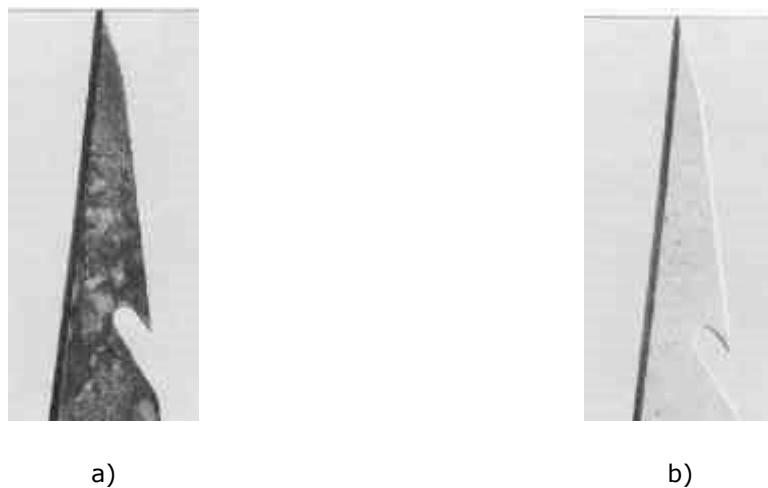


Figura 2.20 Aspectul instrumentelor după 5 sterilizări
a) în sterilizatoare cu abur, b) în sterilizatoare Harvey

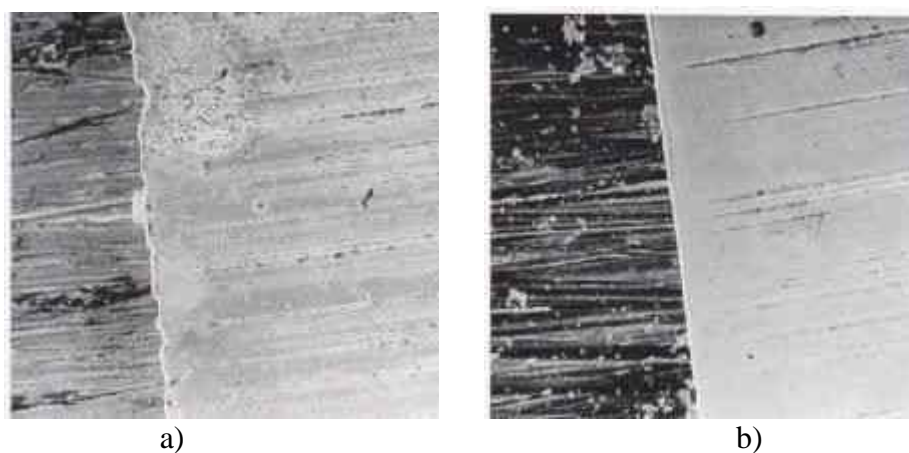


Figura 2.21 Examen microscopic comparativ realizat pentru cele două metode de sterilizare:
a) în sterilizatoare cu abur, b) în sterilizatoare Harvey

Sterilizatoarele Harvey, respectă normele ecologice. Ele utilizează o soluție de sterilizare specifică, Harvey-vapo-steril, amestec de alcool ce conține mai puțin de 1% formaldehidă (0,23%). Sterilizatorul răspunde cerințelor din SUA, fiind considerate de 10 ori mai sigure decât cele normale. Un studiu recent făcut în Germania, a demonstrat că micile cantități de formaldehidă prezente în soluția originală vapo-steril, necesare unei bune sterilizări, nu prezintă nici un risc particular pentru sănătatea sau securitatea utilizatorilor.

Caracteristici tehnice

Tabel 2-11

Modele:	EC5000	EC5500	EC6000
dimensiuni exterioare (LxHxP)	362x330x406mm	425x330x470mm	489x419x521mm
Volumul camerei	5 litri	10 litri	20 litri
Dimensiunile camerei (AxP)	152x279mm	203x337mm	254x406mm
Numărul tăvilor	-	4	8
Numărul cutiilor	-	2	4
Greutate	19 kg	27 kg	55 kg
Consum electric	500 W	800 W	1200 W
Tensiune	220 V - A 2,3	220 V - A 3,6	220 V - A 5,5
Presiunea de utilizare	138-276 KPa	138-276 KPa	138-276 KPa
Temperatura maximă de utilizare	132°C ± 2°	132°C ± 2°	132°C ± 2°
Supapa de siguranță	310KPa	310KPa	310KPa
Timpul de sterilizare	20 minute	20 minute	20 minute
Timpul de uscare	fără	fără	fără
Lichidul de sterilizare	Vapo-steril	Vapo-steril	Vapo-steril
Volumul rezervorului	0,8 litri	1,1 litri	1,1 litri
Volumul rezervorului de golire	1,1 litri	1,1 litri	1,1 litri

Avantaje:

- Fără miros. Sterilizatoarele EC sunt prevăzute cu un filtru foarte eficace pentru mirosuri. Modelele EC 5500 și EC 6000 sunt prevăzute cu o pompă încorporată.
- Eficacitate. Sfârșitul ciclului de sterilizare este semnalat printr-un semnal sonor și o lampă martor. Pentru modelul EC 5000, când butonul e poziționat pe depresurizare, rezidurile sunt filtrate cu ajutorul filtrului chimic. La modelele mai mari (EC 5500 și EC 6000) o pompă este pusă în funcțiune automat și injectează aer comprimat în cameră pentru a accelera evacuarea vaporilor reziduali prin filtrul chimic.
- Economicitate. Sistemul de umplere permite evitarea risipei de soluție activă. Lichidul nu mai curge când rezervorul este plin. Consumul electric este redus.

46 Capitolul 2. Stadiul actual al aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical - 2

- Rapiditate. Nu necesită uscarea. Spre deosebire de autoclav, unde umiditatea este 100% acest tip de sterilizator utilizează un proces cu un grad de umiditate redus (9,25%), deci nu se pierde timp cu uscarea, pentru că toate materialele ambalate, sau nu, rămân uscate. Creșterea presiunii este de 6-8 ori mai rapidă și durează 3 minute în loc de 15-20 minute în mod obișnuit. Deci în mai puțin de 30 de minute instrumentele ambalate sunt sterile și uscate. Astfel sterilizarea se poate face între doi pacienți: sistemul de încălzire menține o temperatură constantă (132°C) atât timp cât aparatul este sub tensiune. Acest sistem unic evită reîntoarcerea la temperatura ambiantă (20°C) a spațiului de sterilizare și permite un câștig de timp considerabil.
- Simplitate. Sistemul de concepție este fiabil. Un ciclu unic permite evitarea oricărei erori de manipulare. Datorită unei tehnologii electromecanice bine puse la punct, utilizarea lor este simplă.

Durata de viață este cu mult mai mare decât a unui sterilizator cu vapori de apă, datorită umidității reduse folosite. Estetice și compacte sunt prevăzute pentru a fi folosite fie direct în cabinetele stomatologice fie încastrate într-o mobilă.

2.2.7 Sterilizatoare cu aer cald uscat de tipul VIMS

Aceste sterilizatoare cu aer cald (figurile 2.22, 2.23, 2.24 și tabel 2-12) sunt destinate pentru sterilizarea instrumentarului, obiectelor de sticlă sau porțelan, pulberilor și poate fi utilizat la uscarea diverselor materiale. Sterilizatorul este prevăzut cu posibilitatea circulației aerului, dacă sunt prevăzute cu un ventilator care permite omogenizarea mai rapidă a temperaturii. Aparatul poate lucra la temperaturi între 50-200°C, fiind dotat cu termoregulator electronic și temporizator digital.



Figura 2.22 Sterilizator tip 115 L



Figura 2.23 Sterilizator tip 70 L



Figura 2.24 Sterilizator tip 40 L

Caracteristici tehnice

Tabel 2-11

Tipul aparatului	Dimensiunile camerei interioare (LxHxP) mm	Dimensiunile exterioare (LxHxP) mm	Greutatea Kg	Consum electric W	Tensiune
40-L	450/300/300	580/550/400	37	900	220
70-L	500/400/350	640/630/500	50	1600	220
115-L	640/450/400	820/730/500	70	1800	220

2.3 Aspecte generale privind standardele europene și internaționale legate de controlul sterilizării

De la intrarea în vigoare în 1993 a Directivei pentru Dispozitive Medicale, Comitetul European pentru Standardizare (CEN = Comitè Européen de Normalisation) a stabilit reguli care să permită uniformizarea legislației din Comunitatea Europeană prin aplicarea de norme și standarde, care să le înlocuiască pe cele locale, cum ar fi standardul DIN (Germania) sau standardul britanic BS. În prezent CEN numără peste 20 de state membre, chiar dacă unele dintre ele nu sunt încă afiliate la piața europeană, se află totuși, angajate în procesul de uniformizare a standardizării.

Directiva 93/42/EEC pentru Dispozitivele Medicale conține norme și reguli, care au ca scop să asigure un nivel ridicat de protecție la utilizarea Dispozitivelor Medicale, atât pentru pacienți cât și pentru utilizatori în general. A fost publicată în 14 iunie 1993 și constă în 23 de articole, care stabilesc reguli pentru producerea, vânzarea, utilizarea și întreținerea dispozitivelor medicale. Din această categorie fac parte *"...orice instrument, aparat, aplicație, material sau alt articol, folosit singur sau în combinație, inclusiv soft-ul necesar aplicării corecte așa cum a fost stabilit de către producător, să fie folosit în scopul diagnosticării, prevenirii, monitorizării tratamentului sau ameliorării afecțiunilor (bolilor) umane; ameliorarea și/sau compensarea oricărui handicap; investigarea, înlocuirea și modificarea anatomiei sau a proceselor fiziologice; controlul contracepției..."*

Dispozitivele Medicale se clasifică în două categorii principale: Clasa I – dispozitive noninvasive și Clasele II, III – dispozitive invazive.

Sterilizatoarele sunt considerate dispozitive medicale când sunt utilizate în domeniul medical (Rezoluția CEN BTS3, Res 24/1995) și aparțin Clasei IIB. Standardele CEN și ISO se aplică furnizării în spitale a materialelor medicale sterile.

În spitalele din Comunitatea Europeană se utilizează diferite tehnici de sterilizare în funcție de materialul ce urmează a fi sterilizat:

- sterilizarea cu abur (autoclav) la care timpul de expunere este de 20 minute pentru 121°C și 5 minute pentru 134°C;
- sterilizarea cu aer cald uscat la 160°C timp de 2 ore sau 180°C timp de expunere 1 oră;
- sterilizarea cu gaz, cu formaldehidă 6% cu timp de expunere minim 60 minute la 60-70°C sau cu oxid de etilenă 60mg/l cu timp de expunere minim 60 minute la 50-60°C și umiditate 30-80%.
- sterilizarea cu plasmă pentru materialele sensibile la temperaturi ridicate.

Pentru sterilizarea cu aer cald uscat cerințele sunt descrise în norma europeană EN ISO 14161 pentru indicatorii biologici și ISO 11140-1 pentru indicatorii chimici. De asemenea în norma EN 866-6 sunt specificate performanțe și criterii pentru sistemele de indicatori biologici la utilizarea sterilizatoarelor cu aer cald uscat.

Seria de norme EN 868 descriu condițiile necesare împachetării materialelor și dispozitivelor medicale ce urmează a fi sterilizate, precum și cerințele necesare pentru reutilizarea containerelor și a pachetelor la sterilizare.

Capitolul 3. Modele teoretice aplicabile aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical

Una dintre principalele preocupări ale secolului trecut a fost legată de poluare. Oamenii de știință au căutat mijloace pentru a proteja mediul înconjurător de acest inamic necruțător care este poluarea și care ar putea duce la înrăutățirea condițiilor de viață pe Pământ. Acțiunile pentru reducerea poluării sunt esențiale dacă vrem ca viața pe Pământ să continue. Ele pot fi întreprinse numai de guverne și sunt costisitoare. Dar ar trebui să fim dispuși să plătim scump supraviețuirea omenirii.

Sterilizatoarele cu aer cald uscat, deși fac parte din categoria tehnologiilor curate, sunt consumatoare de energie electrică. Chiar dacă au puteri instalate mici sunt foarte multe, ținând cont că fiecare cabinet medical trebuie să aibe în dotare aparatură de sterilizare autorizată. De asemenea în spitale, clinici sau alte centre medicale, există și sterilizatoare cu puteri instalate mari. Indirect consumul de energie electrică conduce la poluarea mediului.

Producerea curentului electric, indispensabil pentru noi astăzi, este o sursă de poluarea a mediului înconjurător. Electricitatea este produsă de obicei în centrale electrice care ard cărbune, gaze sau petrol. Astfel diferența principală este că, *în cazul electricității, poluarea apare în timpul producerii sale și nu în timpul consumului*. În ultimul secol poluarea constantă și în cantități mari a produs mult rău și va continua să otrăvească viețile a sute de specii de animale și în final a omului. În prezent, ecologiștii încearcă să salveze planeta noastră de la o moarte lentă, dar sigură. Pericolul se află chiar lângă noi: termocentralele de producere a curentului electric cât și centralele nucleare.

În ultimul secol, s-au produs accidente cu consecințe foarte grave la centralele nucleare cum ar fi: explozia nucleară de la New Mexico în 1945, accidentul din Canada din 1952, accidentul din Marea Britanie 1957, accidentul de la Three Mile Island din 1979, explozia de la Lop Nor-China din 1980, precum și mult cunoscutul accident de la Cernobîl din 1986, sau accidentul de mai târziu din Rusia 1992. Pe lângă aceste accidente, centralele nucleare elimină ape reziduale cu potențial radioactiv extrem de periculos.

Dar toate acestea au fost accidente; pe când ceea ce se petrece la termocentrale nu este un accident. Astfel în procesul de producere a curentului electric cenușa și gazele arse sunt eliminate în atmosferă. Cenușa colmatează albiile râurilor și scoate din circuitul agricol importante suprafețe de teren. Anhidrida sulfuroasă ce provine din gazele arse este foarte poluantă. În condiții de umiditate, se transformă în anhidridă sulfurică (SO_3) și apoi în aerosoli de acid sulfuric (H_2SO_4) care provoacă fenomenul de smog. Sub această formă sunt foarte periculoși, provocând moartea prin atacuri respiratorii sau de cord. Se pare că smogul notoriu din Londra anulului 1952 ar fi cauzat peste 4.000 de decese. Acumularea fumului și a

dioxidului de sulf au fost favorizate de inversarea de temperatură combinată cu absența vântului.

De asemenea descărcarea de reziduuri netratate în apele râurilor poluază și ele, modificând calitatea apelor în care se devarsă. Ele se caracterizează prin masivitate și mare nocivitate.

Deșeurile unei centrale nucleare sunt deosebit de periculoase pentru om, datorită radiotoxicității lor, dar în același timp ele sunt produse într-o proporție de milioane de ori mai mică decât cantitatea de cenușă rezultată dintr-o termocentrală de aceeași putere; de asemenea volumul lor de miliarde de ori mai mic.

Un alt factor de poluare, poate mai puțin obișnuit al centralelor termoelectrice, îl constituie poluarea fonică. La funcționarea acestor centrale se folosesc diferite instalații care atunci când lucrează produc un zgomot foarte puternic, mai ales când aburul este eliberat sub presiune. Deși zgomotul în mediul urban nu reprezintă o noutate, totuși cercetarea sistematică a poluării fonice este relativ recentă. Prima cercetare importantă din lume a fost efectuată la Londra în anul 1960.

Aceste noxe acustice afectează atât oamenii cât și animalele. Efectele patologice ale zgomotului sunt: surditatea traumatică și perturbări ale sistemului nervos cu evoluție lentă sau agresivă. Zgomotele de peste 65 decibeli implică modificări psihice manifestate prin oboseală și slăbirea atenției. La peste 90 decibeli pot apărea leziuni ale timpanului, precum și diminuarea reflexelor, tulburarea aparatului digestiv și a glandelor endocrine.

Pornind de la premiza că electricitatea se obține utilizând cărbune, petrol, gaz sau combustibili nucleari, sau captând energia soarelui, vântului sau a apelor curgătoare, iar energia electrică se transformă ușor în alte forme de energie, se poate analiza care sunt sursele de energie mai puțin poluante.

Dintre sursele de energie care ar putea înlocui combustibilul solid, energia solară oferă siguranța și acuratețea cea mai mare. Energia este furnizată de reacțiile de nucleu atomic în urma cărora nucleul de hidrogen se transformă în nucleu de heliu, adică fuziune atomică.

Soarele este doar una dintre miliardele de stele dar este sursa de energie a tuturor ființelor vii de pe întregul pământ. Energia solară care ajunge pe pământ în 40 min, ar fi de ajuns pentru a acoperi nevoia de energie a întregii omeniri pe un an. Centralele solare ar putea ajuta la rezolvarea problemelor energetice. Panourile solare imense amplasate în spațiul cosmic ar putea transforma lumina soarelui în electricitate. Energia va fi radiată pe Pământ cu ajutorul microundelor.

În unele zone izolate unde transportul energiei electrice nu este rentabil se folosesc centrale electrice fotovoltaice. Tot prin utilizarea energiei solare, recent, specialiștii indieni au dat în folosință o centrală electrică cu puterea de 50 KW. Asemenea centrale vor mai fi construite și în alte zone ale Indiei, în vederea utilizării cât mai intensive a energiei solare, economică și nepoluantă.

O altă sursă de energie folosită în trecut ar putea fi energia eoliană și cea a valurilor. Multe râuri au un debit de apă destul de mare și continuu pentru a acționa turbine și genera electricitate. Vântul, valurile și mările conțin și ele energie dar valorificarea ei este mai greoasă. Energia eoliană nu provoacă poluarea aerului sau a apei. Dar sunt necesare multe turbine de vânt pentru a produce energia unei centrale electrice tradiționale. Există țări care au îmbrățișat astfel de idei, punându-le în practică și obținând rezultate remarcabile: în Franța centrală mareomotrică, în Olanda, Germania, S.U.A câmpuri cu turbine eoliene, etc.

Combustibilul viitorului, combustibilul ideal, nepoluant, care poate fi hidrogenul, poate fi produs și prin descompunerea apei în procesul fotosintezei. De

fapt, descompunerea apei poate fi realizată și pe căi abiotice, însă cu consumuri mari de energie. Spre deosebire de cărbune, petrol, gaze naturale, și alți combustibili care pot provoca poluarea atmosferei în urma folosirii lor, hidrogenul prin ardere produce apă, care nu este un poluant și care poate fi din nou utilizată, fie ca sursă de hidrogen sau în alte scopuri. Hidrogenul mai poate fi utilizat și sub formă de gaz pentru încălzit, carburant pentru autovehicule și avioane, pentru producerea curentului electric sau ca materie primă în industrie.

Foamea de energie, necesitatea de a descoperi noi surse energetice constituie realități ale lumi contemporane. Scenariile de dezvoltare și evoluția progresului reclamă păstrarea potențialului energetic ca pe un factor vital. Cercetarea științifică propune noi și noi soluții.

3.1. Încălzirea prin rezistență electrică

Sterilizarea prin aer cald, realizată în cuptoare cu izolație termică, de tip etuvă sau pupinel face parte din tehnicile cele mai utilizate, care poate fi încadrată în categoria tehnologiilor curate. Perfecționarea aparatelor de sterilizat cu aer cald uscat, prin îmbunătățirea performanțelor termice, conduce la ridicarea nivelului calitativ al sterilizării precum și la economii substanțiale de energie electrică. Temperatura și timpul de sterilizare reprezintă valori de siguranță pentru eficacitatea sterilizării.

3.1.1. Principiul încălzirii prin rezistență electrică

Încălzirea pupinelor cu rezistoare se bazează pe legea Joule – Lenz, care spune că orice material conductor parcurs de curent electric este sediul unei degajări de căldură.

Puterea electrică transformată în căldură:

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} \quad [\text{W}] \quad (3.1.1.)$$

unde: U este tensiunea aplicată rezistorului, [V]

I – curentul care îl străbate, [A]

R – rezistența sa, [Ω]

Dacă această putere P este utilizată un timp τ , energia electrică transformată în căldură va fi:

$$Q = P \cdot t = R \cdot I^2 \cdot \tau \quad [\text{J}] \quad (3.1.2.)$$

Dacă mărimile fizice sunt variabile în timp:

$$Q = \int u \cdot i \cdot d\tau \quad [\text{J}] \quad (3.1.3.)$$

unde u , i sunt valorile instantanee ale tensiunii și curentului.

Principiul etuvei de tip pupinel este foarte simplu, după cum se poate observa în figura 3.1.

Schematic, acesta este alcătuit dintr-o incintă încălzită cu rezistoare electrice. Incinta trebuie izolată pentru a reduce la minim pierderile de căldură. Corpul

încălzitor produce energie termică ce va fi transmisă corpului de încălzit și pereților pupinelului.

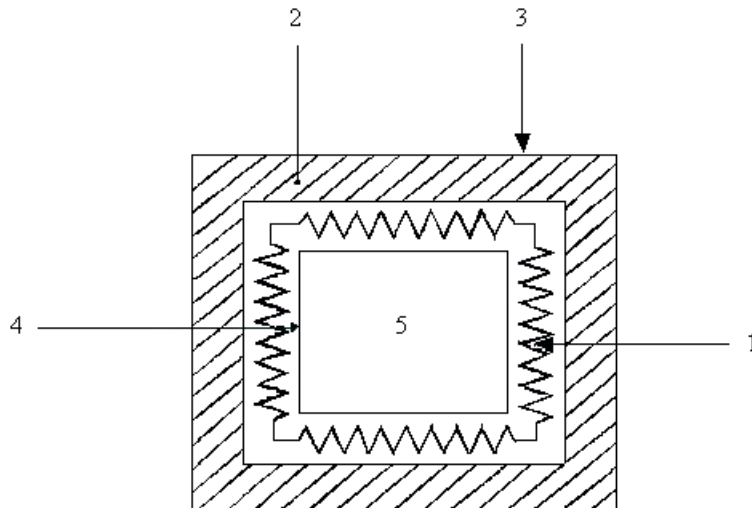


Figura 3.1 Schema simplificată a unui pupinel cu rezistoare
1 – rezistoare, 2 – perete izolant, 3 – perete exterior, 4 – perete interior, 5 – incintă

În funcționarea pupinelului se urmăresc următoarele aspecte:

- producerea căldurii
- transmiterea căldurii
- utilizarea căldurii – absorbția căldurii de către corp
- pierderile de căldură și randamentul etuvei

Pupinelul cu rezistoare este alcătuit în principal din:

- camera de încălzire, alcătuită din materiale izolante plasate spre exterior, care asigură izolația termică;
- carcasa metalică, asigură rigiditatea construcției;
- rezistoarele electrice și sistemul de alimentare;
- sistemele de reglare a temperaturii;
- dispozitive auxiliare, cum ar fi ventilatorul;

3.1.2. Transmiterea căldurii într-un pupinel cu rezistoare

Transmiterea căldurii în etuvă se face după legile cunoscute: conducție, convecție, și radiație.

În cursul unui ciclu complet, apar toate cele trei categorii de transfer termic, în următoarele etape:

- Transferul căldurii de la rezistor la perete

- Transferul căldurii de la pereții cuptorului la caselele cu instrumentar și de la acestea la instrumentar
- Transferul de căldură la răcire în sens invers

Transmisia prin conducție nu intervine în transferul căldurii între perete și piesă, ci numai în interiorul piesei pentru egalizarea temperaturilor, ca și în interiorul pereților pupinelului, acestea reprezentând pierderile termice ale etuvei.

Conducția termică definește transferul de căldură într-un mediu în principal prin activitatea moleculară din interiorul materialului. Conductivitatea termică a materialelor diferă mult de la metale (în special argintul și cuprul fiind bune conductoare) la gaze care sunt rele conductoare (de exemplu aerul staționar). Conductivitatea termică a materialelor este întrucâtva legată de conductivitatea lor electrică, dar proprietățile de izolator electric aproape perfect ale unor materiale nu se regăsesc în sens termic. Conducția electrică este analoagă celei termice. De aceea, pereții trebuie să fie realizați din materialele care să reducă pe cât posibil pierderile termice.

Convecția este modul de transfer de căldură între un corp și un lichid sau gaz în mișcare. Când un fluid curge peste o suprafață, stratul de lichid aflat în contact intim cu suprafața, este adus la starea staționară. De la suprafață viteza crește mai întâi brusc, după care crește treptat către debitul principal. Transferul de căldură se realizează prin conducție moleculară în interiorul stratului staționar limitrof și printr-o combinație de conducție și amestec fizic în masa fluidului. Distribuția de temperatură în fluid este corelată de distribuția vitezelor.

Convecția forțată se referă la un fluid făcut să se miște prin mijloace mecanice cum ar fi o pompă sau un ventilator. Dacă fluidul se mișcă spontan sub influența gravitației datorită modificărilor de densitate provocate de căldură avem de a face cu fenomenul de convecție naturală.

Un corp aflat la o temperatură deasupra temperaturii de zero absolut radiază căldură. Intensitatea căldurii radiate de pe suprafața unui corp este proporțională cu puterea a patra a temperaturii absolute. Este evident că acest efect devine cu atât mai semnificativ cu cât temperatura este mai mare. Când se măsoară temperatura în spațiul de lucru al unui cuptor de temperatură înaltă încălzit electric, transmiterea căldurii se face aproape în întregime prin radiație.

În realitate, transferul de căldură se face simultan prin radiație și convecție, fluidul care asigură convecția fiind aerul din interiorul cuptorului. Figura 3.2 arată că radiația ocupă un rol important. Când se dorește o reglare precisă a temperaturii sau o creștere rapidă a acesteia, se recurge la convecția forțată.

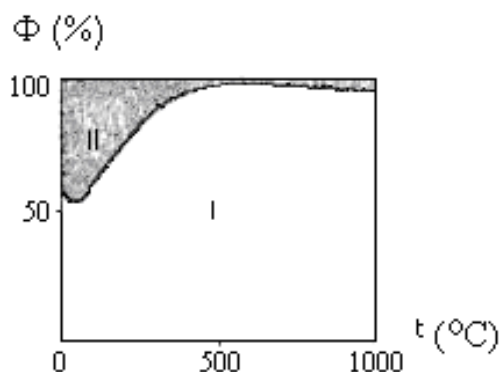


Figura 3.2 Repartiția fluxului termic Φ între radiație (zona I) și convecție (zona II) în funcție de temperatură

Diferențele fluxuri evoluează în funcție de faza în care se află pupinelul (de creștere a temperaturii sau de menținere). Un randament bun al pupinelului, pentru un consum redus de energie, poate fi obținut în trei condiții:

- Izolându-l la maximum pentru a minimaliza pierderile și reducând la maximum masa pupinelului; obținerea unui astfel de obiectiv se realizează prin alegerea unui material izolator corespunzător;
- Utilizând rezistențe care pot să lucreze la temperatură înaltă și care permit fluxuri termice intense;
- Controlând puterea de alimentare printr-o reglare fină, bazată pe modelarea puterii cu ajutorul tiristoarelor.

3.1.3. Alcătuirea pupinelului cu rezistoare

Modul de încălzire depinde de temperatura ce trebuie realizată, de precizia dorită în reglarea temperaturii, de caracteristicile încărcăturii, de poziția rezistoarelor în raport cu încărcătura.

Eficiența etuvei depinde de modul de concepție și constituire al acesteia, adică încălzirea trebuie să se realizeze în cele mai bune condiții.

Rolul camerei de încălzire constă în:

- a împiedica căldura să se disipeze în exterior în scopul de:
 - a permite atingerea temperaturii dorite
 - a asigura un randament termic optim ceea ce cere o capacitate termică și o conductivitate termică a pereților pe cât posibil reduse
- a constitui în completarea elementelor încălzitoare o rezervă termică în scopul de:
 - a menține un flux de căldură ridicat spre instrumentarul de sterilizat
 - a asigura o mai bună repartiție a căldurii datorită reemisiilor termice a pereților către instrumentar

Aceste condiții cer ca incinta să absoarbă o anumită cantitate de căldură, ceea ce necesită stabilirea unui optim.

- A permite realizarea unei atmosfere corespunzătoare
- A asigura rezistența mecanică necesară pupinelului

3.1.3.1. Pereții pupinelului

Incinta pupinelului va fi delimitată de niște pereți compoziți alcătuiți din straturi succesive, formate din materiale de izolație. Până nu de mult, în izolația pereților pupinelului s-a folosit azbest, un material considerat nociv, care face parte din lista de materiale periculoase.

Azbestul este un material rezistent la căldură, caracteristică cunoscută de sute de ani. Azbestul este numele dat unui grup de șase minerale fibroase diferite: amosite, crisotile, crocidolite și sub formă de minerale în şuvițe fibroase subțiri, termolite, actinolite și antofilite. Toate aceste forme se găsesc în natură sub formă de roci metamorfice și eruptive. Crisotilul se formează în roci numite serpentine. Această varietate de azbest intră în procent de 95% în compoziția azbestului destinat

comercializării. Toate formele de azbest sunt periculoase și pot cauza cancer, dar dintre toate formele, crisotilul este considerat ca cel mai periculos pentru sănătate.

Fibrele de azbest, care îi asigură de fapt avantajul comercial, sunt totodată dezavantajul azbestului, deoarece cauzează probleme grave de sănătate. Efectele dăunătoare ale particulelor de azbest provin de la fibrele minuscule, cu un diametru mai mic de 3 microni, care pun în pericol mecanismele naturale de autoapărare ale organismului. Aceste particule se aglomerează în alveolele pulmonare, formând țesuturi fibroase. Doar un gram de fibre de azbest pătruns în plămâni prezintă un pericol semnificativ asupra sănătății organismului și pe termen lung chiar riscul de apariție a cancerului pulmonar. Cancerul cauzat de expunerea la azbest este numit mezoteliom și este rezultatul expunerii la azbestul albastru, provenit din ribechită.

Azbestul provoacă și o altă boală specifică, azbestoza. Aceasta este inflamația cronică a plămânilor, cauzată de minerale precum crisotilul și crocidolitul. Fibrele de azbest străpung celulele macrofage care, în mod normal, ajută la prevenirea infecțiilor. Fibrele de crocidolit sunt mai durabile și se dezintegrează mai lent, crescând pericolul declanșării unui cancer, la mai mulți ani după ce au pătruns în plămâni.

Aceste probleme de sănătate nu pot fi evitate decât prin stoparea utilizării azbestului.

Conform prevederilor existente în Comunitatea Europeană ca și în majoritatea celorlalte state, utilizarea azbestului este strict interzisă având în vedere consecințele grave pe termen mediu și lung cauzate de fabricația, stocarea și manipularea acestuia asupra personalului care îl utilizează. Prin H.G.R. nr. 1875/2005, publicată în M.O. nr. 64/2006, Guvernul a transpus integral în legislația românească prevederile U.E. referitoare la protecția sănătății lucrătorilor față de riscurile expunerii la azbest, interzicând utilizarea acestui material.

Pentru evitarea acestor aspecte au fost create o serie de alte materiale, ca înlocuitoare ale azbestului, aceste materiale având o aplicație practic nelimitată în toate domeniile industriale.

3.1.3.2. Elemente încălzitoare. Rezistoare electrice

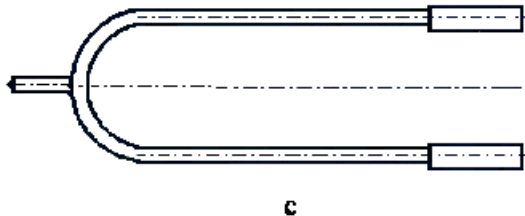
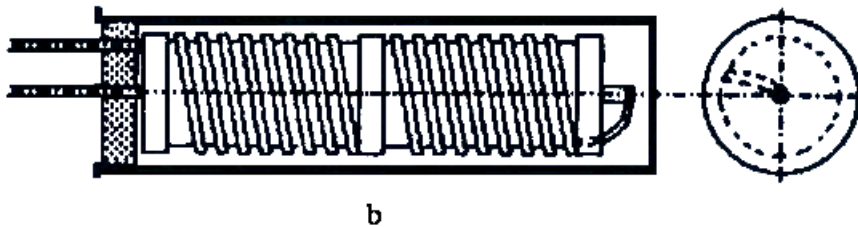
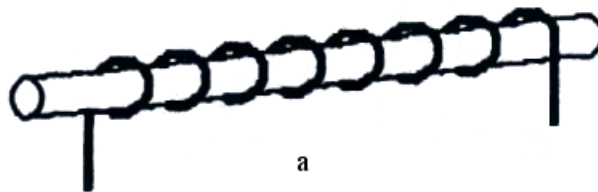
Natura rezistoarelor este foarte importantă pentru optimizarea parametrilor de funcționare a pupinelului.

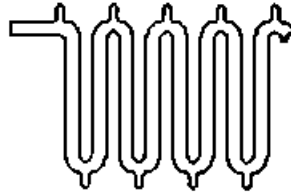
Pentru ca un material să poată fi utilizat ca element încălzitor, el trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- Rezistivitatea ρ [$\Omega \cdot m$] trebuie să fie ridicată. La putere constantă, aceasta permite ca la o tensiune dată să se reducă dimensiunile elementului încălzitor, iar pentru dimensiuni fixe, să se limiteze intensitatea curentului.
- Coeficientul de temperatură α [$^{\circ}K^{-1}$] trebuie să fie mic, pozitiv și pe cât posibil constant pentru toate temperaturile de utilizare în scopul de a atenua variațiile de curent și de a facilita reglajul.
- Mărirea duratei de viață a elementelor încălzitoare se poate obține ținând cont de ansamblul etuvă – reglare – corp încălzitor. Temperatura de sterilizare este obținută la sfârșitul unui ciclu de încălzire, atunci când reglarea comandă încetarea încălzirii. Dacă traductorul de temperatură ar sesiza numai temperatura etuvei, există riscul supraîncălzirii elementelor, ceea ce ar conduce la

alegerea unor coeficienți de siguranță ridicați și la limitarea performanțelor etuvei.

- Rezistența mecanică a elementului trebuie să fie destul de ridicată pentru a putea asigura o perioadă îndelungată de funcționare la temperatură maximă; nu trebuie să apară deformări sensibile, iar elementul trebuie să reziste la șocuri și vibrații. Materialul trebuie să fie omogen și ductil pentru a i se putea da forma care să conducă la transmisia optimă a căldurii; structura sa trebuie să fie stabilă până la temperatura maximă de utilizare.
- Coeficientul de dilatare trebuie să fie redus;
- Conductivitatea termică și capacitatea termică trebuie să nu fie prea ridicate pentru a evita pierderile de căldură la extremități;
- Să prezinterezistență la agresiuni chimice care pot veni de la atmosfera naturală sau artificială din interiorul cuptorului;
- Durata de viață a elementelor trebuie să fie ridicată și prețul acestora accesibil.





d

Figura 3.3 Elemente încălzitoare: a – rezistor pe suport ceramic;
b – tub radiant cu bandă; c – rezistor mulat; d – rezistor sub formă de tub

În general este greu ca un material să întrunească toate aceste calități. Cu toate acestea există unele familii de materiale care se apropie sensibil de acest profil ideal și care permit satisfacerea aproape a tuturor nevoilor.

Rezistențele metalice se regăsesc în tabelul 3-1, iar figura 3.3 prezintă câteva din cele mai utilizate tipuri constructive de rezistoare metalice.

Rezistențele metalice [112]

Tabel 3-1

Natura rezistorului	Compoziția	Temperatura maximă de lucru [°C]	Rezistivitate ρ [$\mu\Omega \cdot \text{cm}$]	Comportarea în diferite atmosfere				Puterea specifică $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
				aer	endo sau exotermic	H ₂	vid	
Nichel-crom	18% Ni 12% Cr 72% Fe	600	70-80	bun	destul de bun	bun	bun	
Nichel-crom	60% Ni 25% Cr Fe	1100	100-110	bun	acceptabil	bun	bun	
Nichel-crom	70-80% Ni 30-29% Cr Fe	1150-1200	110-120	bun	nu se recomandă	bun	bun	1,5-4
Fier-crom-aluminiu	20-35% Cr 2-6% Al Fe	până la 1350	135-145	bun	prost	medie la 1500 °C	prost	
Molibden	100% Mo	1900	50	prost	prost	bun la 1800 °C	bun la 1800 °C	
Tantal	100% Ta	2200	70	prost	prost	bun	bun	15-25
Tungsten	100% W	2400	50	prost	prost	bun	bun	

3.1.4. Sisteme de reglare a temperaturii

Pupinelul permite obținerea unei temperaturi ridicate în reglarea temperaturii din interiorul etuvei, astfel încât rezistoarele să nu depășească temperatura maximă admisă. Atingerea temperaturii dorite depinde de următoarele patru caracteristici:

- Repartiția corpurilor de încălzit,
- Natura corpurilor de încălzit,
- Agitarea atmosferei

- Modul de reglare al temperaturii.

Primele trei caracteristici fac posibilă reglarea unei temperaturi precise și omogene, iar reglarea permite ajustarea fină a temperaturii. Din punct de vedere al reglării, pupinelul se încadrează în categoria cuptoarelor de putere specifică redusă, care necesită o reglare clasică.

Un sistem de reglare cuprinde:

- Unul sau mai multe detectoare care măsoară temperatura etuvei și o transformă într-o mărime electrică echivalentă.

Dispozitivul este alcătuit dintr-un pirometru, ce conține o sondă pirometrică cu termocuplu și dintr-un aparat de măsură cu afișaj digital al temperaturii. Tensiunea electromotoare care apare este proporțională cu diferența de temperatură între punctul cald și cel rece al termocuplului.

În mod obișnuit se folosesc cupluri termoelectrice din fier – constantan la o temperatură de până la 900°C, crom – aluminiu la o temperatură de până la 1200°C și platină – rhodium până la 1600°C. Aceste captatoare de temperatură trebuie alese cu grijă în special când se folosesc ca limitatoare de temperatură la nivelul rezistențelor. Ele se caracterizează prin timpul de răspuns, reprezentând intervalul de timp în care vor indica o temperatură de 95 % din valoarea reală.

Poziția sondelor într-un pupinel este foarte importantă. Sonda care reglează temperatura instrumentarului de sterilizat trebuie să primească direct radiația acestuia, în timp ce sonda care reglează temperatura rezistorului trebuie amplasată în punctul cel mai cald din imediata vecinătate a rezistorului. Dacă transferul de căldură se face prin convecție și radiație, sonda trebuie situată în imediata vecinătate a instrumentarului iar o alta pe acesta pentru a putea aprecia sfârșitul încălzirii.

- Un dispozitiv de comparare între temperatura măsurată și cea programată

Dispozitivul poate fi mecanic, fotoelectric sau de inducție. Cele mai moderne sunt detectoarele electrice sau electronice, mai precise, mai fiabile, mai simple care permit calcularea directă a abaterii dintre valoarea măsurată și cea programată.

- Un sistem de comandă și de variație a puterii. Dacă sistemul de comparare este mecanic, comanda se face printr-un sistem electromecanic (came, motor, resort). Dacă sistemul de comparare este fotoelectric sau de inducție, comanda contactoarelor este electro-mecanică sau electronică. Dacă comparatoarele sunt electrice sau electronice, comanda alimentării electrice se face prin contactoare clasice comandate prin dispozitive electromagnetice sau electronice (tranzistoare) sau prin contactoare statice (tiristori).

3.1.4.1. Reglarea puterii prin contactoare

Timp îndelungat, reglarea temperaturii în etuvele cu rezistoare s-a făcut în totalitate cu contactoare, utilizând un sistem simplu atât pentru pentru contactoare cât și pentru aparatele de reglaj. Acesta avea următoarele dezavantaje:

- Riscul de topire al conductoarelor
- Necesitatea de a avea un "diferențial". Întreruperea nu se poate face la aceeași temperatură ca anclanșarea. Valoarea acestui "diferențial" depinde de inerția etuvei, mai exact a timpului de răspuns a buclei rezistență – sondă pirometrică, ceea ce duce la o diferență de temperatură imposibil de înlăturat.
- Variații permanente ale temperaturii rezistențelor între temperatura etuvei (contactor deschis) și temperatura de supraîncălzire datorate puterii disipate (contactor închis).

Reglarea în două trepte

În acest caz contactorul este deschis sau închis; este reglarea totul sau nimic (fig.3.4a). În acest tip de reglare apare cea mai mare parte a inconvenientelor menționate.

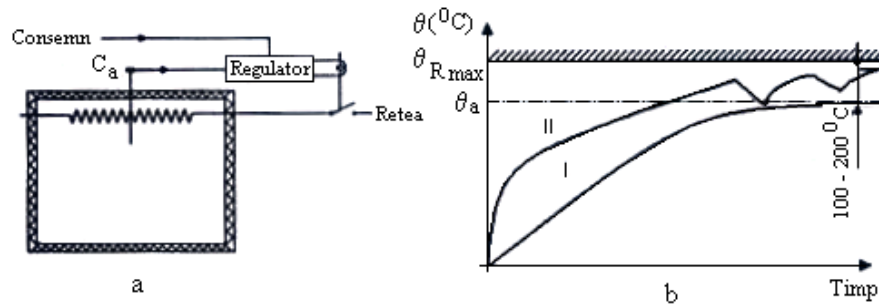


Figura 3.4 Reglarea tot sau nimic: a – schema de principiu, b – creșterea de temperatură a atmosferei din etuvă (I) și a rezistoarelor (II)

În timpul perioadei de menținere a temperaturii (când temperatura trebuie să fie cea mai stabilă), puterea cerută este mult inferioară puterii instalate, iar punerea sub tensiune nu va avea loc decât pentru o perioadă scurtă de timp. Deci temperatura va prezenta oscilații maxime și precizia de reglare a temperaturii va fi minimă (fig.3.4b).

Reglarea în trei trepte

Două din cele trei trepte de încălzire sunt în general obținute prin schimbarea conexiunilor rezistoarelor.

Cele două tipuri de cuplaje principale ale rezistențelor sunt:

- Cuplaj stea – triunghi, unde puterea corespunzătoare este o treime din puterea nominală
- Cuplaj serie sau paralel, unde puterea corespunzătoare este un sfert din puterea nominală
- O combinație între primele două tipuri

Această metodă aduce o importantă îmbunătățire față de metoda în două trepte. În timpul perioadei de menținere, o cantitate redusă de putere antrenează o ușoară supraîncălzire a rezistențelor și o mai bună omogenizare a temperaturii. Este posibilă limitarea puterii etuvei la această putere redusă, iar pierderile de putere vor fi reduse.

3.1.4.2. Reglarea continuă

Reglarea continuă diferă de reglarea prin contactoare prin faptul că puterea nu mai este aplicată în trepte ci continuu, iar valoarea puterii aplicate va fi modulată în funcție de diferența dintre temperatura măsurată și cea programată, precum și modul de evoluție a acestuia în timp.

În acest caz este necesar:

- Cunoașterea cantitativă a erorii de temperatură;
- Cunoașterea evoluției acestei erori;
- Aplicarea unei comenzi modulate asupra elementului executor de reglare a puterii (și nu o singură comandă pornire-oprire);
- Calculul valorii acestei comenzi.

Sondele de temperatură trebuie să prezinte o inerție redusă, adică un timp de răspuns sub două minute.

Această metodă are dezavantajul că, atunci când se ajunge la temperatura programată, regulatorul comandă oprirea puterii aplicate, deși ar trebui să asigure o putere necesară pentru acoperirea pierderilor. Această comandă trebuie corectată și adăugat ceva acestei acțiuni *proporționale*.

Reglarea analogică

Corecția poate fi obținută în mai multe feluri, dar trebuie să se țină seama întodeauna de aspectul dinamic al creșterii de temperatură. Pentru a putea face corecția este neapărat necesar să se cunoască evoluția în timp a erorii de temperatură. În absența acestei corecții temperatura se stabilizează la o valoare inferioară temperaturii programate.

A doua corecție constă în mărirea temperaturii programate. Această corecție este de tip *integral*. În figura 3.5, se poate observa curba de evoluție a temperaturii între timpul t_0 și timpul t , scopul fiind atingerea temperaturii programate. Acțiunea integrală este proporțională cu suprafața de sub curba P_0T_0TP . Această a doua corecție are același sens cu cea proporțională. În timpul creșterii temperaturii ea are tendința să deschidă tiristorul.

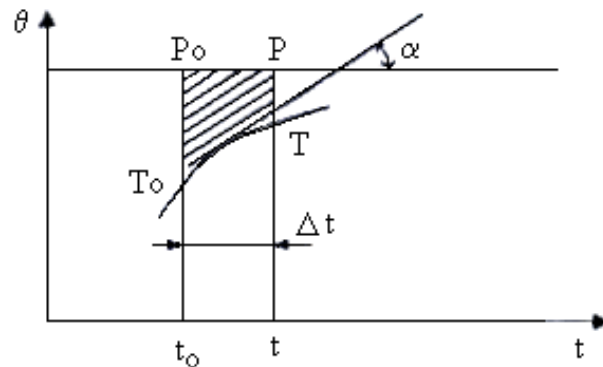


Figura 3.5 Diagramă pentru reglarea PID

Dacă creșterea de viteză este rapidă, ansamblul celor două corecții permite să se atingă temperatura programată, dar prin valori superioare adică după o depășire a valorii programate, numită *suprareglaj*.

De aceea este necesară o a treia corecție de anticipare, pentru a frâna acțiunile precedente și de a evita această depășire. Se obține reglajul dorit dacă acțiunea este proporțională cu viteza de creștere a temperaturii, adică cu tangenta unghiului α , denumit reglaj *diferențial*. Cu toate acestea la majoritatea etuvele clasice, viteza de creștere a temperaturii este atât de lentă, încât acest reglaj este inutil.

Corecția este de sens contrar acțiunii proporționale, pe măsură ce eroarea de temperatură scade și de același sens când eroarea crește.

Aparatul de reglare trebuie să cunoască în fiecare moment t valoarea temperaturii T și să păstreze în memorie valoarea sa la momentul anterior T_0 .

Acționând asupra unui potențiomtru, utilizatorul va introduce valoarea coeficienților fiecăreia din corecții pentru a căpăta stabilizarea pe punctual programat, fără depășire, fără oscilații și cu o viteză de creștere convenabilă.

Aceste regulatoare, care constituie modele reprezentând funcționarea cuptorului sunt regulatoare *analogice PID (proporțional-integrativ-derivativ)*.

