



## STUDIUL BIBLIOGRAFIC PRIVIND REGIMUL TERMIC ȘI DE UMIDITATE ȘI IMPACTUL ACESTUIA ASUPRA PROPRIETĂȚILOR TERMOIZOLANTE ALE MATERIALELOR DE CONSTRUCȚIE DIN STRUCTURA ANVELOPEI CLĂDIRILOR

Lilia SOCOLOV <sup>1</sup>,  
Vera GUȚUL <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamentul Alimentații cu Căldură, Apă, Gaze și Protecția Mediului, Facultatea Urbanism și Arhitectură, Universitatea Tehnică a Moldovei, mun. Chișinău, Republica Moldova

\*Autorul corespondent: Lilia Socolov, e-mail: lilia.socolov@acagpm.utm.md

**Rezumat.** Regimul termic și de umiditate al anvelopei clădirii exercită o influență considerabilă asupra caracteristicilor termice și durabilității materialelor de construcții, fiind esențial pentru asigurarea eficienței energetice. Umiditatea ridicată și fluctuațiile de temperatură pot compromite rezistența termică a îngrădirilor exterioare și pot genera deteriorări structurale, evidențiind astfel necesitatea unei gestionări adecvate a acestor parametri. Studiul aprofundat al regimului termic și de umiditate este crucial pentru dezvoltarea materialelor de construcții capabile să mențină performanțele termoizolante în condiții variabile de climă. Printr-o evaluare bibliografică detaliată a literaturii de specialitate, această cercetare are ca scop identificarea direcțiilor de investigare și a provocărilor existente în acest domeniu. Analiza combinată a literaturii și evaluarea critică furnizează o înțelegere detaliată a modului în care regimul termic și de umiditate afectează clădirile, contribuind la elaborarea unor strategii eficiente pentru clădiri durabile și eficiente energetic. Evaluarea bibliografică oferă un cadru solid pentru identificarea lacunelor și optimizarea soluțiilor actuale, însă sunt necesare cercetări suplimentare pentru a extinde aplicabilitatea rezultatelor în diverse condiții climatice. Continuarea investigațiilor în acest domeniu este esențială pentru dezvoltarea unor soluții practice și adaptabile, care să îmbunătățească performanțele termoizolante ale materialelor de construcții.

**Cuvinte cheie:** regim termic, regim de umiditate, anvelopa clădirii, performanțe termoizolante.

### Introducere

Regimul termic și de umiditate al anvelopei clădirii reprezintă un factor esențial care influențează considerabil caracteristicile termice și durabilitatea materialelor de construcție utilizate în edificarea clădirilor. În contextul actual, unde eficiența energetică a clădirilor a devenit o prioritate globală, conștientizarea și gestionarea adecvată a interacțiunii dintre umiditate și temperatură în interiorul elementelor structurale ale unei clădiri sunt de o importanță crucială.

Umiditatea care pătrunde în materialele de construcție, fie din surse interne, fie externe, exercită un impact major asupra capacității acestora de a menține proprietățile izolante din punct de vedere termic. Creșterea nivelurilor de umiditate poate duce la o reducere drastică a rezistenței termice a materialelor, ceea ce va avea ca rezultat o creștere inevitabilă a consumului de energie necesar pentru menținerea unui climat interior confortabil. În plus, variațiile de temperatură, combinate cu prezența umidității, pot provoca defecte fizice ale materialelor, cum ar fi fisuri sau deformații, care pot compromite stabilitatea structurală a anvelopei clădirii.

În acest context, studiul regimului termic și de umiditate devine deosebit de relevant pentru dezvoltarea și aplicarea materialelor de construcție capabile să păstreze proprietățile izolante din punct de vedere termic în condiții variabile de umiditate și temperatură. De asemenea, concluziile acestor studii au un impact semnificativ asupra proiectării și implementării soluțiilor care urmăresc



minimizarea efectelor negative ale factorilor hidrotermici asupra eficienței energetice a clădirilor. Având în vedere cerințele stricte de eficiență energetică și protecție a mediului impuse proiectelor de construcție, importanța regimului termic și de umiditate devine un element central în crearea unui mediu de viață durabil și eficient din punct de vedere energetic.