În figura 3.6 se poate observa soluția de principiu cu regulatoare PID. Încălzirea în sistemele de reglaj cu regulatoare PID se face în trei trepte:

- Faza I – temperatura rezistoarelor crește până la valoarea programată, iar puterea furnizată este maximă și constantă;
- Faza II – rezistoarele se mențin la temperatura programată, puterea furnizată diminuează progresiv;
- Faza III – se intră în banda proporțională a regulatorului când acesta va prelua controlul încălzirii pupinelului și temperatura rezistoarelor va scădea pentru a se stabili la o valoare ușor superioară temperaturii instrumentarului.

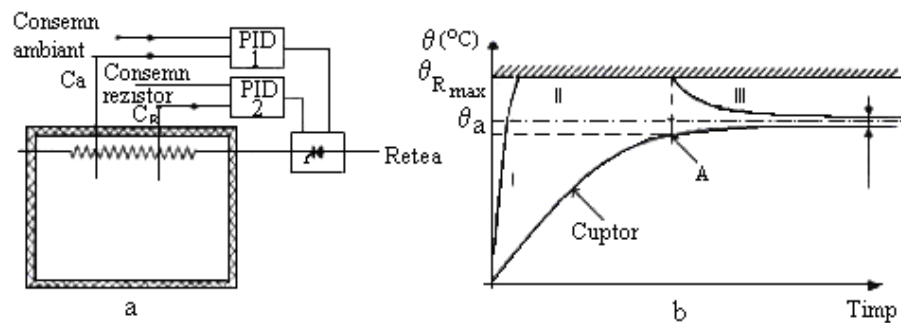


Figura 3.6 Reglarea temperaturii cu reglatoare PID
a – schema de principiu, b – creșterea de temperatură într-un pupinel echipat cu PID

Reglarea numerică

Aceste reglatoare se disting de reglatoarele convenționale prin două caracteristici:

- execută calculele, nu în manieră analogică, ci în manieră numerică;
- valorile de consemn sunt introduse sub formă numerică și pot proveni de la un element exterior.

Reglarea autoadaptivă

Reglarea autoadaptivă rezolvă complet neajunsurile celorlalte reglări, îndeplinind următoarele condiții:

- cunoașterea coeficienților;
- stabilirea jocului optimal al coeficienților;
- executarea acestui lucru de către regulator;
- executarea acestor operații nu numai la pornirea etuvei, dar și pe parcursul funcționării acesteia.

Regulatorul trebuie să transforme atât semnalul de intrare într-un semnal de ieșire (modularea puterii), cât și să asigure în mod constant eșantionarea caracteristicii termice a ansamblului etuvă – instrumentar pentru a realiza funcția de transfer (corespondența dintre semnalul de intrare și cel de ieșire) și a găsi soluția optimă. Realizarea practică a acestei metode presupune o soluție numerică. De asemenea este posibilă realizarea unei metode de reglare *auto – adaptivă*. Regulatorul se va adapta automat variațiilor caracteristicii etuvei în funcție de temperatură.

3.1.4.3. Reglarea electronică a puterii

Metode clasice

Metodele clasice presupun un semnal elaborat de către reglatoare după una din metodele prezentate în paragraful anterior, semnal care trebuie utilizat de un echipament capabil să regleze puterea aplicată rezistoarelor. În figura 3.7 se pot observa mai multe tehnici de reglare a puterii.

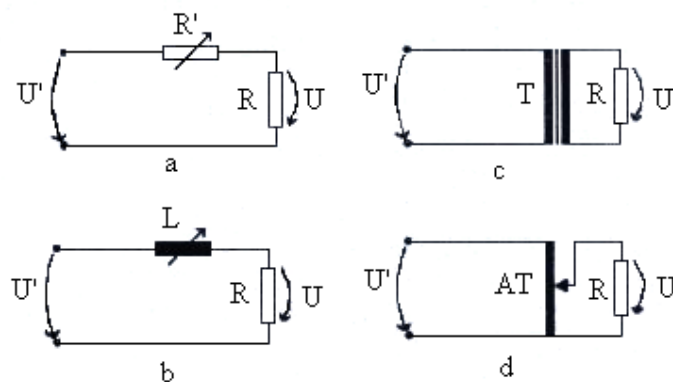


Figura 3.7 Posibilități clasice de reglare a puterii: a – cu resistor, b – cu inductanță, c – cu transformator, d – cu autotransformator.

Rezultatele obținute cu aceste metode sunt excelente, dar prezintă și unele dezavantaje, cum ar fi:

- semnalul de ieșire al regulatorului nu este întodeauna suficient de mare pentru a comanda bobina, ceea ce necesită un etaj de amplificare;
- curentul nu poate fi anulat în totalitate, puterea disipată de rezistențe nu poate fi mai mică de 3% din puterea maximă;
- înserierea unei bobine antrenează o puternică deteriorare a factorului de putere și aceasta este cu atât mai puternică cu cât puterea cerută este mai mică.

Aceste dezavantaje sunt înlăturate, folosind metoda reglării puterii cu ajutorul tiristoarelor.

Reglarea cu ajutorul tiristoarelor

Reglarea cu ajutorul tiristoarelor (fig. 3.8) se obține cu ajutorul unui tiristor care are rolul unui întrerupător sau a unui contactor, la care frecvența de acționare este oricât de mare se dorește. Comanda de închidere sau deschidere poate fi dată la momente foarte precise. De asemenea, cu ajutorul unor curenți de comandă foarte

slabi se poate obține reglarea unei puteri foarte mari. Când tiristorul nu conduce, puterea care traversează instalația nu depășește 1% din puterea maximă a acesteia.

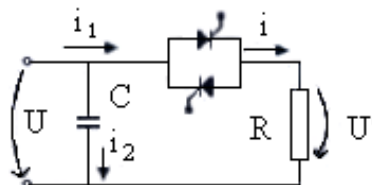


Figura 3.8 Schema de principiu de reglare a puterii cu tiristoare

Tiristorul funcționează prin impulsuri a căror durată determină cele două moduri de funcționare ale acestuia:

- impulsurile sunt foarte scurte, mai mici de 1/100 secunde; tiristorul nu lasă să treacă curentul decât pe o fracțiune din alternanță, adică funcționează în *unghi de fază* (fig. 3.9);
- impulsurile sunt relativ lungi; tiristorul lasă să treacă curentul în *trenuri de undă*, durata unei unde fiind de 0,02 secunde (fig.3.10);

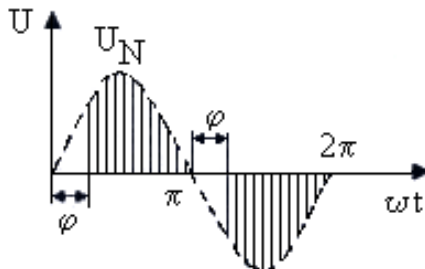


Figura 3.9 Variația tensiunii prin modificarea unghiului de conducție al tiristoarelor

Este necesară intercalarea între regulatorul care furnizează semnalul de ieșire și tiristor a unui echipament care să aibă două roluri principale:

- să transforme semnalul continuu de la ieșire într-o suită de impulsuri;
- să organizeze în așa fel aceste impulsuri încât deconectările să nu se facă decât la tensiune nulă.

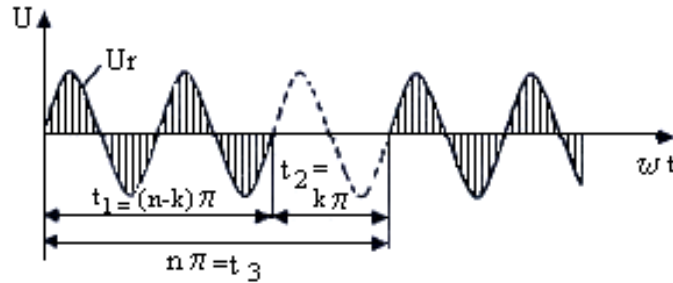


Figura 3.10 Variația tensiunii prin comandă în tren de unde a tiristoarelor

Aceste sisteme sunt cunoscute ca variatoare de putere electronice în etuvele cu rezistoare. Ele oferă un cost de întreținere scăzut și un spațiu redus în raport cu soluțiile clasice electromecanice. La funcționarea în unghi de fază, valoarea instantanee a curentului $i(t)$ este:

$$i(t) = I_m \sin \omega t, \text{ pentru: } \frac{\varphi}{\omega} < t < \frac{\pi}{\omega}, \quad \frac{\varphi}{\omega} + \frac{\pi}{\omega} < t < \frac{2\pi}{\omega}$$

(3.1.4.)

$i(t) = 0$, pentru alte valori ale lui t (fig. 3.10)

Valoarea eficace I a curentului $i(t)$ și puterea activă P vor fi:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad [\text{A}] \quad (3.1.5.)$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\varphi}{\pi} + \frac{\sin 2\varphi}{2\pi}} = \frac{U}{R} \left(1 - \frac{\varphi}{\pi} + \frac{\sin 2\varphi}{2\pi} \right) \quad [\text{A}] \quad (3.1.6.)$$

$$P = RI^2 = \frac{U^2}{R} \left(1 - \frac{\varphi}{\pi} + \frac{\sin 2\varphi}{2\pi} \right) \quad [\text{W}] \quad (3.1.7.)$$

Se observă că I variază de la U/R la 0, iar P variază de la U^2/R la 0 atunci când φ variază de la 0 la π .

La funcționarea cu tiristoare comandate în tren de unde, acestea conduc un timp t_1 și sunt blocate un timp t_2 .

$$t_1 = k_1 \frac{2\pi}{\alpha} \quad ; \quad t_2 = k_2 \frac{2\pi}{\alpha} \quad \text{cu } k_1 \text{ și } k_2 \text{ întregi}$$

Valoarea instantanee a curentului:

$$i = 0, \text{ pentru: } -\frac{t_2}{2} < t < \frac{t_2}{2} \quad (3.1.8.)$$

$$i = I_m \sin \omega t, \text{ pentru: } \frac{t_2}{2} < t < \frac{t_2}{2} + t_1 \quad (3.1.8.a)$$

Valoarea eficace a curentului I și a puterii P vor fi:

$$I = \sqrt{\frac{1}{t_3} \int_0^{t_3} i^2 dt} \quad [\text{A}] \quad (3.1.9.)$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{t_1}{t_3}} = \frac{U}{R} \sqrt{\frac{t_1}{t_3}} \quad [\text{A}] \quad (3.1.10.)$$

$$P = RI^2 = \frac{U^2}{R} \left(\frac{t_1}{t_3} \right) \quad [\text{W}] \quad (3.1.11.)$$

Se observă că I variază de la U/R la 0, iar P variază de la U^2/R la 0 atunci când t_1/t_3 variază de la 1 la 0.

Oricare ar fi modul de funcționare, variatorii de putere permit reglarea mai mult sau mai puțin continuă a puterii injectate în etuvă.

3.1.5. Măsurarea temperaturii în tehnica sterilizatoarelor

3.1.5.1. Măsurarea temperaturii utilizând termocupluri

Dacă un gradient de temperatură se produce într-un conductor electric, fluxul de căldură va crea o mișcare de electroni generându-se în acea regiune o forță electromotoare.

Mărimea și direcția forței electromotoare vor depinde de mărimea și direcția gradientului de temperatură și de materialul din care este realizat conductorul. Tensiunea existentă la capetele conductorului va reprezenta suma algebrică a forțelor electromotoare generate de-a lungul conductorului.

Astfel, pentru o diferență de temperatură dată T_1-T_2 , distribuțiile de gradient reprezentate în diagramele din fig. 3.11a, 3.11b și 3.11c vor produce aceeași tensiune totală E , presupunând că pe toată lungimea conductorului caracteristicile sale termoelectrice sunt uniforme. Tensiunea de ieșire a unui singur conductor nu este în mod normal măsurabilă întrucât suma forțelor electromotoare într-un circuit închis al unui conductor uniform va fi, în orice situație a temperaturii, egală cu zero.

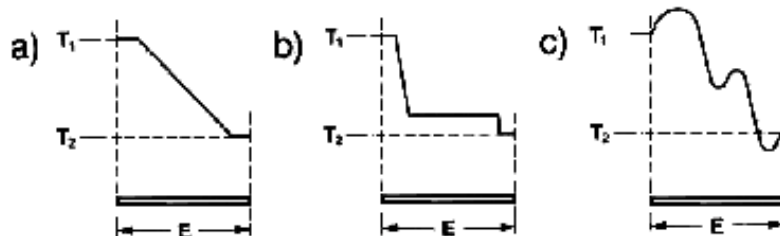


Figura 3.11 Diagramele distribuției de gradient

Într-un termocuplu, sunt combinate practic două materiale având caracteristici forța electromotoare/temperatura diferite, pentru a produce o tensiune de ieșire utilizabilă. Astfel, un termocuplu format din doi conductori A și B, diferiți ca material, într-o situație a gradientului de temperatură prezentată în fig. 3.12a, va genera semnal de ieșire datorită interacțiunii gradientului de temperatură în ambii conductori A și B. Se va produce aceeași ieșire E_T pentru orice distribuție a gradientului în interiorul unei diferențe de temperatură date $T_1 - T_2$, presupunând caracteristicile termoelectrice ale conductorilor uniforme pe toată lungimea conductorului (conform fig. 3.12a, 3.12b și 3.12c).

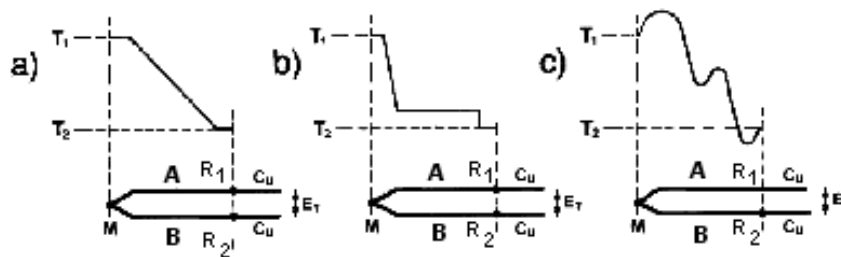


Figura 3.12 Diagramele distribuției de gradient pentru un termocuplu format din doi conductori A și B

Deoarece joncțiunile M, R1 și R2 reprezintă limitele porțiunilor generatoare de forță electromotoare ale conductorilor A și B, dacă restul conductorilor legând dispozitivul de măsurare sunt din sârmă (uniformă) de cupru, ieșirea termocuplului va deveni în mod efectiv o funcție de temperaturile joncțiunilor.

Deci, un termocuplu produce o ieșire care este în relație cu temperaturile celor două joncțiuni ale sale. Se obișnuiește să se denumească conexiunea între cele două fire din materiale diferite ca *joncțiunea de măsură* iar joncțiunea legând firele din materiale diferite cu conexiunile de ieșire din cupru ca *joncțiune de referință* (notate cu M și respectiv, R în fig. 3.12). Dacă joncțiunea de referință este menținută la o temperatură fixă cunoscută, temperatura joncțiunii de măsură poate fi dedusă din tensiunea de ieșire a termocuplului. Există tabele de calibrare pentru fiecare combinație de termocuplu prin care se stabilește legătura între tensiunea de ieșire și temperatura joncțiunii de măsură, dacă joncțiunea de referință este menținută la temperatura de 0°C.

În concluzie:

- Tensiunea de ieșire a unui termocuplu este garantată numai în regiunile unde există gradient de temperatură;
- Pentru a asigura o funcționare precisă și stabilă, caracteristicile termoelectrice ale conductorilor trebuie să fie și să rămână uniforme pe toată lungimea lor;
- Numai un circuit compus din materiale diferite va genera un semnal de ieșire la apariția unui gradient de temperatură. Un circuit care conține un singur conductor uniform supus unui gradient de temperatură nu va produce nici un

- fel de semnal de ieșire. Un circuit care conține conductori diferiți, aflat însă în condiții izoterme, nu va produce nici el un semnal de ieșire;
- Sensibilitatea termoelectrică a majorității materialelor este neliniară cu temperatura. Astfel, o diferență dată între joncțiunea de măsură și cea de referință ale unui termocuplu, va produce ieșiri diferite la temperaturi diferite ale joncțiunii de referință.

3.1.5.2. Măsurarea temperaturii utilizând termorezistențe

Rezistența pe care conductorii electrici o opun trecerii unui curent electric este dependentă de temperatura lor. Dacă această relație este previzibilă, fără salturi și stabilă, fenomenul poate fi folosit ca bază pentru măsurarea temperaturii. Există unele metale care îndeplinesc această cerință, cum ar fi cuprul, aurul, nichelul, platina și argintul. Dintre acestea, cuprul, aurul și argintul au valori proprii mici ale rezistivității electrice făcându-le mai puțin potrivite pentru măsurarea temperaturilor pe acest principiu, cu toate că cuprul prezintă o variație aproape liniară a rezistenței cu temperatura.

Nichelul și aliajele sale au o rezistivitate ridicată și valori ridicate ale coeficienților rezistență /temperatură, dar aceștia sunt neliniari, materialele sunt sensibile la tensiuni mecanice și suferă de o inflexiune puternică în jurul punctului Curie (358°C) care face mai complicată derivarea funcțiilor rezistență /temperatură.

Ramâne platina care prezintă avantaje care o fac foarte potrivită pentru măsurarea temperaturilor prin rezistență. Ea are un domeniu larg de temperatură, o rezistivitate de peste șase ori mai mare decât a cuprului și un coeficient rezistență /temperatură rezonabil, deși nu este liniar. Ea poate fi trasă în fire sau fâșii subțiri și poate fi obținută în forme de o înaltă puritate. Deși platina este un material scump, întrucât pentru construcția unei termorezistențe sunt necesare cantități reduse de material, aceasta nu are un efect semnificativ în costul total al aplicației.

O cerință importantă pentru o măsurare precisă a temperaturilor prin rezistență este aceea că elementul (rezistor) din platină trebuie să fie și să rămână recopt. Această stare poate fi realizată printr-un tratament termic corespunzător. Problema pentru fabricant este de a supune firul subțire de platină unor tensiuni mecanice cât mai reduse, problemă care se pune și la exploatare.

Relația între rezistența electrică a termorezistenței și temperatură poate fi reprezentată cu o aproximație destul de bună printr-o ecuație pătratică:

$$R_t / R_0 = 1 + At + Bt^2,$$

(3.1.12.)

unde:

R_t = rezistența termorezistenței la temperatura t în [Ω];

R_0 = rezistența termorezistenței la 0°C;

t = temperatura [0°C];

A și B sunt coeficienți determinați prin calibrare.

Condiții de utilizare a termocupurilor și a termorezistențelor

În tabelul 3-2 se prezintă comparația între măsurarea temperaturii cu termocuple și măsurarea temperaturii cu termorezistențe.

Comparație între cele două metode

Tabel 3-2

	Măsurarea temperaturii cu termocupluri	Măsurarea temperaturii cu termorezistențe
Avantaje	<ul style="list-style-type: none"> - Domeniu larg de temperatură. - Versatilitate (de exemplu, senzorul se poate realiza în construcții robuste, de tip industrial, cabluri cu căptușeală minerală sau fire foarte subțiri etc.). - Condiții nepretențioase de montare întrucât doar vârful trebuie supus la temperatura mediului de măsură. 	<ul style="list-style-type: none"> - În mod potențial cea mai precisă metodă. - Instalare simplă. - Necesită doar conductori de cupru pentru conectare la distanțe mari.
Dezavantaje	<ul style="list-style-type: none"> - Necesită măsurarea temperaturii de referință. - Necesită cabluri de extensie pentru distanțe mari. - Necesită atenție la detalii pentru îmbunătățirea preciziei. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesită un curent pentru atacarea termorezistenței. - Tipuri limitate de senzori. - Tipurile de precizie ridicată pretind o manipulare atentă. - Senzorii au dimensiuni mai mari decât joncțiunile termocuplurilor

În concluzie, termocuplurile și termorezistențele asigură metode de măsurare a temperaturii de neegalat pentru majoritatea aplicațiilor: ele sunt precise și fiabile. Oricum, alegerea utilizării uneia dintr metodele prezentate mai sus poate conduce la creșterea preciziei și fiabilității la valori deasupra mediei.

3.2. Metode numerice pentru calculul câmpurilor de temperatură

După cum s-a prezentat și în paragraful 3.1.2, transferul căldurii în interiorul pereților pupinelului precum și în interiorul instrumentarului de sterilizat se face prin conducție. În majoritatea cazurilor practice de conducție, condițiile efective în care se desfășoară transmiterea căldurii nu corespund cu cele pentru care s-au dedus relații analitice de calcul. În practică, se poate modifica temperatura mediului ambiant t_a , coeficientul de transmitere al căldurii spre mediul ambiant α , sau proprietățile fizice ale materialelor ca urmare a modificării temperaturii. Existența calculatoarelor electronice permite rezolvarea acestor probleme, prin metode numerice de calcul.

3.2.1. Metoda diferențelor finite

Una dintre cele mai utilizate metode numerice este metoda diferențelor finite. Metoda constă în transformarea ecuației diferențiale a conductivității termice într-o ecuație cu diferențe finite.

Pentru regim nestaționar, fără surse interne, în cazul transmiterii unidimensionale a căldurii, ecuația diferențială Fourier se simplifică, existând flux termic numai pe direcția x . Dacă nu există flux termic pe direcția y și z , derivatele parțiale pe aceste direcții, sunt zero. Ecuația lui Fourier devine [74]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (3.2.1.)$$

Metoda constă în înlocuirea variațiilor cu diferențe mici, finite:

$$\frac{\Delta_x t}{\Delta \tau} = a \frac{\Delta_x^2 t}{(\Delta x)^2} \quad (3.2.2.)$$

unde:

$\Delta_x t$ reprezintă o creștere mică a temperaturii, corespunzătoare unei variații mici de timp $\Delta \tau$, într-un punct oarecare al corpului

$\Delta_x t$ reprezintă o creștere mică a temperaturii corespunzătoare unei variații mici a distanței Δx , la un timp dat

$\Delta_x^2 t$ reprezintă o diferență dintre două valori succesive $\Delta_x t$, corespunzătoare unei duble variații Δx , succesive, ale punctului.

Pentru o funcție $y = f(x)$ diferențiala acestei funcții este $dy = [f'(x)] \cdot dx$, iar diferențiala de ordinul doi $d(dy) = d^2 y = [f''(x) \cdot dx] \cdot dx$

Creșterea variabilei independente dx nu depinde de valoarea lui x și poate fi scoasă de sub semnul derivării: $d^2 y = f''(x) \cdot (dx)^2$

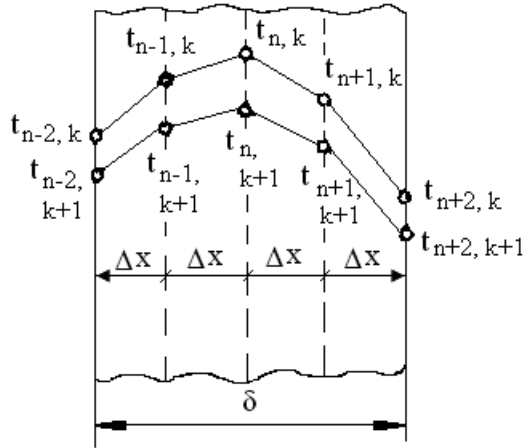


Figura 3.13 Metoda diferențelor finite

Notățiile din figura 3.13 reprezintă:

pentru $n = 1 \div i$

$t_{n,K}$ - temperatura din punctul cu abscisa $n\Delta x$ la timpul $K \cdot \Delta \tau$

$t_{n+1,K}$ - temperatura din punctul cu abscisa $(n+1)\Delta x$ la timpul $K \cdot \Delta \tau$

$t_{n-1,K}$ - temperatura din punctul cu abscisa $(n-1)\Delta x$ la timpul $K \cdot \Delta \tau$

$t_{n,K+1}$ - temperatura din punctul cu abscisa $n\Delta x$ la timpul $(K+1) \cdot \Delta \tau$

Notățiile din ecuația scrisă cu diferențe finite, devin:

$$\Delta_{\tau} t = t_{n,K+1} - t_{n,K} \quad (3.2.3.)$$

$$\Delta_x t = t_{n+1,K} - t_{n,K} \quad (3.2.4.)$$

$$\Delta_x^2 t = (t_{n+1,K} - t_{n,K}) - (t_{n,K} - t_{n-1,K}) = t_{n+1,K} - 2t_{n,K} + t_{n-1,K} \quad (3.2.5.)$$

Înlocuind în ecuația cu diferențe finite, se obține:

$$t_{n,K+1} = t_{n,K} + a \frac{\Delta \tau}{(\Delta x)^2} (t_{n+1,K} + t_{n-1,K} - 2t_{n,K}) = \frac{t_{n,K} \left[\frac{(\Delta x)^2}{a\Delta \tau} - 2 \right] + t_{n-1,K} + t_{n+1,K}}{\frac{(\Delta x)^2}{a\Delta \tau}} \quad (3.2.6.)$$

notând cu $M = \frac{(\Delta x)^2}{a\Delta \tau}$ se obține:

$$t_{n,K+1} = \frac{t_{n,K}(M-2) + t_{n-1,K} + t_{n+1,K}}{M} \quad (3.2.7.)$$

Similar se poate calcula temperatura în orice punct din interiorul corpului la timpul $K + 1$:

$$t_{n+i,K+1} = \frac{t_{n+i,K}(M-2) + t_{n+i-1,K} + t_{n+i+1,K}}{M} \quad (3.2.8.)$$

Pentru $M = 2$, se obține relația:

$$t_{n,K+1} = \frac{t_{n-1,K} + t_{n+1,K}}{2} \quad (3.2.9.)$$

Cu ajutorul acestei relații se poate calcula câmpul de temperaturi în timp cu o precizie cu atât mai mare cu cât Δx este mai mic.

Pentru cazul câmpurilor staționare unidimensionale $t_{n,K+1} = t_{n,K}$, se obține relația:

$$t_{n,K} = \frac{t_{n-1,K} + t_{n+1,K}}{2} \quad (3.2.10.)$$

Ceea ce înseamnă că într-un plan oarecare n din perete, temperatura este media aritmetică a temperaturilor din planele învecinate.

În cazul conducției bidimensionale, se consideră o secțiune transversală prin perete, de lungime L , conform figurii 3.14, unde temperatura nu variază pe lungime.

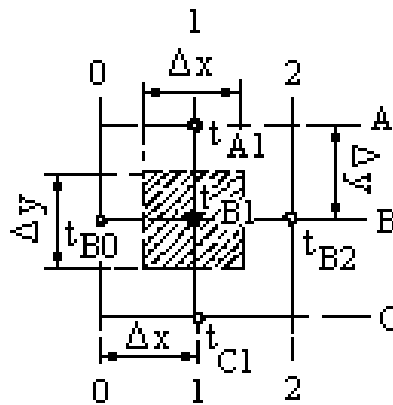


Figura 3.14 Secțiune transversală prin perete

În secțiune apare un câmp bidimensional de temperaturi. Ducând în secțiunea respectivă drepte paralele cu axa Ox și Oy la distanțele Δx și Δy se formează o rețea bidimensională de noduri. Se consideră un nod al acestei rețele, de exemplu nodul B_1 și cele patru noduri vecine B_0 , A_1 , B_2 și C_1 , noduri în care la timpul K , temperaturile sunt $t_{B_1,K}$, $t_{A_1,K}$, $t_{B_2,K}$ și $t_{C_1,K}$. În cazul de față, fiind regim staționar, temperatura în nodul B_1 , la timpul $(K+1)$ va fi egal cu cel de la timpul (K) , adică

$$t_{B_1,K+1} = t_{B_1,K}.$$

Din cauza diferențelor de temperatură între cele patru noduri vecine, se transmit fluxuri de căldură. Aplicând legea lui Fourier pe direcțiile determinate de nodurile vecine cu nodul $B_{1,K}$, se poate scrie ecuația de bilanț termic sub forma:

$$\begin{aligned} & \frac{(L, \Delta y)}{(\Delta x)} (t_{B0,K} - t_{B1,K}) + \frac{(L, \Delta x)}{(\Delta y)} (t_{A1,K} - t_{B1,K}) + \frac{(L, \Delta y)}{(\Delta x)} (t_{B2,K} - t_{B1,K}) + \\ & + \frac{(L, \Delta x)}{(\Delta y)} (t_{C1,K} - t_{B1,K}) = 0 \end{aligned} \quad (3.2.11.)$$

Pentru o rețea pătratică, la care $\Delta x = \Delta y$, rezultă:

$$t_{B1,K} = \frac{t_{B0,K} + t_{A1,K} + t_{B2,K} + t_{C1,K}}{4} \quad (3.2.12.)$$

Deci temperatura în oricare nod al rețelei este media aritmetică a temperaturilor din nodurile vecine. Pentru n noduri în care temperaturile sunt necunoscute se poate scrie un sistem de n ecuații cu n necunoscute din rezolvarea căruia rezultă temperaturile în cele n noduri.

3.2.2. Metoda elementelor finite

Metoda elementelor finite sau analiza cu elemente finite se bazează pe conceptul construirii obiectelor complicate din obiecte mai simple, sau divizarea obiectelor complicate în obiecte mai simple pentru care se aplică schemele de calcul cunoscute.

Ideea de bază este că în cazul în care structura se împarte în mai multe părți numite elemente finite, pentru fiecare dintre acestea se pot aplica teoriile de calcul aferente. Împărțirea întregului în părți de dimensiuni mai mici, se numește discretizare și are drept efect obținerea de forme simple pentru elementele finite componente ale structurii. Conectarea elementelor finite se realizează numai în anumite puncte numite noduri. Nodurile reprezintă punctele de intersecție ale liniilor de contur rectilinii sau curbe ale elementelor finite.

Nodurile sunt plasate de obicei pe contururile elementului unde elementele adiacente sunt conectate între ele. Deoarece variația reală a variabilei de câmp – în acest caz temperatura – în interiorul continuului nu este cunoscută, se admite că variația variabilei de câmp pe domeniul unui element finit poate fi aproximată printr-o funcție simplă, numită model de interpolare și se definește în funcție de valoarea temperaturii în noduri.

Precizia de calcul crește o dată cu creșterea numărului de elemente finite. Continuitatea rezultatelor obținute depinde de caracterul de continuitate pe care funcția de aproximare trebuie să-l asigure la nivelul zonelor interelemente [33].

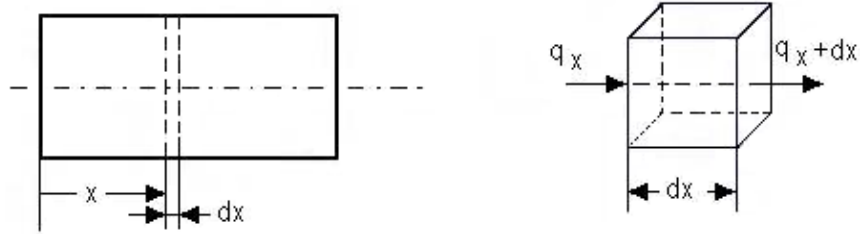


Figura 3.15 Metoda diferențelor finite pentru un element unidimensional

Se ia în considerare echilibrul termic al unui element unidimensional încălzit, figura 3.15. Pentru un element de volum de lungime infinitezimală extras din corp, viteza cu care căldura intră pe latura din stânga poate fi scrisă sub forma:

$$q_x = -\lambda \cdot A \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \quad (3.2.13.)$$

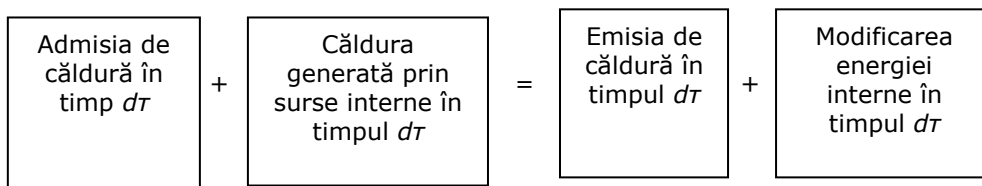
Unde: λ reprezintă conductivitatea termică a materialului,
 A este suprafața secțiunii transversale prin care se transferă căldura, (măsurată perpendicular pe direcția de curgere a căldurii)

$\frac{\partial T}{\partial x}$ este gradientul temperaturii T în raport cu direcția axială

Viteza cu care căldura părăsește latura dreaptă poate fi exprimată, dacă se rețin numai primii 2 termeni din dezvoltarea în serie Taylor, ca fiind:

$$q_{x+dx} = q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x} dx = -\lambda A \frac{\partial T}{\partial x} + \left(-\lambda A \frac{\partial T}{\partial x} \right) dx \quad (3.2.14.)$$

Echilibrul energetic pentru elementul de volum considerat în timpul infinitezimal $d\tau$ este dat de o ecuație de forma:



După înlocuiri se obține:

$$q_x d\tau + \dot{q} A dx d\tau = q_{x+dx} d\tau + c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau} d\tau \quad (3.2.15.)$$

unde: \dot{q} este viteza de generare a căldurii pe unitate de volum (prin surse de căldură)

c este capacitatea termică masică
 ρ este densitatea și

$$\frac{\partial T}{\partial t} d\tau = d\tau \text{ este schimbarea de temperatură în timpul } d\tau$$

După înlocuiri și împărțire cu $(dx d\tau)$, ecuația devine:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda A \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \dot{q} A = c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau} \quad (3.2.16.)$$

Dar în cazul transmiterii căldurii prin pereții pupinelului nu avem sursă de căldură (\dot{q} este zero) se obține ecuația Fourier:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda A \frac{\partial T}{\partial x} \right) = c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau} \quad (3.2.17.)$$

Dacă sistemul este în stare de repaus se obține ecuația Laplace:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda A \frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0 \quad (3.2.18.)$$

Dacă conductivitatea termică și suprafața secțiunii transversale sunt constante ecuația se reduce la forma:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0 \quad (3.2.19.)$$

Dacă analiza se face în domeniul bidimensional, în regim termic staționar, fără surse interne de căldură utilizarea ecuației diferențiale a conducției sau ecuația lui Fourier:

$$\lambda \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} = 0 \quad (3.2.20.)$$

permite aproximarea câmpului de temperatură la nivelul unui element finit cu ajutorul funcționalei J în care s-au impus condițiile de contur. Astfel pentru anumite părți ale corpului se poate impune temperatura, intensitatea fluxului termic normal la suprafață și schimbul de căldură prin convecție conform figurii 3.16, astfel:

$\theta_s = f(x, y)$ reprezintă temperatura impusă pe suprafața S_1 a corpului

$q = \lambda \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} n_x + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} n_y \right)$ reprezintă fluxul impus în suprafața S_2 prin

cosinuşii directori n_x și n_y

$\alpha(\theta - \theta_E)$ reprezintă schimbul de căldură prin convecție la suprafața S_3 , iar

θ_E este temperatura mediului exterior

$$J = \sum_{i=1}^n \left\{ \int_{V_{ei}} \frac{1}{2} \lambda \left[\left(\frac{\partial^2 \theta(x, y)}{\partial x^2} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 \theta(x, y)}{\partial y^2} \right)^2 \right] dV - \int_{S_{2ei}} q \theta(x, y) dS + \int_{S_{3ei}} \alpha \left(\frac{\theta_{ei}^2}{2} - \theta_{ei} \theta_E \right) dS \right\} \quad (3.2.21.)$$

De menționat că funcționala prin care se descrie bilanțul termic este continuă numai pe cuprinsul elementului finit.

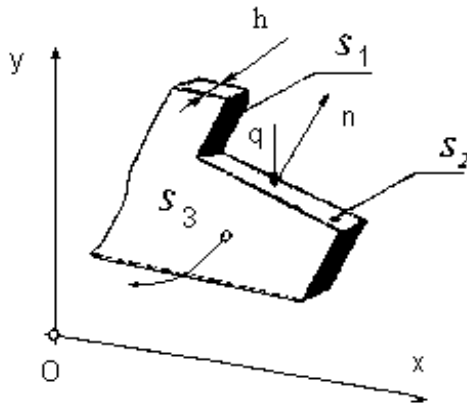


Figura 3.16 Metoda diferențelor finite în domeniul bidimensional, în regim termic staționar

Determinarea minimumului funcționalei J pentru un element finit prin anularea derivatei acesteia conduce la ecuația matriceală de forma:

$$\frac{\partial J_e}{\partial \theta_e} = [k_e] \{\theta_e\} - \{f_e\} = 0 \quad (3.2.22.)$$

în care:

$$[k_e] = h \int_{A_e} [B]^T [D] [B] dA + \int_{l_{3e}} \alpha [N]^T [N] dl \quad (3.2.23.)$$

este matricea de conductivitate a elementului finit și în ea sunt incluse caracteristicile fizice care intervin în transferul termic;

$$\{f_e\} = h \int_{l_{2e}} q [N]^T dl + h \int_{l_{3e}} \alpha \theta [N]^T dl \quad (3.2.24.)$$

reprezintă vectorul încărcărilor termice format din contribuția fluxului termic și convecția termică.

În aceste relații intervin matrici de tip $[N]$ și $[B]$, care se obțin prin cunoașterea coordonatelor nodurilor elementului finit. Matricea $[D]$ reprezintă expresia coeficienților de conductivitate.

$$[D] = \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \quad (3.2.25.)$$

Pentru întreaga structură printr-un proces de însumare a ecuațiilor obținute de la fiecare element finit, va rezulta ecuația generală a structurii având forma:

$$\{F\} = [K] + \{\theta\} \quad (3.2.26.)$$

în care: $\{F\}$ este vectorul încărcărilor termice,

$[K] = \sum_{i=1}^n [k_{ei}]$ reprezintă matricea de conductivitate a structurilor

$\{\theta\}$ este vectorul temperaturilor nodale

Rezultatele obținute prin rezolvarea sistemului de ecuații sunt temperaturile nodale pe baza cărora, la nivelul fiecărui element finit, se determină fluxurile de căldură:

$$\{q_e\} = [D]\{g(x, y)\} = [D][B]\{\theta_e\} \quad (3.2.27.)$$

Capitolul 4. Tehnici și metode de investigație privind determinarea proprietăților materialelor folosite în construcția sterilizatoarelor

Cercetările efectuate în capitolele ce urmează sunt structurate pe două direcții, privind:

- determinarea experimentală a conductivității termice λ pentru diferite materiale izolatoare cu ajutorul aparatului pentru transmiterea căldurii după Dr. Bock;
- determinarea structurii câmpului termic în peretele aparatului de sterilizat, construit cu ajutorul modelării numerice, utilizând un program de calcul. Modelarea regimului termic este o problemă importantă deoarece:
 - temperatura influențează performanța și fiabilitatea aparatului
 - asigurarea unei bune izolații asigură consum electric scăzut și siguranță în funcționare
 - regimul termic influențează posibilitatea de a reduce substanțial încărcarea bacteriană într-un timp scurt, la un nivel prevăzut pentru sterilizare

Utilizarea acestui program de calcul permite calculul temperaturii în mai multe puncte, ceea ce conduce automat la obținerea unor rezultate mult mai apropiate de realitate.

Scopul lucrării a fost înlocuirea azbestului, un material izolator nociv, a cărei utilizare este strict interzisă având în vedere consecințele grave pe termen mediu și lung, cu un material izolator cu performanțe termice optime și pe cât posibil ecologic, care să permită aparatului de sterilizat cu aer cald uscat performanțele energetice necesare a fi încadrat într-o clasă energetică superioară.

4.1. Determinarea conductivității termice a materialelor

4.1.1. Aspecte teoretice ale metodei

Conducția termică constă în propagarea microfizică a energiei termice, din aproape în aproape, de la moleculă la moleculă, fie că este vorba de particule ale aceluiași corp, fie că este vorba de particule a două corpuri diferite, în contact intim între ele.

Conducția termică este modul de transmitere a căldurii caracteristic corpurilor solide. La lichide sau gaze intervine numai în cazul unor straturi foarte subțiri sau în cazuri particulare.

Procesul propagării căldurii prin conducție în sistemul termodinamic considerat depinde, în primul rînd, de distribuția temperaturii în acest sistem. În cazul general temperatura t este o funcție de coordonatele x , y și z ale spațiului ocupat de sistem și de timpul τ :

$$t = f(x, y, z, \tau) \quad (4.1.1.)$$

Totalitatea valorilor temperaturii prin care se caracterizează toate punctele unui spațiu la un moment dat, se numește *câmp de temperatură* și este reprezentat prin ecuația (4.1.1.).

Câmpul de temperatură (la fel și regimul corespunzător al transmiterii căldurii) se numește *variabil* sau *nestaționar*, dacă temperatura variază cu timpul și *staționar* sau *permanent*, în caz contrar.

Funcție de numărul coordonatelor spațiului de care depinde, câmpul de temperatură poate fi tri, bi, sau unidimensional.

Locul geometric al punctelor cu aceeași temperatură determină o *suprafață izotermă*. Deoarece nu pot coexista două temperaturi diferite în unul și același punct al spațiului, rezultă că suprafețele izoterme nu se intersectează. Urmează că variații ale temperaturii în corp se pot înregistra numai de-a lungul unor linii care intersectează suprafețele izoterme. Variațiile maxime corespund evident direcțiilor normale la suprafețele izoterme. Rezultă că normalele la suprafețele izoterme vor reprezenta tocmai liniile de curgere ale căldurii.

Limita raportului dintre variația temperaturii Δt și distanța Δn dintre izoterme, măsurată pe normală, când această distanță tinde către zero, se numește *gradient de temperatură*.

$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right) = \frac{\partial t}{\partial n} = \text{grad } t \quad [^{\circ}K \cdot m^{-1}] \quad (4.1.2.)$$

Valoarea gradientului de temperatură cu semn schimbat se numește *cădere de temperatură*.

Studiind fenomenele conducției termice la corpurile solide, Fourier a stabilit, în legătură cu căldura propagată, că aceasta este proporțională cu gradientul de temperatură, cu timpul și cu suprafața secțiunii perpendiculare pe direcția de propagare.

Căldura transmisă mai depinde de asemenea și de natura corpului (prin forțele de coeziune dintre molecule, interacțiunea atomilor etc.). Căldura transmisă în unitate de timp (1 sec.), prin unitatea de suprafață (1 m²), pentru o cădere de temperatură de 1 grad pe 1 m lungime, caracterizează complet natura corpului din punct de vedere al transmiterii căldurii prin conducție. Această mărime caracteristică substanței corpului se numește *conductivitate termică* și se notează cu λ .

$$\text{Se măsoară în } \left[\frac{J}{m^2 \cdot \frac{^{\circ}K}{m} \cdot s} \right] \text{ sau } [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$$

Expresia căldurii transmisă prin conducție, în timpul τ , prin suprafața A , este astfel:

$$Q = -\lambda \cdot A \cdot \tau \cdot \text{grad } t \quad [J] \quad (4.1.3.)$$

Semnul minus arată că sensul de variație a energiei termice are loc în sensul temperaturilor descrescânde.

Căldura transmisă în unitate de timp se numește *flux de căldură* sau *flux termic* și se notează cu W :

$$W = \frac{Q}{\tau} = -\lambda \cdot A \cdot \text{grad } t \quad [W] \quad (4.1.4.)$$

Fluxul de căldură raportat la unitatea de suprafață (fluxul termic specific) se numește *densitatea fluxului de căldură*.

$$q = \frac{W}{A} = \frac{Q}{\tau A} \quad \text{deci,} \\ q = -\lambda \text{ grad } t \quad [W \cdot m^{-2}] \quad (4.1.5.)$$

Ecuția (4.1.5.) reprezintă expresia matematică cea mai des întâlnită a legii lui Fourier.

Conductivitatea termică λ diferă de la corp la corp și pentru fiecare din ele depinde de structura, de densitatea, de umiditatea, de presiunea și de temperatura corpului.

Dependența de temperatură se poate exprima, pentru majoritatea substanțelor, într-un interval limitat de temperatură printr-o funcție lineară:

$$\lambda = \lambda_0(1 + bt) \quad (4.1.6.)$$

λ_0 fiind valoarea conductivității termice la 0°C , iar b o constantă care se determină experimental.

4.1.2. Principiul de lucru al metodei

Scopul urmărit este determinarea experimentală a conductivității termice λ a materialelor de construcție și a materialelor în general.

La baza aparatului folosit stă *metoda plăcii*. Principiul de lucru al acestei metode constă în crearea unui flux staționar unidimensional de căldură prin materialul probei introdus între două plăci paralele de temperaturi diferite, dar constante. Materialul probei poate fi considerat astfel ca o placă nelimitată (un perete nelimitat), pe suprafețele căreia sunt menținute temperaturile constante t_1 și t_2 (fig. 4.1).

Aplicând legea lui Fourier, ecuația (4.1.5.) acestei plăci, se poate scrie:

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} \quad [W \cdot m^{-2}] \quad (4.1.7.)$$

sau, ținând seama și de ecuația (4.1.6.)

$$q = -\lambda_0(1 + bt) \frac{dt}{dx} \quad (4.1.8.)$$

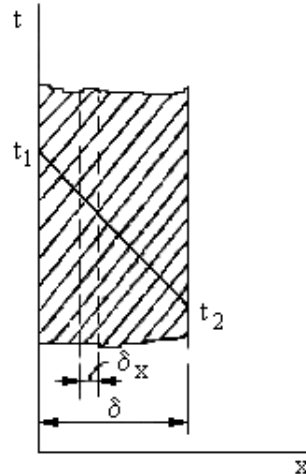


Figura 4.1 Conducția căldurii printr-o placă omogenă nelimitată

de unde, prin integrare între limitele 0 și δ (δ fiind grosimea plăcii) – pentru x , respectiv t_1 și t_2 – pentru t , se obține:

$$q \cdot \delta = -\lambda_0 \left[(t_2 - t_1) + \frac{1}{2} b (t_2^2 - t_1^2) \right] = -\lambda_0 \left(1 + b \frac{t_2 + t_1}{2} \right) (t_2 - t_1)$$

sau

$$q = \lambda_0 (1 + b t_{med}) \frac{t_1 - t_2}{\delta} = \lambda_{med} \frac{\Delta t}{\delta} \quad (4.1.9.)$$

unde

$$t_{med} = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (4.1.10.)$$

reprezintă temperatura medie a plăcii, iar

$$\lambda_{med} = \lambda_0 (1 + b t_{med}) \quad (4.1.11.)$$

reprezintă conductivitatea termică a plăcii la t_{med} .

Pentru determinarea conductivității termice la temperatura medie t_{med} , este suficient astfel să se măsoare grosimea δ a probei, fluxul termic specific q și temperaturile t_1 și t_2 ale suprafețelor, menținând între ele o diferență relativ mică de temperatură Δt . Relația de calcul este:

$$\lambda_{med} = \frac{q}{\frac{\Delta t}{\delta}} \quad [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}] \quad (4.1.12.)$$

Pentru determinarea variației coeficientului λ în funcție de temperatură, pentru intervale relativ mari, este necesar să se efectueze mai multe determinări la diferite valori ale temperaturii medii t_{med} .

4.1.3. Aparatul pentru măsurarea conductivității termice prin metoda plăcii

Determinarea conductivității termice se efectuează cu aparatul pentru transmiterea căldurii după Dr. Bock, pentru materiale de construcții, de etanșare și plastice sub formă de plăci netede sau vrac (figura 4.2) [4].

Ca domeniul de lucru, aparatul este propriu pentru:

- conductivități termice $\lambda = 0,025 - 1,7 \text{ Kcal} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$;

- rezistențe termice $\frac{\delta}{\lambda} = 0,03 - 4 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{grad} \cdot \text{kcal}^{-1}$

- eroarea maximă a rezultatelor obținute este de 2-3 %.

Principiul de funcționare al aparatului este bazat pe metoda plăcilor, prin care materialul încercat este adus între două plăci plate cu temperaturi diferite ($\Delta t = 10^\circ\text{C}$). Placa cu temperatură mai ridicată este denumită placa de încălzire, menținută la o temperatură constantă prin aducția energiei electrice, iar placa de răcire, cu temperatură mai scăzută își menține temperatura constantă prin evacuarea căldurii. Placa de încălzire este protejată pe părțile laterale și spate cu o placă de protecție, astfel încât fluxul de căldură este dirijat prin materialul încercat.

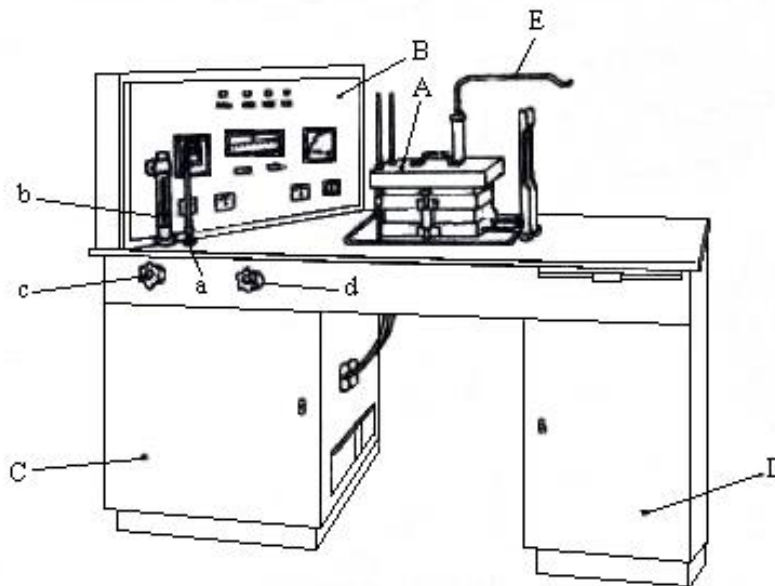


Figura 4.2 Aparat pentru determinarea conductivității termice

A – sistem de plăci pentru stabilirea fluxului termic; B – tabloul instrumentelor;

C – dulap pentru termostate; D – dulap pentru instrumente și piese de rezervă; E – braț oscilant pentru suspendarea plăcii de încălzire; a, b – termometru, respectiv debitmetru pentru apa de răcire a termostatelor; c, d – robinete pentru reglarea apei de răcire

Aparatul pentru determinarea conductivității termice a corpurilor prin metoda plăcii are forma unui pupitru de comandă (fig. 4.2), iar schema lui de principiu se poate urmări în figura 4.3.

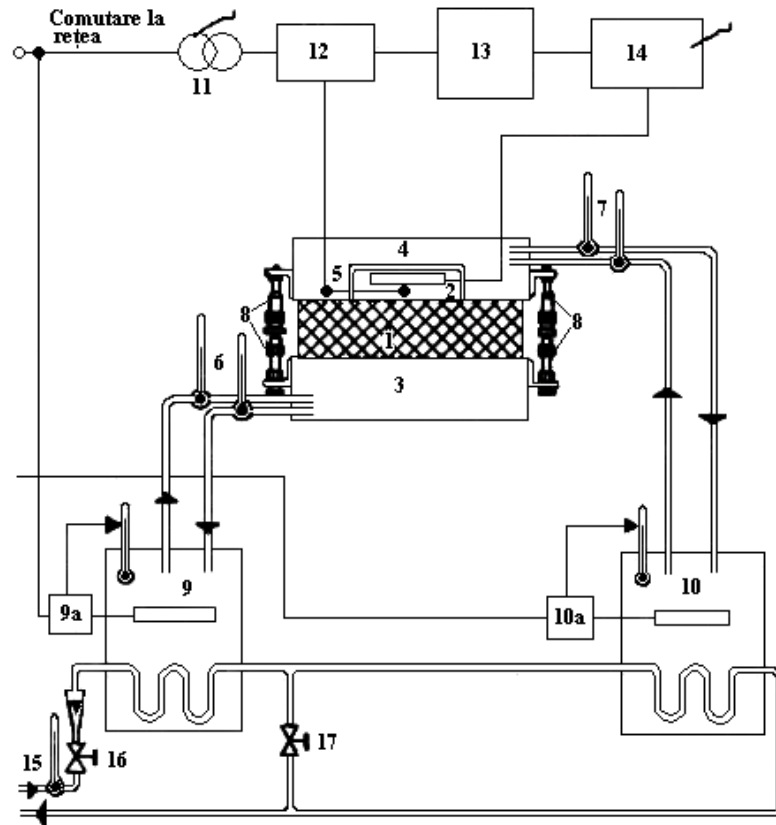


Figura 4.3 Schema aparatului pentru determinarea conductivității prin metoda plăcii

Proba 1 din materialul cercetat, de forma unei plăci circulare sau dreptunghiulare cu dimensiuni de 200 x 250 mm și grosime de max. 100 mm, este fixată între placa de încălzire 2 și placa de răcire 3.

Deoarece proba are dimensiuni limitate, o parte din căldura cedată de sistemul de încălzire se pierde prin suprafața laterală a probei. Câmpul de temperatură din probă va diferi astfel de câmpul de temperatură dintr-un perete cu dimensiuni nelimitate. Totuși, prin menținerea unor temperaturi uniforme și constante pe întreaga suprafață a plăcii încălzitoare și a plăcii reci, prin îmbrăcarea întregului ansamblu într-o manta protectoare izolantă, pierderile laterale de căldură sunt puțin importante, mai ales în cazul unor probe de grosime mică în comparație cu celelalte dimensiuni caracteristice. Se poate admite astfel că, în ceea ce privește partea centrală a probei, câmpul de temperatură este foarte apropiat de acela al unei plăci nelimitate, putându-se astfel aplica relațiile teoretice prezentate anterior.

Căldura dezvoltată în plăcile de încălzire 2 și a plăcii de izolație a plăcii de încălzire 4, trece prin probă și ajunge la placa rece 3. Placa rece este dispusă sub probă, ceea ce face să asigure pierderi mai mici de căldură prin convecție și rezultate mai sigure ale determinărilor, prin evitarea formării de curenți ascendenți atât în jurul probei cât și prin porii sau golurile materialului acesteia.

Pentru a menține la temperatură constantă placa de răcire 3 și placa de izolație a plăcii de încălzire 4 este folosită metoda termostabilizării prin lichid pompat cu o temperatură reglată constantă. Pentru aceasta sunt folosite termostatele 9 și 10 cu reglări de temperatură 9a și 10a la care energia electrică servește la aducția căldurii și apa de conducție la evacuarea căldurii.

Temperatura egală, condiționată prin acest procedeu, a plăcii de izolație termică, este produsă de curentul de reglare care se compune din plita termoelectrică 5 de regulatorul bipozițional 12 și de placa de încălzire. Astfel este realizată producerea unui curent termic laminar staționar în probă.

Cu ajutorul perechii de termostate 6 și 7 este determinată temperatura medie a purtătorului de căldură (lichidului) existentă în placa de răcire și cea izolatoare și prin aceasta se calculează variația de temperatură existentă la probă.

Energia electrică adusă prin transformatorul de reglare 11 și regulatorul bipozițional 12 a plăcii de încălzire este măsurată cu ajutorul contorului 13 prin interconectarea divizorului de tensiune 14 cu posibilități de reglare în 12 trepte.

Rolul plăcii de protecție, separată prin stratul termoizolant de încălzitorul pe care îl înconjoară, este de a face ca întreaga căldură degajată de încălzitor să treacă numai prin partea activă a probei de secțiune A. Pentru aceasta este suficient ca diferența de temperatură dintre placa de protecție și încălzitorul electric să fie nulă, sau aproape nulă. Temperatura plăcii calde oscilează foarte puțin în jurul temperaturii plăcii de protecție, în ritmul întreruperii curentului electric de alimentare. Aceste oscilații sunt minime când perioadele de întrerupere sunt egale cu cele de reconectare.

Temperatura lichidului de încălzire a plăcii de protecție se menține constantă cu o exactitate de $\pm 0,02$ °C, cu ajutorul termostatului 9. Cu aceeași exactitate se menține constantă și temperatura lichidului de răcire cu ajutorul termostatului 10.

Grosimea exactă a probei se determină cu patru micrometre 8, ca fiind valoarea medie a celor patru citiri.

Aparatul mai cuprinde termostatul 15, ventilele 16 și 17 și contorul de curent.

Fluxul termic care trece prin secțiunea activă A a probei este echivalent energiei electrice preluate de încălzitorul electric.

Adaptarea fluxului termic la diferitele probe cercetate se face după stabilirea tensiunii prin divizorul de tensiune (figura 4.4), cu ajutorul comutatorului în trepte, care variază tensiunea de alimentare a rezistenței de încălzire, prin comutarea punctului de conectare al acesteia la sistemul de rezistențe auxiliare.

Energia electrică consumată se măsoară cu ajutorul unui contor electric de inducție. Pentru mărirea preciziei, contorul măsoară energia totală corespunzătoare întregului montaj în aval, energia aferentă plăcii de încălzire fiind numai o fracțiune din energia înregistrată, fracțiune determinată de poziția comutatorului în trepte.

Se ajunge astfel ca pentru trepte de încălzire diferind de sute de ori (de exemplu la poziția 12 a comutatorului în trepte, încălzirea plăcii calde este de cca 250 ori mai puternică decât la poziția 1), după necesitate, încărcarea contorului să fie aproape neschimbată și deci și indicațiile acestuia să fie practic fără erori. Tot în vederea asigurării unor erori minime ale contorului, tensiunea de alimentare a acestuia se menține cât mai apropiată de valoarea normală de lucru (120 V),

independent de oscilațiile din rețea, cu ajutorul divizorului de tensiune, în legătură cu prizele unui transformator.

Lămpile l_1, l_2, l_3, l_4 servesc pentru controlul și urmărirea conectării la rețea a aparatului în ansamblu, a celor două termostate și respectiv a încălzitorului electric.

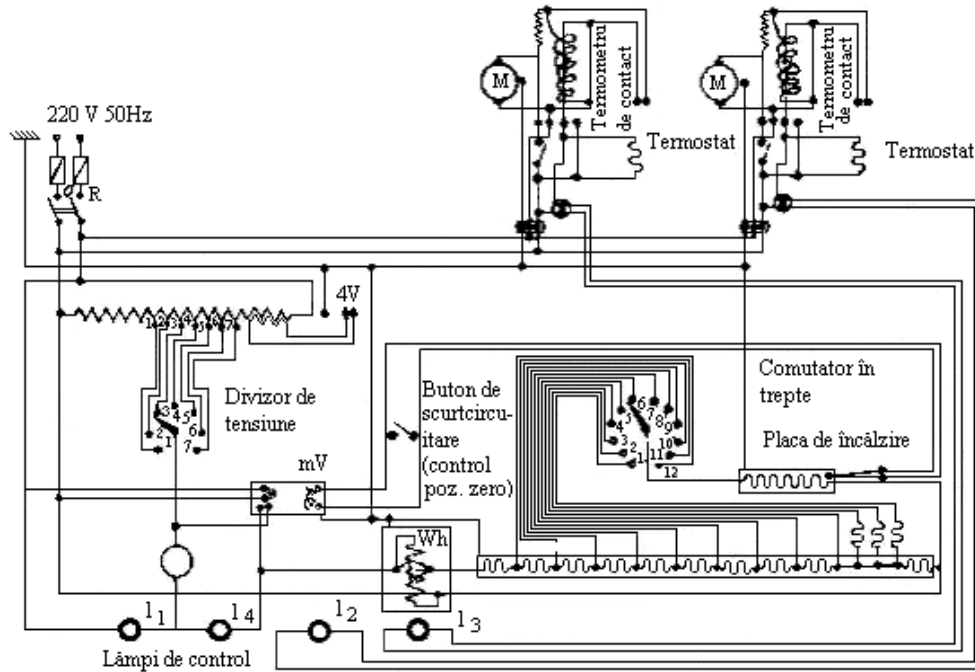


Figura 4.4 Schema electrică a aparatului

4.1.4. Efectuarea măsurătorilor

Măsurătorile necesare determinării coeficientului de conductivitate termică cu ajutorul acestui aparat, constau în citirea următoarelor mărimi:

- diferența de temperatură Δt °C dintre temperaturile medii ale lichidelor de termostatare;
- grosimea medie a probei δ , ca fiind media aritmetică a indicațiilor celor patru micrometre cu care este prevăzut sistemul de plăci;
- consumul de energie $\Sigma \Delta E$, indicat de contor în timpul Δt ales arbitrar, de 2-3 ore.

a. Perioada inițială

- Proba din materialul cercetat este o secțiune din peretele pupinelului, de forma unei plăci, cu dimensiunile de 250 x 250 mm. Plăcile pătratice acoperă complet plăcile aparatului, deci sunt de preferat.
- Suprafețele de contact ale probei se șlefuiesc plan și paralel.
- Se ridică cu atenție, spre a nu se sparge termometrele, cutia de protecție a sistemului de plăci și se pune deoparte.
- Se ridică placa de încălzire și se suspendă de brațul mobil E (fig. 4.2).
- Se așează proba pe placa rece a aparatului.
- Se așează placa de încălzire deasupra probei.
- Se măsoară grosimea probei cu ajutorul micrometrelor 8 (fig. 4.3).
- Se așează cutia de protecție termoizolantă.
- Se verifică nivelul apei în vasele termostatelor, care trebuie să fie cu 30-70 mm sub marginea superioară a vasului.
- Se verifică dacă indicatorul roșu al milivoltmetrului de contact se află exact la mijlocul scării.
- Se verifică dacă la apăsarea butonului de control al punctului zero, indicatorul negru se află exact la zero
- Se verifică circulația apei de răcire a termostatelor prin deschiderea robinetelor 16 și 17 (fig. 4.3) și a robinetului de alimentare de la rețeaua de apă.
- Se fixează temperaturile termostatelor la valori cuprinse între 25° și 35°C pentru placa de protecție și între 10° și 20° C pentru placa rece, cu ajutorul termometrelor de contact.
- Se conectează aparatul la rețea (220 V, 50 Hz). Prezența tensiunii în rețea este indicată atât de lampa de control I_1 cât și de voltmetru. Se pun în funcțiune termostatele, cu ajutorul întrerupătoarelor ce se găsesc în partea lor superioară. Becurile de control I_2 și I_3 se aprind. Se verifică circulația fluidelor de termostatare, urmărind indicațiile termometrelor 6 și 7 (fig. 4.3). Indicațiile acestora trebuie să tindă spre valorile fixate la termometrele de contact. Aprinderea becului I_4 al plăcii de încălzire indică aflarea acesteia sub tensiune. Se așteaptă până când becurile I_2 și I_3 se sting, indicând că fluidele de termostatare au atins temperaturile fixate. Se deschide imediat conducta de apă de răcire, prin robinetul de alimentare.
- Se reglează consumul apei de răcire, cu ajutorul robinetului 16, astfel ca termostatul plăcii reci să lucreze cu o durată de conectare de 50 %, ceea ce se poate stabili după timpul de aprindere al lămpii de control respective, I_2 . Perioadele de aprindere trebuie să fie egale cu cele de stingere.
- Se reglează, cu ajutorul robinetului 17, timpul de conectare al termostatului plăcii de protecție, de asemenea pentru 50 %, urmărind aprinderea și stingerea becului de control I_3 .
- Se reglează tensiunea de lucru la valoarea nominală (120 V) cu ajutorul divizorului de tensiune.
- Se reglează cu ajutorul comutatorului în trepte, treapta de încălzire a plăcii calde, urmărind aprinderea și stingerea becului de control I_4 . Durata de aprindere trebuie să fie aproximativ egală cu durata de stingerea.

În funcționare normală indicatorul negru al milivoltmetrului de contact se deplasează aproape simetric în jurul poziției zero. Deplasarea indicatorului prea mult în partea stângă indică necesitatea trecerii comutatorului pe o treaptă superioară, corespunzătoare unei încălziri mai puternice a plăcii.

Se observă că stabilirea unui flux termic cvasistaționar prin probă se realizează numai după cel puțin 2-3 ore de la pornirea aparatului. Numai din acest moment pot începe măsurătorile propriu-zise.

Treapta de încălzire se alege funcție de λ probabil și grosimea probei din diagrama ajutătoare din figura 4.5.

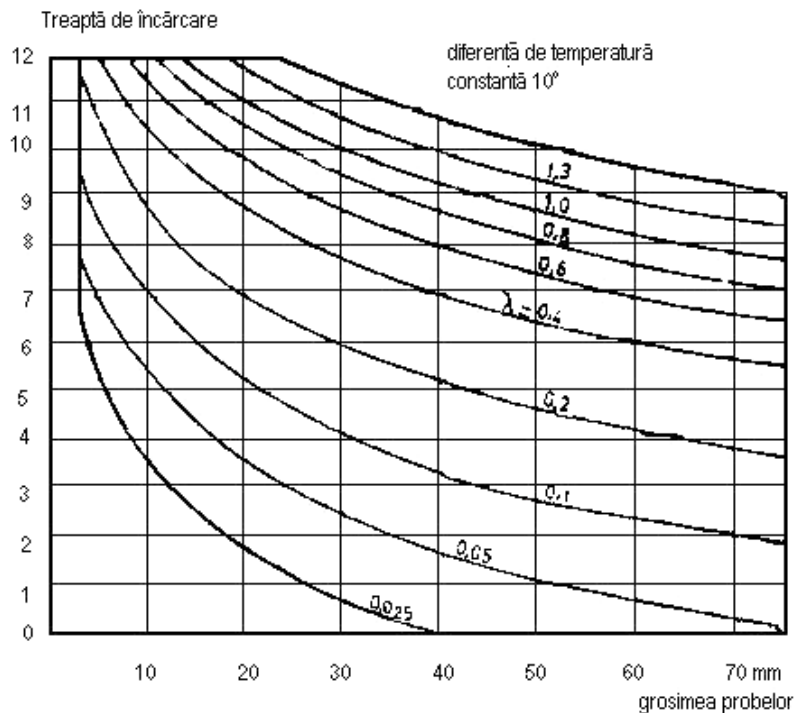


Figura 4.5 Diagramă ajutătoare [106]

b. Perioada principală

- Se fac primele citiri, înregistrându-se în buletinul de încercare timpul τ , indicația contorului E , temperaturile t_{w1} , t_{w2} la intrarea respectiv la ieșirea din placa de protecție, t_{k1} , t_{k2} la intrarea respectiv la ieșirea din placa rece
- Se urmărește continuu tensiunea de lucru indicată de voltmetrul aparatului, acționând la nevoie asupra divizorului de tensiune.
- Se repetă aceste citiri, la intervale de 30 minute, trecându-se în buletinul de încercare.

Măsurătorile pot fi considerate încheiate atunci când raportul $\frac{\Delta E}{\Delta \tau}$, pentru

aceiași treaptă de încălzire nu mai variază sistematic. $\frac{\Delta E}{\Delta \tau}$ tinde, prin valori descrescătoare, către o valoare limită constantă.

c. Perioada finală

- Se deconectează termostatele, acționând asupra întrerupătoarelor, becurile I_2 și I_3 se sting.
- Se deconectează aparatul de la rețea.
- Se închide circuitul apei reci.
- Se ridică și se înlătură cu grijă cutia de protecție a sistemului de plăci.
- Se măsoară din nou grosimile probei.
- Se suspendă placa de încălzire pe brațul oscilant, se înlătură proba.
- Se șterg plăcile aparatului și se așează placa de încălzire pe cea rece. Indicațiile micrometrelor la deșurubarea lor până la oprirea în piesele inferioare de sprijin reprezintă pozițiile zero ale acestora.
- Se pune la loc cutia termoizolantă.
- Se fac calculele indicate în buletinul de încercări, obținându-se în final valoarea conductivității termice pentru proba cercetată.

Coefficientul de conductivitate termică a materialului cercetat, la temperatura medie a probei, se poate calcula cu ajutorul expresiei (4.1.13.)

$$\lambda_{med} = \frac{q\delta}{\Delta t} \quad [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}] \quad (4.1.13.)$$

unde δ este grosimea medie a probei, q fluxul termic specific prin probă și Δt căderea de temperatură dintre suprafețele de contact ale probei.

Grosimea δ rezultă făcând media aritmetică a indicațiilor celor patru micrometre, la începutul și sfârșitul lucrării.

Pentru calculul fluxului termic specific q , se consideră fracțiunea n din fluxul energetic total înregistrat la contor $\frac{\Sigma \Delta E}{\Sigma \Delta \tau}$ și se raportează la suprafața A a plăcii calde.

Notând cu K_i factorul corespunzător acestor transformări, se poate scrie:

$$q = \frac{\Sigma \Delta E}{\Sigma \Delta \tau} K_i \quad [W \cdot m^{-2}] \quad (4.1.14.)$$

unde:

$$K_i = \frac{m \cdot C \cdot 10}{A} \quad [Wh \cdot m^{-2} \cdot diviz^{-1}] \quad (4.1.15.)$$

m – este raportul dintre energia corespunzătoare plăcii de încălzire și energia totală înregistrată de contor

C – constanta contorului; transformă indicațiile contorului în Wh

A – suprafața plăcii de încălzire în cm^2

10 – factor, ce ține seama că rezultatul (λ) se raportează la m sau m^2/m dar δ se introduce în mm iar A în cm^2 .

Factorul K_i este o constantă a aparatului și depinde de poziția comutatorului. Valorile lui se iau din tabelul 4.1.

Notând cu $\Delta t'$ diferența de temperatură dintre valorile medii ale temperaturilor fluidelor de termostatare și cu R_t rezistența termică la trecerea căldurii între fluidele de termostatare și suprafețele de contact ale probei, căderea de temperatură prin probă va fi $\Delta t = \Delta t' - qR_t$, cu care:

$$\lambda = \frac{q\delta}{\Delta t - qR_t} \quad [W \cdot m^{-1} K^{-1}] \quad (4.1.16.)$$

Valorile lui R_t , C și K_i sunt redată în tabelul 4-1

R_t este o constantă a aparatului și se poate determina experimental. Se folosesc în acest scop două plăci din același material, dar de grosimi diferite δ_1 și δ_2 , pentru care se poate scrie:

$$\lambda = \frac{q_1 \cdot \delta_1}{\Delta t_1' - q_1 R_t} = \frac{q_2 \cdot \delta_2}{\Delta t_2' - q_2 R_t} \quad (4.1.17.)$$

de unde:

$$R_t = \frac{q_2 \delta_2 \cdot \Delta t_1' - q_1 \delta_1 \Delta t_2'}{q_1 q_2 (\delta_2 - \delta_1)} \quad (4.1.18.)$$

Prin eliminarea lui R_t se obține:

$$\lambda = \frac{q_1 q_2 (\delta_2 - \delta_1)}{q_1 \Delta t_2' - q_2 \Delta t_1'} \quad (4.1.19.)$$

expresie independentă de R_t , dar necesită două măsurători, pentru două probe de grosimi diferite.

Constantele aparatului pentru 220 V și 50 Hz [3]

Tabel 4-1

Treapta de încălzire	Valori K_i	Treapta de încălzire	Valori K_i
1	109,5	7	1085
2	229,8	8	1606
3	229,8	9	2321
4	337,3	10	3374
5	504,8	11	4830
6	740,5	12	6911
C = 999 [Wh/unități contor]		$R_t = 1,3 \times 10^{-3}$ [hm ² · grad · Kcal ⁻¹]	

4.1.5. Rezultatele măsurătorilor

Măsurătorile, în vederea determinării coeficientului de conductivitate termică cu ajutorul aparatului Bock, s-au efectuat pe următoarele probe: vată minerală, vată de sticlă, azbest (material izolator considerat nociv) și nobasil (material izolator ecologic).

Nobasilul este un material ecologic termoizolant, din vată minerală bazaltică cu liant din rășini sintetice, fibre hidrofobate în toată secțiunea lor, cu rezistență mare la presiuni statice, termo și fonoizolant, stabil dimensional, cu dilatație termică minimă, rezistent la îmbătrânire, microorganisme și rozătoare, permite difuzia vaporilor. Din punct de vedere chimic este neutru, și ușor de prelucrat prin tăiere, nu prezintă pericolitate sau riscuri pentru producători, utilizatori și mediul ambiant.

Rezultatele experimentale sunt prezentate pentru fiecare material în parte, pe fișe de calcul (Tabelele 4-2 ÷ 4-5).

Fișa de calcul pentru vată minerală

Tabel 4-2

Materialul din care este alcătuită proba: vată minerală								
Citirea	1	2	3	4	5	6		
Timpul T	10 ³⁰	11 ⁰⁰	11 ³⁰	12 ⁰⁰	12 ³⁰	13 ⁰⁰	$\Sigma\Delta E=0,005$	$\Sigma\Delta\tau=2,5$
Indicație contor E	293,304	293,305	293,306	293,307	293,308	293,309	$\frac{\Sigma\Delta E}{\Sigma\Delta\tau} = 0,002$	
t _{w1}	32,7	32,4	32,9	32,8	32,8	32,8	t _{w1} =32,73	t _{w2} =31,85
t _{w2}	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	31,9	Corecția 0,05	
							t _{w1} =32,68	t _{w2} =31,8
t _{k1}	19	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	t _{k1} =18,92	t _{k2} =18,85
t _{k2}	18,8	18,9	18,9	18,9	18,8	18,8	Corecția 0,05	
							t _{k1} =18,87	t _{k2} =18,8
t _{w1} + Corecția t _{w1} = a =							32,68	
t _{w2} + Corecția t _{w2} = b =							31,8	
t _{k1} + Corecția t _{k1} = c =							18,87	
t _{k2} + Corecția t _{k2} = d =							18,8	
Treapta de încălzire				K _i = 4830			R _t = 1,3 x 10 ⁻³	
a + b = 32,68+31,8 = 64,48 c + d = 18,87+18,8 = 37,67				$q = \frac{\Sigma\Delta E}{\Sigma\Delta\tau} K_i = 0,002 \times 4830 = 9,66$				
micrometre				q R _t = 9,66 x 1,3 x 10 ⁻³ = 0,012558				
	inițial	final		$(a+b)-(c+d) = 64,48 - 37,67 = 26,81$				
d ₁ =	36	36,05		$\Delta t = \frac{(a+b)-(c+d)}{2} = 13,405$				
d ₂ =	36,1							
d ₃ =	36							
d ₄ =	36,1							
qδ = 9,66 x 35,05 x 10 ⁻³				$\delta = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4} = 36,05$				
				$\lambda = \frac{q\delta}{\Delta t - qR_t} = 0,026 \text{ [Kcal}\cdot\text{m}^{-1}\text{ h}^{-1}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}] =$ $= 0,03 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\text{ grad}^{-1}]$				

Fișa de calcul pentru vată de sticlă

Tabel 4-3

Materialul din care este alcătuită proba: vată de sticlă								
Citirea	1	2	3	4	5	6		
Timpul τ	9 ⁰⁰	10 ⁰⁰	10 ³⁰	11 ⁰⁰	11 ³⁰	12 ⁰⁰	$\Sigma \Delta E = 0,102$	$\Sigma \Delta \tau = 2,5$
Indicație contor E	277,855	277,875	277,896	277,916	277,936	277,957	$\frac{\Sigma \Delta E}{\Sigma \Delta \tau} = 0,0408$	
t_{w1}	30	30,1	31	30,4	30,3	30,3	$t_{w1} = 30,35$	$t_{w2} = 28,98$
t_{w2}	28,9	28,8	29	29	29,1	29,1	Corecția 0,05	
							$t_{w1} = 30,3$	$t_{w2} = 28,93$
t_{k1}	21,3	21,4	21,4	21,6	21,5	21,5	$t_{k1} = 21,45$	$t_{k2} = 21,33$
t_{k2}	21,3	21,3	21,3	21,3	21,4	21,4	Corecția 0,05	
							$t_{k1} = 21,4$	$t_{k2} = 21,28$
$t_{w1} + \text{Corecția } t_{w1} = a =$							30,3	
$t_{w2} + \text{Corecția } t_{w2} = b =$							28,98	
$t_{k1} + \text{Corecția } t_{k1} = c =$							21,4	
$t_{k2} + \text{Corecția } t_{k2} = d =$							21,28	
Treapta de încălzire				$K_i = 504,1$			$R_t = 1,3 \times 10^{-3}$	
$a + b = 30,3 + 28,93 = 59,23$ $c + d = 21,4 + 21,28 = 42,68$				$q = \frac{\Sigma \Delta E}{\Sigma \Delta \tau} K_i = 0,0408 \times 504,1 = 20,567$				
micrometre				$q R_t = 20,567 \times 1,3 \times 10^{-3} = 0,0267$				
	inițial	final		$(a + b) - (c + d) = 59,23 - 42,68 = 16,55$				
$d_1 =$	36	36,1		$\Delta t = \frac{(a + b) - (c + d)}{2} = 8,275$				
$d_2 =$	36,2							
$d_3 =$	36,1							
$d_4 =$	36,1							
$q \delta = 20,567 \times 36,1 \times 10^{-3}$				$\delta = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4} = 36,1$				
				$\lambda = \frac{q \delta}{\Delta t - q R_t} = 0,09 \text{ [Kcal} \cdot \text{m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}] =$ $= 0,105 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-1} \text{ grad}^{-1}]$				

Fișa de calcul pentru azbest

Tabel 4-4

Materialul din care este alcătuită proba: azbest								
Citirea	1	2	3	4	5	6		
Timpul τ	12 ³⁰	13 ⁰⁰	13 ³⁰	14 ⁰⁰	14 ³⁰	15 ⁰⁰	$\Sigma \Delta E = 0,158$	$\Sigma \Delta \tau = 2,5$
Indicație contor E	283,005	283,035	283,068	283,100	283,134	283,163	$\frac{\Sigma \Delta E}{\Sigma \Delta \tau} = 0,0632$	
t_{w1}	29	30	29	29	29,5	29	$t_{w1} = 29,25$	$t_{w2} = 29,33$
t_{w2}	29,3	29,3	29,3	29,3	29,4	29,4	Corecția 0,05	
							$t_{w1} = 29,2$	$t_{w2} = 29,28$
t_{k1}	20,8	20,8	20,8	20,9	20,9	20,9	$t_{k1} = 20,85$	$t_{k2} = 19,8$
t_{k2}	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	Corecția 0,05	
							$t_{k1} = 20,8$	$t_{k2} = 19,75$
$t_{w1} + \text{Corecția } t_{w1} = a =$							29,2	
$t_{w2} + \text{Corecția } t_{w2} = b =$							29,28	
$t_{k1} + \text{Corecția } t_{k1} = c =$							20,8	
$t_{k2} + \text{Corecția } t_{k2} = d =$							19,75	
Treapta de încălzire				$K_i = 2321$			$R_t = 1,3 \times 10^{-3}$	
$a + b = 29,2 + 29,28 = 58,48$ $c + d = 20,8 + 19,75 = 40,55$				$q = \frac{\Sigma \Delta E}{\Sigma \Delta \tau} K_i = 0,0632 \times 2321 = 146,687$				
micrometre				$q R_t = 146,687 \times 1,3 \times 10^{-3} = 0,191$				
	inițial	final		$(a + b) - (c + d) = 58,48 - 40,55 = 17,93$				
$d_1 =$	35,85	35,93		$\Delta t = \frac{(a + b) - (c + d)}{2} = 8,965$				
$d_2 =$	35,95							
$d_3 =$	35,95							
$d_4 =$	35,96							
$q \delta = 146,687 \times 35,93 \times 10^{-3}$				$\delta = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4} = 35,93$				
				$\lambda = \frac{q \delta}{\Delta t - q R_t} = 0,6 \text{ [Kcal} \cdot \text{m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}] =$ $= 0,698 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-1} \text{ grad}^{-1}]$				

Fișa de calcul pentru nobasil

Tabel 4-5

Materialul din care este alcătuită proba: nobasil								
Citirea	1	2	3	4	5	6		
Timpul τ	14 ³⁰	15 ⁰⁰	15 ³⁰	16 ⁰⁰	16 ³⁰	17 ⁰⁰	$\Sigma \Delta E = 0,005$	$\Sigma \Delta \tau = 2,5$
Indicație contor E	293,105	293,106	293,107	293,108	293,109	293,110	$\frac{\Sigma \Delta E}{\Sigma \Delta \tau} = 0,002$	
t_{w1}	31,5	30	31,5	31,5	31,5	31,5	$t_{w1} = 31,25$	$t_{w2} = 30,33$
t_{w2}	30	30	30,5	30,5	30,5	30,5	Corecția 0,05	
t_{k1}	21	20,8	20,8	20,8	20,8	20,9	$t_{w1} = 31,2$	$t_{w2} = 30,28$
t_{k2}	20,5	20,5	20,4	20,4	20,4	20,5	$t_{k1} = 20,85$	$t_{k2} = 20,46$
							Corecția 0,05	
$t_{w1} + \text{Corecția } t_{w1} = a =$							$t_{k1} = 20,8$	$t_{k2} = 20,41$
$t_{w2} + \text{Corecția } t_{w2} = b =$							31,2	
$t_{k1} + \text{Corecția } t_{k1} = c =$							30,28	
$t_{k2} + \text{Corecția } t_{k2} = d =$							20,8	
Treapta de încălzire							$K_i = 4830$	$R_t = 1,3 \times 10^{-3}$
$a + b = 31,2 + 30,28 = 61,48$ $c + d = 20,8 + 20,41 = 41,21$							$q = \frac{\Sigma \Delta E}{\Sigma \Delta \tau} K_i = 0,002 \times 4830 = 9,66$	
micrometre							$q R_t = 9,66 \times 1,3 \times 10^{-3} = 0,012558$	
	inițial	final						
$d_1 =$	35,9	35,95		$(a + b) - (c + d) = 61,48 - 41,21 = 20,27$				
$d_2 =$	36			$\Delta t = \frac{(a + b) - (c + d)}{2} = 10,135$				
$d_3 =$	35,8			$\delta = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4} = 35,95$				
$d_4 =$	36,1			$\lambda = \frac{q \delta}{\Delta t - q R_t} = 0,034 \text{ [Kcal} \cdot \text{m}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}] =$ $= 0,04 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-1} \text{ grad}^{-1}]$				
$q \delta = 9,66 \times 35,95 \times 10^{-3}$								

4.1.6. Calculul erorilor

Prin diferențierea logaritmică a ecuației (4.1.13.), (4.1.14.) și (4.1.15.) se obține:

$$\frac{d\lambda}{\lambda} = \frac{dq}{q} + \frac{d\delta}{\delta} - \frac{d(\Delta t)}{\Delta t} \quad (4.1.20.)$$

$$\frac{dq}{q} = \frac{d(\Sigma \Delta E)}{\Sigma \Delta E} + \frac{dK_i}{K_i} - \frac{d(\Sigma \Delta \tau)}{\Sigma \Delta \tau} \quad (4.1.21.)$$

$$\frac{dK_i}{K_i} = -\frac{dA}{A} \quad (4.1.22.)$$

de unde prin trecerea la valori finite și însumarea valorilor absolute ale erorilor,

$$\Delta\lambda_\gamma = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta q}{q} + \frac{\Delta\delta}{\delta} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t} \quad (4.1.23.)$$

$$\frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta(\Sigma\Delta E)}{\Sigma\Delta E} + \frac{\Delta K_i}{K_i} + \frac{\Delta(\Sigma\Delta\tau)}{\Sigma\Delta\tau} \quad (4.1.24.)$$

$$\frac{\Delta K_i}{K_i} = \frac{\Delta A}{A} = 2 \frac{\Delta D}{D} \quad (4.1.25.)$$

În tabelele 4-6 și 4-7 sunt prezentate valorile de calcul, respectiv calculul erorilor pentru cele patru materiale izolatoare (vată minerală, vată de sticlă, azbest și nobasil) studiate.

Valori de calcul

Tabel 4-6

Material	D mm	ΔD mm	$\Sigma\Delta\tau$ min	$\Delta(\Sigma\Delta\tau)$ min	$\Sigma\Delta E$ div	$\Delta(\Sigma\Delta E)$ div	Δt °C	$\Delta(\Delta t)$ °C	δ mm	$\Delta\delta$ mm
vată minerală	115,5	1	150	0,5	0,005	$1 \cdot 10^{-5}$	13,405	0,02	36,05	0,04
vată de sticlă	115,	1	150	0,5	0,102	0,0001	8,275	0,02	36,1	0,04
azbest	115,	1	150	0,5	0,158	0,0001	8,965	0,02	35,93	0,04
nobasil	115,	1	150	0,5	0,005	$1 \cdot 10^{-5}$	10,135	0,02	35,95	0,04

Erorile calculate

Tabel 4-7

Material	$\frac{dK_i}{K_i}$ %	$\frac{\Delta q}{q}$ %	$\Delta\lambda_\gamma$ %
vată minerală	1,73	2,26	2,52
vată de sticlă	1,73	2,08	2,43
azbest	1,73	2,12	2,45
nobasil	1,73	2,26	2,56

Determinarea conductivității termice este afectată deci de o eroare relativă, datorită impreciziei măsurărilor.

Conducția termică a materialului izolator

Din analiza coeficientului de conductivitate termică și a rezistenței termice pentru cele patru materiale izolatoare (vată minerală, vată de sticlă, azbest și nobasil) studiate, conform tabelului 4-8 se observă că:

- *Nobasilul* are coeficientul de conductivitate termică asemănător sau aproximativ egal cu cel al vatei minerale (figura 4.6), și rezistența termică mai mică decât vata minerală (figura 4.7), ajungându-se astfel la un transfer de căldură mai redus în cazul vatei minerale.
- *Azbestul* deși are coeficientul de conductivitate termică mai scăzut decât vata de sticlă, rezistența termică este cea mai scăzută comparativ cu cele trei materiale izolatoare, deci și transferul de căldură mai ridicat.
- *Vata minerală* are coeficientul de conductivitate termică cel mai mic și rezistența termică cea mai mare, deci cei mai buni parametri termici, ceea ce arată că este materialul izolator cel mai bun, urmat de nobasil.
- *Vata de sticlă* are coeficientul de conductivitate termică cel mai mare și rezistența termică mai scăzută decât vata minerală și nobasilul, dar mai ridicată decât azbestul deci transferul de căldură mai mare decât în cazul vatei minerale.

Rezultate pentru vată minerală, vată de sticlă, azbest și nobasil

Tabel 4-8

Nr crt	Material izolator	notație	Coeficient de conductivitate termică λ		Rezistența termică $\frac{\delta}{\lambda}$
			Kcal·m ⁻¹ h ⁻¹ °C ⁻¹	W·m ⁻¹ grad ⁻¹	m ² . h. grad· kcal ⁻¹
1.	vată minerală	v.m	0,026	0,03	1,386
2.	vată de sticlă	v.s	0,09	0,105	0,401
3.	azbest	az	0,6	0,698	0,059
4.	nobasil	nb	0,034	0,04	1,057

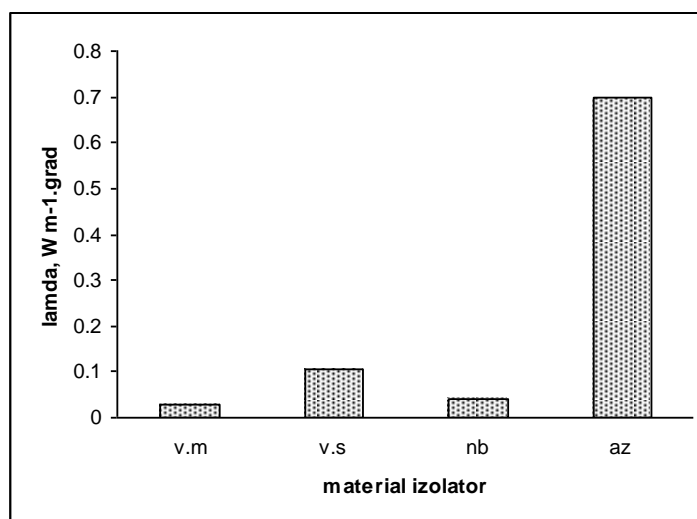


Figura 4.6 Conductivitatea termică pentru cele patru materiale izolatoare

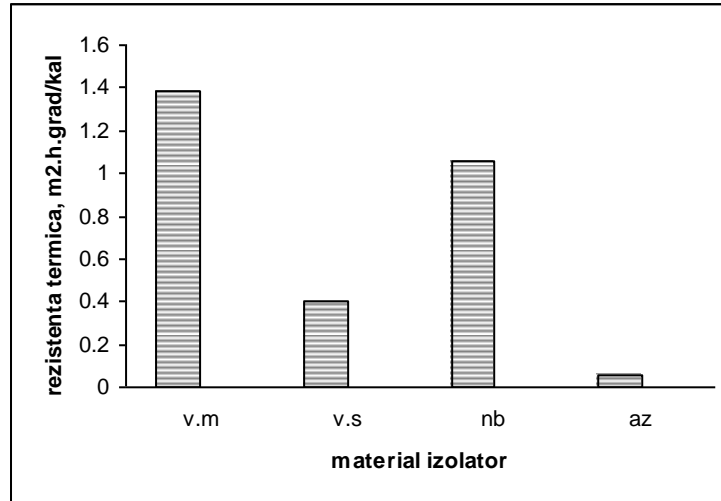


Figura 4.7 Rezistența termică pentru cele patru materiale izolatoare

4.2. Analiza termogravimetrică

Stabilitatea termică a materialului izolator

Aplicabilitatea practică a materialelor în general, este limitată de stabilitatea termică pe care o prezintă.

Pentru determinarea stabilității termice a materialelor de izolație studiate s-a utilizat aparatul TG 209 de la firma Netzsch.

S-a lucrat cu probe de cca.1 mg probă, încălzirea s-a efectuat cu o viteză 10 K min.⁻¹ în intervalul 0-900 °C.

Curbele termogravimetrice (Figura 4.8) permit observarea domeniilor de temperatură în care materialul prezintă pierderi de masă.

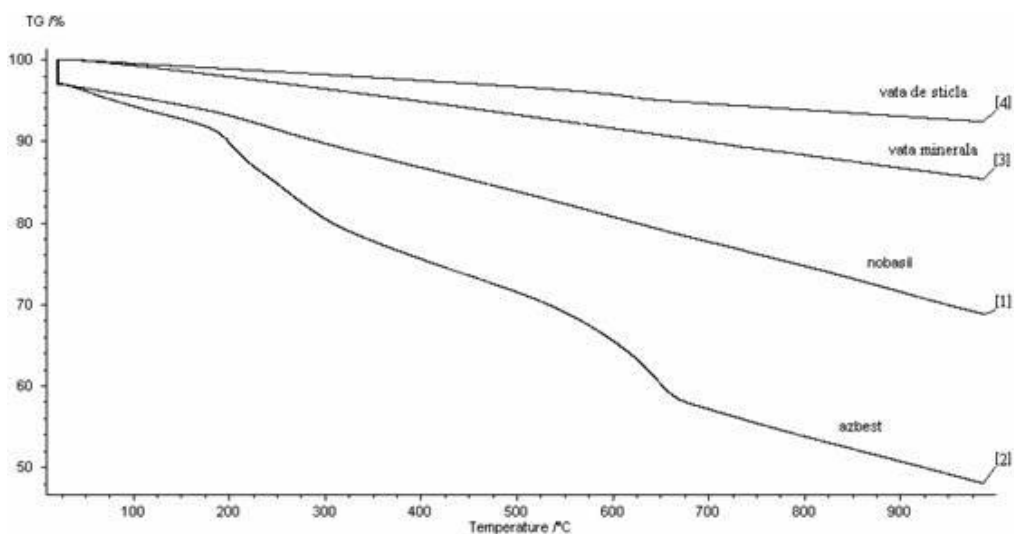


Figura 4.8. Curbe TG pentru probe de vată minerală, vată de sticlă, azbest și nobasil

Din analiza datelor experimentale se observă că materialele izolatoare studiate prezintă stabilitate termică diferită. Pierderile de masă pentru probele analizate sunt prezentate în tabelul 4.9.

Date TG pentru vată minerală, vată de sticlă, azbest și nobasil

Tabel 4-9

Material izolator	Domeniul temperatură, °C					Reziduul la 900°C, %
	0-100	100-200	200-300	300-400	400-600	
vată minerală	0,75	1,38	1,49	1,53	3,31	85,24
vată de sticlă	0,51	0,67	0,69	0,73	1,73	92,35
azbest	2,77	4,41	9,39	4,94	9,98	47,94
nobasil	1,37	2,33	3,44	2,94	6,05	68,72

În domeniul 50°C - 100°C, pentru materialele analizate pierderea de masă se poate atribui pierderii apei reziduale. Pierderea de masă în domeniul care ne interesează, domeniul 100°C-300°C se situează între 5,77% pentru nobasil, 13,80% azbest 2,87 pentru vată minerală și respectiv 1,39 pentru vată de sticlă. Deoarece în general un material se consideră stabil până la o pierdere de masă de cca. 5% se poate aprecia că nobasilul este mult mai stabil termic comparativ cu azbestul, dar vata de sticlă este cea mai stabilă, urmată de vata minerală. Pierderea de masă în cazul nobasilului este mult mai mică decât în cazul azbestului, reziduul la 900°C este de 68,72% comparativ cu 47,94%. În cazul vatei minerale reziduul la 900°C este de 85,24% iar la vata de sticlă de 92,35%, ceea ce demonstrează că pierderea de masă este mult mai mică.

Analiza termică arată ca materialele izolatoare de tipul nobasilului sunt mai puțin poluante pentru mediul înconjurător, prin urmare mai ecologice.

Capitolul 5. Cercetări teoretice și experimentale asupra câmpului de temperatură din pereții sterilizatoarelor

5.1. Programul de calcul

În multe cazuri este necesară cunoașterea structurii câmpului termic din interiorul unui corp deoarece prin depășirea anumitor limite ale temperaturii se pot produce efecte nedorite. Uneori temperatura sursei cu care corpul vine în contact se modifică în timp, ceea ce complică tematica.

Rezolvările propuse de literatura de specialitate, cuprind soluții aproximative și rezultă din studiul unor cazuri anterioare [74].

În teoria clasică a transferului termic conductiv, se consideră cazul particular al unui perete plan, străbătut de un flux termic transversal, constant în timp. Corpul are proprietăți termice uniforme și coeficienți convectivi α constanți, prin care se realizează transferul spre cele două surse termice exterioare, cu care corpul este în contact.

Folosind analogia dintre ecuația elementară ce definește transferul termic conductiv și ecuația elementară ce definește procesul electric rezistiv (cazul regimului stabilizat când temperaturile, respectiv tensiunile nu se modifică în timp), s-a dezvoltat așa zisa analogie electrică a transferului termic conductiv. Cu ajutorul acestei metode, folosind un model electric, pentru un corp de o formă impusă, se determină câmpul termic din interiorul său, atunci când pe contur sau chiar și în interior, se găsesc surse termice de temperaturi constante. Structura corpului poate fi omogenă sau neomogenă. Cu ajutorul modelării electrice se pot determina doar câmpuri termice stabilizate.

O altă metodă pentru determinarea câmpului termic dintr-o structură solidă, este metoda numerică. În acest caz nu se integrează ecuația elementară care descrie procesul termic, ci se operează cu un model numeric de calcul care folosește elemente finite de dimensiuni mici, cărora li se aplică algoritmul dezvoltat la sistemul infinitezimal. În cazul modelării numerice se folosește și ecuația de bilanț termic:

$$dQ = m.c.dT \quad (5.1.1.)$$

cu ajutorul căreia, se poate programa modificarea în timp a temperaturii unui corp când se cunoaște aportul termic al acestuia, ceea ce modifică natura tematicii. Se pot rezolva astfel atât procesele termice stabilizate cât și procesele termice tranzitorii, ceea ce nu era posibil în cazul analogiei electrice. Modelarea numerică permite și studiul câmpurilor termice din interiorul volumelor, folosindu-se matrici tridimensionale. Calculatoarele moderne, rapide, echipate cu memorii mari, permit creșterea numărului elementelor finite din care este alcătuit corpul; de asemenea pasul de timp se poate micșora prin creșterea numărului de cicluri ale procesului.

5.1.1. Definirea programului propus

În scopul determinării structurii câmpului termic într-un corp supus unui regim termic variabil, și în particular pentru aparate de sterilizat cu aer cald uscat, se impune folosirea unui program de calcul. În cazul structurilor de dimensiuni mari (structuri de tip materiale de construcții) a fost conceput un algoritm de calcul [76]. Pentru tratarea structurilor de dimensiuni reduse a fost necesară modificarea acestui program de calcul, și adaptarea acestuia la structuri mici, respectiv la structura peretelui pupinelului [67]. Astfel, cu ajutorul modelării numerice, s-a impus obținerea unei formule pentru construirea modelului.

Programul de calcul propus este definit cu ajutorul unei structuri plane, alcătuită din până la $30 \times 24 = 720$ volume, dispuse într-un dreptunghi. Cu ajutorul acestora se modelează construcția corpului și a zonelor din structură ocupate de agenții termici cu care acesta este în contact. Folosind acest cadru, se pot construi modele de diverse forme:

- element modul, mod i caracterizat prin anumite valori ale mărimilor: densitate, căldură specifică, conductivitate termică;
- element sursă, sur i reprezintă un element în care se produce energie termică (sursă), caracterizat prin anumite valori ale temperaturii și coeficientului de convecție.

Într-un corp format din elemente pot să apară toate tipurile de elemente (mod i, j, \dots sur i, j, \dots) sau doar câteva volume elementare, respectiv volume sursă.

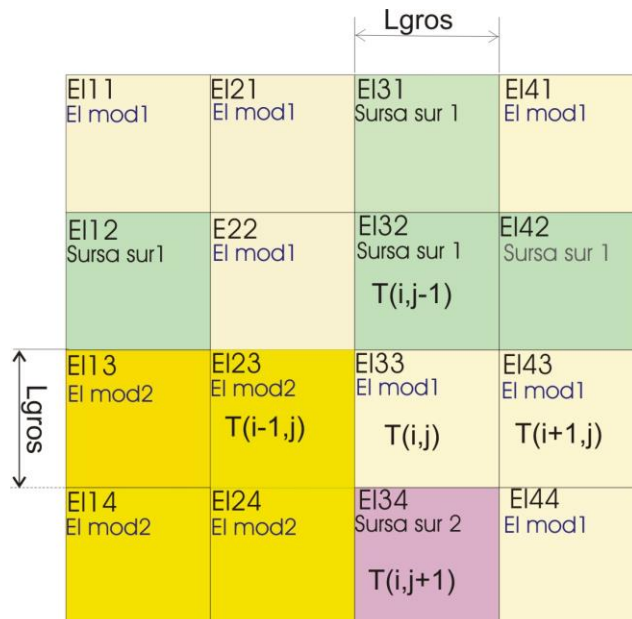


Figura 5.1 Alcătuirea unui corp format din 16 elemente, 2 tipuri de surse și 2 tipuri de structuri

De exemplu, pentru un corp alcătuit din $4 \times 4 = 16$ volume elementare, având dimensiunea perpendiculară pe planul hârtiei egală cu unitatea și dimensiunile în plan dx și dy egale, modelul propus este prezentat în figura 5.1.

$$dx = dy = l_{\text{gros}} \quad (5.1.2.)$$

Fiecare volum elementar este în contact cu alte 4 volume elementare identice ca dimensiuni, situate lângă cele patru laturi ale sale (cu excepția volumelor marginale și de colț care sunt în contact numai cu trei, respectiv cu două volume elementare). Acestea pot fi de două feluri:

- volume elementare de tip 1, de proprietăți termice: densitate - (ρ), caldură specifică - (c_{sp}) și conductivitate termică - (λ) constante, cunoscute. În cele ce urmează volumele de tipul 1 vor fi denumite *volume corp*.
- volume elementare de tip 2, prin care circulă surse. Acestea se deosebesc de volumele de tip 1 prin aceea că au temperatură constantă în timpul unei baleieri (definită printr-un anumit pas de timp, τ) și coeficienți de convecție (α) cu ajutorul cărora se cedează căldură volumelor învecinate de tip 1 (cu care eventual vin în contact) constanți. În cele ce urmează acestea vor fi denumite *volume sursă*.

Structura din figura 5.1 conține 11 volume de tip 1 (corp) și 5 volume de tip 2 (sursă).

Volumele de tip corp pot fi de 5 feluri, fiecare fel fiind definit prin proprietăți termotehnice constante. În acest caz, cele 11 volume corp sunt de 2 feluri (7 volume de fel Elmod1 și 4 volume de fel Elmod2). În interiorul structurii, este posibil ca volumele de tip corp să nu formeze un tot unitar. Spre exemplu, volumul El41 nu este în contact cu restul volumelor corp din cadrul structurii. Prin aceasta se extinde aria de folosire a programului.

Volumele de tip sursă pot fi de 3 feluri, fiecare dintre acestea fiind definit printr-o anumită temperatură și un anumit coeficient de convecție α . Temperaturile surselor se pot modifica la schimbarea ciclului (deci între două baleieri), după o lege stabilită de programator (creșteri sau descreșteri de temperatură cu o rație grad Celsius / ciclu dată). *Sursele termice de feluri diferite nu pot fi așezate alături*, deci nu pot fi în contact unele cu altele, deoarece ele au temperaturi diferite. În cazul din figură volumele sursă sunt de 2 feluri (4 volume sunt de fel Sur1 și 1 volum este de fel Sur2).

5.1.2. Modul de calcul

În continuare este redat modul de calcul al temperaturilor din volumele de tip corp pentru un ciclu. În acest scop se alege arbitrar volumul El33.

Acesta este pus în contact cu două volume de tip corp (stânga - dreapta) și cu două volume de tip sursă (sus - jos). Atât volumele de tip corp, cât și volumele de tip sursă, cu care volumul El33 este pus în contact, sunt de feluri diferite: Elmod1, Elmod2 în cazul volumelor de tip corp și Elsur1 și Elsur2 în cazul volumelor de tip sursă. Temperatura volumului El33 și a volumelor alăturate, existente la începerea calculului, sunt indicate în figura 5.1.

Volumul El33, este pus pe rând în contact cu volumele limitrofe în ordinea următoare: sus, jos, stânga, dreapta.

Căldura schimbată cu volumul El32 (de sus) în timpul (τ) este:

$$Cald1 = (\alpha_{32}) * l_{\text{gros}} * 1 * (T(i,j-1) - T(i,j)) * \tau \quad (J) \quad (5.1.3.)$$

Această energie este preluată de volumul EI33 prin creșterea temperaturii sale după timpul (tau) cu (deltat33s) :

$$\text{Cald1} = (\text{ro33}) * (\text{lgros}) * (\text{lgros}) * 1 * (\text{caldsp33}) * (\text{deltat33s}) \quad (\text{J}) \quad (5.1.4)$$

Rezultă că temperatura volumului EI33 după consumarea acestei faze (după timpul tau) nu va mai fi T(i,j) ci T(ij) + (deltata33s).

Pentru faza următoare vom nota noua temperatură a volumului EI33:

$$\text{tx} = \text{T}(i,j) + (\text{deltat33s}) \quad (\text{grd.C}) \quad (5.1.5)$$

Căldura schimbată cu volumul EI34 (de jos) în timpul (tau) este:

$$\text{Cald2} = (\text{alfa3}) * \text{lgros} * 1 * (\text{T}(i,j+1) - \text{tx}) * \text{tau} \quad (\text{J}) \quad (5.1.6)$$

Această energie este preluată de volumul EI33 prin creșterea temperaturii sale după timpul (tau) cu (deltat33j):

$$\text{Cald2} = (\text{ro33}) * (\text{lgros}) * (\text{lgros}) * 1 * (\text{caldsp33}) * (\text{deltat33j}) \quad (\text{J}) \quad (5.1.7)$$

Rezultă că temperatura volumului EI33 după consumarea acestei a doua faze nu va mai fi tx ci tx + (deltat33j).

Pentru faza următoare noua temperatură va fi:

$$\text{txx} = \text{tx} + (\text{deltat33j}) \quad (\text{grd.C}) \quad (5.1.8)$$

Căldura schimbată cu volumul E23 (din stânga) în timpul (tau) este:

$$\text{Cald3} = (\text{lamda23}) * 1 * (\text{T}(i-1,j) - \text{txx}) * \text{tau} \quad (\text{J}) \quad (5.1.9)$$

Această energie este preluată de volumul EI33 prin creșterea temperaturii sale după timpul (tau) cu (deltat33st):

$$\text{Cald3} = (\text{ro33}) * (\text{lgros}) * (\text{lgros}) * 1 * (\text{caldsp33}) * (\text{deltat33st}) \quad (\text{J}) \quad (5.1.10)$$

Rezultă că temperatura volumului EI33 după consumarea acestei a treia faze nu va mai fi txx ci txx + (deltat33st).

Pentru faza următoare vom nota noua temperatură a volumului EI33:

$$\text{ty} = \text{txx} + (\text{deltat33st}) \quad (\text{grd}) \quad (5.1.11)$$

Energia termică Cald3 extrasă din cuprinsul volumului EI23 va afecta nu numai temperatura volumului EI33, conform șirurilor (3.2.9 – 3.2.11) ci și pe aceia a volumului EI23 conform relației:

$$\text{Cald3} = (\text{ro23}) * (\text{lgros}) * (\text{lgros}) * 1 * (\text{caldsp23}) * (\text{deltat33stt}) \quad (\text{J}) \quad (5.1.12)$$

Deoarece volumul din stânga are proprietăți termice (ro23 și caldsp23) diferite de acelea ale volumului EI33 (ro33 și caldsp33), modificările de temperatură ale celor două volume (deltat33st) și (deltat33stt) vor fi diferite.

Programul corectează temperatura volumului din stânga EI23:

$$\text{txxst} = \text{T}(i-1,j) + (\text{deltat33stt}) \quad (\text{grd.C}) \quad (5.1.13)$$

Această nouă temperatură stabilită cu ajutorul rel.5.1.13 va fi luată în considerare la faza următoare de calcul când va fi atribuită ca și temperatură de start pentru volumul EI23.

Căldura schimbată cu volumul EI43 (din dreapta) în timpul (tau) este:

$$\text{Cald4} = (\text{lamda43}) * 1 * (\text{T}(i+1,j) - \text{ty}) * \text{tau} \quad (\text{J}) \quad (5.1.14)$$

Această energie este preluată de volumul EI33 prin creșterea temperaturii sale după timpul (tau) cu (deltat33dr):

$$\text{Cald4} = (\text{ro33}) * (\text{lgros}) * (\text{lgros}) * 1 * (\text{caldsp33}) * (\text{deltat33dr}) \quad (\text{J}) \quad (5.1.15)$$

Rezultă că temperatura volumului EI33 după consumarea acestei a treia faze nu va mai fi ty ci ty + (deltat33dr).

Pentru faza următoare vom nota noua temperatură a volumului EI33:

$$\text{tyy} = \text{ty} + (\text{deltat33dr}) \quad (\text{grd}) \quad (5.1.16)$$

Energia termică Cald4 extrasă din cuprinsul volumului EI43 va afecta nu numai temperatura volumului EI33, conform relațiilor (5.1.14 – 5.1.15) ci și pe aceea a volumului EI43 conform relației:

$$\text{Cald4} = (\text{ro43}) * (\text{lgros}) * (\text{lgros}) * 1 * (\text{caldsp43}) * (\text{deltat33drr}) \quad (\text{J}) \quad (5.1.17)$$

Deoarece volumul din dreapta are proprietăți termice (ρ_{43} și c_{43}) identice cu acelea ale volumului EI33 (ρ_{33} și c_{33}) – ambele volume au același fel de structură, modificările de temperatură ale celor două volume (ΔT_{33dr} și ΔT_{33drr}) vor fi identice.

Programul corectează temperatura volumului din dreapta, EI43:

$$T_{yydr} = T(i+1,j) + (\Delta T_{33drr}) \quad (\text{grd.C}) \quad (5.1.18)$$

Această nouă temperatură stabilită cu rel. 5.1.18 va fi luată în considerare la faza următoare de calcul când va fi atribuită ca și temperatură de start a volumului EI43.

Programul baleiază pe rând întreg câmpul de volume pornind de la colțul din stânga sus și sfârșind cu colțul din dreapta jos. Atunci când se întâlnește un volum de tip sursă, se sare peste acel volum iar atunci când se întâlnește un volum de tip corp se efectuează suita de calcule descrisă mai sus.

Calculul anterior s-a efectuat conform descrierii pentru un pas de timp (τ).

Pentru mai mulți pași de timp, se fac suite de astfel de calcule, absolut identice cu cele descrise mai sus, cu observația că, temperaturile din toate volumele, atât de tip sursă cât și de tip corp, rezultate din calculul anterior, sunt preluate ca mărimi de intrare în noul ciclu.

Temperaturile surselor se pot modifica de la un baleiaj la altul, deci între două baleiaje, cu un pas de temperatură constant.

Pentru folosirea programului, trebuie proiectată structura ce urmează a fi studiată. În acest scop, trebuie scrisă pentru fiecare volum cifra 1-5 pentru volume de tip corp sau cifra 6-8 pentru volume de tip sursă, corespunzător caracteristicilor volumului respectiv. Programul afișează cifrele admise pentru alcătuirea structurii, pe baza opțiunilor anterioare. În cazul în care se încearcă să se introducă alte cifre, programul dă un avertisment.

În cazul structurilor cu multe elemente, operațiunea de scriere este laborioasă. Programul este astfel construit încât o structură odată creată, să poate fi memorată și apoi refolosită sau modificată. La refolosire se pot aduce modificările dorite și apoi structura rezultată se poate stoca sub un nou nume sau sub același nume, caz în care vechea structură se pierde. În felul acesta se pot studia variante asemănătoare, cu un consum mai redus de timp pentru scrierea programelor.

Pentru afișarea temperaturilor finale s-a ales un format cu 3 zecimale.

În continuare se tratează cazul peretelui pupinelului cu următoarele date, alese pentru o structură formată din două table inox izolate pe rând cu vată minerală, vată de sticlă și nobasil în comparație cu azbestul, pentru diferite grosimi izolatoare, pentru diferite așezări ale rezistorului și pentru mai multe straturi diferite izolante în același perete.

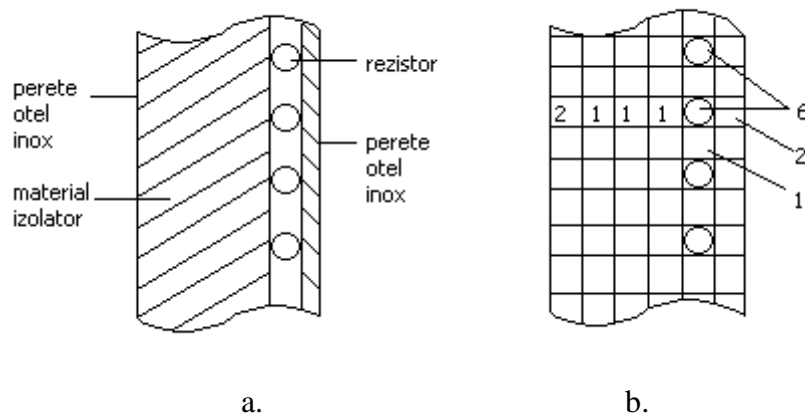


Figura 5.2 Alcătuirea structurii peretelui aparatului de sterilizat cu aer cald uscat

În figura 5.2 a se poate observa o secțiune prin pereții pupinelului, iar în figura 5.2 b discretizarea în elemente a secțiunii pentru cazurile ce urmează a fi tratate. Codurile pentru elemente sunt: 1 pentru materialul izolator, 2 pentru oțel inox, 6 pentru rezistor. Alcătuirea structurii peretelui este redată detaliat pentru fiecare caz în parte, în subcapitolul 5.2.

5.2 Rezultate obținute prin calcul în urma rulării programului

5.2.1. Temperaturi ale materialului izolator pentru perete omogen cu grosimea de 40 mm

5.2.1.1 Material izolator vată minerală

Datele structurii se pot vedea în *Form2* al programului de calcul, iar datele pentru sursele termice și pentru elementele din structura corpului sunt redată în *Form3*.

The screenshot shows the 'Form2' software interface with the title 'Datele structurii'. The interface contains several input fields and buttons. The input fields are:

Numar de elemente pe orizontala (max. 30)	22
Numar de elemente pe verticala (max. 24)	22
Nr. de surse termice (max 3)	3
Nr. de tipuri de materiale (max. 5)	2
Grosimea unui element (m)	0.0020
Durata unui ciclu (secunde)	0.100
Numarul de cicluri	10000

On the right side of the interface, there are two buttons: 'Etapa urmatoare...' and 'STOP'.

Form3

Date pentru sursele termice

Cod	Temperatura	Coef. alfa

Tastati aici...

Date pentru elemente din structura corpului

Cod	Lamda W/m.grd	Cald.spec. J/Kg.grd.	Densitate Kg/mc

Form3

Date pentru sursele termice

Cod	Temperatura grad.C	Coef. alfa W/mp.grd	Variatia temperaturat. grad/ciclu
6	250.00	20.00	0
7	20.00	25.00	0
8	180.00	20.00	0

Etapa urmatoare...

STOP

Date pentru elemente din structura corpului

Cod	Lamda W/m.grd	Cald.spec. J/Kg.grd.	Densitate Kg/mc	Temp. init a elemen. grad.C
1	0.0300	795.00	600.00	20.0
2	17.5000	507.00	7900.00	

Alcătuirea structurii corpului se poate vedea în *Form5*: Coduri pt. elem. cu mat.: 1-2 (1-vată minerală, 2-oțel inox); Coduri pt. elem. cu surse (goluri): 6-8; Temp. inițială: 20.00 grad.C (6-sursa, 7-temp. inițială, 8-temp. finală). Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-1. Anexa 1 și arată că pentru un perete de 40 mm izolat cu vată minerală, gradientul de temperatură variază între 21,3°C către exterior și 225,2°C lângă sursă.

Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-2, Anexa 2.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă gradientul de temperatură variază între 44,6°C către exterior și 211,9°C lângă sursă.

5.2.1.3. Material izolator nobasil

Din nou datele structurii și cele pentru sursele termice rămân aceleași, se modifică doar datele pentru structura corpului aferente materialului izolanț. În acest caz codul 1 este pentru nobasil.

Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-3 Anexa 3.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu nobasil gradientul de temperatură variază între 29,8°C către exterior și 231,8°C lângă sursă.

Form3

Date pentru sursele termice

Cod	Temperatura grd.C	Coef.alfa W/mp.grd	Variatia temperaturat. grad/ciclu
6	250.00	20.00	0
7	20.00	25.00	0
8	180.00	20.00	0

Etapa urmatoare...

STOP

Date pentru elemente din structura corpului

Cod	Lamda W/m.grd	Cald.spec. J/Kg.grd	Densitate Kg/mc	Temp. init a elemen. grd.C
1	0.0400	963.00	150.00	20.0
2	17.5000	507.00	7900.00	

5.2.1.4. Material izolator azbest

La fel și în acest caz se modifică materialul izolanț. Codul 1 corespunde azbestului.

Form3

Date pentru sursele termice

Cod	Temperatura grad.C	Coef.alfa W/mp.grd	Variatia temperat. grad/ciclu
6	250.00	20.00	0
7	20.00	25.00	0
8	180.00	20.00	0

Etapa urmatoare...

STOP

Date pentru elemente din structura corpului

Cod	Lamda W/m.grd	Calid.spec. J/Kg.grd.	Densitate Kg/mc	Temp. init a elemen. grad.C
1	0.698	795.00	2000.00	20.0
2	17.5000	507.00	7900.00	

Datele pentru temperaturile finale se regăsesc în tabelul 5-4, Anexa 4.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu azbest gradientul de temperatură variază între 55,7°C către exterior și 123,3°C lângă sursă.

5.2.2. Temperaturi ale materialului izolator pentru perete omogen cu grosimea de 60 mm

5.2.2.1. Material izolator vată minerală

Se modifică datele structurii, care se pot vedea în *Form2* al programului de calcul, iar datele pentru sursele termice și pentru elementele din structura corpului sunt aceleași ca în *Form3* din paragraful 5.2.1.1. Alcătuirea structurii corpului se poate vedea în *Form5*. Rezultatele pentru temperaturile finale, în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-5, Anexa 5.

Form2

Datele structurii

Numar de elemente pe orizontala (max. 30)	22	Etapa urmatoare...
Numar de elemente pe verticala (max. 24)	22	
Nr. de surse termice (max 3)	3	STOP
Nr. de tipuri de materiale (max. 5)	2	
Grosimea unui element (m)	0.0030	
Durata unui ciclu (secunde)	0.100	
Numarul de cicluri	10000	

Rezultatele pentru temperaturile finale, în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-8, Anexa 8.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 80 mm izolat cu vată minerală gradientul de temperatură variază între 20°C către exterior și 224,8°C lângă sursă.

5.2.3.2. Material izolator vată de sticlă

În acest caz, datele structurii sunt aceleași ca în *Form2* al paragrafului 5.2.3.1, la fel și alcătuirea structurii corpului din în *Form5*, iar datele pentru sursele termice și pentru elementele din structura corpului corespund datelor din *Form3* al paragrafului 5.2.1.2, precum și codurile pentru materiale și surse termice. Rezultatele pentru temperaturile finale, în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-9, Anexa 9.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 80 mm izolat cu vată de sticlă gradientul de temperatură variază între 22,6°C către exterior și 221°C lângă sursă.

5.2.3.3. Material izolator nobasil

La fel ca în cazul precedent, se păstrează datele structurii și alcătuirea structurii din paragraful 5.2.3.1. Datele pentru sursele termice și pentru elementele din structura corpului precum și codurile pentru materiale și surse termice corespund datelor din *Form3* al paragrafului 5.2.1.3. Rezultatele pentru temperaturile finale, în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-10, Anexa 10.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 80 mm izolat cu nobasil gradientul de temperatură variază între 20°C către exterior și 217,9°C lângă sursă.

5.2.4. Temperaturi ale materialului izolator pentru perete neomogen cu grosimea de 40 mm

5.2.4.1. Material izolator vată minerală și vată de sticlă

5.2.4.1.1 Vată minerală 16 mm spre exterior și vată de sticlă 10 mm lângă sursa termică

Datele structurii sunt prezentate în *Form2* iar datele pentru sursele termice și pentru elementele din structura corpului sunt redată în *Form3* al programului de calcul.

Form2

Datele structurii

Numar de elemente pe orizontala (max. 30):	<input type="text" value="22"/>	Etapa urmatoare...
Numar de elemente pe verticala (max. 24)	<input type="text" value="22"/>	
Nr. de surse termice (max 3)	<input type="text" value="3"/>	
Nr. de tipuri de materiale (max. 5)	<input type="text" value="3"/>	
Grosimea unui element (m)	<input type="text" value="0.0020"/>	
Durata unui ciclu (secunde)	<input type="text" value="0.100"/>	
Numarul de cicluri	<input type="text" value="10000"/>	

STOP

Form3

Date pentru sursele termice

Cod	Temperatura grad.C	Coef. alfa W/mp.grd	Variatia temperat. grad/ciclu
6	<input type="text" value="250.00"/>	<input type="text" value="20.00"/>	<input type="text" value="0"/>
7	<input type="text" value="20.00"/>	<input type="text" value="25.00"/>	<input type="text" value="0"/>
8	<input type="text" value="180.00"/>	<input type="text" value="20.00"/>	<input type="text" value="0"/>

Etapa urmatoare...

STOP

Date pentru elemente din structura corpului

Cod	Lamda W/m.grd	Cald.spec. J/Kg.grd.	Densitate Kg/mc	Temp. init a elemen. grad.C
1	<input type="text" value="0.0300"/>	<input type="text" value="795.00"/>	<input type="text" value="600.00"/>	<input type="text" value="20.0"/>
2	<input type="text" value="17.5000"/>	<input type="text" value="507.00"/>	<input type="text" value="7900.00"/>	
3	<input type="text" value="0.105"/>	<input type="text" value="837.00"/>	<input type="text" value="200.00"/>	

Alcătuirea structurii corpului se poate vedea în *Form5*: Coduri pt. elem. cu mat.: 1-3 (1-vată minerală, 2-oțel inox, 3-vată de sticlă); Coduri pt. elem. cu surse (goluri): 6-8; Temp. inițială: 20.00 grad.C (6-sursa, 7-temp. inițială, 8-temp. finală).

Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-11, Anexa 11.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu cuată minerală 16 mm spre exterior și vată de sticlă 10 mm lângă sursă gradientul de temperatură variază între 25,1°C către exterior și 224,6°C lângă sursă.

Form2

Datele structurii

Numar de elemente pe orizontala (max. 30) :	<input type="text" value="22"/>	<input type="button" value="Etapa urmatoare..."/> <input type="button" value="STOP"/>
Numar de elemente pe verticala (max. 24)	<input type="text" value="22"/>	
Nr. de surse termice (max 3)	<input type="text" value="3"/>	
Nr. de tipuri de materiale (max. 5)	<input type="text" value="4"/>	
Grosimea unui element (m)	<input type="text" value="0.002"/>	
Durata unui ciclu (secunde)	<input type="text" value="0.1"/>	
Numarul de cicluri	<input type="text" value="10000"/>	

Form3

Date pentru sursele termice

Cod	Temperatura grd.C	Coef. alfa W/mp.grd	Variatia temperaturat. grad/ciclu
6	<input type="text" value="250.00"/>	<input type="text" value="20.00"/>	<input type="text" value="0"/>
7	<input type="text" value="20.00"/>	<input type="text" value="25.00"/>	<input type="text" value="0"/>
8	<input type="text" value="180.00"/>	<input type="text" value="20.00"/>	<input type="text" value="0"/>

Date pentru elemente din structura corpului

Cod	Lamda W/m.grd	Cald.spec. J/Kg.grd.	Densitate Kg/mc	Temp. init a elemen. grd.C
1	<input type="text" value="0.030"/>	<input type="text" value="795.00"/>	<input type="text" value="600.00"/>	<input type="text" value="20"/>
2	<input type="text" value="17.500"/>	<input type="text" value="507.00"/>	<input type="text" value="7900.00"/>	
3	<input type="text" value="0.105"/>	<input type="text" value="837.00"/>	<input type="text" value="200.00"/>	
4	<input type="text" value="0.040"/>	<input type="text" value="963.00"/>	<input type="text" value="150.00"/>	

Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-15, Anexa 15.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu cu vată minerală spre exterior, nobasil la mijloc și vată de sticlă lângă sursă, gradientul de temperatură variază între 25,5°C către exterior și 220,6°C lângă sursă.

Form5

7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8

Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-17, Anexa 17.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu vată minerală având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 10 mm, gradientul de temperatură variază între 21,1°C către exterior și 223,6°C lângă sursă.

5.2.5.2. Dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm

Față de paragraful anterior se modifică doar alcătuirea structurii, care se poate vedea în *Form 5* al acestui paragraf.

Form5

7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8

Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-18, Anexa 18.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu vată minerală având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm, gradientul de temperatură variază între 21°C către exterior și 222,5°C lângă sursă.

5.2.5.3. Dimensiunea sursei de 12 mm și distanța între surse de 6 mm

Și în acest caz se modifică doar alcătuirea structurii (*Form 5*), iar temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-19, Anexa 19.

Form5

7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	2	8
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8

5.2.6. Temperaturi ale materialului izolator pentru perete omogen cu grosimea de 40 mm izolat cu vată de sticlă

5.2.6.1. Dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 10 mm

Datele structurii se pot vedea în *Form2* al programului de calcul, iar datele pentru sursele termice și pentru elementele din structura corpului sunt redată în *Form3* al paragrafului 5.2.1.2, la fel și codurile pentru materiale și sursă iar alcătuirea structurii este redată în *Form 5* a paragrafului 5.2.5.1. Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-21, Anexa 21.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 10 mm, gradientul de temperatură variază între 43,9°C către exterior și 210,3°C lângă sursă.

5.2.6.2. Dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm

Față de paragraful anterior se modifică alcătuirea structurii, care se poate vedea în a paragraful 5.2.5.2. Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-22, Anexa 22.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm, gradientul de temperatură variază între 42,4°C către exterior și 207,8°C lângă sursă.

5.2.6.3. Dimensiunea sursei de 12 mm și distanța între surse de 6 mm

Datele structurii și datele pentru sursele termice sunt aceleași ca în paragraful 5.2.6.1. Alcătuirea structurii este redată în *Form 5* a paragrafului 5.2.5.3. Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-23, Anexa 23.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă având dimensiunea sursei de 12 mm și distanța între surse de 6 mm, gradientul de temperatură variază între 44,7°C către exterior și 212°C lângă sursă.

5.2.6.4. Dimensiunea sursei de 6 mm și distanța între surse de 12 mm

Și în acest caz se păstrează datele paragrafului 5.2.6.1. cu privire la structură și la sursele termice, iar alcătuirea structurii este cea din paragraful 5.2.5.4. Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-24, Anexa 24.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă având dimensiunea sursei de 6 mm și distanța între surse de 12 mm, gradientul de temperatură variază între 42,8°C către exterior și 207,1°C lângă sursă.

5.2.7. Temperaturi ale materialului izolator pentru perete omogen cu grosimea de 40 mm izolat cu nobasil

5.2.7.1. Dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 10 mm

În acest paragraf se înlocuiește materialul izolator, datele structurii se pot vedea în *Form2* al programului de calcul, iar datele pentru sursele termice și pentru elementele din structura corpului sunt redată în *Form3* al paragrafului 5.2.1.3, la fel și codurile pentru materiale și sursă. Alcătuirea structurii este redată în *Form 5* a

paragrafului 5.2.5.1. iar temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-25, Anexa 25.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu nobasil având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 10 mm, gradientul de temperatură variază între 29,4°C către exterior și 230,6°C lângă sursă.

5.2.7.2. Dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm

Se păstrează datele din paragraful anterior dar se modifică alcătuirea structurii, care se poate vedea în paragraful 5.2.5.2.

Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-26, Anexa 26.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu nobasil având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm, gradientul de temperatură variază între 28,6°C către exterior și 229,1°C lângă sursă.

5.2.7.3. Dimensiunea sursei de 12 mm și distanța între surse de 6 mm

Datele structurii și datele pentru sursele termice sunt aceleași ca în paragraful 5.2.7.1. Alcătuirea structurii este redată în *Form 5* a paragrafului 5.2.5.3.

Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-27, Anexa 27.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu nobasil având sursa de 12 mm și distanța între surse de 6 mm, gradientul de temperatură variază între 29,8°C către exterior și 231,6 °C lângă sursă.

5.2.7.4. Dimensiunea sursei de 6 mm și distanța între surse de 12 mm

Și în acest caz se păstrează datele structurii și datele pentru sursele termice, ca în paragraful 5.2.7.1. iar alcătuirea structurii este cea din paragraful 5.2.5.4.

Temperaturile finale în urma rulării programului sunt prezentate în tabelul 5-28, Anexa 28.

Din datele obținute se observă că pentru un perete de 40 mm izolat cu nobasil având dimensiunea sursei de 6 mm și distanța între surse de 12 mm, gradientul de temperatură variază între 28,8°C către exterior și 228,2°C lângă sursă.

5.3 Verificarea experimentală a calculelor teoretice

5.3.1 Rezultate de calcul și interpretarea lor

În baza rezultatelor obținute cu acest program de calcul se poate reprezenta grafic distribuția temperaturii, a gradientului de temperatură și a fluxului de temperatură, oferind imaginea reală asupra fenomenului temperaturilor în peretele pupinelului.

Din analiza coeficientului de conductivitate termică, și căldură specifică pentru cele patru materiale izolatoare (vată minerală, vată de sticlă, azbest și nobasil) analizate se observă că:

- *Nobasilul* are conductivitatea termică ($\lambda = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1} \text{ grad}^{-1}$) asemănătoare sau aproximativ egală cu cea a vatei minerale ($\lambda = 0,03 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1} \text{ grad}^{-1}$), (figura 5.3), dar are căldura specifică mai mare decât vata minerală ($c_{\text{nobasil}} = 963 \text{ J kg}^{-1} \text{ grad}^{-1} > c_{\text{vată minerală}} = 795 \text{ J kg}^{-1} \text{ grad}^{-1}$), (figura 5.4) ceea ce conduce la o temperatură mai mare lângă sursa de căldură în cazul vatei minerale ($t_{15 \text{ nobasil}} = 213,814 \text{ }^\circ\text{C} < t_{15 \text{ vată minerală}} = 225,227 \text{ }^\circ\text{C}$), (figura 5.5).

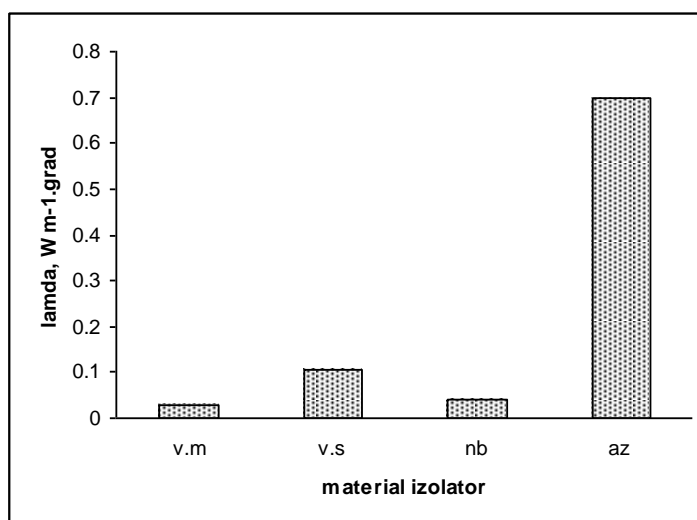


Figura 5.3 Conductivitatea termică pentru cele patru materiale izolatoare

- *Azbestul* deși are o temperatură mai scăzută lângă elementul sursă, totuși pierderea de căldură cu exteriorul este mai mare decât în cazul nobasilului ($t_{2 \text{ nobasil}} = 29,828 \text{ }^\circ\text{C} < t_{2 \text{ azbest}} = 55,696 \text{ }^\circ\text{C}$).
- *Vata minerală* are conductivitatea termică și căldura specifică cele mai mici, astfel încât temperatura spre exteriorul peretelui este cea mai scăzută, aproape de temperatura ambiantă ($t_2 = 21,273 \text{ }^\circ\text{C}$), (figura 5.5). Deci coeficientul de conductivitate termică mic arată că este material izolator mai bun.

- *Vata de sticlă* are temperatura lângă sursa de caldură (figura 5.5) mai scăzută decât vata minerală și nobasilul, însă scăderea de temperatură spre exteriorul peretelui este mai mică ($t_2 = 44,651$), comparativ cu cele trei materiale. Deci pierderea de căldură cu exteriorul este mai mare. Vata de sticlă deși are căldura specifică ($c_{\text{vată de sticlă}} = 837 \text{ J kg}^{-1} \text{ grad}^{-1}$) apropiată de cea a nobasilului, datorită coeficientului de conductivitate termică ($0,105 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \text{ grad}^{-1}$) mai mare, pierderea de căldură este mai mare ($t_2 \text{ nobasil} < t_2 \text{ vată de sticlă}$).

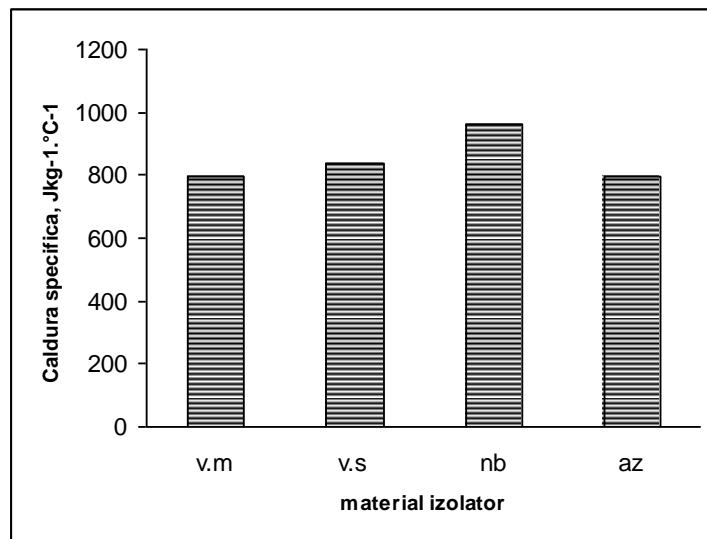


Figura 5.4 Căldura specifică pentru cele patru materiale izolatoare

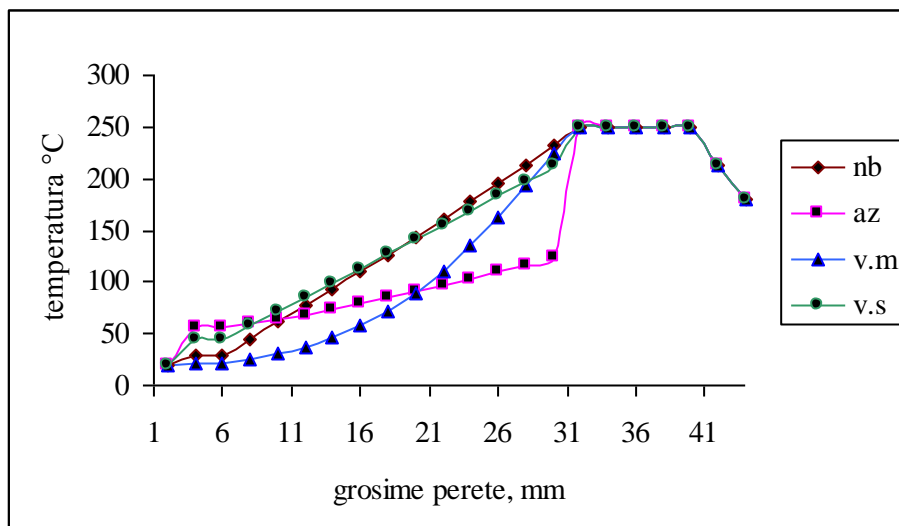


Figura 5.5 Reprezentarea temperaturilor prin peretele sterilizatorului pentru cele patru materiale izolatoare pentru un perete de 40 mm grosime

Pierderea totală de căldură Q_t prin peretele pupinelului pentru cele patru materiale de izolație se poate determina din calculul următor, iar rezultatele sunt prezentate în tabelul 5-29:

$$Q_t = \dot{q} \cdot L \quad [\text{W}] \quad [5.3.1]$$

unde:

L este lungimea peretelui

\dot{q} este fluxul de căldură

$$\dot{q} = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n R_{ci}} \quad [\text{W/m}] \quad [5.3.2]$$

unde:

n – reprezintă numărul de straturi

t – temperatura, °C

R_c – rezistența termică la conducție, $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$

Pierderea totală de căldură (rezultate calculate) Tabel 5-29

Nr crt.	Material izolator	notație	Pierderea totală de căldură Q_t W
1.	vată minerală	v.m	6,588
2.	vată de sticlă	v.s	18,910
3.	nobasil	nb	8,699
4.	azbest	az	50,688

Din aceste calcule rezultă că pierderea de căldură (Q_t) cu exteriorul este funcție de valoarea rezistenței termice la conducție (figura 5.6) și este mai mare în cazul izolației cu azbest, urmată de vata de sticlă, iar vata minerală izolează mai bine, urmată apoi de nobasil (figura 5.7).

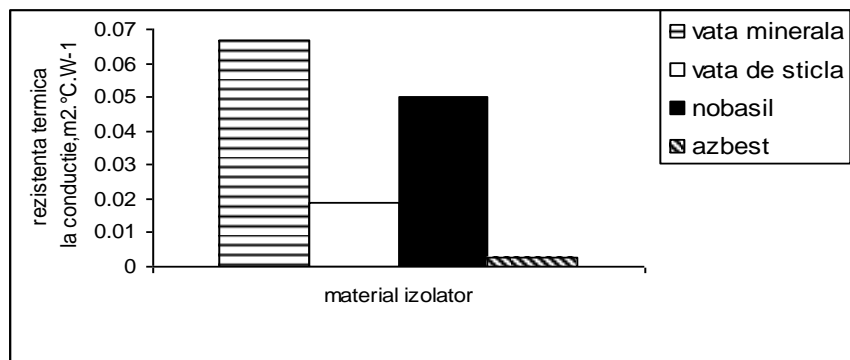


Figura 5.6 Reprezentarea materialelor izolatoare în funcție de rezistența termică la conducție pentru un perete de 40 mm grosime

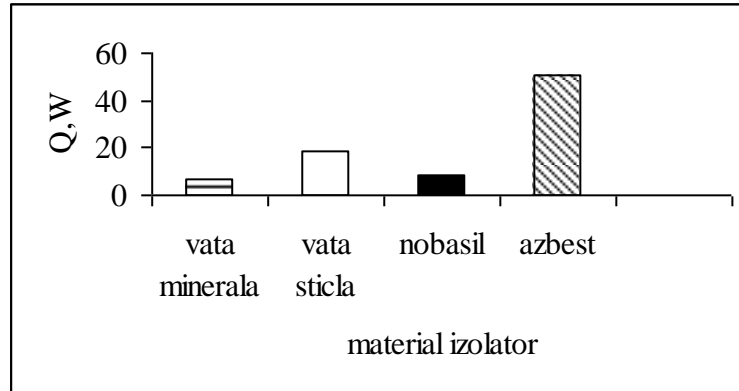


Figura 5.7 Variația pierderii de căldură în funcție de materialul izolator

Aceeași concluzie rezultă din variația temperaturii înspre exteriorul peretelui, în funcție de natura materialului izolator utilizat (figura 5.8).

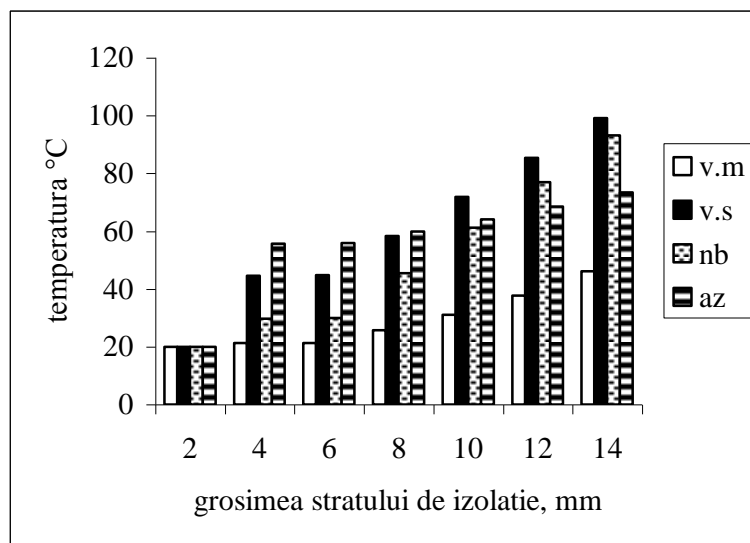


Figura 5.8 Scăderea temperaturilor spre exteriorul peretelui pentru cele patru materiale izolatoare

Pentru a observa mai bine comportamentul materialului izolator s-a reprezentat grafic temperatura funcție de grosimea stratului de izolație. În figura 5.9 se poate vedea reprezentarea temperaturii funcție de distanță pentru un perete cu grosimea de 40 mm.

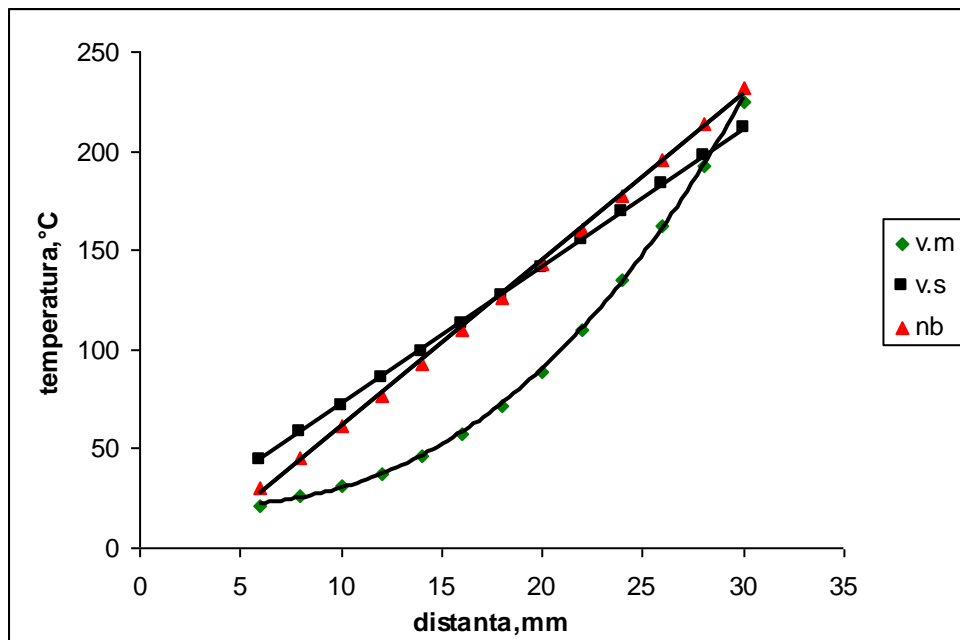


Figura 5.9 Reprezentarea temperaturilor pentru vată minerală, vată de sticlă și nobasil pe grosimea stratului izolator, pentru un perete de 40 mm

Pe baza datelor experimentale se consideră variația temperaturilor prin peretele pupinelului ca o ecuație liniară de gradul al doilea de forma $f(T) = aT^2 + bT + c$ pentru vata de sticlă și nobasil și o ecuație polinomială de ordinul 3, de forma: $f(T) = aT^3 + bT^2 + cT + d$, pentru vata minerală, ca fiind suficient de precise. Coeficienții pentru variația temperaturii sunt prezentați în tabelul 5-30. Se observă un comportament asemănător al nobasilului cu vata de sticlă.

Coeficienții pentru variația temperaturii pentru un perete de 40 mm grosime

Tabel 5-30

Material	Temperatura				
	a	b	c	d	R ²
Vată minerală	+0.0037	+0.1583	-1.3631	+23.994	0.9998
Vată de sticlă	+6.9633	+2.1092	-	-	0.9999
Nobasil	+8.4124	-23.359	-	-	0.9993

În cazul în care se modifică grosimea peretelui pupinelului, variația temperaturii pentru cazul izolației cu vată minerală, vată de sticlă și nobasil este prezentată în figura 5.10, pentru perete de 60mm, respectiv în figura 5.11, pentru perete de 80mm. Din cele două grafice se observă un comportament asemănător pentru vata minerală și nobasil.

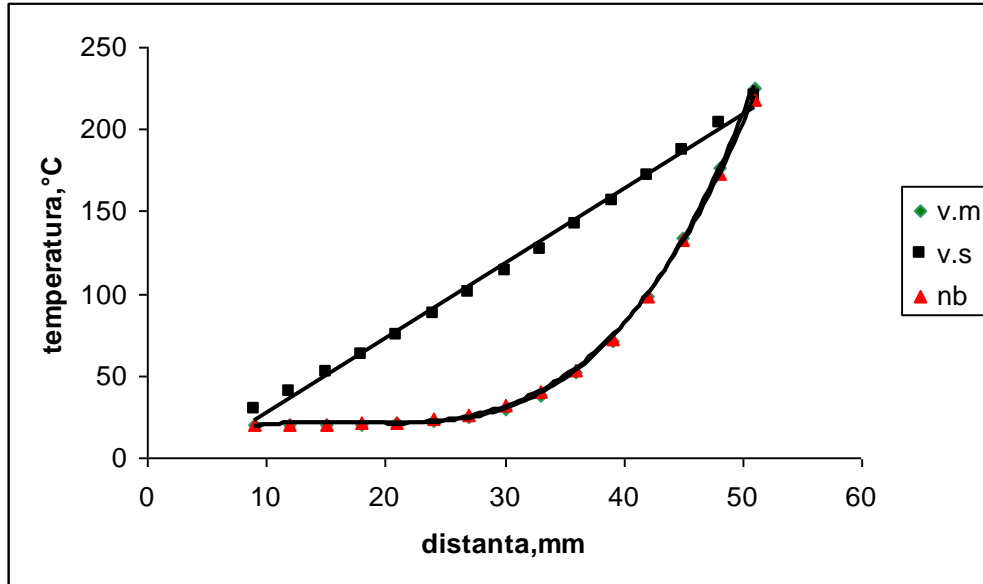


Figura 5.10 Reprezentarea temperaturilor pentru vată minerală, vată de sticlă și nobasil pe grosimea stratului izolator, pentru un perete de 60 mm

La fel ca în cazul precedent, se consideră variația temperaturilor prin peretele pupinelului ca o ecuație polinomială de ordinul 3, de forma: $f(T) = aT^3 + bT^2 + cT + d$ pentru vata minerală și nobasil și o ecuație liniară de gradul al doilea de forma $f(T) = aT^2 + bT + c$, ca fiind suficient de precisă. Coeficienții pentru variația temperaturii sunt prezentați în tabelul 5-31.

Coeficienții pentru variația temperaturii pentru un perete de 60 mm grosime

Tabel 5-31

Material	Temperatura				
	a	b	c	d	R ²
Vată minerală	+0.006	-0.3284	+5.7697	-11.265	0.9996
Vată de sticlă	+4.5389	-18.154	-	-	0.9956
Nobasil	0.0055	-0.2871	+4.9441	-6.427	0.9997

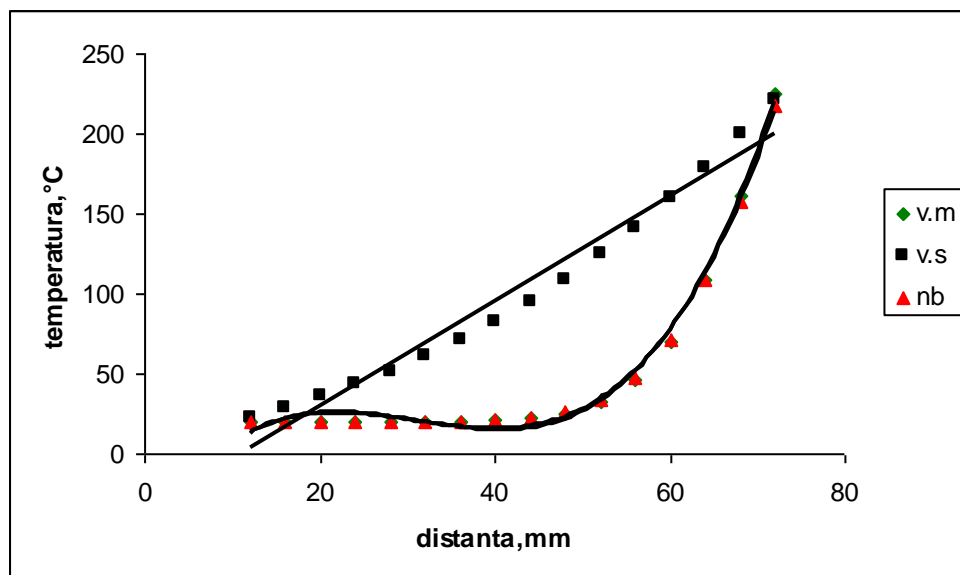


Figura 5.11 Reprezentarea temperaturilor pentru vată minerală, vată de sticlă și nobasil pe grosimea stratului izolator, pentru un perete de 80 mm

În acest caz variația temperaturilor prin pereții pupinelului sunt ecuații de forma celor alese în cazul peretelui de 60 mm. Coeficienții pentru variația temperaturii sunt prezentați în tabelul 5-32.

Coeficienții pentru variația temperaturii pentru un perete de 80 mm grosime

Tabel 5-32

Material	Temperatura				
	a	b	c	d	R ²
Vată minerală	+0.0035	-0.3286	+9.3673	-58.177	0.9938
Vată de sticlă	+3.2636	-35.381	-	-	0.9662
Nobasil	+0.0033	-0.3028	+8.5581	-51.008	0.9949

Pierderea totală de căldură Q_t calculată pentru grosimea peretelui pupinelului de 60 mm, respectiv 80mm, este prezentată în tabelul 5-33, comparativ cu un perete de 40 mm grosime.

Pentru vată minerală și nobasil, indiferent de grosimea peretelui pierderea totală de căldură este aproximativ aceeași și este mai mică decât în cazul vatei de sticlă.

Pierderea de căldură totală este mai mică pentru pereți mai subțiri (40mm) în cazul de sticlă.

Din datele de mai sus rezultă că pereții pupinelului nu necesită grosimi de 60 mm, respectiv 80 mm, iar grosimea de 40 mm este optimă.

Pierdere totală de căldură (rezultate calculate)

Tabel 5-33

Nr crt.	Material izolator	notație	Grosime perete mm	Pierdere totală de căldură Q_t W
1.	vată minerală	v.m	40	6,588
			60	6,561
			80	6,529
2.	vată de sticlă	v.s	40	18,910
			60	21,328
			80	22,121
3.	nobasil	nb	40	8,699
			60	8,461
			80	8,412

În continuare este prezentat cazul în care pentru un perete de 40 mm, se folosesc diferite straturi izolatoare pentru materialele izolatoare studiate. Rezultatele calculate pentru pierdere totală de căldură sunt prezentate în tabelul 5-33, iar reprezentarea grafică a compoziției stratului izolator și a pierderii de căldură în figura 5.12.

Din analiza rezultatelor se observă că la aceeași grosime a peretelui izolator cu creșterea procentuală de vată minerală în materialul izolator, scade pierdere totală de căldură Q_t . Utilizarea mai multor straturi izolatoare, pentru aceeași grosime a peretelui izolator aduce o scădere a pierderii totale de căldură Q_t . Cea mai mică pierdere de căldură este în cazul utilizării materialului izolator M4. Nobasilul nu aduce în straturi multiple o diminuare a pierderii de căldură.

Pierdere totală de căldură (rezultate calculate)

Tabel 5-33

Nr crt.	Notație material izolator	Straturi ale materialului izolator	Grosime strat mm	Pierdere totală de căldură Q_t W	% material izolator în perete
1.	M1	vată minerală	16	8,881	61.53846
		vată de sticlă	10		38.46154
2.	M2	vată de sticlă	10	13,06	61.53846
		vată minerală	16		38.46154
3.	M3	vată de sticlă	16	11,127	38.46154
		vată minerală	10		61.53846
4.	M4	vată minerală	8	8,279	30.76923
		vată de sticlă	8		30.76923
		vată minerală	10		38.46154
5.	M5	vată minerală	8	9,721	30.76923
		nobasil	8		30.76923
		vată de sticlă	10		38.46154
6.	M6	vată de sticlă	8	9,181	30.76923
		nobasil	8		30.76923
		vată minerală	10		38.46154

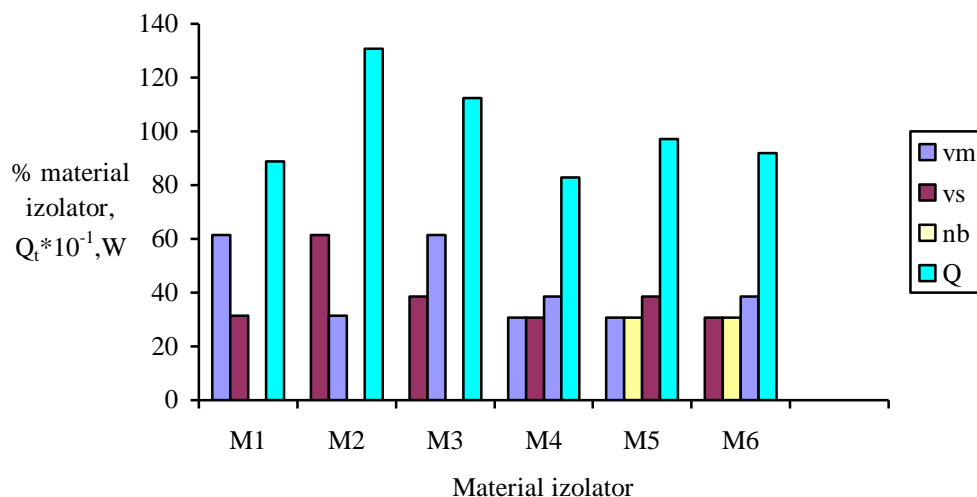


Figura 5.12 Compoziția stratului izolant și pierderea de căldură

Pierdere totală de căldură (rezultate calculate)

Tabel 5-34

Nr crt.	Material izolator	Poziționare sursă mm	Pierdere totală de căldură Q_t W
1.	vată minerală	sursa 10	6,541
		distanța între surse 10	
2.		sursa 10	6,510
		distanța între surse 20	
3.		sursa 12	6,576
		distanța între surse 6	
4.	sursa 6	6,427	
	distanța între surse 12		
5.	vată de sticlă	sursa 10	18,808
		distanța între surse 10	
6.		sursa 10	18,686
		distanța între surse 20	
7.		sursa 12	18,908
		distanța între surse 6	
8.	sursa 6	18,568	
	distanța între surse 12		
9.	nobasil	sursa 10	8,667
		distanța între surse 10	
10.		sursa 10	8,636
		distanța între surse 20	
11.		sursa 12	8,693
		distanța între surse 6	
12.	sursa 6	8,587	
	distanța între surse 12		

Din tabelul 5-34 se poate observa că indiferent de poziționarea surselor, în cazul izolației cu vată minerală, pierderea de căldură este cea mai mică, iar pentru vata de sticlă pierderea de căldură este cea mai mare. Nici în cazul nobasilului pierderile de căldură nu sunt afectate de poziționarea surselor, valorile fiind situate între vata minerală și vata de sticlă.

5.3.2 Determinarea experimentală a temperaturii în perete

Măsurătorile experimentale s-au realizat pe un sterilizator cu aer cald uscat, având grosimea peretelui de 40 mm, izolat cu vată minerală. Pentru determinarea temperaturii s-a utilizat un termometru model TM- 1300K, având două termocuple, domeniul de măsurare de la -30°C la 1370°C , cu precizia de $0,1^{\circ}\text{C}$. Experimental s-au folosit trei astfel termometre model TM-1300K care permit citirea temperaturii în 6 puncte diferite (figura 5.13).



Figura 5.13 Măsurarea experimentală a temperaturilor în peretele pupinelului

S-au comparat valorile obținute experimental cu cele obținute în urma rulării programului. Temperaturile determinate experimental confirmă rezultatele obținute prin calcul în urma rulării programului de calcul după cum se poate observa în figura 5.14.

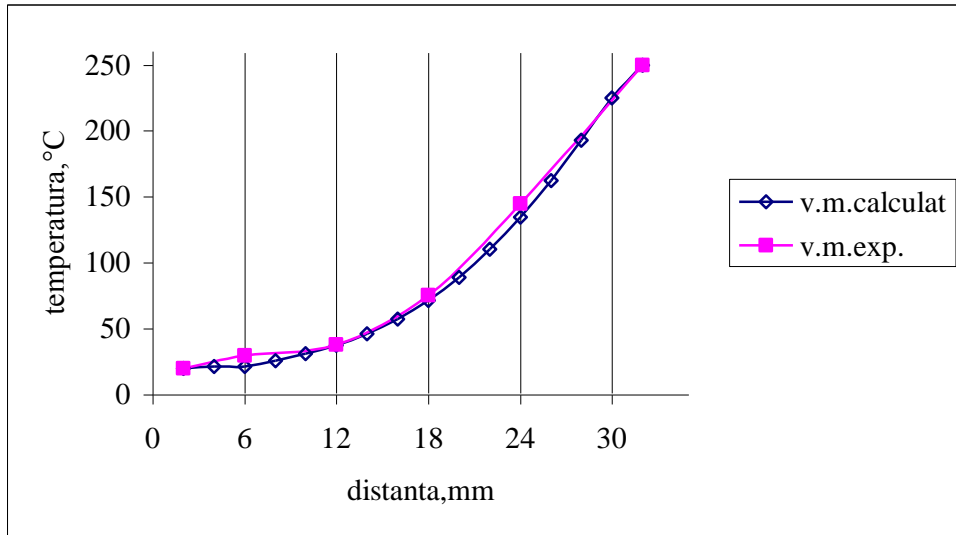


Figura 5.14 Ridicarea experimentală a temperaturilor din interiorul peretelui

Pentru verificarea câmpurilor de temperatură, obținute prin calcul, câmpul de temperatură ridicat experimental s-a suprapus peste câmpul de temperatură corespunzător obținut prin calcul și s-au observat foarte mici abateri între cele două curbe.

Capitolul 6. Considerații finale și contribuții personale

6.1. Analiza eficienței sterilizării

Activitatea antimicrobiană a fost studiată în sistem de colonie. Cultura *Staphylococcus aureus* (și *Escherichia coli*) a fost împrăștiată pentru a produce o singură colonie pe gel agar și incubată la 37° timp de 24 de ore. O colonie reprezentativă a fost culeasă cu o ansă și plasată în 10ml de nutrient de bulion (peptonă, 10 g; NaCl 5.0 g; extract de vită 5.0 g în 1000 ml soluție de apă distilată sterilă; cu Ph 6.8) și incubată peste noapte la 37° C. În acest stadiu cultura de *Staphylococcus aureus* conține 10^8 celule/ml (cultura de *Escherichia coli* conținută în 10^7 celule/ml). Concentrația celulară de început a fost stabilită prin metoda etalării pe o suprafață [87].

Cultura de *Staphylococcus aureus* (*Escherichia. coli*) conținând aproximativ 10^8 celule/ml respectiv 10^7 celule/ml a fost introdusă într-un sterilizator, menținută timp de 10, 15, 30, 40, 50 minute și respectiv 1 oră la diferite temperaturi. Apoi se urmăresc supraviețuitorii. Astfel, după fiecare contact o probă a culturii de 1 ml a fost colectată și numărul de colonii formate (CFU) a fost determinat prin metoda diluțiilor seriale decimale și comparate cu corespondentul CFU într-un test orb a culturii inițiale. De la aceste soluții diluate bacteriile supraviețuitoare au fost contorzitate prin metoda etalării pe suprafață întinse (figura 6.1).

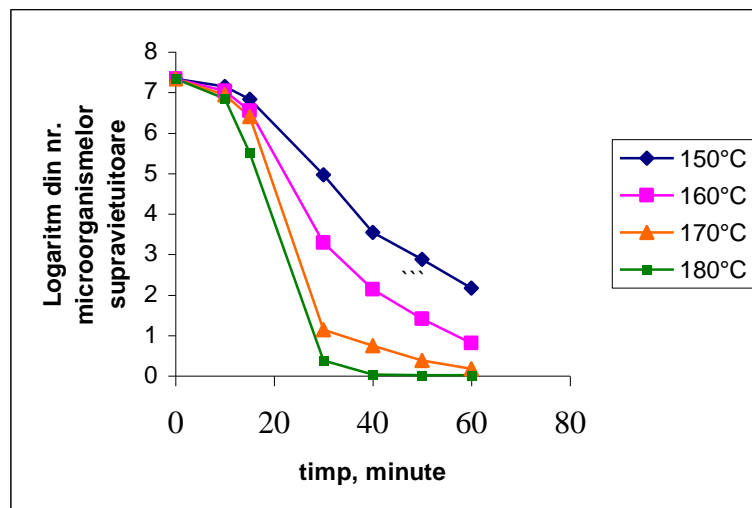


Figura 6.1 Curbe de supraviețuire în timp a bacteriilor supuse agentului antimicrobian

Din această figură se poate trage concluzia că optimul de temperatură este 180 °C și 60 min. timpul de sterilizare.

6.2. Etichetarea energetică

Promovarea utilizării eficiente a energiei prin mijloace specifice economiei de piață constituie un punct important în politica economică dusă de țările dezvoltate și în particular, de țările din Uniunea Europeană.

Se consideră că informarea corectă a utilizatorilor asupra performanțelor energetice ale aparatelor reprezintă o pârgie importantă pentru promovarea producerii și vânzării de aparate cât mai eficiente.

Această informare poate fi realizată prin aplicarea unor etichete pe aparatele de sterilizat în care să fie specificat consumul anual de energie precum și clasificarea tipului respectiv de aparat în funcție de performanțele energetice realizate. Se dezvoltă de asemenea aplicarea unor etichete ecologice.

Consiliul Uniunii Europene a adoptat încă din anul 1992 o directivă privind furnizarea de informații asupra consumului de energie și de alte resurse la receptoarele electrice prin etichetarea și standardizarea acestora.

Scopul acestei legislații este de a face utilizatorii să folosească din ce în ce mai mult echipamente eficiente energetic.

Armonizarea legislației din România cu cea în vigoare în Uniunea Europeană include și problemele privind standardizarea și etichetarea performanțelor energetice pentru receptoarele electrice.

Stabilirea unui standard privind performanțele energetice pentru aparatele de sterilizat, impune stabilirea unui barem, sub care nu se admite realizarea, importarea, comercializarea sau utilizarea lor.

Pentru stabilirea unor norme de eficiență energetică și a modalităților de etichetare la aparatele de sterilizat cu aer cald uscat, trebuie să se cunoască condițiile care trebuie să le îndeplinească acestea, în funcție de care să se poată stabili performanțele energetice printr-un indice de eficiență energetică.

Criteriile care stau la baza stabilirii eficienței energetice a sterilizatorului cu aer cald uscat, izolat termic sunt:

- Să încălzească incinta la temperatura indicată pentru sterilizare;
- Să mențină temperatura realizată în tot timpul indicat pentru sterilizare;
- Să asigure siguranță în funcționare.
- Să asigure un consum minim de energie electrică

În baza acestor condiții ce trebuie să le îndeplinească aparatul, se pot defini indicatorii specifici de eficiență energetică și anume:

- Cantitatea de materiale sterilizabile ca funcție dependentă de putere și capacitate;
- Consumul specific de energie al aparatului ca funcție dependentă de putere, timp de încălzire și de capacitatea incintei;
- Indicele de eficiență energetică.

Terminologia specifică utilizată pentru definirea sterilizatoarelor cu aer cald uscat din punct de vedere energetic se referă la:

- Sterilizatorul cu aer cald uscat este un aparat gen etuvă izolat termic, destinat sterilizării instrumentarului medical;
- Capacitatea nominală este capacitatea aparatului de sterilizat declarată de producător C_N ;
- Puterea nominală este puterea electrică absorbită declarată de producător P_N ;
- Pierderi statice în 24h, reprezintă consumul de energie electric al aparatului de sterilizat încărcat, conectat la rețea pe o perioadă de 24h, măsurat după atingerea stării de echilibru termic, se exprimă în Kwh/24h;
- Cantitatea de materiale sterilizabile, C_S este un termen care se exprimă prin capacitatea nominală C_N la temperature de sterilizare t_p declarată de producător;
- Cantitatea medie de materiale sterilizabile pe 24h C_M , este definită ca produsul dintre capacitatea nominală C_N și un număr de cicluri în acest interval de timp N_c , apreciat de producător ca cel mai probabil într-o exploatare eficientă: $C_M = C_N \cdot N_C$ [6.2.1]
- Timpul de încălzire de la starea rece până la atingerea temperaturii de sterilizare;
- Consumul specific de energie în exploatare, C_{se} în W/l:

$$C_{se} = \frac{E_{c24}}{C_M}, \text{ unde:} \quad [6.2.2]$$

E_{c24} – energia electrică consumată în 24h,

C_M – cantitatea de materiale sterilizabile în 24h

- Indicele de eficiență energetică I_{ef} :

$$I_{ef} = \frac{C_{ss}}{C_{se}} \cdot \frac{C_s}{C_M} \quad [6.2.3]$$

unde:

C_{ss} – consumul specific de energie conform standardelor

$$C_{ss} = \frac{E_{c24}}{C_N} \quad [6.2.4]$$

C_s - cantitatea de materiale sterilizabile conform standardelor

Pe baza datelor experimentale s-au calculat energia electrică consumată în 24h, consumul specific de energie în exploatare, C_{se} , consumul specific de energie conform standardelor C_{ss} . S-a determinat că numărul de cicluri în 24 ore N_c este de 6.

Energia electrică consumată în 24 de ore depinde de cantitatea de materiale sterilizate și numărul de cicluri de sterilizare. Pentru o cantitate de materiale sterilizate constantă, respectiv număr de cicluri de sterilizare constant, energia electrică consumată depinde de natura materialului izolator (figura 6.2).

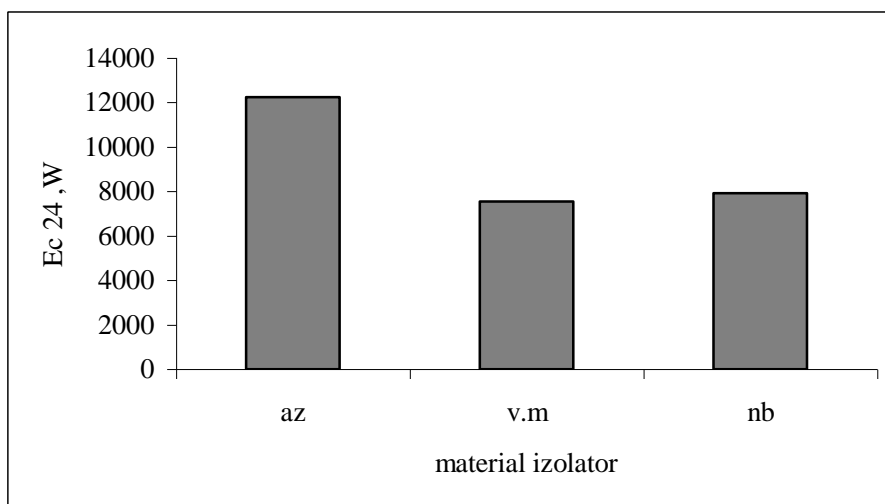


Figura 6.2 Consumul energiei electrice în funcție de materialul izolator

Pentru aceeași cantitate de materiale sterilizate se observă că indicele de eficiență energetic variază direct proporțional cu energia consumată în 24 de ore. În figura 6.3 se prezintă dependența indicelui de eficiență de natura materialului izolator.

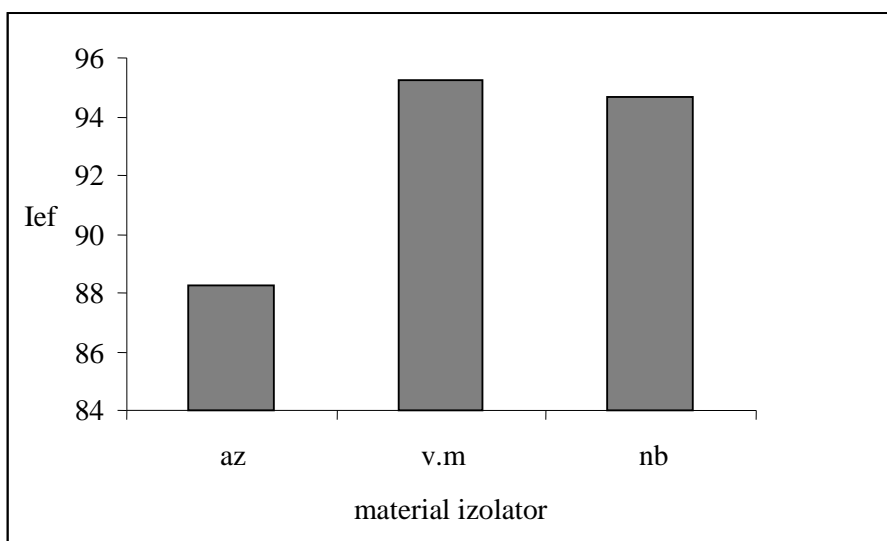


Figura 6.3 Reprezentarea indicelui de eficiență în funcție de materialul izolator

Astfel, pentru aceeași cantitate de materiale sterilizabile conform standardelor C_s și aceeași cantitatea de materiale sterilizabile în 24h C_M , indicele de eficiență energetică I_{ef} depinde de natura materialului izolator, așa încât, energia electrică consumată în 24h E_{c24} este mai mică în cazul vatei minerale și nobasilului, materiale izolatoare cu conductivitate termică mai mică.

Domenii ale valorilor indicelui de eficiență energetică (I_{ef}) corespunzând unui anumit nivel al performanțelor energetice, reprezintă clasele eficienței energetice.

În concluzie, în baza studiului efectuat, în vederea determinării indicelui de eficiență energetică, în funcție de valoarea acestuia, sterilizatoarele se pot încadra în clase ale eficienței energetice. Clasa superioară este clasa cu cele mai bune performanțe energetice, în timp ce clasa inferioară corespunde celui mai mic nivel al performanțelor energetice care se admit. Sub acest nivel nu se recomandă realizarea, importarea, comercializarea sau utilizarea acestor aparate.

6.3. Concluzii generale

În urma analizei rezultatelor teoretice și experimentale privind sterilizatorul cu aer cald uscat se poate observa că:

- S-au determinat practic valorile conductivității termice λ pentru patru tipuri de materiale izolatoare. Se observă cum conductivitatea termică crește în seria vată minerală, nobasil, vată de sticlă și azbest.
- Analiza termică arată că nobasilul este mult mai stabil termic comparativ cu azbestul, dar vata de sticlă este cea mai stabilă, urmată de vata minerală.
- Din punct de vedere al densității materialului izolator, nobasilul are densitatea cea mai mică, urmat de vata de sticlă și vata minerală, ceea ce înseamnă că utilizând nobasil în construcția aparatului, acesta este mai ușor comparativ cu vata minerală.
- Cunoașterea structurii câmpului termic din interiorul peretelui pupinelului este necesară pentru a evita efectele nedorite produse prin depășirea anumitor limite ale temperaturii. Nerespectând parametrii impuși de sterilizare, se periclitează posibilitatea de a reduce substanțial încărcarea bacteriană într-un timp scurt, la un nivel prevăzut pentru sterilizare.
- Utilizarea programului de calcul propus permite calculul temperaturii în mai multe puncte, ceea ce conduce la obținerea unor rezultate mult mai apropiate de realitate.
- De asemenea folosirea programului de calcul are avantajul modelării unor structuri de dimensiuni mici, este rapid, flexibil, comod și util. Se pot modela structuri diferite de până la 720 volume și până la cinci feluri de materiale concomitent și maximum trei surse termice.
- În cazul utilizării vatei minerale temperatura scade mai mult spre exterior, comparativ cu vata de sticlă și azbest.
- Calculele efectuate arată că variația temperaturii de-a lungul elementelor de volum este asemănătoare în cazul utilizării vatei de sticlă și nobasilului.
- Pierderea de cădură este minimă în cazul utilizării vatei minerale, urmată de nobasil și apoi de vata de sticlă și azbest.
- Utilizând nobasil sau vată minerală, se constată că temperatura suprafeței exterioare a aparatului este mai mică decât la azbest sau vata de sticlă, astfel încât poate fi atins cu mâna fără să producă disconfort (leziuni tegumentare).
- Se observă un comportament asemănător al nobasilului cu vata de sticlă pentru grosimi mici a izolației peretelui, dar pe măsură ce crește grosimea izolației, se observă un comportament asemănător pentru vata minerală și nobasil. Acest lucru este posibil datorită faptului că nobasilul este un material

anizotrop, la care valoarea proprietăților depinde de direcția în care se măsoară.

- Indiferent de poziționarea surselor de căldură, pierderea de căldură nu se modifică semnificativ.
- Din datele obținute prin folosirea programului de calcul, se observă că:
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu vată minerală, gradientul de temperatură variază între 21,3°C către exterior și 225,2°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă gradientul de temperatură variază între 44,6°C către exterior și 211,9°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu nobasil gradientul de temperatură variază între 29,8°C către exterior și 231,8°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu azbest gradientul de temperatură variază între 55,7°C către exterior și 123,3°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 60 mm izolat cu vată minerală gradientul de temperatură variază între 20°C către exterior și 225°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 60 mm izolat cu vată de sticlă gradientul de temperatură variază între 29,3°C către exterior și 220,5°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 60 mm izolat cu nobasil gradientul de temperatură variază între 20°C către exterior și 218,4°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 80 mm izolat cu vată minerală gradientul de temperatură variază între 20°C către exterior și 224,8°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 80 mm izolat cu vată de sticlă gradientul de temperatură variază între 22,6°C către exterior și 221°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 80 mm izolat cu nobasil gradientul de temperatură variază între 20°C către exterior și 217,9°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu cu vată minerală 16 mm spre exterior și vată de sticlă 10 mm lângă sursă gradientul de temperatură variază între 25,1°C către exterior și 224,6°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu vată minerală 16 mm lângă sursă și vată de sticlă 10 mm spre exterior gradientul de temperatură variază între 25°C către exterior și 225°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu cu vată minerală 10 mm lângă sursă și vată de sticlă 16 mm spre exterior gradientul de temperatură variază între 30,4°C către exterior și 223,5°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu cu vată minerală 10 mm lângă sursă și 8 mm spre exterior și vată de sticlă 8 mm la mijloc gradientul de temperatură variază între 24,4°C către exterior și 224,4°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu cu vată minerală 8 mm spre exterior, nobasil 10 mm la mijloc și vată de sticlă 10 mm lângă sursă, gradientul de temperatură variază între 25,5°C către exterior și 220,6°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă 8 mm spre exterior, nobasil 8 mm la mijloc și vată minerală 10 mm lângă sursă, gradientul de temperatură variază între 24,2°C către exterior și 224,1°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu vată minerală având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 10 mm, gradientul de temperatură variază între 21,1°C către exterior și 223,6°C lângă sursă.
 - pentru un perete de 40 mm izolat cu vată minerală având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm, gradientul de temperatură variază între 21°C către exterior și 222,5°C lângă sursă.

- pentru un perete de 40 mm izolat cu vată minerală având dimensiunea sursei de 12 mm și distanța între surse de 6 mm, gradientul de temperatură variază între 21,2°C către exterior și 224,7°C lângă sursă.
- pentru un perete de 40 mm izolat cu vată minerală având dimensiunea sursei de 6 mm și distanța între surse de 12 mm, gradientul de temperatură variază între 20,9°C către exterior și 219,8°C lângă sursă.
- pentru un perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 10 mm, gradientul de temperatură variază între 43,9°C către exterior și 210,3°C lângă sursă.
- pentru un perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm, gradientul de temperatură variază între 42,4°C către exterior și 207,8°C lângă sursă.
- pentru un perete de 40 mm izolat cu cu vată de sticlă având dimensiunea sursei de 12 mm și distanța între surse de 6 mm, gradientul de temperatură variază între 44,7°C către exterior și 212°C lângă sursă.
- pentru un perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă având dimensiunea sursei de 6 mm și distanța între surse de 12 mm, gradientul de temperatură variază între 42,8°C către exterior și 207,1°C lângă sursă.
- pentru un perete de 40 mm izolat cu nobasil având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 10 mm, gradientul de temperatură variază între 29,4°C către exterior și 230,7°C lângă sursă.
- pentru un perete de 40 mm izolat cu nobasil având dimensiunea sursei de 10 mm și distanța între surse de 20 mm, gradientul de temperatură variază între 28,6°C către exterior și 229,1°C lângă sursă.
- pentru un perete de 40 mm izolat cu nobasil având dimensiunea sursei de 12 mm și distanța între surse de 6 mm, gradientul de temperatură variază între 29,8°C către exterior și 231,6 °C lângă sursă.
- pentru un perete de 40 mm izolat cu nobasil având dimensiunea sursei de 6 mm și distanța între surse de 12 mm, gradientul de temperatură variază între 28,8°C către exterior și 228,2°C lângă sursă.
- Peretele pupinelul nu necesită grosimi de 60 mm, respectiv 80 mm, iar grosimea de 40 mm este optimă.
- Din măsurătorile efectuate experimental se constată că toate rezultatele obținute prin rularea programului de calcul sunt corecte și acest program poate fi utilizat cu succes pentru modelarea oricărui tip de perete
- În baza determinării indicelui de eficiență energetică se poate adopta un standard privind performanțele energetice pentru aparatele de sterilizat, pentru a le putea încadra în clase energetice. Etichetarea energetică are ca scop promovarea de echipamente eficiente energetic.
- Un consum electric scăzut se poate obține printr-o izolare termică bună prin folosirea unor materiale izolatoare corespunzătoare.
- Temperatura influențează performanța și fiabilitatea aparatului
- Datele experimentale arată o comportare apropiată a nobasilului de vata minerală. Avantajul compoziției ecologice a acestuia îl recomandă ca un potențial material izolator în realizarea unui aparat de sterilizare.

6.4. Contribuții personale

Extinderea lucrării, precum și problematica largă abordată, au impus cu necesitate o serie de contribuții personale, cele mai importante fiind următoarele:

- S-a sistematizat un volum mare de informații din literatura de specialitate în legătură cu tematica fixată, aduse la zi, atât din domeniul medical, matematic, informatic cât și tehnic, privind:
 - Stadiul actual al aparatului de sterilizat existente și performanțele acestora;
 - Principiile microbiologice de bază ale sterilizării;
 - Considerații privind standardele europene și internaționale legate de controlul sterilizării;
 - Modelele teoretice aplicabile aparatelor de sterilizare a instrumentarului medical;
 - Au fost inventariate tehnicile și metodele de investigație privind determinarea proprietăților materialelor folosite în construcția sterilizatoarelor cu aer cald uscat;
 - S-au efectuat cercetări teoretice și experimentale asupra câmpului de temperatură din peretele sterilizatorului;
 - Concluzii generale.
- Construcția sterilizatorului cu aer cald uscat, principiul încălzirii prin rezistență electrică și respectiv transferul de căldură sunt evidențiate detaliat;
- S-a efectuat analiza și sistematizarea informațiilor dintr-o zonă interdisciplinară, deosebit de extinsă în domeniile de lucru, focalizând cercetările spre fenomenul termic de bază: transmiterea căldurii prin conducție în regim nestaționar prin peretele unui sterilizator;
- A fost tratată de ansamblu problematica poluării, atât din punct de vedere al reducerii consumului de energie cât și din punct de vedere al materialului izolator folosit în peretele pupinelului, prin înlocuirea azbestului, un material izolator nociv, cu un material izolator cu performanțe termice optime și pe cât posibil ecologic;
- Cu un caracter pregnant de originalitate este și calculul eficienței energetice a sterilizatoarelor care să permită obținerea performanțelor energetice necesare pentru a putea fi încadrate într-o clasă energetică superioară;
- A fost analizată eficiența sterilizării pentru a scoate în evidență timpul optim de omorâre a microorganismelor în funcție de temperatura optimă de sterilizare;
- De asemenea analiza termică a materialelor izolatoare a avut ca scop studierea acestora și din punct de vedere al stabilității termice;
- O contribuție de esență adusă prin teza de doctorat este și modelarea regimului termic cu ajutorul unui program de calcul. Am conceput un nou program de calcul, care se bazează pe o idee asemănătoare, dar realizată pentru pereți de dimensiuni mari, expusă în bibliografie, program refăcut complet pentru a fi adaptat la structuri mici, respectiv la structura peretelui pupinelului;
- S-a efectuat o interpretare extinsă în juxtapunere a datelor experimentale cu datele calculate pentru câmpul termic din interiorul peretelui pupinelului. S-a constatat că toate rezultatele obținute prin rularea programului de calcul sunt corecte și acest program poate fi utilizat cu succes pentru modelarea oricărui tip de perete;

- S-au dezvoltat cercetări experimentale asupra conductivității termice pentru diferite materiale izolatoare utilizate în izolația peretelui pupinelului. Determinările experimentale sunt completate cu calculul erorilor aferente acestor determinări;
- S-a tratat un subiect de actualitate, care prevede reducerea consumului de energie electrică a micilor consumatori, concomitent cu păstrarea sau creșterea performanțelor sterilizatoarelor: distrugerea bacteriilor, consum redus de energie și ecologizare prin utilizarea de materiale nonagresive asupra organismului uman;
- Bibliografia utilizată este la zi și conține un număr corespunzător de lucrări proprii publicate în reviste și volume ale unor manifestări științifice de prestigiu, cotate ISBN;
- Lucrarea este de un deosebit interes teoretic și practic și conține contribuții personale de esență, deoarece oferă proiectanților sau celor care lucrează în domeniul termic să adopte cu investiții minime soluții economice și ecologice. Programul de calcul propus poate fi folosit și la alte aparate (alți pereți izolatori) pentru determinarea câmpului de temperatură în condiții date;
- Cercetările experimentale efectuate în prezenta lucrare, pot fi folosite ca direcții ulterioare de lucru prin utilizarea informațiilor ce pot fi folosite pe mai departe de firme producătoare de asemenea aparataj medical.

BIBLIOGRAFIE

1. S.G. Akterian, P.S. Fernandez, M.E. Hendrickx, P.P. Tobback, P.M. Periago, A. Martinez, "Risk analysis of the thermal sterilization process. Analysis of factors affecting the thermal resistance of microorganisms" Int. J. Food Microbiol **1999** 47, 51-57
2. A. Bălan, V. Dinică, E. Ghitescu, L. Ciubancan, R. Șerban, M. Roșca, G. Arsenie, "Controlul infecțiilor: Ghid privind curățenia, dezinfecția și sterilizarea în unitățile de asistență medicală" Institutul de Sănătate Publică București, **2001**
3. V. Barbu, C. Ungureanu ș.a. "Lucrări practice de Termotehnică și Mașini Termice", Editura Politehnica Timișoara **1966**
4. V. Barbu, "Contribuții la studiul aparatelor pentru măsurarea conductivității termice prin metoda plăcii" Teză de doctorat, **1961**
5. J. P. Brannen, D. M. Garst, "Dry Heat Inactivation of *Bacillus subtilis* var. *niger* Spores as a Function of Relative Humidity" Appl Environ Microbiol. **1972**, p.1125-1130, Vol 23, No.6
6. E. A. Bratu "Operații unitare în ingineria chimică", vol. II Editura tehnică, București **1984**
7. A. Bejan "Termotehnică avansată", Editura tehnică, București **1996**
8. S.S. Block "Disinfection, sterilization and preservation" Lea and Febiger, Philadelphia, London, 4th ed., **1991**
9. D. Buiuc, "Microbiologie generală", Ed. Medicală, Iași **1990**
10. D. Buiuc, "Microbiologie clinică", ed. Did.și Ped. București, vol 1, **1998**
11. D. Buiuc, M. Negut, "Tratat de microbiologie clinică" Editura Medicala, **1999**
12. F.J.T. Burke, W.A. Coulter, S.W. Cheung. C.J.Palenik, "Autoclave performance in and practitioner knowledge of autoclave use: A survey of selected UK practices." Quintessence Int. **1998** 29: 231-238

13. G. Carcao "Comparison of three dry-heat convection sterilizers", J Clin Orthod **1993** May; 27(5):259-63
14. G. Clapeau, B. Decroix, Ly R. Bakayoko, B. Varenne, D. Dosso Hien, M.O. Decroix "Survey of methods of cleaning, decontamination, disinfection and sterilization in dental health service in tropical areas" Sante, **1997** Sept-Oct: 7(5): 323-9
15. J.W. Coughlin, G.J. Christensen, N.M. Jr. Langford, "Comparison of dry heat, autoclave and vapor sterilizers." Journal Tennessee State Dental Association **1967** Oct;47(4):350-5
16. L. Cosmovici, C. Georgescu, I. Ionescu, "Instrumente, aparate și materiale destinate practicii medicale". Catalog, București, Ed. Medicală, **1974**
17. J. P. Dalmasso, "Effective Heat Sterilization in CO₂ Incubators" vol. 4, nr. 3, Thermo Electron Corporation's Heat Sterilization White Paper, **2003**
18. V. Danciu, "Instrumente și aparate folosite în laboratorul de tehnică dentară", curs pentru colegiile de tehnică dentară, Ed. Didactică și Pedagogică, București **1994**
19. E. M. Darmady, K. E. A. Hughes, J. D. Jones, D. Prince, and Winifred Tuke "Sterilization by dry heat" J Clin Pathol. **1961** January; 14(1): 38-44
20. A Dauphin, J.C. Darbord "Hygiène hospitalière pratique" Ed. Médicales Internationales, Paris, 2e éd., **1988**
21. D.J. Dempsey, R.R. Thirucote, "Sterilization of medical devices: a review" Journal Biomater. Appl. **1989**, 3, 454-523
22. J. Draeger, J.W. Pruter, "Suitability of different procedures for the sterilization of microsurgical instruments. A review of current and future procedures" Klin Monatsbl Augenheilkd, **1990** Aug; 197(2):133-7
23. A.M. Farrin, "APIC Handbook of Infection Control", **1997**
24. N. Faur "Elemente finite: fundamente", Editura Politehnica Timișoara **2002**
25. J.M. Forrer "Sterilization in the daily dental practice" SSO Schweiz Monatsscher Zahnheilkd, 1977 Mar; 87(3): 209-12
26. R. Girard, D. Monnet, J. Fabry, "Guide technique d'hygiène hospitalière", **1993**
27. T. D. Gliga, "Aparate electronice medicale" Editura Medicala, **1967**
28. J. de Graaff, M.A. Eijkman "Quality of sterilization process in dental practice" Ned Tijdschr Tandheelkd **1997** Sep; 104(9):342-5; discussion 346-7

29. Graham G.S, "Decontamination: a microbiologist's perspective" J Healthc Mater Manage. **1988** Jan;6(1):36-41
30. Z. Groșianu, D. Kohn, M. Medeleanu "Fenomene de transfer și utilaje în industria chimică", vol II, Procese termice IPTV Timișoara **1977**
31. K.M. Gureckis, J.O. Burgess, R.S. Schwartz. „Cutting effectiveness of diamond instruments subjected to cyclic sterilization methods”J Prosthet Dent **1991** Dec; 66(6):721-6
32. J.A. Harte , C.H. Miller , "Sterilization update 2003" Compend Contin Educ Dent. **2004** Jan; 25(1 Suppl):24-9.
33. M. Hărdău "Metoda elementelor finite" Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca **1997**
34. J.C. Hoff, E.W. Akin, "Microbial resistance to disinfectants: mechanisms and significance" Environ. Health Perspect. **1986** 69, 7-13
35. W.F. Hohlt, C.H. Miller, J.M. Neeb, M.A. Sheldrake. "Sterilization of orthodontic instruments and bands in cassettes", Am J Orthod Dentofacial Orthop **1990** Nov;98(5):411-6
36. W.F. Hohlt, M.A. Sheldrake, C.H. Miller. "Sterilization efficacy of a forced-air, dry heat sterilizer", American Journal Dental **1994** Aug;7(4):220-2
37. C. Hughes "Are your instruments sterile?" Tex Dent J. **1997** Apr; 114(4): 43-4
38. Jan Huys "Sterilization of Medical Supplies by Steam" vol. I – General Theory Second Revised Edition, Published by Heart Consultancy, **2004**
39. I. Idițoiu "Elemente de inginerie mecanică și construcția utilajului chimic", IPTV Timișoara **1988**
40. I. Idițoiu, I. Coța "Elemente de inginerie mecanică și construcția utilajului chimic", Indrumător de lucrări practice IPTV Timișoara **1983**
41. Traian G. Ionescu, "Energia, încotro?" Stiință și tehnică **1990**
42. G.E. Jenneman, M.J. McInerney, M.E. Crocker and R.M. Knapp "Effect of Sterilization by dry heat or autoclaving on bacterial penetration through berea sandstone" Appl Environ Microbiol, **1986** Jan vol 51, no.1, p. 39-43
43. S. Kapila, J.W. Haugen, L.G. Watanabe, "Load-deflection characteristics of nickel-titanium alloy wires after clinical recycling and dry heat sterilization", American Journal Orthod Dentofacial Orthop **1992** Aug;102(2):120-6

44. S.S. Ko, A.A. Quayle, P.S. Rothwell, "Basic performance and production load testing of hot-air sterilizers for use in dental surgeries" J Dent. **1987** Aug;15(4):178-80
45. Paul de Krulf "Vânătorii de microbi", Lyceum, **1969**
46. R.H. Kuritani, N.J. McDonald, R.J. Sydiskis, "Effect of sterilization on contaminated sponges", J Endod. **1993** Feb; 19(2):68-70.
47. O. Iordache, O. Smigelschi, "Ecuatiile fenomenelor de transfer de căldură și masă" Editura Tehnică București, **1981**
48. W. G. Kohn, A. S. Collins, et. al. "Guidelines for Infection Control in Dental Health – Care Settings - 2003" published by the Epidemiology Program Offices, Centres for Disease Control and Prevention, U.S. Departement of Health and Human Services, Atlanta, **2003**
49. Ražnjević Kuzman „Tabele și diagrame termodinamice” Editura Tehnică București, **1978**
50. R.J.W. Lambert "A model for thermal inactivation of microorganism", Journal of Applied Microbiology, **2003**, 95, 500-507
51. A. Leca, E. Mladin, M. Stan, "Transfer de căldură și masă", Ed. Tehnică, București, **1998**
52. E. Luca, G. Zet, C. Ciubotaru, A. Păduraru, "Fizica generala", Ed. Didactică și Pedagogică, București, **1981**
53. A. Mann, M. Kiefer, H. Leuenberger, "Thermal sterilization of heat-sensitive products using high-temperature short-time sterilization" J. Pharm. Sct. **2001** 90, 275-287
54. S. Mănescu, "Microbiologie sanitară. Controlul microbiologic în unitățile sanitare", Ed. Med., **1989**
55. B. McErlane, W.J. Rosebush, J.D. Waterfield, "Assessment of the effectiveness of dental sterilizers using biological monitors", J Can Dent Assoc. **1992** Jun; 58(6):481-3.
56. C.H. Miller, M.A. Sheldrake, "Sterilization beneath rings on dental instruments", Am J Dent **1991** Dec;4(6):291-3
57. C.H. Miller, M.A. Sheldrake, "The ability of biological indicators to detect sterilization failures", Am J Dent **1994** Apr;7(2):95-7

58. C.H. Miller, "Sterilization. Disciplined microbial control", Dent Clin North Am. **1991** Apr; 35(2):339-55
59. C.H. Miller, "Cleaning, sterilization and disinfection: basics of microbial killing for infection control" J Am Dent Assoc **1993** 124: 48-56
60. C.H. Miller, S.D. Rigger, M.A. Sheldrake, J.M. Neeb, "The presence of microorganisms in used ultrasonic cleaning solutions" American J Dent **1993** 6: 27-31
61. C.H. Miller, "Infection control" Dent Clinics N Amer **1996**, 40: 437-456
62. G. Molin, K. Östlund, "Dry heat inactivation of *Bacillus subtilis* spores by mean of infra-red heating. Antonie van Leeuwenhoek" J. Microbiol. Serol. **1975** 41:329-335
63. L.D. Moşteoru, M. Jădăneanţ, „Producerea curentului electric - o sursă de poluare”, Vol. CNT **2002** Vol.1, p.294-298, ISBN 973-8303-17-7; ISBN 973-8303-24-9
64. L.D. Moşteoru, M. Jădăneanţ, „Sterilizarea pas cu pas” Analele UEM Reşiţa, fasc.1, **2003**, Vol.I, p.177-182, ISBN 1453-7394
65. L.D. Moşteoru, M. Jădăneanţ, F. Moşteoru, „Sterilizarea cu aer cald – un procedeu ecologic” Acad. Română, ASTR, Simpozionul "Omul și mediul" Ediția a III-a, nov. **2004**, Timișoara
66. L.D. Moşteoru, M. Jădăneanţ, „Analiza termică globală în peretele pupinelului” Conf.de Termotehnică ed. XIV, nov. **2004**, București
67. L.D. Moşteoru, M. Jădăneanţ, "Utilizarea unui program de calcul în vederea determinării structurii câmpului termic pentru diferite materiale izolatoare" Conferința SRT 2005 Ed.XV, Craiova mai **2005**, ISBN 973-742-089-6
68. L.D. Moşteoru, M. Jădăneanţ, F. Moşteoru, "Teoria sterilizării instrumentarului medical cu aer cald uscat" Acad. Română, ASTR, Simpozion Omul si Mediul, ED.IV Timișoara, mai **2005**, p.156-162 Ed. Politehnica, ISBN 973-625-225-6
69. L.D. Moşteoru, M. Jădăneanţ, F. Moşteoru, „Studiul privind indicele energetic a aparatelor de sterilizat instrumentarul medical” Conf. Instalații pt constr. și conf. ambiental, 6-7 apr. **2006**, Timișoara, Ed. Politehnica, ISBN (10) 973-625-305-8; (13) 978-973-625-305-8, p.158-163
70. L.D. Moşteoru, M. Jădăneanţ, F. Moşteoru, „Eficiența sterilizării cu ajutorul sterilizatorului cu aer cald uscat” mai **2006** Oradea

71. L.D. Moșteoru, M. Jădăneanț, F. Moșteoru, „*Sterilization of medical supplies by dry heat. Theory and practice*” Timișoara, Ed. Politehnica, iunie, COFRET **2006**, ISBN 1224-6077
72. L.D. Moșteoru, M. Jădăneanț, F. Moșteoru, „*Analiza eficienței sterilizării cu ajutorul sterilizatorului cu aer cald uscat*” Conf. Confort eficiență, conservarea energiei și protecția mediului, 29-30 noiembrie **2006** București
73. Patrick R. Murray, Ellen Jo Baron et all, “*Manual of clinical microbiology*” ed. VII, ASM/Press **1999**
74. D. L. Negru “*Transmiterea căldurii*”, curs IPT **1990**
75. A. Nickerson, P. Bhuta, G. Orton, B. Alvin, “*Monitoring dental sterilizer’s effectiveness using biological indicators*” J. Dent Hyg. **1990** Feb.; 64(2): 69-73
76. N. Oancea, M. Jădăneanț, „*Algoritm și program pentru calculul câmpului termic în regim nestaționar*” Instalatorul, anul XII 2/**2004**, p.58-62
77. G S Oxborrow, A M Placencia, and J W Danielson “*Effects of temperature and relative humidity on biological indicators used for ethylene oxide sterilization*” Appl Environ Microbiol. **1983** February; 45(2): 546–549
78. C.J. Palenik, F.J.T. Burke, W.A. Coulter and S.W. Cheung “*Improving and monitoring autoclave performance in dental practice* ” British Dental Journal, volume 187, no. 11, December 11.**1999**
79. R.B. Parkes, R.A. Kolstad, “*Effects of sterilization on periodontal instruments*” J Periodontol **1982** Jul;53(7):434-8
80. S. Petrescu, I. M. Popa, M. Baciuc, C. Baciuc „*Știința materialelor*”, Editura Gh. Asachi Iași **1995**
81. O. Pop, E. Angheliescu, “*Indreptar practic de epidemiologie*”, lito IMT, **1982**
82. M. G. Pop, A. Leca, ș.a. “*Indrumar. Tabele, nomograme și formule termotehnice*”, Ed. tehnică, București **1987**
83. A. Tleoubaev, A. Brzezinski “*Thermal Properties Calculations Using Finite-Difference Method*”, 5th Annual Vacuum Insulation Association Symposium, Atlanta, Georgia, **2002**
84. Vsevolod Radcenco “*Termotehnică tehnică și mașini termice*”, Editura didactică și pedagogică, București **1976**
85. Vsevolod Radcenco “*Criterii de optimizare a proceselor termice*”, Editura tehnică, București **1977**

86. N.V. Ramkova "Control of the efficacy of sterilization" *Feldsher Akush.* **1983** Aug; 48(8): 12-4
87. H. Raducanescu, V.Bica-Popii, "Bacteriologie Veterinară", Ed. Ceres, București, **1986**, 337
88. J.H. Robertson, D. Gleason, K. Tsuji, "Dry-heat destruction of lipopolysaccharide: design and construction of dry-heat destruction apparatus" *Appl Environ Microbiol* **1978** Nov;36(5):705-9
89. W.A. Rutala, D.J. Weber, "Evaluation of a rapid readout biological indicator for flash sterilization with three biological indicators and three indicators" *AORN J.* **1994** Jul; 60(1):24
90. W.A. Rutala, "APIC guideline for selection and use of disinfectants" *Am. J. Infect. Control*, **1996**, 24:312-342
91. W.A. Rutala, D.J. Weber "Infection control: the role of disinfection and sterilization" *Journal Hospital Infection* **1999** Dec;43 Suppl:S43-55
92. W.A. Rutala, D.J. Weber "New disinfection and sterilization methods" *Emerging Infect. Dis.* **2001**, 7, 348-353
93. J. Schmidt, G. Naumann, W. Horsch "Sterilisation Desinfektion und Entwesung, Leipzig", **1968**
94. J.E. Sebben "Sterilization and care of surgical instruments and supplies" *J Am Acad Dermatol* **1984** Sep;11(3):381-92
95. N. Skaug "Proper monitoring of sterilisation procedures used in oral surgery" *Int J Oral Surg* **1983**; 12: 153-158
96. J. Silvaggio, M.L. Hicks, "Effect of heat sterilization on the torsional properties of rotary nickel-titanium endodontic files" *J Endod* **1997** Dec;23(12):731-4
97. E. H Spaulding, "Desinfection, sterilization and preservation", Philadelphia, **1977**
98. G. Spicher "Sterilization-the microbiology between claim and reality" *Zentralbl Hyg Umweltmed.* **1993** May; 194(3):223-35
99. V. Suhas Patankar "Numerical heat transfer and fluid flow", Hemisphere Publishing Corporation, U.S.A. **1980**
100. Fl. D. Surianu "Utilizarea energiei electrice în industrie și mari consumatori: cuptoare cu rezistoare cu acționare intermitentă – îndrumător de proiectare" *Știință și Tehnică*, **1993**

101. D. Ștefănescu, A. Leca, A. Badea, M. Marinescu, "*Transfer de căldură și masă. Teorie și aplicații*", Editura didactică și pedagogică, București **1983**
102. N. Teodor "*Aparate, instrumente, materiale, utilaje medicale*" Stomatologie, **1967**
103. F.M.G. Tomescu "*Numerical methods in electromagnetic field computation*", vol I, II, III, Tempus, București **1993**
104. Topley and Wilson's, "*Microbiology and microbial infections*", vol. I-VI, Ed. Arnold, **1998**
105. S. Tuculescu Uram, "*Instrumente, dispozitive și aparate în laboratorul de tehnică dentară*", Helicon, **1996**
106. D. Tudor ș.a., "*Indrumător de laborator*", Construcții civile, IPTV Timișoara **1980**
107. V. Tutovan, P. Apostol, A. Mândreci, "*Electricitate. Fenomene. Instrumente și metode de măsurat. Aplicații*," Ed. Didactică și Pedagogică, București, **1975**
108. V.B. Tsibikov, V.N. Frosin, A.S. Serafimov, A.I. Mitianin, "*Analysis and optimization of major parameters of air sterilizers*", Med Tekh., **1982** Nov-Dec; (6): 42-6
109. Kiyoshi Tsuji, A. R. Lewis "*Dry Heat Destruction of Lipopolysaccharide: Mathematical Approach to Process Evaluation*" Appl Environ Microbiol, Nov. **1978**, 36:715-719
110. K. Tsuji, S.J. Harrison "*Dry heat destruction of lipopolysaccharide: dry heat destruction kinetics*" Appl Environ Microbiol, Nov. **1978**, 36:710-714
111. L. Udrescu "*Transfer termic și masic la aliaje metalice*" Colecția Tehnologie, Timișoara, Ed. Politehnica **1999**
112. M. Ungureanu, R. Pătrașcu "*Tehnologii curate*", Ed. AGIR, București **2000**
113. M. Ungureanu, M. Chindris, I. Lungu, "*Utilizări ale energiei electrice*", Editura didactică, București **1999**
114. V.S. Usov, V.B Tsibikov, "*A device for controlling the sterilization process*" Med Tekh. **1984** Jul-Aug; (4):27-30
115. V.S. Usov, A.P. Nikiforov, V.F. Lein, O.V. Burin, G.S. Vanshtein, "*Mathematical model of the air sterilization process*" Med Tekh. **1985** Mar-Apr;(2):31-4.

116. V.S. Usov, F.V. Belotserkovets, A.I. Mitianin, O.V. Burin, "Development of control systems for air sterilizers" Med Tekh. **1985**, Jul-Aug; (4):22-5
117. V.S. Usov, A.P. Nikiforov, V.F. Lein, O.N. Fedorova, "Effect of basic parameters of air sterilizers on the temperature-time regimen for sterilization" Med Tekh. **1987** Jan-Feb; (1):36-41.
118. A.E. Velez, D.D. Thomas, C.E. del Rio "An evaluation of sterilization of endodontic instruments in artificial sponges" J Endod **1998** Jan;24(1):51-3
119. T.L. Zettlemoyer, A.C. Goerig, W.W. Nagy, W. Grabow "Effects of sterilization procedures on the cutting efficiency of stainless steel and carbon steel Gates Glidden drills", J Endod **1989** Nov; 15(11):522-5
120. *** "Aparate și instrumente medicale", București, Ed. Tehnică, **1965**
121. *** "Healthcare, equipment international: market techniques companies, statistics", London, Longman **1989**
122. *** "Catalogul standardelor"
123. *** "International Hospital. Equipment and solutions" **2000**
124. *** "National Library of Medicine"
125. *** "Scientific American Magazine" nr. 2/ **2005**
126. **Ordinul nr. 185/2003** pentru aprobarea normelor tehnice privind asigurarea curățeniei, dezinfecției, efectuarea sterilizării și păstrarea sterilității obiectelor și materialelor sanitare în unitățile sanitare de stat și private
127. EN ISO 14161-**2000** Sterilization of Health Care Products - Biological Indicators - Guidance for the Selection, Use and Interpretation of Results.
128. EN 866-6-**2000** Biological systems for testing sterilizers and sterilization processes. Particular systems for use in dry heat sterilizers
129. ISO 11140-1:**2005** Sterilization of health care products -- Chemical indicators -- Part 1: General requirements
130. *Viruses and the Evolution of Life*. Luis Villarreal. ASM Press. All the Virology on the www is at www.virology.net

Anexa 1

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată minerală

Tabel 5-1

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20,000	21,259	21,273	25,716	30,969	37,615	46,235	57,381	71,536	89,065	110,152	134,754	162,560	192,992	225,227	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,851	180,000
k= 2	20,000	21,259	21,273	25,699	30,934	37,561	46,160	57,283	71,417	88,928	110,006	134,611	162,436	192,904	225,190	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,852	180,000
k= 3	20,000	21,258	21,272	25,664	30,863	37,450	46,005	57,081	71,170	88,644	109,700	134,309	162,171	192,712	225,101	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,852	180,000
k= 4	20,000	21,258	21,271	25,611	30,754	37,279	45,764	56,767	70,782	88,191	109,207	133,815	161,731	192,388	224,950	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,852	180,000
k= 5	20,000	21,257	21,270	25,539	30,606	37,046	45,435	56,331	70,236	87,545	108,490	133,081	161,062	191,885	224,711	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,851	180,000
k= 6	20,000	21,255	21,268	25,449	30,421	36,752	45,014	55,767	69,519	86,680	107,505	132,042	160,083	191,122	224,336	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,850	180,000
k= 7	20,000	21,254	21,266	25,344	30,204	36,404	44,511	55,083	68,632	85,579	106,210	130,620	158,672	189,958	223,729	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,848	180,000
k= 8	20,000	21,252	21,264	25,230	29,965	36,018	43,947	54,302	67,594	84,253	104,583	128,730	156,658	188,136	222,668	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,843	180,000
k= 9	20,000	21,249	21,261	25,113	29,720	35,620	43,358	53,472	66,464	82,755	102,652	126,323	153,821	185,178	220,551	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,834	180,000
k=10	20,000	21,247	21,258	25,004	29,493	35,247	42,798	52,669	65,340	81,209	100,547	123,471	149,997	180,272	215,498	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,816	180,000
k=11	20,000	21,244	21,255	24,915	29,306	34,938	42,330	51,987	64,365	79,822	98,557	120,547	145,491	172,717	200,847	225,929	234,788	236,694	232,259	213,978	213,768	180,000
k=12	20,000	21,241	21,253	24,855	29,182	34,733	42,017	51,526	63,695	78,847	97,115	118,350	141,996	166,914	191,060	210,977	222,054	225,716	222,801	213,673	213,649	180,000
k=13	20,000	21,239	21,250	24,833	29,136	34,659	41,904	51,359	63,452	78,492	96,585	117,534	140,699	164,811	187,746	206,447	217,849	222,119	220,143	213,566	213,550	180,000
k=14	20,000	21,236	21,247	24,850	29,175	34,725	42,008	51,515	63,683	78,835	97,104	118,340	141,989	166,911	191,061	210,982	222,054	225,699	222,743	213,523	213,499	180,000
k=15	20,000	21,234	21,245	24,903	29,292	34,921	42,309	51,963	64,338	79,794	98,529	120,523	145,472	172,707	200,846	225,936	234,791	236,678	232,190	213,732	213,520	180,000
k=16	20,000	21,232	21,244	24,985	29,469	35,216	42,760	52,623	65,289	81,155	100,492	123,422	149,958	180,248	215,491	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,528	180,000
k=17	20,000	21,231	21,243	25,085	29,682	35,569	43,293	53,394	66,374	82,658	102,555	126,233	153,747	185,129	220,531	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,532	180,000
k=18	20,000	21,229	21,242	25,190	29,905	35,935	43,841	54,172	67,444	84,089	104,417	128,575	156,528	188,046	222,629	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,535	180,000
k=19	20,000	21,228	21,241	25,288	30,112	36,274	44,342	54,874	68,388	85,312	105,936	130,361	158,455	189,806	223,661	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,538	180,000
k=20	20,000	21,228	21,241	25,370	30,285	36,555	44,752	55,441	69,136	86,255	107,067	131,627	159,731	190,875	224,224	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,540	180,000
k=21	20,000	21,227	21,241	25,428	30,408	36,753	45,041	55,835	69,649	86,890	107,809	132,430	160,508	191,494	224,534	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,543	180,000
k=22	20,000	21,227	21,240	25,459	30,472	36,856	45,190	56,037	69,909	87,209	108,175	132,819	160,875	191,780	224,676	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,544	180,000

Anexa 2

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă

Tabel 5-2

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20,000	44,651	44,805	58,323	71,859	85,471	99,165	112,946	126,819	140,787	154,850	169,007	183,253	197,578	211,966	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,858	180,000
k= 2	20,000	44,646	44,800	58,316	71,847	85,454	99,143	112,918	126,786	140,749	154,808	168,964	183,213	197,548	211,958	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,858	180,000
k= 3	20,000	44,642	44,796	58,302	71,824	85,420	99,098	112,862	126,719	140,671	154,723	168,876	183,127	197,474	211,904	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,859	180,000
k= 4	20,000	44,637	44,791	58,283	71,790	85,370	99,031	112,778	126,617	140,552	154,590	168,734	182,987	197,347	211,805	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,859	180,000
k= 5	20,000	44,632	44,786	58,259	71,746	85,306	98,944	112,666	126,479	140,388	154,403	168,531	182,780	197,154	211,649	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,859	180,000
k= 6	20,000	44,627	44,780	58,230	71,694	85,227	98,837	112,527	126,305	140,178	154,156	168,254	182,488	196,873	211,417	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,859	180,000
k= 7	20,000	44,622	44,774	58,199	71,635	85,139	98,714	112,366	126,098	139,920	153,843	167,888	182,084	196,467	211,068	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,859	180,000
k= 8	20,000	44,616	44,768	58,166	71,573	85,044	98,582	112,188	125,864	139,619	153,463	167,420	181,535	195,874	210,528	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,859	180,000
k= 9	20,000	44,610	44,762	58,132	71,511	84,950	98,447	112,003	125,616	139,287	153,023	166,845	180,802	195,001	209,644	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,858	180,000
k=10	20,000	44,604	44,756	58,102	71,454	84,861	98,321	111,827	125,373	138,950	152,553	166,183	179,869	193,718	208,070	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,856	180,000
k=11	20,000	44,598	44,749	58,075	71,405	84,787	98,214	111,677	125,162	138,649	152,112	165,517	178,818	191,966	204,913	217,559	223,505	225,124	222,608	214,033	213,838	180,000
k=12	20,000	44,591	44,743	58,055	71,370	84,734	98,139	111,571	125,012	138,433	151,788	165,006	177,967	190,458	202,061	211,880	217,786	219,838	218,315	213,761	213,743	180,000
k=13	20,000	44,585	44,737	58,042	71,351	84,707	98,103	111,523	124,948	138,343	151,658	164,805	177,637	189,882	201,037	210,192	215,987	218,190	217,112	213,679	213,665	180,000
k=14	20,000	44,579	44,731	58,037	71,348	84,707	98,108	111,538	124,977	138,397	151,753	164,974	177,941	190,439	202,055	211,899	217,811	219,850	218,290	213,657	213,635	180,000
k=15	20,000	44,573	44,725	58,040	71,360	84,733	98,152	111,608	125,089	138,575	152,041	165,451	178,761	191,921	204,883	217,580	223,537	225,140	222,574	213,872	213,673	180,000
k=16	20,000	44,568	44,720	58,049	71,385	84,778	98,225	111,721	125,260	138,835	152,441	166,078	179,776	193,639	208,003	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,681	180,000
k=17	20,000	44,562	44,714	58,062	71,418	84,835	98,315	111,856	125,459	139,126	152,864	166,695	180,668	194,889	209,559	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,683	180,000
k=18	20,000	44,557	44,710	58,076	71,454	84,897	98,410	111,995	125,658	139,406	153,251	167,220	181,355	195,724	210,416	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,685	180,000
k=19	20,000	44,553	44,705	58,090	71,488	84,956	98,498	112,123	125,835	139,646	153,571	167,629	181,850	196,272	210,923	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,687	180,000
k=20	20,000	44,549	44,701	58,102	71,517	85,005	98,572	112,226	125,977	139,834	153,810	167,923	182,188	196,623	211,231	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,688	180,000
k=21	20,000	44,545	44,698	58,111	71,538	85,040	98,624	112,299	126,075	139,961	153,969	168,112	182,399	196,836	211,416	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,690	180,000
k=22	20,000	44,543	44,695	58,115	71,549	85,059	98,651	112,337	126,125	140,025	154,048	168,204	182,501	196,941	211,518	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,691	180,000

Anexa 3

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu nobasil

Tabel 5-3

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
k= 1	20,000	29,828	29,896	45,443	61,118	76,991	93,103	109,484	126,153	143,122	160,384	177,923	195,708	213,691	231,814	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,855	180,000
k= 2	20,000	29,826	29,894	45,433	61,099	76,963	93,066	109,438	126,101	143,063	160,323	177,864	195,657	213,655	231,802	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,856	180,000
k= 3	20,000	29,825	29,892	45,414	61,062	76,908	92,993	109,347	125,994	142,944	160,197	177,740	195,547	213,573	231,759	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,856	180,000
k= 4	20,000	29,823	29,890	45,386	61,007	76,826	92,883	109,209	125,830	142,758	159,997	177,541	195,366	213,434	231,683	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,856	180,000
k= 5	20,000	29,821	29,888	45,349	60,935	76,718	92,736	109,024	125,606	142,499	159,713	177,248	195,093	213,217	231,561	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,856	180,000
k= 6	20,000	29,818	29,885	45,305	60,849	76,586	92,557	108,793	125,320	142,160	159,328	176,837	194,692	212,884	231,367	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,856	180,000
k= 7	20,000	29,816	29,882	45,256	60,751	76,436	92,349	108,519	124,974	141,736	158,826	176,273	194,110	212,367	231,046	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,855	180,000
k= 8	20,000	29,813	29,880	45,204	60,647	76,275	92,121	108,214	124,576	141,228	158,195	175,517	193,262	211,540	230,474	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,852	180,000
k= 9	20,000	29,810	29,876	45,152	60,543	76,112	91,888	107,894	124,146	140,656	157,440	174,539	192,044	210,171	229,337	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,847	180,000
k=10	20,000	29,807	29,873	45,104	60,447	75,960	91,668	107,586	123,718	140,061	156,607	173,359	190,372	207,882	226,733	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,838	180,000
k=11	20,000	29,804	29,870	45,063	60,366	75,833	91,482	107,321	123,343	139,521	155,808	172,130	188,377	204,379	219,754	233,088	237,491	237,066	231,284	213,988	213,806	180,000	
k=12	20,000	29,801	29,867	45,034	60,309	75,743	91,352	107,136	123,078	139,133	155,219	171,193	186,813	201,651	214,915	225,113	229,862	229,548	224,180	213,715	213,704	180,000	
k=13	20,000	29,798	29,864	45,019	60,281	75,701	91,293	107,056	122,968	138,978	154,988	170,833	186,222	200,652	213,263	222,697	227,382	227,169	222,263	213,629	213,620	180,000	
k=14	20,000	29,795	29,861	45,018	60,283	75,708	91,310	107,089	123,029	139,084	155,173	171,153	186,783	201,633	214,910	225,124	229,875	229,549	224,144	213,593	213,580	180,000	
k=15	20,000	29,792	29,858	45,030	60,313	75,762	91,396	107,226	123,242	139,421	155,714	172,048	188,314	204,339	219,739	233,102	237,509	237,071	231,242	213,792	213,609	180,000	
k=16	20,000	29,789	29,855	45,053	60,365	75,851	91,536	107,437	123,561	139,904	156,459	173,229	190,269	207,814	226,704	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,617	180,000	
k=17	20,000	29,787	29,853	45,083	60,431	75,961	91,705	107,687	123,926	140,434	157,231	174,353	191,895	210,068	229,287	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,619	180,000	
k=18	20,000	29,784	29,851	45,115	60,501	76,078	91,881	107,941	124,284	140,933	157,914	175,266	193,059	211,397	230,402	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,622	180,000	
k=19	20,000	29,782	29,849	45,146	60,568	76,187	92,043	108,170	124,599	141,354	158,460	175,944	193,840	212,177	230,949	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,624	180,000	
k=20	20,000	29,780	29,847	45,172	60,624	76,278	92,176	108,356	124,847	141,674	158,858	176,413	194,343	212,636	231,239	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,626	180,000	
k=21	20,000	9,779	29,845	45,191	60,665	76,343	92,271	108,485	125,016	141,888	159,116	176,704	194,641	212,894	231,396	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,628	180,000	
k=22	20,000	9,778	29,844	45,201	60,686	76,377	92,319	108,551	125,102	141,995	159,242	176,843	194,780	213,012	231,472	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	213,629	180,000	

Anexa 4

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu azbest

Tabel 5-4

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
k= 1	20.000	55.696	55.955	59.800	63.994	68.545	73.446	78.688	84.258	90.138	96.305	102.735	109.400	116.275	123.335	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.710	180.000
k= 2	20.000	55.693	55.953	59.817	64.029	68.597	73.516	78.778	84.369	90.270	96.458	102.906	109.586	116.471	123.536	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.709	180.000
k= 3	20.000	55.694	55.956	59.853	64.097	68.698	73.653	78.954	84.587	90.531	96.762	103.251	109.962	116.865	123.930	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.706	180.000
k= 4	20.000	55.699	55.965	59.906	64.196	68.847	73.855	79.214	84.910	90.922	97.222	103.775	110.540	117.474	124.541	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.698	180.000
k= 5	20.000	55.709	55.979	59.977	64.325	69.038	74.116	79.552	85.334	91.441	97.841	104.491	111.340	118.328	125.403	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.681	180.000
k= 6	20.000	55.724	55.999	60.062	64.478	69.265	74.426	79.959	85.851	92.083	98.619	105.411	112.390	119.472	126.572	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.648	180.000
k= 7	20.000	55.744	56.024	60.157	64.648	69.518	74.775	80.419	86.444	92.833	99.552	106.544	113.724	120.971	128.138	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.583	180.000
k= 8	20.000	55.770	56.055	60.260	64.828	69.785	75.144	80.912	87.089	93.667	100.617	107.887	115.378	122.919	130.253	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.454	180.000
k= 9	20.000	55.799	56.090	60.364	65.007	70.050	75.512	81.408	87.749	94.538	101.768	109.404	117.362	125.441	133.204	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.205	180.000
k=10	20.000	55.832	56.127	60.464	65.174	70.296	75.853	81.871	88.372	95.379	102.914	110.992	119.602	128.638	137.581	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.722	180.000
k=11	20.000	55.868	56.166	60.553	65.319	70.505	76.142	82.261	88.900	96.100	103.918	112.434	121.786	132.279	144.813	162.727	177.205	189.754	200.988	211.180	211.824	180.000	
k=12	20.000	55.904	56.205	60.627	65.431	70.662	76.354	82.544	89.278	96.610	104.620	113.422	123.192	134.208	146.870	161.402	175.174	187.780	199.338	210.154	210.922	180.000	
k=13	20.000	55.940	56.242	60.682	65.506	70.758	76.475	82.696	89.467	96.849	104.928	113.824	123.713	134.827	147.364	161.104	174.527	187.026	198.552	209.359	210.124	180.000	
k=14	20.000	55.974	56.276	60.716	65.540	70.790	76.500	82.707	89.455	96.799	104.814	113.614	123.370	134.354	146.954	161.382	175.015	187.408	198.604	208.818	209.521	180.000	
k=15	20.000	56.007	56.307	60.731	65.535	70.761	76.435	82.591	89.260	96.483	104.314	112.830	122.161	132.598	145.013	162.716	176.956	189.150	199.758	208.757	209.221	180.000	
k=16	20.000	56.036	56.334	60.728	65.499	70.682	76.299	82.373	88.923	95.970	103.531	111.616	120.211	129.203	138.071	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	209.257	180.000
k=17	20.000	56.062	56.357	60.713	65.441	70.570	76.116	82.092	88.504	95.353	102.626	110.285	118.241	126.293	134.009	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	209.297	180.000
k=18	20.000	56.084	56.377	60.691	65.371	70.443	75.914	81.790	88.065	94.727	101.742	109.053	116.558	124.083	131.374	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	209.335	180.000
k=19	20.000	56.103	56.393	60.666	65.301	70.318	75.720	81.504	87.659	94.162	100.972	108.028	115.239	122.478	129.598	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	209.372	180.000
k=20	20.000	56.119	56.406	60.643	65.240	70.210	75.554	81.265	87.325	93.707	100.369	107.253	114.281	121.365	128.414	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	209.405	180.000
k=21	20.000	56.131	56.416	60.627	65.195	70.132	75.436	81.094	87.090	93.392	99.959	106.737	113.663	120.666	127.686	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	209.434	180.000
k=22	20.000	56.139	56.422	60.619	65.172	70.092	75.374	81.007	86.970	93.232	99.753	106.482	113.361	120.331	127.345	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	209.452	180.000

Anexa 5

Evoluția temperaturii pentru perete de 60 mm izolat cu vată minerală

Tabel 5-5

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k=1	20.000	20.006	20.006	20.082	20.227	20.544	21.224	22.613	25.287	30.138	38.398	51.581	71.254	98.652	134.194	177.065	225.077	250.000	250.000	250.000	208.263	180.000
k=2	20.000	20.006	20.006	20.082	20.225	20.539	21.214	22.592	25.249	30.071	38.290	51.418	71.033	98.387	133.924	176.856	224.998	250.000	250.000	250.000	208.264	180.000
k=3	20.000	20.006	20.006	20.080	20.221	20.530	21.194	22.551	25.171	29.933	38.061	51.072	70.556	97.802	133.315	176.369	224.805	250.000	250.000	250.000	208.264	180.000
k=4	20.000	20.006	20.006	20.078	20.215	20.516	21.163	22.489	25.052	29.718	37.702	50.516	69.768	96.803	132.224	175.447	224.416	250.000	250.000	250.000	208.264	180.000
k=5	20.000	20.006	20.006	20.075	20.207	20.498	21.124	22.408	24.896	29.434	37.217	49.743	68.631	95.282	130.442	173.788	223.612	250.000	250.000	250.000	208.261	180.000
k=6	20.000	20.006	20.006	20.072	20.199	20.478	21.081	22.318	24.719	29.106	36.644	48.800	67.176	93.192	127.718	170.814	221.720	250.000	250.000	250.000	208.256	180.000
k=7	20.000	20.006	20.006	20.069	20.191	20.459	21.040	22.232	24.549	28.786	36.072	47.826	65.584	90.689	123.933	165.507	216.244	250.000	250.000	250.000	208.244	180.000
k=8	20.000	20.006	20.006	20.067	20.185	20.446	21.009	22.169	24.421	28.544	35.631	47.051	64.249	88.376	119.735	157.101	196.620	228.335	231.199	208.550	208.210	180.000
k=9	20.000	20.006	20.006	20.066	20.182	20.439	20.996	22.141	24.366	28.440	35.444	46.724	63.685	87.386	117.908	153.497	189.326	215.888	220.893	208.133	208.102	180.000
k=10	20.000	20.006	20.006	20.066	20.183	20.442	21.001	22.153	24.392	28.494	35.554	46.940	64.108	88.215	119.582	156.987	196.568	228.326	231.185	208.470	208.128	180.000
k=11	20.000	20.006	20.006	20.068	20.187	20.450	21.021	22.195	24.481	28.669	35.888	47.562	65.242	90.298	123.555	165.228	216.141	250.000	250.000	250.000	208.134	180.000
k=12	20.000	20.006	20.006	20.069	20.191	20.461	21.046	22.249	24.591	28.886	36.294	48.291	66.507	92.416	126.955	170.240	221.505	250.000	250.000	250.000	208.136	180.000
k=13	20.000	20.006	20.006	20.071	20.195	20.470	21.066	22.292	24.679	29.057	36.610	48.847	67.432	93.861	129.013	172.685	223.187	250.000	250.000	250.000	208.138	180.000
k=14	20.000	20.006	20.006	20.071	20.196	20.473	21.073	22.308	24.710	29.118	36.723	49.044	67.757	94.354	129.677	173.402	223.594	250.000	250.000	250.000	208.139	180.000
k=15	20.000	20.006	20.006	20.070	20.195	20.469	21.064	22.288	24.672	29.044	36.591	48.819	67.397	93.821	128.973	172.654	223.174	250.000	250.000	250.000	208.138	180.000
k=16	20.000	20.006	20.006	20.069	20.190	20.459	21.041	22.239	24.573	28.855	36.245	48.222	66.416	92.311	126.851	170.157	221.468	250.000	250.000	250.000	208.133	180.000
k=17	20.000	20.006	20.006	20.067	20.185	20.445	21.010	22.175	24.443	28.605	35.787	47.415	65.051	90.076	123.332	165.044	216.048	250.000	250.000	250.000	208.122	180.000
k=18	20.000	20.006	20.006	20.065	20.179	20.432	20.981	22.114	24.320	28.370	35.357	46.656	63.734	87.778	119.138	156.610	196.321	228.221	231.127	208.430	208.088	180.000
k=19	20.000	20.006	20.006	20.063	20.175	20.423	20.961	22.071	24.237	28.216	35.087	46.201	62.993	86.570	117.077	152.799	188.880	215.675	220.769	208.012	207.982	180.000
k=20	20.000	20.006	20.006	20.063	20.173	20.418	20.951	22.052	24.204	28.164	35.019	46.145	63.033	86.922	118.245	155.880	195.946	228.144	231.099	208.351	208.008	180.000
k=21	20.000	20.006	20.006	20.062	20.172	20.417	20.949	22.051	24.207	28.184	35.089	46.348	63.561	88.219	121.349	163.405	215.361	250.000	250.000	250.000	208.014	180.000
k=22	20.000	20.006	20.006	20.062	20.172	20.417	20.950	22.055	24.219	28.217	35.172	46.544	64.010	89.198	123.355	167.072	220.073	250.000	250.000	250.000	208.016	180.000

Anexa 6

Evoluția temperaturii pentru perete de 60 mm izolat cu vată de sticlă

Tabel 5-6

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	29.333	29.461	40.450	51.663	63.187	75.081	87.399	100.184	113.468	127.273	141.608	156.468	171.835	187.676	203.935	220.529	250.000	250.000	250.000	208.333	180.000
k= 2	20.000	29.332	29.460	40.444	51.652	63.169	75.057	87.367	100.142	113.414	127.205	141.523	156.367	171.722	187.557	203.826	220.456	250.000	250.000	250.000	208.334	180.000
k= 3	20.000	29.331	29.458	40.432	51.630	63.136	75.009	87.303	100.059	113.307	127.070	141.356	156.164	171.487	187.304	203.586	220.275	250.000	250.000	250.000	208.336	180.000
k= 4	20.000	29.329	29.457	40.416	51.598	63.087	74.942	87.213	99.940	113.155	126.875	141.108	155.857	171.119	186.890	203.171	219.943	250.000	250.000	250.000	208.340	180.000
k= 5	20.000	29.328	29.455	40.396	51.559	63.028	74.859	87.102	99.795	112.966	126.631	140.793	155.452	170.607	186.274	202.498	219.359	250.000	250.000	250.000	208.345	180.000
k= 6	20.000	29.326	29.452	40.373	51.515	62.961	74.766	86.978	99.634	112.757	126.357	140.432	154.969	169.957	185.413	201.430	218.282	250.000	250.000	250.000	208.356	180.000
k= 7	20.000	29.324	29.450	40.349	51.469	62.890	74.669	86.850	99.469	112.545	126.081	140.062	154.458	169.220	184.310	199.780	216.096	250.000	250.000	250.000	208.376	180.000
k= 8	20.000	29.321	29.447	40.324	51.422	62.820	74.573	86.727	99.314	112.351	125.834	139.739	154.009	168.542	183.161	197.548	211.033	221.846	221.267	208.784	208.405	180.000
k= 9	20.000	29.318	29.444	40.300	51.376	62.752	74.483	86.615	99.178	112.190	125.645	139.515	153.732	168.170	182.589	196.507	208.874	217.325	217.008	208.427	208.351	180.000
k=10	20.000	29.316	29.441	40.276	51.332	62.688	74.401	86.516	99.065	112.067	125.523	139.409	153.672	168.216	182.868	197.313	210.884	221.822	221.278	208.790	208.411	180.000
k=11	20.000	29.312	29.438	40.254	51.290	62.629	74.326	86.428	98.971	111.977	125.454	139.393	153.771	168.550	183.701	199.282	215.758	250.000	250.000	250.000	208.415	180.000
k=12	20.000	29.309	29.434	40.232	51.251	62.573	74.256	86.348	98.887	111.901	125.407	139.409	153.908	168.908	184.443	200.624	217.725	250.000	250.000	250.000	208.416	180.000
k=13	20.000	29.306	29.431	40.211	51.212	62.518	74.187	86.269	98.804	111.823	125.349	139.397	153.981	169.126	184.874	201.306	218.520	250.000	250.000	250.000	208.417	180.000
k=14	20.000	29.302	29.427	40.190	51.174	62.464	74.118	86.187	98.713	111.727	125.256	139.318	153.934	169.131	184.954	201.464	218.705	250.000	250.000	250.000	208.419	180.000
k=15	20.000	29.298	29.423	40.169	51.137	62.410	74.048	86.101	98.610	111.608	125.119	139.159	153.745	168.903	184.677	201.147	218.412	250.000	250.000	250.000	208.424	180.000
k=16	20.000	29.294	29.419	40.149	51.100	62.357	73.977	86.011	98.498	111.469	124.942	138.927	153.428	168.453	184.038	200.296	217.501	250.000	250.000	250.000	208.433	180.000
k=17	20.000	29.291	29.415	40.129	51.066	62.306	73.909	85.922	98.384	111.322	124.747	138.656	153.032	167.844	183.068	198.764	215.399	250.000	250.000	250.000	208.452	180.000
k=18	20.000	29.286	29.411	40.111	51.034	62.259	73.845	85.839	98.278	111.183	124.562	138.399	152.651	167.230	181.975	196.572	210.349	221.512	221.153	208.855	208.478	180.000
k=19	20.000	29.283	29.407	40.096	51.007	62.219	73.791	85.769	98.188	111.070	124.417	138.210	152.396	166.863	181.389	195.504	208.154	216.933	216.867	208.496	208.422	180.000
k=20	20.000	29.279	29.403	40.084	50.985	62.188	73.749	85.715	98.122	110.990	124.326	138.115	152.317	166.855	181.582	196.210	210.092	221.455	221.154	208.857	208.480	180.000
k=21	20.000	29.276	29.399	40.075	50.970	62.167	73.721	85.680	98.079	110.943	124.281	138.092	152.361	167.073	182.237	197.967	214.788	250.000	250.000	250.000	208.483	180.000
k=22	20.000	29.273	29.397	40.070	50.963	62.157	73.707	85.663	98.060	110.923	124.267	138.097	152.418	167.254	182.684	198.916	216.380	250.000	250.000	250.000	208.483	180.000

Anexa 7

Evoluția temperaturii pentru perete de 60 mm izolat cu nobasil

Tabel 5-7

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k=1	20.000	20.012	20.013	20.124	20.326	20.740	21.582	23.214	26.216	31.438	40.008	53.263	72.542	98.874	132.597	173.032	218.363	250.000	250.000	250.000	208.261	180.000
k=2	20.000	20.012	20.013	20.123	20.323	20.734	21.569	23.190	26.172	31.362	39.889	53.088	72.308	98.594	132.309	172.799	218.255	250.000	250.000	250.000	208.262	180.000
k=3	20.000	20.012	20.013	20.121	20.317	20.722	21.543	23.140	26.082	31.208	39.642	52.722	71.811	97.989	131.671	172.265	217.998	250.000	250.000	250.000	208.263	180.000
k=4	20.000	20.012	20.013	20.118	20.309	20.703	21.506	23.067	25.947	30.975	39.264	52.150	71.012	96.980	130.558	171.285	217.494	250.000	250.000	250.000	208.262	180.000
k=5	20.000	20.012	20.013	20.114	20.299	20.681	21.459	22.974	25.775	30.673	38.765	51.374	69.889	95.486	128.793	169.578	216.504	250.000	250.000	250.000	208.260	180.000
k=6	20.000	20.012	20.013	20.110	20.288	20.656	21.408	22.873	25.585	30.333	38.188	50.449	68.486	93.488	126.177	166.637	214.354	250.000	250.000	250.000	208.255	180.000
k=7	20.000	20.012	20.013	20.106	20.278	20.634	21.360	22.778	25.405	30.007	37.624	49.511	66.983	91.151	122.654	161.639	208.823	250.000	250.000	250.000	208.244	180.000
k=8	20.000	20.012	20.012	20.104	20.270	20.617	21.325	22.708	25.270	29.761	37.191	48.772	65.738	89.032	118.862	154.149	191.606	222.820	227.135	208.558	208.212	180.000
k=9	20.000	20.012	20.012	20.102	20.267	20.609	21.309	22.676	25.210	29.652	37.001	48.452	65.203	88.117	117.207	150.920	185.067	211.252	217.701	208.135	208.105	180.000
k=10	20.000	20.012	20.012	20.102	20.268	20.611	21.313	22.685	25.230	29.695	37.091	48.633	65.563	88.835	118.672	154.001	191.530	222.804	227.118	208.480	208.133	180.000
k=11	20.000	20.012	20.012	20.104	20.271	20.620	21.332	22.726	25.313	29.856	37.393	49.188	66.571	90.684	122.198	161.288	208.664	250.000	250.000	250.000	208.139	180.000
k=12	20.000	20.012	20.012	20.106	20.277	20.631	21.358	22.779	25.419	30.058	37.765	49.848	67.709	92.593	125.291	165.943	214.037	250.000	250.000	250.000	208.141	180.000
k=13	20.000	20.012	20.012	20.107	20.281	20.641	21.379	22.822	25.503	30.218	38.055	50.353	68.547	93.909	127.195	168.294	215.904	250.000	250.000	250.000	208.142	180.000
k=14	20.000	20.012	20.012	20.108	20.282	20.644	21.386	22.837	25.532	30.273	38.157	50.529	68.838	94.356	127.810	168.992	216.377	250.000	250.000	250.000	208.143	180.000
k=15	20.000	20.012	20.012	20.107	20.280	20.639	21.375	22.816	25.492	30.200	38.027	50.314	68.499	93.854	127.140	168.250	215.882	250.000	250.000	250.000	208.142	180.000
k=16	20.000	20.012	20.012	20.105	20.275	20.627	21.350	22.764	25.391	30.013	37.697	49.753	67.589	92.455	125.153	165.831	213.980	250.000	250.000	250.000	208.138	180.000
k=17	20.000	20.012	20.012	20.102	20.267	20.611	21.316	22.695	25.259	29.767	37.258	48.998	66.328	90.404	121.916	161.051	208.530	250.000	250.000	250.000	208.127	180.000
k=18	20.000	20.012	20.012	20.100	20.261	20.596	21.283	22.629	25.131	29.532	36.841	48.280	65.108	88.308	118.134	153.536	191.211	222.652	227.037	208.442	208.096	180.000
k=19	20.000	20.011	20.012	20.097	20.255	20.584	21.258	22.580	25.040	29.370	36.566	47.831	64.396	87.173	116.241	150.090	184.508	210.972	217.546	208.018	207.989	180.000
k=20	20.000	20.011	20.012	20.096	20.252	20.577	21.244	22.555	24.996	29.302	36.474	47.737	64.374	87.415	117.195	152.739	190.757	222.546	226.999	208.365	208.017	180.000
k=21	20.000	20.011	20.012	20.096	20.251	20.574	21.240	22.548	24.989	29.303	36.512	47.882	64.793	88.501	119.862	159.281	207.634	250.000	250.000	250.000	208.023	180.000
k=22	20.000	20.011	20.012	20.095	20.250	20.574	21.239	22.548	24.995	29.324	36.571	48.036	65.164	89.336	121.621	162.590	212.217	250.000	250.000	250.000	208.025	180.000

Anexa 8

Evoluția temperaturii pentru perete de 80 mm izolat cu vată minerală

Tabel 5-8

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	20.000	20.000	20.000	20.002	20.007	20.024	20.083	20.263	20.777	22.123	25.351	32.384	46.207	70.544	108.634	161.233	224.866	250.000	250.000	199.248	180.000
k= 2	20.000	20.000	20.000	20.000	20.002	20.007	20.024	20.081	20.259	20.764	22.091	25.277	32.227	45.917	70.083	108.035	160.673	224.659	250.000	250.000	199.251	180.000
k= 3	20.000	20.000	20.000	20.000	20.002	20.006	20.023	20.078	20.250	20.740	22.027	25.125	31.904	45.303	69.070	106.646	159.262	224.054	250.000	250.000	199.256	180.000
k= 4	20.000	20.000	20.000	20.000	20.002	20.006	20.022	20.075	20.238	20.706	21.938	24.911	31.433	44.371	67.432	104.170	156.323	222.331	250.000	250.000	199.266	180.000
k= 5	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.006	20.021	20.071	20.226	20.671	21.845	24.681	30.911	43.282	65.346	100.509	150.659	216.434	250.000	250.000	199.283	180.000
k= 6	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.005	20.020	20.068	20.218	20.647	21.780	24.518	30.531	42.449	63.575	96.675	141.589	191.516	225.717	199.818	199.311	180.000
k= 7	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.005	20.020	20.068	20.216	20.642	21.769	24.492	30.481	42.361	63.446	96.524	141.460	191.462	225.714	199.837	199.330	180.000
k= 8	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.006	20.020	20.069	20.220	20.655	21.806	24.591	30.731	42.967	64.877	99.946	150.180	216.275	250.000	250.000	199.334	180.000
k= 9	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.006	20.021	20.071	20.226	20.673	21.854	24.718	31.040	43.668	66.359	102.841	155.144	221.919	250.000	250.000	199.336	180.000
k=10	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.006	20.021	20.072	20.229	20.680	21.876	24.774	31.172	43.959	66.944	103.881	156.633	223.023	250.000	250.000	199.339	180.000
k=11	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.006	20.021	20.071	20.226	20.672	21.853	24.716	31.036	43.661	66.349	102.830	155.134	221.914	250.000	250.000	199.347	180.000
k=12	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.005	20.020	20.069	20.220	20.654	21.803	24.585	30.719	42.946	64.847	99.911	150.150	216.260	250.000	250.000	199.363	180.000
k=13	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.005	20.020	20.067	20.215	20.639	21.761	24.475	30.447	42.304	63.363	96.427	141.378	191.420	225.717	199.895	199.389	180.000
k=14	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.005	20.020	20.067	20.215	20.639	21.761	24.475	30.446	42.302	63.361	96.426	141.377	191.423	225.722	199.913	199.407	180.000
k=15	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.005	20.020	20.069	20.220	20.654	21.802	24.583	30.714	42.939	64.837	99.901	150.143	216.262	250.000	250.000	199.409	180.000
k=16	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.006	20.021	20.071	20.226	20.671	21.850	24.710	31.023	43.640	66.318	102.794	155.105	221.906	250.000	250.000	199.409	180.000
k=17	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.006	20.021	20.071	20.227	20.677	21.868	24.756	31.137	43.899	66.856	103.776	156.544	222.992	250.000	250.000	199.411	180.000
k=18	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.006	20.020	20.070	20.223	20.665	21.835	24.675	30.953	43.515	66.131	102.565	154.900	221.826	250.000	250.000	199.418	180.000
k=19	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.005	20.019	20.067	20.214	20.638	21.762	24.493	30.532	42.614	64.342	99.280	149.561	215.995	250.000	250.000	199.432	180.000
k=20	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.005	20.018	20.064	20.204	20.608	21.682	24.293	30.071	41.623	62.300	95.053	140.013	190.550	225.520	199.961	199.456	180.000
k=21	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.005	20.018	20.061	20.196	20.586	21.624	24.156	29.776	41.057	61.353	93.728	138.604	189.714	225.395	199.977	199.473	180.000
k=22	20.000	20.000	20.000	20.000	20.001	20.005	20.017	20.060	20.192	20.576	21.599	24.100	29.677	40.946	61.475	95.093	144.848	213.469	250.000	250.000	199.474	180.000

Anexa 9

Evoluția temperaturii pentru perete de 80 mm izolat cu vată de sticlă

Tabel 5-9

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	22.648	22.723	29.242	36.119	43.557	51.744	60.854	71.038	82.425	95.110	109.156	124.592	141.409	159.566	178.983	199.532	221.010	250.000	250.000	199.542	180.000
k= 2	20.000	22.647	22.723	29.237	36.109	43.542	51.722	60.823	70.997	82.369	95.034	109.053	124.451	141.219	159.317	178.679	199.211	220.765	250.000	250.000	199.548	180.000
k= 3	20.000	22.647	22.722	29.228	36.090	43.511	51.679	60.765	70.918	82.263	94.891	108.859	124.184	140.852	158.820	178.040	198.483	220.148	250.000	250.000	199.562	180.000
k= 4	20.000	22.646	22.721	29.214	36.062	43.469	51.619	60.683	70.809	82.119	94.699	108.599	123.825	140.345	158.098	177.026	197.164	218.816	250.000	250.000	199.593	180.000
k= 5	20.000	22.645	22.720	29.197	36.028	43.416	51.545	60.585	70.682	81.953	94.482	108.310	123.429	139.780	157.245	175.673	194.990	215.768	250.000	250.000	199.655	180.000
k= 6	20.000	22.644	22.719	29.177	35.990	43.358	51.464	60.478	70.545	81.780	94.265	108.033	123.069	139.285	156.493	174.334	192.059	207.865	216.554	200.374	199.772	180.000
k= 7	20.000	22.643	22.718	29.156	35.949	43.295	51.379	60.368	70.408	81.613	94.065	107.801	122.804	138.994	156.190	174.042	191.815	207.716	216.548	200.447	199.849	180.000
k= 8	20.000	22.642	22.716	29.135	35.907	43.232	51.293	60.259	70.274	81.457	93.889	107.615	122.635	138.899	156.316	174.765	194.214	215.264	250.000	250.000	199.851	180.000
k= 9	20.000	22.640	22.714	29.112	35.864	43.168	51.208	60.152	70.146	81.309	93.728	107.454	122.502	138.858	156.493	175.409	195.728	217.842	250.000	250.000	199.854	180.000
k=10	20.000	22.638	22.712	29.090	35.822	43.106	51.125	60.048	70.021	81.166	93.570	107.290	122.348	138.743	156.468	175.557	196.138	218.444	250.000	250.000	199.864	180.000
k=11	20.000	22.636	22.710	29.069	35.780	43.044	51.043	59.946	69.900	81.025	93.411	107.111	122.145	138.503	156.159	175.118	195.505	217.707	250.000	250.000	199.890	180.000
k=12	20.000	22.634	22.707	29.047	35.740	42.985	50.965	59.848	69.782	80.887	93.250	106.922	121.910	138.174	155.630	174.166	193.751	214.982	250.000	250.000	199.948	180.000
k=13	20.000	22.631	22.704	29.026	35.701	42.927	50.888	59.753	69.668	80.754	93.098	106.745	121.692	137.870	155.117	173.097	191.082	207.274	216.449	200.654	200.059	180.000
k=14	20.000	22.629	22.702	29.006	35.663	42.871	50.815	59.661	69.560	80.630	92.960	106.597	121.539	137.719	154.977	172.977	190.994	207.229	216.463	200.723	200.131	180.000
k=15	20.000	22.626	22.699	28.986	35.627	42.818	50.744	59.574	69.456	80.512	92.834	106.474	121.446	137.714	155.201	173.797	193.473	214.821	250.000	250.000	200.130	180.000
k=16	20.000	22.623	22.696	28.968	35.592	42.767	50.676	59.489	69.354	80.396	92.708	106.352	121.355	137.714	155.416	174.473	195.010	217.410	250.000	250.000	200.129	180.000
k=17	20.000	22.620	22.692	28.950	35.559	42.719	50.611	59.406	69.254	80.277	92.573	106.205	121.207	137.593	155.373	174.592	195.387	217.986	250.000	250.000	200.136	180.000
k=18	20.000	22.617	22.689	28.934	35.529	42.674	50.551	59.328	69.155	80.156	92.424	106.022	120.980	137.303	154.986	174.056	194.656	217.178	250.000	250.000	200.158	180.000
k=19	20.000	22.614	22.686	28.919	35.503	42.635	50.497	59.258	69.064	80.038	92.270	105.817	120.695	136.881	154.317	172.924	192.713	214.309	250.000	250.000	200.211	180.000
k=20	20.000	22.611	22.683	28.908	35.482	42.604	50.453	59.199	68.986	79.935	92.131	105.623	120.414	136.450	153.595	171.567	189.715	206.321	216.154	200.902	200.315	180.000
k=21	20.000	22.609	22.681	28.899	35.467	42.581	50.422	59.157	68.929	79.858	92.026	105.478	120.208	136.157	153.184	171.019	189.074	205.775	216.061	200.965	200.382	180.000
k=22	20.000	22.607	22.679	28.895	35.460	42.570	50.407	59.135	68.900	79.818	91.971	105.403	120.109	136.040	153.110	171.250	190.613	212.308	250.000	250.000	200.380	180.000

Anexa 10

Evoluția temperaturii pentru perete de 80 mm izolat cu nobasil

Tabel 5-10

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.011	20.039	20.123	20.365	21.011	22.603	26.211	33.683	47.746	71.658	108.159	157.882	217.970	250.000	250.000	199.235	180.000
k= 2	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.011	20.038	20.121	20.359	20.995	22.565	26.125	33.511	47.437	71.175	107.532	157.274	217.687	250.000	250.000	199.238	180.000
k= 3	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.011	20.037	20.117	20.348	20.965	22.490	25.957	33.165	46.800	70.143	106.117	155.788	216.899	250.000	250.000	199.243	180.000
k= 4	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.010	20.035	20.112	20.332	20.924	22.389	25.724	32.675	45.861	68.526	103.680	152.816	214.841	250.000	250.000	199.252	180.000
k= 5	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.010	20.033	20.106	20.317	20.883	22.285	25.481	32.146	44.794	66.526	100.198	147.364	208.661	250.000	250.000	199.269	180.000
k= 6	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.010	20.032	20.103	20.307	20.855	22.213	25.309	31.764	43.988	64.861	96.671	139.145	186.353	220.250	199.800	199.295	180.000
k= 7	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.009	20.032	20.102	20.304	20.848	22.197	25.275	31.699	43.880	64.706	96.489	138.986	186.276	220.243	199.817	199.313	180.000
k= 8	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.010	20.032	20.103	20.309	20.860	22.231	25.365	31.922	44.416	65.975	99.541	146.787	208.420	250.000	250.000	199.316	180.000
k= 9	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.010	20.033	20.105	20.315	20.878	22.278	25.484	32.206	45.052	67.318	102.192	151.456	214.245	250.000	250.000	199.318	180.000
k=10	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.010	20.033	20.106	20.317	20.886	22.299	25.536	32.329	45.318	67.852	103.156	152.891	215.495	250.000	250.000	199.321	180.000
k=11	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.010	20.033	20.105	20.314	20.877	22.277	25.481	32.200	45.042	67.304	102.176	151.441	214.238	250.000	250.000	199.328	180.000
k=12	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.010	20.032	20.103	20.308	20.858	22.226	25.354	31.903	44.385	65.932	99.491	146.743	208.397	250.000	250.000	199.343	180.000
k=13	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.009	20.032	20.101	20.302	20.843	22.184	25.249	31.651	43.800	64.594	96.360	138.872	186.213	220.239	199.871	199.367	180.000
k=14	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.009	20.032	20.101	20.302	20.842	22.184	25.248	31.649	43.798	64.591	96.357	138.870	186.215	220.244	199.887	199.384	180.000
k=15	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.009	20.032	20.103	20.307	20.857	22.224	25.351	31.897	44.374	65.917	99.475	146.731	208.396	250.000	250.000	199.386	180.000
k=16	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.010	20.033	20.105	20.314	20.875	22.272	25.470	32.181	45.010	67.260	102.125	151.399	214.221	250.000	250.000	199.386	180.000
k=17	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.010	20.033	20.105	20.315	20.880	22.287	25.510	32.279	45.236	67.735	103.018	152.771	215.444	250.000	250.000	199.387	180.000
k=18	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.010	20.032	20.104	20.310	20.866	22.250	25.423	32.090	44.856	67.033	101.850	151.147	214.103	250.000	250.000	199.393	180.000
k=19	20.000	20.000	20.000	20.001	20.003	20.009	20.031	20.100	20.299	20.835	22.170	25.235	31.671	43.987	65.340	98.759	146.048	208.034	250.000	250.000	199.406	180.000
k=20	20.000	20.000	20.000	20.001	20.002	20.009	20.030	20.095	20.286	20.800	22.082	25.025	31.208	43.024	63.411	94.844	137.344	185.178	219.955	199.930	199.428	180.000
k=21	20.000	20.000	20.000	20.001	20.002	20.008	20.029	20.092	20.276	20.773	22.015	24.874	30.896	42.443	62.456	93.508	135.883	184.209	219.794	199.943	199.442	180.000
k=22	20.000	20.000	20.000	20.001	20.002	20.008	20.028	20.090	20.271	20.760	21.984	24.807	30.777	42.294	62.484	94.594	141.221	204.949	250.000	250.000	199.444	180.000

Anexa 11

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată minerală 16 mm spre exterior și vată de sticlă 10 mm lângă sursă

Tabel 5-11

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k=1	20.000	25.157	25.202	39.423	55.046	72.812	93.289	116.807	143.409	172.828	186.915	196.099	205.466	214.967	224.574	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.863	180.000
k=2	20.000	25.156	25.201	39.420	55.039	72.804	93.280	116.799	143.405	172.832	186.924	196.104	205.470	214.975	224.592	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.864	180.000
k=3	20.000	25.155	25.200	39.412	55.026	72.785	93.260	116.781	143.392	172.828	186.926	196.106	205.473	214.980	224.600	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.864	180.000
k=4	20.000	25.154	25.199	39.400	55.003	72.755	93.225	116.747	143.365	172.814	186.920	196.103	205.472	214.981	224.603	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.865	180.000
k=5	20.000	25.153	25.198	39.382	54.970	72.709	93.172	116.694	143.320	172.786	186.903	196.091	205.464	214.976	224.600	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.865	180.000
k=6	20.000	25.152	25.197	39.357	54.923	72.644	93.096	116.614	143.248	172.735	186.868	196.063	205.441	214.957	224.586	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.867	180.000
k=7	20.000	25.151	25.196	39.324	54.860	72.557	92.990	116.500	143.140	172.651	186.804	196.007	205.391	214.914	224.551	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.869	180.000
k=8	20.000	25.149	25.194	39.282	54.780	72.443	92.849	116.343	142.982	172.515	186.690	195.900	205.287	214.814	224.467	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.874	180.000
k=9	20.000	25.148	25.192	39.231	54.682	72.300	92.669	116.134	142.760	172.301	186.497	195.703	205.072	214.583	224.247	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.883	180.000
k=10	20.000	25.146	25.190	39.172	54.566	72.130	92.448	115.869	142.459	171.980	186.181	195.348	204.638	214.035	223.615	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.900	180.000
k=11	20.000	25.144	25.188	39.106	54.436	71.937	92.192	115.550	142.077	171.533	185.704	194.768	203.836	212.801	221.517	229.646	232.562	231.557	226.217	214.126	213.915	180.000
k=12	20.000	25.142	25.186	39.036	54.298	71.730	91.913	115.193	141.630	170.974	185.075	193.982	202.723	211.076	218.640	224.599	227.212	226.278	221.731	213.879	213.847	180.000
k=13	20.000	25.139	25.183	38.966	54.160	71.521	91.630	114.826	141.162	170.367	184.373	193.122	201.575	209.455	216.313	221.420	223.793	223.111	219.514	213.808	213.785	180.000
k=14	20.000	25.137	25.180	38.900	54.031	71.326	91.365	114.484	140.726	169.805	183.724	192.385	200.726	208.509	215.374	220.695	223.195	222.707	219.376	213.786	213.762	180.000
k=15	20.000	25.134	25.178	38.842	53.918	71.158	91.139	114.199	140.375	169.375	183.248	191.942	200.446	208.703	216.777	225.033	228.078	227.659	223.684	214.006	213.804	180.000
k=16	20.000	25.131	25.175	38.795	53.827	71.024	90.965	113.989	140.136	169.119	182.996	191.820	200.671	209.692	219.376	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.810	180.000
k=17	20.000	25.129	25.172	38.760	53.760	70.929	90.847	113.858	140.009	169.023	182.937	191.911	201.069	210.566	220.720	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.811	180.000
k=18	20.000	25.126	25.169	38.735	53.716	70.869	90.780	113.796	139.973	169.046	183.008	192.109	201.481	211.226	221.502	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.812	180.000
k=19	20.000	25.123	25.166	38.720	53.690	70.838	90.751	113.784	139.999	169.141	183.153	192.345	201.850	211.714	222.001	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.812	180.000
k=20	20.000	25.121	25.164	38.712	53.678	70.826	90.748	113.802	140.057	169.267	183.325	192.579	202.160	212.076	222.339	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.813	180.000
k=21	20.000	25.119	25.162	38.708	53.674	70.825	90.756	113.829	140.118	169.386	183.485	192.779	202.402	212.337	222.570	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.813	180.000
k=22	20.000	25.117	25.160	38.707	53.674	70.827	90.764	113.848	140.159	169.465	183.594	192.911	202.553	212.492	222.704	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.814	180.000

Anexa 12

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată minerală 16 mm lângă sursă și vată de sticlă 10 mm spre exterior

Tabel 5-12

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k=1	20.000	25.083	25.128	29.045	33.029	37.120	41.343	48.139	65.357	85.036	107.593	133.178	161.632	192.495	225.036	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.851	180.000
k=2	20.000	25.082	25.127	29.042	33.023	37.108	41.321	48.098	65.280	84.928	107.467	133.048	161.516	192.411	225.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.852	180.000
k=3	20.000	25.081	25.126	29.034	33.007	37.080	41.275	48.014	65.118	84.703	107.201	132.771	161.266	192.227	224.915	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.852	180.000
k=4	20.000	25.080	25.124	29.020	32.978	37.032	41.200	47.879	64.858	84.339	106.767	132.315	160.849	191.916	224.769	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.852	180.000
k=5	20.000	25.078	25.122	28.998	32.933	36.958	41.087	47.682	64.482	83.810	106.127	131.631	160.211	191.430	224.536	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.851	180.000
k=6	20.000	25.076	25.120	28.968	32.871	36.856	40.932	47.416	63.975	83.088	105.237	130.652	159.267	190.686	224.168	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.850	180.000
k=7	20.000	25.073	25.117	28.927	32.788	36.722	40.731	47.075	63.327	82.149	104.048	129.296	157.896	189.544	223.570	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.848	180.000
k=8	20.000	25.070	25.113	28.876	32.685	36.556	40.485	46.666	62.544	80.992	102.530	127.475	155.922	187.743	222.516	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.843	180.000
k=9	20.000	25.066	25.108	28.816	32.564	36.363	40.202	46.204	61.662	79.657	100.703	125.131	153.121	184.803	220.404	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.834	180.000
k=10	20.000	25.061	25.103	28.749	32.431	36.153	39.900	45.724	60.752	78.249	98.683	122.331	149.325	179.906	215.348	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.816	180.000
k=11	20.000	25.056	25.097	28.679	32.293	35.940	39.602	45.277	59.927	76.956	96.751	119.440	144.834	172.349	200.665	225.864	234.763	236.684	232.255	213.978	213.768	180.000
k=12	20.000	25.050	25.090	28.611	32.162	35.745	39.342	44.920	59.319	76.016	95.329	117.251	141.341	166.540	190.861	210.882	222.011	225.697	222.794	213.673	213.649	180.000
k=13	20.000	25.044	25.083	28.551	32.051	35.587	39.147	44.705	59.036	75.630	94.776	116.420	140.033	164.428	187.538	206.343	217.799	222.097	220.135	213.566	213.550	180.000
k=14	20.000	25.038	25.077	28.504	31.969	35.481	39.041	44.658	59.125	75.876	95.230	117.184	141.298	166.516	190.851	210.882	222.009	225.680	222.736	213.522	213.499	180.000
k=15	20.000	25.031	25.070	28.475	31.924	35.438	39.030	44.775	59.554	76.683	96.556	119.305	144.747	172.300	200.646	225.866	234.764	236.667	232.186	213.732	213.520	180.000
k=16	20.000	25.025	25.064	28.463	31.917	35.455	39.106	45.024	60.223	77.856	98.397	122.129	149.190	179.828	215.319	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.528	180.000
k=17	20.000	25.019	25.058	28.469	31.944	35.525	39.251	45.355	61.005	79.156	100.327	124.857	152.932	184.688	220.358	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.532	180.000
k=18	20.000	25.013	25.053	28.489	31.999	35.633	39.438	45.718	61.786	80.391	102.061	127.118	155.665	187.581	222.449	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.535	180.000
k=19	20.000	25.009	25.048	28.520	32.072	35.762	39.642	46.067	62.481	81.444	103.467	128.832	157.549	189.319	223.473	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.537	180.000
k=20	20.000	25.004	25.044	28.555	32.151	35.893	39.836	46.370	63.038	82.254	104.508	130.040	158.791	190.369	224.028	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.540	180.000
k=21	20.000	25.001	25.042	28.588	32.223	36.008	39.997	46.596	63.425	82.800	105.190	130.804	159.543	190.974	224.333	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.542	180.000
k=22	20.000	24.999	25.040	28.611	32.271	36.084	40.097	46.721	63.625	83.074	105.526	131.173	159.898	191.253	224.472	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.544	180.000

Anexa 13

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată minerală 10 mm lângă sursă și vată de sticlă 16 mm spre exterior

Tabel 5-13

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	30.456	30.535	37.469	44.470	51.581	58.821	66.206	73.753	81.476	93.754	123.502	155.242	188.741	223.503	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.851	180.000
k= 2	20.000	30.454	30.533	37.468	44.468	51.578	58.816	66.198	73.740	81.452	93.717	123.447	155.182	188.692	223.483	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.852	180.000
k= 3	20.000	30.452	30.531	37.464	44.462	51.569	58.802	66.178	73.708	81.406	93.642	123.326	155.047	188.582	223.429	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.852	180.000
k= 4	20.000	30.450	30.529	37.458	44.451	51.551	58.775	66.138	73.652	81.325	93.511	123.114	154.809	188.384	223.331	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.852	180.000
k= 5	20.000	30.448	30.527	37.448	44.432	51.521	58.730	66.073	73.559	81.194	93.300	122.770	154.416	188.051	223.163	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.851	180.000
k= 6	20.000	30.446	30.524	37.433	44.402	51.474	58.660	65.972	73.415	80.992	92.975	122.230	153.785	187.500	222.876	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.850	180.000
k= 7	20.000	30.443	30.521	37.411	44.359	51.404	58.557	65.823	73.203	80.694	92.492	121.407	152.785	186.582	222.370	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.848	180.000
k= 8	20.000	30.440	30.518	37.381	44.299	51.307	58.412	65.613	72.906	80.273	91.804	120.191	151.219	185.021	221.412	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.843	180.000
k= 9	20.000	30.436	30.514	37.341	44.219	51.178	58.220	65.336	72.511	79.714	90.880	118.476	148.826	182.307	219.380	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.834	180.000
k=10	20.000	30.432	30.509	37.290	44.118	51.017	57.980	64.992	72.023	79.024	89.739	116.255	145.381	177.576	214.338	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.816	180.000
k=11	20.000	30.427	30.503	37.231	43.999	50.827	57.701	64.597	71.473	78.260	88.511	113.796	141.122	170.072	199.458	225.407	234.571	236.601	232.224	213.978	213.767	180.000
k=12	20.000	30.421	30.497	37.164	43.866	50.619	57.402	64.185	70.920	77.531	87.447	111.798	137.707	164.245	189.529	210.197	221.675	225.541	222.733	213.672	213.649	180.000
k=13	20.000	30.415	30.490	37.093	43.729	50.408	57.108	63.800	70.436	76.956	86.785	110.852	136.294	162.040	186.119	205.574	217.410	221.913	220.062	213.565	213.549	180.000
k=14	20.000	30.408	30.483	37.024	43.597	50.212	56.849	63.484	70.086	76.623	86.645	111.194	137.275	163.964	189.375	210.135	221.649	225.514	222.672	213.521	213.498	180.000
k=15	20.000	30.401	30.475	36.961	43.481	50.047	56.646	63.266	69.900	76.554	86.994	112.645	140.298	169.542	199.187	225.329	234.546	236.576	232.151	213.731	213.519	180.000
k=16	20.000	30.394	30.467	36.909	43.388	49.923	56.512	63.156	69.872	76.705	87.657	114.657	144.231	176.850	214.022	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.527	180.000
k=17	20.000	30.386	30.459	36.868	43.322	49.845	56.445	63.140	69.966	76.991	88.405	116.545	147.423	181.420	219.001	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.531	180.000
k=18	20.000	30.378	30.451	36.841	43.283	49.809	56.438	63.197	70.136	77.332	89.094	118.035	149.633	184.011	220.980	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.534	180.000
k=19	20.000	30.371	30.444	36.826	43.267	49.808	56.473	63.300	70.341	77.672	89.668	119.111	151.069	185.478	221.895	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.537	180.000
k=20	20.000	30.365	30.437	36.821	43.270	49.831	56.535	63.423	70.548	77.975	90.113	119.843	151.967	186.315	222.362	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.539	180.000
k=21	20.000	30.359	30.432	36.822	43.282	49.865	56.604	63.541	70.726	78.216	90.423	120.299	152.491	186.776	222.605	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.542	180.000
k=22	20.000	30.355	30.428	36.825	43.294	49.892	56.654	63.622	70.842	78.363	90.589	120.520	152.734	186.984	222.714	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.543	180.000

Anexa 14

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată minerală 10 mm lângă sursă și 8 mm spre exterior și vată de sticlă 8 mm la mijloc

Tabel 5-14

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	24.493	24.534	37.256	51.336	67.525	75.932	81.593	87.566	93.848	104.086	130.381	159.580	191.194	224.481	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.851	180.000
k= 2	20.000	24.492	24.533	37.251	51.328	67.519	75.929	81.585	87.552	93.824	104.049	130.324	159.518	191.144	224.459	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.852	180.000
k= 3	20.000	24.492	24.532	37.239	51.308	67.496	75.908	81.559	87.517	93.774	103.969	130.198	159.379	191.031	224.404	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.852	180.000
k= 4	20.000	24.491	24.531	37.219	51.271	67.450	75.862	81.506	87.450	93.685	103.829	129.978	159.134	190.829	224.304	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.852	180.000
k= 5	20.000	24.490	24.530	37.187	51.213	67.374	75.785	81.417	87.338	93.538	103.601	129.619	158.731	190.489	224.133	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.851	180.000
k= 6	20.000	24.488	24.528	37.140	51.127	67.259	75.664	81.279	87.165	93.310	103.251	129.059	158.085	189.930	223.843	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.850	180.000
k= 7	20.000	24.487	24.526	37.077	51.008	67.095	75.488	81.075	86.910	92.974	102.733	128.209	157.067	189.002	223.334	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.848	180.000
k= 8	20.000	24.485	24.524	36.994	50.850	66.873	75.246	80.792	86.553	92.503	101.999	126.958	155.481	187.433	222.377	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.843	180.000
k= 9	20.000	24.482	24.522	36.892	50.652	66.588	74.928	80.418	86.082	91.877	101.016	125.204	153.069	184.722	220.359	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.834	180.000
k=10	20.000	24.480	24.518	36.771	50.415	66.241	74.536	79.956	85.498	91.106	99.804	122.938	149.612	180.021	215.384	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.816	180.000
k=11	20.000	24.476	24.515	36.636	50.149	65.844	74.081	79.422	84.834	90.245	98.491	120.427	145.348	172.591	200.765	225.896	234.772	236.685	232.255	213.978	213.768	180.000
k=12	20.000	24.473	24.511	36.494	49.868	65.419	73.590	78.855	84.153	89.404	97.329	118.366	141.911	166.802	190.966	210.917	222.019	225.697	222.793	213.673	213.649	180.000
k=13	20.000	24.469	24.506	36.354	49.590	64.998	73.101	78.306	83.530	88.706	96.557	117.342	140.452	164.584	187.580	206.346	217.793	222.091	220.132	213.566	213.550	180.000
k=14	20.000	24.465	24.502	36.226	49.335	64.612	72.653	77.826	83.034	88.242	96.300	117.593	141.362	166.447	190.771	210.837	221.986	225.668	222.731	213.522	213.499	180.000
k=15	20.000	24.460	24.497	36.116	49.119	64.288	72.281	77.451	82.705	88.041	96.529	118.946	144.295	171.919	200.423	225.796	234.739	236.658	232.182	213.732	213.520	180.000
k=16	20.000	24.456	24.492	36.030	48.952	64.042	72.002	77.198	82.541	88.064	97.076	120.860	148.131	179.093	214.981	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.528	180.000
k=17	20.000	24.451	24.487	35.970	48.839	63.879	71.821	77.059	82.512	88.232	97.717	122.661	151.246	183.581	219.874	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.531	180.000
k=18	20.000	24.446	24.483	35.934	48.774	63.790	71.727	77.014	82.575	88.468	98.313	124.078	153.397	186.123	221.821	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.535	180.000
k=19	20.000	24.442	24.478	35.918	48.748	63.761	71.702	77.037	82.691	88.719	98.809	125.097	154.790	187.560	222.719	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.537	180.000
k=20	20.000	24.438	24.474	35.915	48.749	63.773	71.724	77.099	82.827	88.951	99.191	125.785	155.658	188.378	223.177	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.540	180.000
k=21	20.000	24.435	24.471	35.919	48.763	63.803	71.767	77.174	82.953	89.138	99.457	126.211	156.163	188.827	223.416	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.542	180.000
k=22	20.000	24.432	24.469	35.923	48.775	63.830	71.804	77.230	83.039	89.254	99.599	126.416	156.396	189.029	223.522	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.544	180.000

Anexa 15

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată minerală spre exterior nobasil la mijloc și vată de sticlă lângă sursă

Tabel 5-15

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k=1	20.000	25.524	25.572	40.748	57.417	76.380	95.135	114.500	136.851	161.977	177.143	187.760	198.580	209.553	220.646	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.863	180.000
k=2	20.000	25.523	25.571	40.747	57.417	76.381	95.137	114.502	136.855	161.985	177.154	187.766	198.585	209.562	220.667	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.863	180.000
k=3	20.000	25.522	25.570	40.746	57.415	76.380	95.137	114.504	136.859	161.991	177.161	187.772	198.591	209.570	220.678	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.863	180.000
k=4	20.000	25.521	25.569	40.743	57.411	76.376	95.136	114.503	136.860	161.994	177.166	187.776	198.596	209.575	220.683	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.864	180.000
k=5	20.000	25.520	25.569	40.738	57.403	76.367	95.129	114.499	136.857	161.993	177.164	187.775	198.595	209.575	220.684	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.865	180.000
k=6	20.000	25.519	25.568	40.730	57.389	76.352	95.116	114.487	136.845	161.982	177.153	187.764	198.584	209.565	220.676	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.866	180.000
k=7	20.000	25.518	25.566	40.717	57.367	76.324	95.090	114.461	136.819	161.953	177.123	187.732	198.551	209.533	220.649	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.868	180.000
k=8	20.000	25.517	25.565	40.697	57.333	76.281	95.046	114.414	136.766	161.891	177.055	187.657	198.469	209.448	220.574	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.872	180.000
k=9	20.000	25.516	25.564	40.670	57.282	76.214	94.975	114.333	136.669	161.772	176.919	187.499	198.281	209.236	220.367	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.879	180.000
k=10	20.000	25.515	25.562	40.633	57.212	76.118	94.866	114.204	136.508	161.563	176.671	187.191	197.877	208.708	219.749	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.894	180.000
k=11	20.000	25.513	25.561	40.584	57.120	75.988	94.710	114.013	136.262	161.231	176.264	186.656	197.100	207.484	217.668	227.364	231.195	230.779	225.858	214.114	213.904	180.000
k=12	20.000	25.511	25.559	40.525	57.006	75.822	94.504	113.754	135.924	160.772	175.698	185.904	195.989	205.710	214.637	221.880	225.467	225.246	221.247	213.861	213.831	180.000
k=13	20.000	25.509	25.556	40.457	56.872	75.624	94.252	113.437	135.514	160.227	175.041	185.067	194.832	204.033	212.181	218.474	221.825	221.915	218.943	213.784	213.763	180.000
k=14	20.000	25.507	25.554	40.382	56.725	75.404	93.968	113.084	135.075	159.678	174.415	184.344	193.983	203.071	211.215	217.729	221.202	221.486	218.788	213.758	213.736	180.000
k=15	20.000	25.505	25.551	40.306	56.575	75.179	93.675	112.731	134.662	159.212	173.939	183.911	193.723	203.314	212.758	222.485	226.444	226.674	223.211	213.976	213.776	180.000
k=16	20.000	25.502	25.549	40.232	56.430	74.962	93.396	112.408	134.317	158.885	173.667	183.793	193.973	204.358	215.454	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.783	180.000
k=17	20.000	25.499	25.546	40.166	56.300	74.769	93.149	112.138	134.059	158.698	173.572	183.877	194.388	205.270	216.853	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.784	180.000
k=18	20.000	25.496	25.543	40.109	56.190	74.607	92.946	111.929	133.887	158.624	173.597	184.057	194.806	205.953	217.663	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.785	180.000
k=19	20.000	25.494	25.540	40.063	56.103	74.480	92.791	111.781	133.788	158.628	173.693	184.270	195.170	206.450	218.176	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.785	180.000
k=20	20.000	25.491	25.537	40.030	56.039	74.390	92.682	111.686	133.744	158.678	173.817	184.477	195.470	206.813	218.520	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.786	180.000
k=21	20.000	25.489	25.535	40.008	55.998	74.332	92.613	111.633	133.735	158.744	173.939	184.652	195.699	207.069	218.751	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.787	180.000
k=22	20.000	25.487	25.533	39.997	55.979	74.304	92.578	111.608	133.741	158.796	174.024	184.767	195.840	207.221	218.884	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.787	180.000

Anexa 16

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă spre exterior nobasil la mijloc și vată minerală lângă sursă

Tabel 5-16

τ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
k=1	20.000	24.273	24.312	27.754	31.263	34.877	40.285	51.614	64.897	80.515	101.292	128.441	158.315	190.461	224.184	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.851	180.000
k=2	20.000	24.272	24.311	27.753	31.260	34.870	40.276	51.598	64.872	80.474	101.220	128.351	158.226	190.393	224.155	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.852	180.000
k=3	20.000	24.271	24.310	27.749	31.252	34.857	40.255	51.559	64.807	80.373	101.059	128.152	158.031	190.243	224.084	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.852	180.000
k=4	20.000	24.270	24.309	27.741	31.237	34.834	40.215	51.483	64.686	80.190	100.779	127.811	157.693	189.980	223.958	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.851	180.000
k=5	20.000	24.269	24.308	27.729	31.214	34.795	40.148	51.357	64.486	79.894	100.339	127.273	157.154	189.553	223.749	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.851	180.000
k=6	20.000	24.267	24.306	27.711	31.177	34.736	40.045	51.163	64.181	79.446	99.683	126.463	156.324	188.876	223.409	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.850	180.000
k=7	20.000	24.265	24.304	27.685	31.124	34.649	39.895	50.882	63.740	78.804	98.746	125.283	155.067	187.799	222.836	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.848	180.000
k=8	20.000	24.263	24.301	27.649	31.050	34.529	39.689	50.496	63.136	77.928	97.471	123.624	153.193	186.049	221.800	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.843	180.000
k=9	20.000	24.260	24.297	27.602	30.954	34.373	39.420	49.997	62.360	76.803	95.835	121.398	150.454	183.128	219.681	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.834	180.000
k=10	20.000	24.256	24.293	27.543	30.836	34.182	39.093	49.395	61.431	75.471	93.910	118.641	146.659	178.192	214.556	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.816	180.000
k=11	20.000	24.252	24.288	27.475	30.698	33.963	38.726	48.730	60.426	74.060	91.933	115.694	142.094	170.512	199.612	225.427	234.563	236.590	232.218	213.977	213.767	180.000	180.000
k=12	20.000	24.247	24.282	27.401	30.551	33.731	38.348	48.073	59.469	72.789	90.305	113.349	138.471	164.568	189.627	210.199	221.651	225.518	222.721	213.672	213.649	180.000	180.000
k=13	20.000	24.241	24.276	27.326	30.404	33.507	38.003	47.509	58.707	71.889	89.397	112.274	136.995	162.335	186.207	205.572	217.381	221.887	220.048	213.565	213.549	180.000	180.000
k=14	20.000	24.234	24.269	27.257	30.273	33.316	37.732	47.117	58.260	71.519	89.396	112.742	138.081	164.336	189.508	210.154	221.632	225.495	222.661	213.521	213.498	180.000	180.000
k=15	20.000	24.228	24.261	27.200	30.170	33.175	37.566	46.945	58.182	71.713	90.240	114.556	141.362	170.080	199.405	225.371	234.545	236.568	232.146	213.731	213.519	180.000	180.000
k=16	20.000	24.221	24.254	27.160	30.104	33.099	37.517	47.001	58.450	72.371	91.647	117.103	145.664	177.613	214.317	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.527	180.000
k=17	20.000	24.215	24.248	27.139	30.078	33.089	37.580	47.249	58.978	73.313	93.244	119.612	149.286	182.446	219.404	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.531	180.000
k=18	20.000	24.208	24.241	27.137	30.091	33.138	37.734	47.634	59.659	74.365	94.772	121.726	151.931	185.303	221.494	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.534	180.000
k=19	20.000	24.203	24.236	27.151	30.135	33.234	37.948	48.092	60.393	75.391	96.094	123.368	153.763	187.013	222.510	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.537	180.000
k=20	20.000	24.198	24.231	27.177	30.200	33.355	38.186	48.558	61.090	76.296	97.148	124.563	154.986	188.050	223.061	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.539	180.000
k=21	20.000	24.194	24.227	27.206	30.269	33.477	38.409	48.967	61.673	77.007	97.895	125.347	155.741	188.652	223.363	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.541	180.000
k=22	20.000	24.191	24.225	27.229	30.321	33.565	38.563	49.239	62.047	77.439	98.295	125.740	156.103	188.933	223.503	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.543	180.000

Anexa 17

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată minerală având sursa de 10 mm și distanța între surse de 10 mm

Tabel 5-17

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	21.102	21.114	25.069	29.781	35.812	43.739	54.134	67.539	84.411	105.071	129.637	157.963	189.574	223.611	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.657	180.000
k= 2	20.000	21.102	21.114	25.037	29.712	35.698	43.566	53.887	67.198	83.957	104.492	128.946	157.219	188.911	223.245	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.656	180.000
k= 3	20.000	21.101	21.113	24.976	29.583	35.484	43.243	53.421	66.548	83.081	103.355	127.546	155.638	187.406	222.332	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.653	180.000
k= 4	20.000	21.100	21.112	24.895	29.410	35.198	42.809	52.792	65.663	81.864	101.725	125.432	153.054	184.625	220.291	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.645	180.000
k= 5	20.000	21.099	21.111	24.804	29.218	34.879	42.325	52.085	64.656	80.451	99.757	122.709	149.331	179.775	215.242	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.627	180.000
k= 6	20.000	21.098	21.109	24.715	29.032	34.571	41.856	51.402	63.677	79.057	97.755	119.765	144.792	172.160	200.473	225.738	234.669	236.600	232.154	213.791	213.580	180.000
k= 7	20.000	21.096	21.107	24.640	28.872	34.310	41.465	50.840	62.884	77.938	96.156	117.405	141.138	166.206	190.538	210.631	221.820	225.536	222.633	213.485	213.462	180.000
k= 8	20.000	21.094	21.105	24.583	28.756	34.124	41.196	50.469	62.391	77.293	95.311	116.272	139.550	163.865	187.054	205.991	217.549	221.901	219.953	213.379	213.363	180.000
k= 9	20.000	21.093	21.103	24.547	28.686	34.019	41.058	50.309	62.230	77.180	95.332	116.579	140.392	165.628	190.183	210.477	221.757	225.497	222.568	213.336	213.312	180.000
k=10	20.000	21.091	21.102	24.530	28.655	33.981	41.029	50.319	62.338	77.491	96.041	118.033	143.223	170.957	199.788	225.534	234.603	236.562	232.078	213.547	213.334	180.000
k=11	20.000	21.089	21.100	24.523	28.646	33.982	41.058	50.415	62.571	77.987	97.022	119.905	146.759	177.814	214.278	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.342	180.000
k=12	20.000	21.087	21.098	24.518	28.642	33.986	41.087	50.499	62.766	78.387	97.789	121.298	149.155	181.570	218.771	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.344	180.000
k=13	20.000	21.086	21.096	24.509	28.626	33.965	41.068	50.493	62.794	78.486	98.017	121.743	149.915	182.665	219.814	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.344	180.000
k=14	20.000	21.084	21.094	24.490	28.589	33.905	40.978	50.361	62.600	78.199	97.589	121.098	148.972	181.427	218.695	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.338	180.000
k=15	20.000	21.082	21.092	24.464	28.534	33.811	40.825	50.119	62.215	77.583	96.590	119.472	146.361	177.492	214.087	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.323	180.000
k=16	20.000	21.080	21.090	24.434	28.469	33.699	40.643	49.826	61.744	76.815	95.314	117.302	142.543	170.383	199.367	225.286	234.439	236.444	231.988	213.491	213.278	180.000
k=17	20.000	21.078	21.088	24.405	28.408	33.594	40.475	49.561	61.326	76.144	94.215	115.452	139.342	164.735	189.498	210.001	221.428	225.256	222.374	213.185	213.162	180.000
k=18	20.000	21.076	21.086	24.383	28.363	33.520	40.361	49.393	61.079	75.782	93.673	114.617	138.010	162.572	186.090	205.346	217.120	221.585	219.670	213.081	213.064	180.000
k=19	20.000	21.074	21.084	24.370	28.338	33.484	40.316	49.347	61.050	75.807	93.827	115.038	138.944	164.408	189.289	209.910	221.390	225.225	222.314	213.039	213.015	180.000
k=20	20.000	21.072	21.083	24.365	28.332	33.482	40.330	49.401	61.194	76.137	94.523	116.445	141.707	169.695	198.955	225.165	234.400	236.415	231.917	213.254	213.040	180.000
k=21	20.000	21.071	21.081	24.365	28.337	33.498	40.372	49.498	61.402	76.563	95.373	118.116	144.994	176.342	213.471	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.050	180.000
k=22	20.000	21.070	21.080	24.366	28.342	33.512	40.405	49.568	61.546	76.849	95.928	119.164	146.902	179.548	217.601	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.053	180.000

Anexa 18

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată minerală având sursa de 10 mm și distanța între surse de 20 mm

Tabel 5-18

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	21.014	21.026	24.697	29.084	34.734	42.217	52.121	65.021	81.441	101.796	126.320	154.977	187.358	222.565	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.466	180.000
k= 2	20.000	21.014	21.025	24.623	28.928	34.477	41.834	51.578	64.284	80.482	100.610	124.950	153.552	186.130	221.906	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.464	180.000
k= 3	20.000	21.012	21.023	24.482	28.628	33.983	41.092	50.522	62.839	78.583	98.223	122.123	150.498	183.351	220.290	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.456	180.000
k= 4	20.000	21.010	21.021	24.283	28.208	33.288	40.044	49.020	60.764	75.811	94.648	117.715	145.421	178.239	216.789	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.438	180.000
k= 5	20.000	21.008	21.017	24.046	27.703	32.450	38.775	47.185	58.200	72.320	90.013	111.709	137.881	169.354	208.487	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.401	180.000
k= 6	20.000	21.004	21.013	23.790	27.159	31.545	37.397	45.181	55.368	68.404	84.677	104.482	127.985	155.132	185.233	214.602	225.819	230.160	228.632	213.517	213.314	180.000
k= 7	20.000	21.000	21.008	23.540	26.628	30.661	36.046	43.206	52.559	64.486	79.280	97.085	117.797	140.875	164.928	186.867	201.428	210.301	214.258	213.131	213.129	180.000
k= 8	20.000	20.996	21.003	23.321	26.165	29.887	34.862	41.472	50.088	61.030	74.518	90.594	109.028	129.181	149.825	169.045	184.748	196.890	205.968	212.906	212.926	180.000
k= 9	20.000	20.991	20.997	23.156	25.815	29.304	33.971	40.169	48.233	58.444	70.973	85.816	102.710	121.065	139.926	158.069	174.404	188.660	201.151	212.687	212.719	180.000
k=10	20.000	20.986	20.992	23.059	25.613	28.972	33.467	39.437	47.200	57.017	69.040	83.246	99.377	116.894	134.997	152.759	169.418	184.703	198.843	212.478	212.516	180.000
k=11	20.000	20.981	20.988	23.040	25.578	28.920	33.396	39.347	47.092	56.895	68.909	83.114	99.252	116.783	134.901	152.674	169.331	184.599	198.703	212.290	212.327	180.000
k=12	20.000	20.977	20.984	23.097	25.707	29.144	33.754	39.892	47.900	58.065	70.567	85.406	102.325	120.728	139.644	157.826	174.162	188.367	200.752	212.132	212.164	180.000
k=13	20.000	20.974	20.981	23.221	25.980	29.610	34.483	40.989	49.504	60.363	73.801	89.873	108.358	128.609	149.372	168.686	184.407	196.474	205.371	212.024	212.043	180.000
k=14	20.000	20.971	20.978	23.395	26.359	30.253	35.487	42.487	51.686	63.482	78.194	95.992	116.791	140.048	164.333	186.473	201.090	209.880	213.587	211.989	211.986	180.000
k=15	20.000	20.969	20.977	23.597	26.798	30.995	36.637	44.197	54.160	67.000	83.143	102.929	126.561	154.006	184.534	214.309	225.619	229.902	228.122	212.227	212.015	180.000
k=16	20.000	20.967	20.976	23.807	27.249	31.754	37.804	45.914	56.619	70.454	87.938	109.571	135.902	167.823	207.716	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.035	180.000
k=17	20.000	20.966	20.976	24.003	27.669	32.455	38.871	47.463	58.796	73.438	91.942	114.840	142.670	176.049	215.683	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.051	180.000
k=18	20.000	20.966	20.976	24.171	28.028	33.047	39.760	48.726	60.521	75.711	94.827	118.345	146.669	180.084	218.506	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.065	180.000
k=19	20.000	20.965	20.976	24.304	28.310	33.505	40.433	49.654	61.736	77.213	96.558	120.146	148.247	181.045	218.636	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.078	180.000
k=20	20.000	20.965	20.976	24.400	28.510	33.826	40.892	50.264	62.484	78.040	97.316	120.542	147.794	179.146	215.429	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.090	180.000
k=21	20.000	20.965	20.976	24.461	28.636	34.024	41.167	50.611	62.873	78.389	97.442	120.076	145.985	174.353	203.429	228.649	237.263	238.471	232.775	212.308	212.084	180.000
k=22	20.000	20.966	20.977	24.490	28.695	34.117	41.293	50.763	63.028	78.488	97.365	119.575	144.575	171.102	196.762	217.471	228.107	230.311	224.893	212.062	212.029	180.000

Anexa 19

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată minerală având sursa de 12 mm și distanța între surse de 6 mm

Tabel 5-19

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	21.211	21.225	25.522	30.617	37.085	45.508	56.443	70.391	87.742	108.718	133.320	161.282	192.049	224.785	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.870	180.000
k= 2	20.000	21.211	21.225	25.508	30.587	37.037	45.437	56.343	70.256	87.567	108.503	133.074	161.029	191.836	224.676	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.871	180.000
k= 3	20.000	21.211	21.224	25.482	30.531	36.946	45.301	56.152	69.997	87.227	108.076	132.569	160.489	191.357	224.412	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.872	180.000
k= 4	20.000	21.210	21.224	25.446	30.456	36.823	45.118	55.891	69.637	86.745	107.450	131.790	159.594	190.484	223.865	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.873	180.000
k= 5	20.000	21.210	21.223	25.405	30.370	36.683	44.908	55.591	69.217	86.168	106.665	130.743	158.254	188.954	222.662	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.876	180.000
k= 6	20.000	21.209	21.222	25.364	30.284	36.543	44.699	55.291	68.794	85.571	105.815	129.509	156.430	186.316	219.572	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.882	180.000
k= 7	20.000	21.208	21.221	25.327	30.208	36.420	44.517	55.033	68.433	85.062	105.073	128.351	154.424	182.317	210.140	233.374	241.065	241.580	235.186	214.098	213.881	180.000
k= 8	20.000	21.207	21.220	25.298	30.149	36.325	44.382	54.849	68.191	84.746	104.652	127.753	153.466	180.553	206.629	227.293	236.613	237.459	230.355	213.887	213.843	180.000
k= 9	20.000	21.206	21.219	25.277	30.108	36.263	44.299	54.750	68.087	84.662	104.639	127.918	154.038	182.030	209.987	233.342	241.061	241.582	235.187	214.084	213.866	180.000
k=10	20.000	21.205	21.218	25.264	30.083	36.229	44.262	54.721	68.091	84.752	104.920	128.607	155.618	185.711	219.284	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.872	180.000
k=11	20.000	21.204	21.217	25.257	30.071	36.214	44.251	54.728	68.143	84.900	105.258	129.297	156.925	187.942	222.174	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.872	180.000
k=12	20.000	21.203	21.216	25.253	30.064	36.207	44.247	54.736	68.181	84.998	105.465	129.691	157.595	188.899	223.068	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.873	180.000
k=13	20.000	21.203	21.215	25.250	30.059	36.199	44.237	54.724	68.167	84.982	105.449	129.676	157.582	188.889	223.063	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.875	180.000
k=14	20.000	21.202	21.214	25.248	30.055	36.191	44.220	54.690	68.099	84.852	105.208	129.250	156.884	187.911	222.158	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.878	180.000
k=15	20.000	21.201	21.213	25.248	30.054	36.187	44.205	54.650	68.010	84.662	104.827	128.517	155.540	185.651	219.250	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.884	180.000
k=16	20.000	21.200	21.213	25.251	30.061	36.195	44.208	54.636	67.954	84.515	104.487	127.772	153.910	181.930	209.923	233.309	241.044	241.573	235.184	214.100	213.882	180.000
k=17	20.000	21.199	21.212	25.260	30.079	36.222	44.243	54.676	67.987	84.520	104.417	127.527	153.269	180.403	206.534	227.248	236.593	237.451	230.352	213.888	213.845	180.000
k=18	20.000	21.198	21.211	25.274	30.108	36.270	44.315	54.779	68.132	84.727	104.723	128.014	154.132	182.101	210.018	233.338	241.055	241.579	235.186	214.085	213.867	180.000
k=19	20.000	21.198	21.211	25.291	30.146	36.334	44.415	54.931	68.365	85.088	105.306	129.016	156.003	186.007	219.426	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.873	180.000
k=20	20.000	21.197	21.210	25.309	30.185	36.402	44.523	55.098	68.623	85.490	105.943	130.034	157.634	188.504	222.453	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.873	180.000
k=21	20.000	21.197	21.210	25.324	30.218	36.458	44.613	55.238	68.839	85.823	106.449	130.790	158.702	189.826	223.557	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.873	180.000
k=22	20.000	21.196	21.209	25.332	30.237	36.490	44.664	55.318	68.962	86.008	106.724	131.181	159.214	190.389	223.949	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.873	180.000

Anexa 20

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată minerală având sursa de 6 mm și distanța între surse de 12 mm

Tabel 5-20

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	20.912	20.923	24.269	28.289	33.500	40.450	49.710	61.858	77.449	96.982	120.857	149.338	182.476	219.877	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.833	180.000
k= 2	20.000	20.912	20.923	24.236	28.218	33.379	40.257	49.413	61.408	76.778	95.993	119.437	147.406	180.166	218.011	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.827	180.000
k= 3	20.000	20.912	20.922	24.177	28.090	33.159	39.909	48.878	60.601	75.566	94.184	116.755	143.509	174.843	212.307	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.807	180.000
k= 4	20.000	20.911	20.921	24.102	27.928	32.883	39.474	48.216	59.603	74.070	91.928	113.301	138.059	165.715	195.033	221.973	231.701	234.349	230.681	212.963	212.750	180.000
k= 5	20.000	20.910	20.920	24.023	27.760	32.600	39.035	47.555	58.626	72.628	89.782	110.052	133.017	157.675	182.106	202.883	215.125	220.348	219.425	212.628	212.611	180.000
k= 6	20.000	20.909	20.918	23.952	27.610	32.354	38.661	47.013	57.856	71.544	88.253	107.869	129.840	152.995	175.374	194.256	207.020	213.589	214.828	212.482	212.478	180.000
k= 7	20.000	20.907	20.917	23.897	27.496	32.171	38.398	46.658	57.401	70.991	87.621	107.197	129.192	152.450	174.994	194.046	206.912	213.523	214.761	212.378	212.373	180.000
k= 8	20.000	20.906	20.915	23.859	27.420	32.058	38.252	46.495	57.262	70.959	87.858	107.991	131.017	155.996	180.977	202.329	214.865	220.197	219.259	212.338	212.321	180.000
k= 9	20.000	20.905	20.914	23.836	27.378	32.001	38.195	46.470	57.335	71.263	88.639	109.713	134.517	162.735	193.175	221.365	231.476	234.230	230.527	212.561	212.346	180.000
k=10	20.000	20.903	20.912	23.824	27.357	31.977	38.182	46.499	57.465	71.613	89.440	111.415	138.043	170.125	209.664	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.355	180.000
k=11	20.000	20.902	20.911	23.817	27.346	31.965	38.173	46.505	57.511	71.745	89.750	112.077	139.372	172.591	213.234	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.353	180.000
k=12	20.000	20.901	20.910	23.815	27.342	31.955	38.152	46.459	57.416	71.554	89.373	111.341	137.967	170.054	209.612	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.337	180.000
k=13	20.000	20.899	20.909	23.820	27.349	31.958	38.136	46.392	57.238	71.146	88.505	109.565	134.363	162.585	193.039	221.257	231.378	234.136	230.439	212.500	212.284	180.000
k=14	20.000	20.898	20.907	23.835	27.379	31.996	38.167	46.383	57.120	70.788	87.659	107.771	130.787	155.766	180.759	202.126	214.670	220.000	219.062	212.165	212.148	180.000
k=15	20.000	20.897	20.907	23.868	27.446	32.096	38.294	46.520	57.225	70.775	87.366	106.912	128.890	152.148	174.709	193.779	206.650	213.243	214.445	212.023	212.018	180.000
k=16	20.000	20.897	20.906	23.921	27.557	32.275	38.550	46.864	57.661	71.298	87.956	107.527	129.471	152.628	175.038	193.957	206.729	213.261	214.410	211.922	211.917	180.000
k=17	20.000	20.896	20.906	23.994	27.713	32.531	38.936	47.418	58.439	72.379	89.463	109.665	132.583	157.242	181.736	202.604	214.870	220.044	218.973	211.890	211.872	180.000
k=18	20.000	20.896	20.906	24.081	27.900	32.843	39.415	48.126	59.466	73.861	91.623	112.885	137.551	165.190	194.629	221.786	231.561	234.171	230.345	212.125	211.907	180.000
k=19	20.000	20.896	20.906	24.173	28.096	33.173	39.925	48.884	60.572	75.464	93.954	116.341	142.893	174.124	211.797	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	211.932	180.000
k=20	20.000	20.896	20.907	24.256	28.274	33.474	40.390	49.574	61.570	76.882	95.941	119.092	146.634	178.985	216.933	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	211.957	180.000
k=21	20.000	20.897	20.908	24.319	28.410	33.702	40.741	50.091	62.307	77.900	97.289	120.761	148.443	180.375	216.934	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	211.989	180.000
k=22	20.000	20.897	20.908	24.353	28.483	33.825	40.930	50.367	62.695	78.419	97.933	121.432	148.770	179.163	210.381	236.226	244.097	244.261	236.893	212.259	212.023	180.000

Anexa 21

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă având sursa de 10 mm și distanța între surse de 10 mm

Tabel 5-21

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	43.901	44.052	57.290	70.553	83.901	97.344	110.893	124.563	138.370	152.336	166.488	180.855	195.461	210.310	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.837	180.000
k= 2	20.000	43.896	44.047	57.281	70.538	83.877	97.309	110.844	124.494	138.276	152.210	166.327	180.661	195.255	210.139	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.837	180.000
k= 3	20.000	43.892	44.043	57.266	70.509	83.832	97.243	110.750	124.362	138.094	151.963	166.001	180.255	194.795	209.709	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.837	180.000
k= 4	20.000	43.887	44.038	57.245	70.470	83.771	97.153	110.621	124.181	137.839	151.608	165.514	179.608	194.000	208.887	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.836	180.000
k= 5	20.000	43.883	44.033	57.220	70.424	83.700	97.049	110.473	123.970	137.539	151.178	164.892	178.713	192.747	207.332	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.833	180.000
k= 6	20.000	43.878	44.028	57.195	70.377	83.626	96.942	110.322	123.758	137.236	150.734	164.221	177.654	190.981	204.150	217.056	223.172	224.915	222.499	214.009	213.814	180.000
k= 7	20.000	43.873	44.022	57.170	70.331	83.556	96.844	110.188	123.574	136.979	150.365	163.662	176.753	189.420	201.235	211.279	217.373	219.577	218.179	213.736	213.718	180.000
k= 8	20.000	43.867	44.017	57.147	70.290	83.496	96.763	110.083	123.440	136.810	150.147	163.369	176.330	188.759	200.139	209.532	215.534	217.904	216.963	213.652	213.639	180.000
k= 9	20.000	43.862	44.011	57.127	70.255	83.448	96.702	110.012	123.366	136.743	150.107	163.395	176.495	189.195	201.074	211.215	217.358	219.570	218.146	213.629	213.608	180.000
k=10	20.000	43.856	44.006	57.109	70.227	83.410	96.659	109.970	123.339	136.756	150.206	163.668	177.112	190.499	203.791	216.939	223.143	224.905	222.454	213.844	213.646	180.000
k=11	20.000	43.851	44.000	57.093	70.202	83.378	96.625	109.944	123.336	136.804	150.358	164.018	177.835	191.939	206.680	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.653	180.000
k=12	20.000	43.845	43.994	57.078	70.178	83.349	96.593	109.917	123.326	136.834	150.466	164.266	178.321	192.781	207.886	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.655	180.000
k=13	20.000	43.840	43.988	57.063	70.154	83.317	96.556	109.877	123.289	136.809	150.468	164.318	178.453	193.017	208.197	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.657	180.000
k=14	20.000	43.834	43.983	57.047	70.129	83.281	96.509	109.818	123.215	136.714	150.341	164.142	178.204	192.678	207.806	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.657	180.000
k=15	20.000	43.828	43.977	57.031	70.102	83.243	96.456	109.744	123.110	136.560	150.104	163.764	177.593	191.724	206.515	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.656	180.000
k=16	20.000	43.822	43.971	57.016	70.076	83.204	96.401	109.665	122.994	136.381	149.814	163.274	176.733	190.153	203.492	216.654	222.899	224.713	222.328	213.834	213.638	180.000
k=17	20.000	43.816	43.965	57.001	70.053	83.170	96.352	109.595	122.892	136.225	149.562	162.846	175.966	188.711	200.652	210.849	217.057	219.335	217.981	213.560	213.543	180.000
k=18	20.000	43.810	43.959	56.989	70.033	83.142	96.315	109.547	122.826	136.134	149.430	162.642	175.629	188.124	199.604	209.114	215.214	217.654	216.759	213.478	213.464	180.000
k=19	20.000	43.805	43.953	56.979	70.019	83.124	96.293	109.523	122.805	136.124	149.448	162.723	175.842	188.600	200.574	210.829	217.063	219.339	217.953	213.456	213.435	180.000
k=20	20.000	43.800	43.948	56.972	70.010	83.114	96.285	109.521	122.821	136.177	149.581	163.019	176.470	189.909	203.305	216.610	222.903	224.717	222.290	213.672	213.473	180.000
k=21	20.000	43.795	43.944	56.967	70.005	83.110	96.285	109.531	122.851	136.252	149.746	163.361	177.163	191.303	206.157	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.482	180.000
k=22	20.000	43.792	43.940	56.965	70.003	83.109	96.287	109.540	122.874	136.303	149.853	163.574	177.569	192.022	207.240	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.484	180.000

Anexa 22

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă având sursa de 10 mm și distanța între surse de 20 mm

Tabel 5-22

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	42.483	42.628	55.317	68.052	80.906	93.904	107.078	120.462	134.099	148.037	162.331	177.037	192.197	207.813	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.588	180.000
k= 2	20.000	42.479	42.623	55.296	68.012	80.842	93.812	106.951	120.291	133.875	147.752	161.984	176.639	191.786	207.468	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.586	180.000
k= 3	20.000	42.474	42.618	55.256	67.934	80.720	93.635	106.705	119.959	133.437	147.187	161.279	175.806	190.887	206.653	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.580	180.000
k= 4	20.000	42.468	42.612	55.201	67.826	80.549	93.387	106.359	119.487	132.804	146.355	160.208	174.477	189.353	205.142	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.565	180.000
k= 5	20.000	42.462	42.605	55.136	67.697	80.344	93.089	105.940	118.911	132.020	145.296	158.790	172.603	186.953	202.385	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.536	180.000
k= 6	20.000	42.456	42.598	55.067	67.559	80.126	92.768	105.487	118.281	131.151	144.096	157.125	170.255	183.524	196.975	210.457	217.445	220.558	219.992	213.649	213.462	180.000
k= 7	20.000	42.449	42.590	54.999	67.425	79.913	92.456	105.045	117.663	130.289	142.894	155.433	167.836	179.974	191.562	201.867	208.973	213.080	214.425	213.288	213.285	180.000
k= 8	20.000	42.441	42.582	54.939	67.309	79.729	92.185	104.659	117.122	129.535	141.841	153.955	165.755	177.043	187.494	196.580	203.587	208.445	211.408	213.078	213.087	180.000
k= 9	20.000	42.434	42.574	54.894	67.222	79.591	91.984	104.372	116.720	128.975	141.061	152.873	164.262	175.017	184.855	193.424	200.398	205.745	209.718	212.868	212.883	180.000
k=10	20.000	42.426	42.566	54.866	67.172	79.514	91.872	104.215	116.501	128.670	140.640	152.295	163.478	173.982	183.551	191.920	198.888	204.463	208.893	212.668	212.685	180.000
k=11	20.000	42.419	42.559	54.858	67.164	79.505	91.862	104.203	116.486	128.652	140.619	152.272	163.452	173.951	183.516	191.875	198.827	204.375	208.764	212.486	212.502	180.000
k=12	20.000	42.412	42.552	54.872	67.199	79.565	91.954	104.336	116.677	128.922	140.999	152.802	164.182	174.929	184.753	193.297	200.225	205.493	209.348	212.335	212.348	180.000
k=13	20.000	42.406	42.547	54.904	67.272	79.688	92.137	104.601	117.050	129.447	141.736	153.836	165.623	176.900	187.338	196.396	203.338	208.074	210.841	212.232	212.238	180.000
k=14	20.000	42.400	42.542	54.952	67.377	79.860	92.393	104.966	117.564	130.167	142.746	155.262	167.649	179.779	191.365	201.670	208.711	212.670	213.753	212.205	212.196	180.000
k=15	20.000	42.396	42.538	55.010	67.503	80.065	92.695	105.393	118.159	130.994	143.901	156.894	170.000	183.264	196.732	210.270	217.213	220.185	219.339	212.434	212.237	180.000
k=16	20.000	42.392	42.535	55.074	67.639	80.283	93.013	105.839	118.772	131.831	145.049	158.487	172.260	186.603	202.075	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.258	180.000
k=17	20.000	42.389	42.532	55.138	67.772	80.496	93.321	106.263	119.342	132.590	146.054	159.817	174.012	188.861	204.710	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.275	180.000
k=18	20.000	42.386	42.530	55.196	67.895	80.689	93.596	106.634	119.828	133.212	146.838	160.783	175.170	190.169	205.990	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.293	180.000
k=19	20.000	42.384	42.529	55.246	67.999	80.851	93.823	106.933	120.206	133.672	147.376	161.378	175.774	190.705	206.375	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.315	180.000
k=20	20.000	42.382	42.528	55.285	68.079	80.976	93.993	107.152	120.471	133.974	147.688	161.647	175.901	190.551	205.860	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.343	180.000
k=21	20.000	42.381	42.527	55.312	68.133	81.059	94.106	107.293	120.635	134.144	147.830	161.687	175.691	189.786	203.885	217.871	224.327	225.781	222.491	212.575	212.368	180.000
k=22	20.000	42.380	42.525	55.325	68.161	81.101	94.162	107.361	120.711	134.217	147.874	161.648	175.450	189.070	202.023	213.151	219.603	221.360	218.725	212.355	212.329	180.000

Anexa 23

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă având sursa de 12 mm și distanța între surse de 6 mm

Tabel 5-23

$t=$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
k= 1	20.000	44.786	44.941	58.518	72.108	85.767	99.496	113.299	127.177	141.132	155.165	169.277	183.470	197.740	212.078	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.004	180.000
k= 2	20.000	44.782	44.936	58.514	72.104	85.761	99.488	113.288	127.161	141.110	155.137	169.243	183.432	197.705	212.062	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.006	180.000
k= 3	20.000	44.778	44.932	58.508	72.096	85.749	99.472	113.265	127.130	141.068	155.081	169.173	183.348	197.617	211.986	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.009	180.000
k= 4	20.000	44.773	44.928	58.501	72.084	85.733	99.449	113.234	127.087	141.008	155.000	169.064	183.211	197.458	211.836	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.017	180.000
k= 5	20.000	44.769	44.923	58.492	72.071	85.714	99.423	113.196	127.035	140.935	154.897	168.919	183.012	197.202	211.560	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.034	180.000
k= 6	20.000	44.765	44.919	58.484	72.057	85.694	99.395	113.158	126.981	140.859	154.785	168.751	182.754	196.811	211.035	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.066	180.000
k= 7	20.000	44.760	44.915	58.475	72.044	85.675	99.369	113.123	126.933	140.792	154.686	168.594	182.480	196.287	209.926	223.294	229.223	229.917	225.542	214.320	214.114	180.000	
k= 8	20.000	44.756	44.910	58.467	72.032	85.659	99.348	113.096	126.898	140.746	154.625	168.505	182.329	195.966	209.069	220.549	226.594	227.394	223.157	214.156	214.116	180.000	
k= 9	20.000	44.752	44.906	58.459	72.021	85.645	99.331	113.077	126.878	140.729	154.615	168.519	182.406	196.218	209.870	223.310	229.259	229.959	225.591	214.371	214.165	180.000	
k=10	20.000	44.747	44.901	58.453	72.013	85.635	99.319	113.066	126.871	140.731	154.642	168.597	182.597	196.663	210.903	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.170	180.000
k=11	20.000	44.743	44.897	58.447	72.005	85.626	99.311	113.059	126.869	140.741	154.676	168.678	182.763	196.967	211.365	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.170	180.000
k=12	20.000	44.739	44.893	58.441	71.999	85.619	99.304	113.053	126.866	140.746	154.695	168.723	182.850	197.108	211.543	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.172	180.000
k=13	20.000	44.734	44.889	58.436	71.993	85.613	99.297	113.045	126.859	140.739	154.688	168.717	182.845	197.105	211.542	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.178	180.000
k=14	20.000	44.730	44.884	58.432	71.988	85.607	99.290	113.037	126.846	140.719	154.654	168.659	182.748	196.958	211.363	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.193	180.000
k=15	20.000	44.726	44.880	58.428	71.984	85.603	99.284	113.028	126.832	140.692	154.605	168.564	182.571	196.648	210.909	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.224	180.000
k=16	20.000	44.722	44.876	58.424	71.981	85.600	99.281	113.023	126.822	140.672	154.561	168.469	182.363	196.188	209.858	223.277	229.239	229.964	225.630	214.474	214.269	180.000	
k=17	20.000	44.718	44.872	58.421	71.979	85.600	99.282	113.025	126.824	140.670	154.550	168.435	182.268	195.919	209.040	220.545	226.616	227.447	223.253	214.310	214.270	180.000	
k=18	20.000	44.714	44.868	58.419	71.979	85.602	99.287	113.034	126.838	140.693	154.587	168.500	182.396	196.217	209.875	223.317	229.281	230.008	225.678	214.522	214.316	180.000	
k=19	20.000	44.710	44.864	58.418	71.981	85.606	99.296	113.048	126.863	140.735	154.659	168.628	182.640	196.712	210.947	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.319	180.000
k=20	20.000	44.706	44.861	58.417	71.982	85.611	99.305	113.065	126.891	140.782	154.738	168.762	182.864	197.074	211.460	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.316	180.000
k=21	20.000	44.703	44.858	58.416	71.984	85.616	99.314	113.080	126.915	140.821	154.802	168.864	183.020	197.293	211.712	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.313	180.000
k=22	20.000	44.701	44.855	58.416	71.985	85.619	99.319	113.088	126.929	140.843	154.837	168.918	183.099	197.398	211.835	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.311	180.000

Anexa 24

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu vată de sticlă având sursa de 6 mm și distanța între surse de 12 mm

Tabel 5-24

$t=$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
k= 1	20.000	42.888	43.035	55.877	68.750	81.713	94.778	107.959	121.277	134.761	148.455	162.427	176.778	191.646	207.177	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.425	180.000
k= 2	20.000	42.884	43.030	55.869	68.736	81.690	94.742	107.903	121.190	134.626	148.246	162.109	176.314	191.025	206.502	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.422	180.000
k= 3	20.000	42.879	43.026	55.855	68.710	81.648	94.677	107.802	121.033	134.382	147.865	161.515	175.401	189.682	204.783	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.412	180.000
k= 4	20.000	42.875	43.021	55.838	68.678	81.595	94.594	107.675	120.839	134.079	147.388	160.751	174.150	187.566	200.986	214.303	220.807	223.068	221.319	213.568	213.375	180.000	
k= 5	20.000	42.871	43.017	55.819	68.643	81.540	94.509	107.548	120.646	133.785	146.930	160.018	172.942	185.501	197.305	207.499	213.980	216.877	216.480	213.263	213.250	180.000	
k= 6	20.000	42.866	43.012	55.802	68.611	81.490	94.436	107.441	120.493	133.562	146.601	159.519	172.162	184.248	195.292	204.496	210.814	214.049	214.527	213.133	213.129	180.000	
k= 7	20.000	42.862	43.007	55.787	68.586	81.452	94.383	107.371	120.402	133.449	146.465	159.366	172.001	184.097	195.172	204.422	210.771	214.014	214.476	213.043	213.037	180.000	
k= 8	20.000	42.857	43.003	55.776	68.568	81.428	94.353	107.338	120.374	133.444	146.518	159.547	172.442	185.025	196.930	207.296	213.874	216.795	216.356	213.017	213.001	180.000	
k= 9	20.000	42.853	42.998	55.769	68.559	81.418	94.344	107.337	120.393	133.511	146.689	159.932	173.254	186.687	200.275	214.009	220.673	222.973	221.172	213.236	213.038	180.000	
k=10	20.000	42.849	42.994	55.766	68.557	81.418	94.349	107.352	120.431	133.595	146.869	160.305	174.016	188.242	203.512	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.047	180.000
k=11	20.000	42.844	42.990	55.766	68.562	81.427	94.363	107.373	120.463	133.647	146.959	160.468	174.321	188.796	204.393	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.048	180.000
k=12	20.000	42.840	42.986	55.770	68.572	81.444	94.384	107.396	120.480	133.648	146.922	160.355	174.060	188.278	203.546	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.042	180.000
k=13	20.000	42.837	42.982	55.777	68.590	81.470	94.416	107.425	120.495	133.620	146.800	160.037	173.346	186.757	200.319	213.985	220.606	222.880	221.078	213.204	213.009	180.000	
k=14	20.000	42.833	42.979	55.789	68.616	81.509	94.464	107.476	120.532	133.615	146.694	159.717	172.591	185.141	196.997	207.292	213.809	216.683	216.219	212.901	212.888	180.000	
k=15	20.000	42.830	42.976	55.805	68.652	81.563	94.537	107.562	120.624	133.692	146.717	159.613	172.224	184.279	195.293	204.466	210.733	213.894	214.278	212.776	212.771	180.000	
k=16	20.000	42.827	42.973	55.826	68.698	81.636	94.637	107.694	120.788	133.889	146.944	159.861	172.479	184.515	195.482	204.589	210.802	213.917	214.254	212.691	212.684	180.000	
k=17	20.000	42.824	42.971	55.852	68.752	81.723	94.763	107.868	121.024	134.209	147.383	160.478	173.377	185.877	197.584	207.655	214.007	216.755	216.165	212.673	212.656	180.000	
k=18	20.000	42.822	42.969	55.879	68.811	81.819	94.905	108.070	121.310	134.616	147.972	161.355	174.737	188.085	201.369	214.490	220.853	222.968	221.016	212.905	212.705	180.000	
k=19	20.000	42.820	42.967	55.906	68.869	81.914	95.048	108.278	121.608	135.047	148.604	162.300	176.187	190.405	205.355	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.732	180.000
k=20	20.000	42.818	42.966	55.929	68.919	81.997	95.175	108.463	121.877	135.435	149.166	163.116	177.361	192.035	207.358	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.764	180.000
k=21	20.000	42.817	42.965	55.946	68.957	82.060	95.269	108.602	122.078	135.724	149.580	163.699	178.161	193.063	208.483	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.816	180.000
k=22	20.000	42.816	42.963	55.955	68.977	82.093	95.320	108.676	122.185	135.877	149.797	164.003	178.575	193.617	209.259	225.646	232.726	233.255	227.447	213.114	212.888	180.000	

Anexa 25

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu nobasil având sursa de 10 mm și distanța între surse de 10 mm

Tabel 5-25

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	29.404	29.469	44.538	59.745	75.170	90.866	106.877	123.246	140.010	157.207	174.868	193.015	211.646	230.696	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.765	180.000
k= 2	20.000	29.402	29.468	44.525	59.718	75.128	90.803	106.787	123.121	139.841	156.985	174.591	192.701	211.344	230.503	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.764	180.000
k= 3	20.000	29.400	29.466	44.500	59.668	75.047	90.683	106.616	122.882	139.513	156.544	174.023	192.022	210.645	230.002	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.763	180.000
k= 4	20.000	29.398	29.464	44.466	59.599	74.936	90.519	106.382	122.551	139.049	155.901	173.150	190.891	209.334	228.889	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.758	180.000
k= 5	20.000	29.396	29.461	44.427	59.519	74.808	90.330	106.111	122.166	138.500	155.111	172.005	189.237	207.039	226.256	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.749	180.000
k= 6	20.000	29.394	29.459	44.386	59.437	74.678	90.139	105.840	121.781	137.946	154.293	170.748	187.199	203.463	219.138	232.765	237.304	236.949	231.200	213.900	213.718	180.000
k= 7	20.000	29.392	29.456	44.347	59.359	74.557	89.967	105.601	121.453	137.486	153.624	169.726	185.543	200.633	214.174	224.628	229.554	229.352	224.051	213.627	213.616	180.000
k= 8	20.000	29.389	29.454	44.312	59.292	74.456	89.829	105.422	121.227	137.200	153.254	169.225	184.819	199.517	212.425	222.134	227.021	226.940	222.118	213.541	213.532	180.000
k= 9	20.000	29.387	29.451	44.283	59.238	74.377	89.731	105.312	121.116	137.113	153.232	169.340	185.197	200.362	214.005	224.562	229.535	229.340	224.011	213.505	213.492	180.000
k=10	20.000	29.384	29.448	44.259	59.194	74.319	89.666	105.257	121.099	137.185	153.486	169.946	186.473	202.894	218.797	232.670	237.283	236.940	231.154	213.705	213.521	180.000
k=11	20.000	29.381	29.446	44.239	59.158	74.273	89.621	105.231	121.126	137.324	153.845	170.724	188.053	206.101	225.726	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.529	180.000
k=12	20.000	29.379	29.443	44.219	59.125	74.230	89.577	105.202	121.138	137.423	154.110	171.285	189.108	207.869	228.036	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.531	180.000
k=13	20.000	29.376	29.440	44.200	59.089	74.181	89.519	105.142	121.089	137.404	154.150	171.431	189.416	208.368	228.582	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.531	180.000
k=14	20.000	29.373	29.437	44.178	59.050	74.123	89.442	105.043	120.961	137.236	153.921	171.105	188.948	207.742	227.959	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.529	180.000
k=15	20.000	29.370	29.434	44.156	59.007	74.058	89.348	104.909	120.767	136.944	153.460	170.355	187.722	205.832	225.552	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.522	180.000
k=16	20.000	29.367	29.431	44.134	58.965	73.991	89.249	104.764	120.548	136.598	152.890	169.373	185.952	202.456	218.464	232.443	237.118	236.814	231.060	213.676	213.493	180.000
k=17	20.000	29.364	29.428	44.114	58.926	73.931	89.161	104.636	120.357	136.300	152.403	168.538	184.466	199.741	213.518	224.201	229.269	229.138	223.853	213.403	213.392	180.000
k=18	20.000	29.361	29.425	44.098	58.896	73.885	89.097	104.549	120.238	136.134	152.159	168.159	183.847	198.699	211.799	221.695	226.713	226.704	221.905	213.318	213.309	180.000
k=19	20.000	29.358	29.422	44.086	58.875	73.857	89.063	104.513	120.210	136.130	152.216	168.343	184.280	199.588	213.421	224.169	229.264	229.133	223.816	213.283	213.271	180.000
k=20	20.000	29.356	29.419	44.078	58.864	73.844	89.054	104.519	120.253	136.255	152.507	168.967	185.558	202.126	218.258	232.394	237.114	236.812	231.019	213.486	213.301	180.000
k=21	20.000	29.353	29.417	44.074	58.859	73.840	89.059	104.545	120.326	136.423	152.865	169.706	187.067	205.262	225.205	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.311	180.000
k=22	20.000	29.352	29.416	44.072	58.857	73.841	89.066	104.567	120.378	136.536	153.099	170.168	187.943	206.796	227.332	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.313	180.000

Anexa 26

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu nobasil având sursa de 10 mm și distanța între surse de 20 mm

Tabel 5-26

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k=1	20.000	28.608	28.669	42.793	57.092	71.680	86.644	102.070	118.042	134.641	151.949	170.037	188.952	208.688	229.131	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.618	180.000
k=2	20.000	28.606	28.667	42.757	57.019	71.564	86.477	101.841	117.738	134.252	151.467	169.470	188.341	208.128	228.781	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.617	180.000
k=3	20.000	28.604	28.665	42.688	56.878	71.340	86.154	101.398	117.147	133.484	150.498	168.300	187.030	206.856	227.910	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.612	180.000
k=4	20.000	28.601	28.662	42.592	56.681	71.027	85.701	100.771	116.302	132.366	149.050	166.477	184.847	204.513	226.054	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.600	180.000
k=5	20.000	28.598	28.659	42.477	56.446	70.653	85.156	100.010	115.263	130.966	147.178	163.995	181.607	200.466	221.851	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.575	180.000
k=6	20.000	28.595	28.655	42.355	56.195	70.251	84.569	99.184	114.124	129.404	145.034	161.020	177.374	194.087	210.960	226.539	232.288	233.255	229.141	213.694	213.513	180.000
k=7	20.000	28.591	28.650	42.236	55.951	69.861	83.997	98.376	113.001	127.851	142.880	158.001	173.064	187.783	201.538	212.943	219.443	221.672	219.729	213.364	213.358	180.000
k=8	20.000	28.587	28.646	42.132	55.740	69.522	83.499	97.672	112.020	126.492	140.995	155.379	169.408	182.708	194.685	204.454	211.030	214.397	214.860	213.191	213.190	180.000
k=9	20.000	28.583	28.641	42.054	55.581	69.269	83.127	97.146	111.289	125.482	139.604	153.469	166.809	179.247	190.290	199.363	205.997	210.163	212.232	213.017	213.019	180.000
k=10	20.000	28.578	28.637	42.009	55.492	69.127	82.921	96.856	110.888	124.932	138.854	152.454	165.455	177.493	188.136	196.946	203.624	208.185	211.010	212.850	212.853	180.000
k=11	20.000	28.574	28.632	42.001	55.480	69.111	82.900	96.830	110.857	124.897	138.815	152.414	165.415	177.455	188.098	196.905	203.573	208.113	210.903	212.695	212.698	180.000
k=12	20.000	28.571	28.629	42.032	55.547	69.222	83.066	97.069	111.196	125.375	139.486	153.346	166.688	179.133	190.181	199.250	205.856	209.960	211.924	212.563	212.564	180.000
k=13	20.000	28.567	28.626	42.096	55.685	69.446	83.398	97.544	111.863	126.309	140.792	155.167	169.201	182.518	194.517	204.293	210.836	214.108	214.397	212.468	212.466	180.000
k=14	20.000	28.564	28.623	42.187	55.878	69.759	83.859	98.198	112.779	127.586	142.581	157.685	172.758	187.514	201.326	212.781	219.260	221.380	219.206	212.433	212.425	180.000
k=15	20.000	28.562	28.621	42.297	56.109	70.128	84.400	98.959	113.834	129.048	144.621	160.576	176.939	193.718	210.709	226.420	232.176	233.059	228.716	212.647	212.460	180.000
k=16	20.000	28.560	28.620	42.415	56.354	70.519	84.966	99.745	114.908	130.510	146.627	163.378	180.985	199.939	221.540	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.479	180.000
k=17	20.000	28.559	28.619	42.531	56.594	70.898	85.506	100.481	115.889	131.805	148.332	165.626	183.942	203.703	225.556	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.492	180.000
k=18	20.000	28.558	28.619	42.637	56.811	71.236	85.981	101.113	116.701	132.826	149.590	167.139	185.691	205.551	227.032	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.505	180.000
k=19	20.000	28.557	28.619	42.727	56.993	71.516	86.365	101.607	117.308	133.536	150.371	167.924	186.359	205.942	227.066	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.519	180.000
k=20	20.000	28.557	28.618	42.796	57.133	71.727	86.648	101.958	117.712	133.958	150.737	168.094	186.100	204.950	225.338	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.534	180.000
k=21	20.000	28.557	28.618	42.843	57.226	71.867	86.831	102.176	117.945	134.162	150.822	167.880	185.217	202.580	219.385	233.855	238.613	237.999	231.479	212.728	212.539	180.000
k=22	20.000	28.556	28.618	42.866	57.273	71.936	86.920	102.279	118.048	134.235	150.805	167.650	184.529	200.939	215.880	227.432	232.649	231.961	225.292	212.504	212.490	180.000

Anexa 27

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu nobasil având sursa de 12 mm și distanța între surse de 6 mm

Tabel 5-27

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	29.821	29.888	45.430	61.095	76.951	93.034	109.374	125.991	142.901	160.108	177.611	195.397	213.433	231.665	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.915	180.000
k= 2	20.000	29.819	29.887	45.425	61.085	76.935	93.010	109.339	125.944	142.838	160.029	177.516	195.293	213.340	231.614	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.915	180.000
k= 3	20.000	29.817	29.885	45.414	61.065	76.903	92.963	109.273	125.853	142.715	159.868	177.317	195.067	213.124	231.473	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.917	180.000
k= 4	20.000	29.816	29.883	45.400	61.037	76.859	92.899	109.182	125.725	142.538	159.628	177.003	194.685	212.720	231.174	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.921	180.000
k= 5	20.000	29.814	29.881	45.384	61.005	76.808	92.824	109.075	125.573	142.322	159.322	176.572	194.099	212.002	230.527	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.927	180.000
k= 6	20.000	29.812	29.879	45.367	60.972	76.756	92.747	108.965	125.416	142.095	158.984	176.055	193.291	210.767	228.958	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.941	180.000
k= 7	20.000	29.810	29.877	45.351	60.941	76.707	92.677	108.867	125.279	141.898	158.685	175.564	192.400	208.929	224.567	237.634	241.767	240.687	233.589	214.137	213.954	180.000
k= 8	20.000	29.808	29.875	45.337	60.914	76.666	92.621	108.794	125.184	141.775	158.517	175.314	191.975	208.103	222.821	234.200	238.784	237.438	229.627	213.946	213.928	180.000
k= 9	20.000	29.806	29.873	45.325	60.892	76.636	92.583	108.749	125.140	141.741	158.516	175.395	192.247	208.811	224.500	237.631	241.779	240.705	233.611	214.142	213.958	180.000
k=10	20.000	29.804	29.871	45.316	60.876	76.614	92.558	108.729	125.134	141.774	158.635	175.701	192.966	210.512	228.817	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.963	180.000
k=11	20.000	29.802	29.869	45.308	60.864	76.599	92.543	108.720	125.145	141.827	158.774	176.002	193.560	211.566	230.279	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.964	180.000
k=12	20.000	29.800	29.867	45.302	60.854	76.587	92.531	108.712	125.149	141.857	158.853	176.169	193.861	212.022	230.757	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.965	180.000
k=13	20.000	29.798	29.865	45.297	60.846	76.576	92.518	108.697	125.132	141.839	158.836	176.153	193.847	212.012	230.752	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.968	180.000
k=14	20.000	29.796	29.863	45.293	60.839	76.565	92.502	108.673	125.094	141.774	158.722	175.955	193.519	211.535	230.261	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.974	180.000
k=15	20.000	29.794	29.861	45.289	60.834	76.557	92.489	108.649	125.048	141.684	158.548	175.620	192.896	210.458	228.784	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.988	180.000
k=16	20.000	29.793	29.860	45.288	60.832	76.554	92.482	108.634	125.014	141.611	158.389	175.277	192.145	208.731	224.447	237.592	241.754	240.688	233.606	214.183	214.000	180.000
k=17	20.000	29.791	29.858	45.288	60.834	76.558	92.488	108.640	125.016	141.599	158.344	175.154	191.839	207.998	222.753	234.166	238.772	237.441	229.648	213.991	213.973	180.000
k=18	20.000	29.789	29.856	45.290	60.841	76.570	92.507	108.669	125.061	141.670	158.459	175.354	192.221	208.795	224.488	237.618	241.774	240.708	233.628	214.186	214.003	180.000
k=19	20.000	29.787	29.854	45.293	60.850	76.588	92.537	108.718	125.141	141.804	158.691	175.780	193.056	210.594	228.865	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.007	180.000
k=20	20.000	29.786	29.853	45.297	60.861	76.607	92.570	108.773	125.232	141.955	158.947	176.213	193.787	211.769	230.404	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.006	180.000
k=21	20.000	29.784	29.851	45.301	60.870	76.624	92.598	108.820	125.309	142.081	159.149	176.533	194.265	212.400	231.002	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.006	180.000
k=22	20.000	29.783	29.850	45.303	60.875	76.634	92.615	108.846	125.352	142.150	159.259	176.698	194.493	212.671	231.228	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	214.005	180.000

Anexa 28

Evoluția temperaturii pentru perete de 40 mm izolat cu nobasil având sursa de 6 mm și distanța între surse de 12 mm

Tabel 5-28

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
k= 1	20.000	28.820	28.883	43.276	57.817	72.594	87.665	103.088	118.922	135.232	152.104	169.657	188.057	207.519	228.219	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.296	180.000
k= 2	20.000	28.819	28.881	43.263	57.792	72.551	87.596	102.981	118.756	134.975	151.709	169.061	187.200	206.424	227.214	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.292	180.000
k= 3	20.000	28.817	28.880	43.241	57.744	72.471	87.471	102.787	118.457	134.511	150.985	167.932	185.469	203.914	224.261	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	213.280	180.000
k= 4	20.000	28.815	28.878	43.211	57.684	72.370	87.313	102.546	118.086	133.937	150.081	166.475	183.047	199.664	215.970	230.462	235.450	235.520	230.260	213.423	213.239	180.000
k= 5	20.000	28.814	28.876	43.180	57.619	72.264	87.151	102.303	117.722	133.384	149.222	165.109	180.812	195.912	209.625	220.445	225.881	226.436	222.207	213.128	213.119	180.000
k= 6	20.000	28.812	28.874	43.150	57.559	72.168	87.009	102.100	117.434	132.970	148.618	164.204	179.420	193.746	206.333	215.955	221.308	222.242	219.108	213.010	213.004	180.000
k= 7	20.000	28.810	28.872	43.126	57.511	72.094	86.906	101.964	117.262	132.764	148.381	163.948	179.169	193.527	206.176	215.868	221.262	222.208	219.060	212.921	212.915	180.000
k= 8	20.000	28.808	28.869	43.107	57.477	72.044	86.844	101.898	117.210	132.761	148.501	164.323	180.028	195.228	209.147	220.211	225.774	226.363	222.093	212.886	212.875	180.000
k= 9	20.000	28.806	28.867	43.095	57.456	72.017	86.817	101.885	117.240	132.892	148.844	165.094	181.635	198.415	215.129	230.180	235.348	235.459	230.150	213.092	212.905	180.000
k=10	20.000	28.803	28.865	43.089	57.445	72.006	86.811	101.896	117.295	133.042	149.193	165.853	183.241	201.853	222.907	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.915	180.000
k=11	20.000	28.801	28.863	43.087	57.444	72.005	86.813	101.906	117.322	133.107	149.337	166.155	183.854	203.016	224.690	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.915	180.000
k=12	20.000	28.800	28.861	43.089	57.449	72.012	86.819	101.905	117.302	133.047	149.194	165.848	183.231	201.836	222.887	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.906	180.000
k=13	20.000	28.798	28.860	43.096	57.464	72.031	86.834	101.903	117.256	132.903	148.847	165.087	181.615	198.381	215.082	230.114	235.271	235.374	230.066	213.054	212.869	180.000
k=14	20.000	28.796	28.858	43.109	57.490	72.067	86.873	101.929	117.238	132.782	148.509	164.315	180.002	195.184	209.082	220.120	225.659	226.228	221.947	212.760	212.751	180.000
k=15	20.000	28.794	28.856	43.130	57.532	72.128	86.949	102.011	117.306	132.796	148.397	163.943	179.140	193.477	206.104	215.771	221.134	222.037	218.837	212.645	212.639	180.000
k=16	20.000	28.793	28.855	43.158	57.590	72.218	87.072	102.168	117.497	133.020	148.645	164.202	179.388	193.688	206.256	215.859	221.176	222.045	218.807	212.560	212.554	180.000
k=17	20.000	28.792	28.854	43.192	57.662	72.333	87.239	102.399	117.814	133.458	149.265	165.110	180.769	195.838	209.541	220.367	225.775	226.255	221.875	212.531	212.520	180.000
k=18	20.000	28.791	28.853	43.231	57.743	72.465	87.434	102.681	118.219	134.047	150.146	166.477	182.981	199.550	215.860	230.413	235.393	235.405	229.996	212.748	212.560	180.000
k=19	20.000	28.790	28.852	43.269	57.825	72.598	87.635	102.974	118.646	134.674	151.088	167.937	185.353	203.700	224.062	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.583	180.000
k=20	20.000	28.789	28.852	43.303	57.897	72.716	87.814	103.236	119.025	135.223	151.882	169.088	187.008	205.993	226.725	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.606	180.000
k=21	20.000	28.788	28.851	43.328	57.951	72.805	87.947	103.430	119.302	135.612	152.414	169.778	187.807	206.689	226.884	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	212.641	180.000
k=22	20.000	28.788	28.851	43.342	57.979	72.852	88.018	103.532	119.446	135.808	152.664	170.051	187.958	206.220	224.164	239.460	244.201	243.162	235.320	212.875	212.682	180.000