### **Metoda aplicată în acest studiu**

Analiza bibliografică este esențială pentru cercetare, oferind o înțelegere profundă a cunoștințelor existente și evidențiind lacunele din literatura de specialitate.

Studiul utilizează metoda combinată de „Căutare Sistematică a Literaturii” și „Analiză Critică”, asigurând o identificare completă a surselor relevante și o evaluare critică a acestora pentru o viziune integrată asupra subiectului. Principalele etape ale acestei metode includ:

- definirea Criteriilor de Căutare;
- căutarea Sistematică în Baze de Date;
- selecția Literaturii Relevante;
- evaluarea Critică a cercetărilor anterioare;
- sintetizarea și Contextualizarea Informațiilor;
- formularea scopului și obiectivelor cercetării.

### **Rezultatele studiului**

Metodele de calcul pentru regimul de umiditate al îngădirilor delimitătoare ale clădirilor au început să fie intens studiate și dezvoltate activ în ultimele șapte decenii, în paralel cu demararea construcției industriale a clădirilor cu structuri de închidere multistrat. Înainte de această perioadă, acest aspect nu a beneficiat de atenția necesară, în mare parte din cauza experienței limitate în utilizarea structurilor multistrat dotate cu straturi termoizolante.

Evaluarea caracteristicilor de protecție termică și a eficienței energetice a clădirilor se bazează pe atingerea unui nivel standard al consumului de energie. Abordarea conceptuală privind reglementarea eficienței energetice se fundamentează pe dezvoltările teoretice elaborate de V.N. Bogoslovsky [[1],[2]], V.D. Machinsky [[3],[4]], K.F. Fokin [[5],[6]], O. Fanger [[7]], și Yu.A. Tabunshchikov [[8],[9],[10],[11]]. Lucrările examinate furnizează un fundament științific robust prin analiza critică a literaturii și introduc metode noi de calcul pentru adsorbția și sorbția/desorbția vaporilor de apă. Cercetările contribuie la o înțelegere detaliată a impactului umidității asupra proprietăților termoizolante, deși rezultatele experimentale pot fi restrânse de particularitățile climatice locale. În ciuda valorii teoretice ridicate, aplicarea pe scară largă este limitată de necesitatea unor echipamente avansate și experți cu o calificare înaltă, evidențiind importanța unor cercetări ulterioare.

Lucrarea lui V.G. Gagarin [[12]] se concentrează pe studiul stării și transferului de umiditate în materialele de construcție și asupra influenței acestor procese asupra proprietăților de protecție termică a anvelopelor clădirilor. Lucrarea tratează un subiect de actualitate în contextul creșterii eficienței energetice a clădirilor, oferind o examinare detaliată a transferului de umiditate în materialele de construcție și constituind o fundație științifică solidă. Cercetarea introduce idei noi și metode inovatoare, deși implementarea acestora poate fi restricționată de condițiile climatice locale și de cerințele privind echipamentele sofisticate și experții specializați. Se subliniază necesitatea unor cercetări adiționale, în special în ceea ce privește migrarea umidității în timpul proceselor de hidratare, precum și utilizarea practică a metodelor propuse, care se bazează pe resurse computaționale și date experimentale precise.

Lucrarea lui V.V. Kozlov [[13]] se axează pe dezvoltarea unei metode ingineresti pentru evaluarea stării de umiditate a anvelopelor clădirilor moderne, luând în considerare permeabilitatea la vapori, conductivitatea umidității și filtrarea aerului. Teza analizează protecția termică și durabilitatea clădirilor în contextul schimbărilor climatice, oferind o bază științifică solidă printr-o evaluare detaliată a stării de umiditate a structurilor de închidere. Introducerea conceptului de „potențial de umiditate” și utilizarea metodelor inovatoare de calcul reflectă abordarea originală a



autorului, iar metoda propusă este aplicabilă în proiectare și construcții. Deși rezultatele experimentale sunt valoroase, aplicabilitatea lor poate fi limitată de condițiile climatice și cerințele tehnice, evidențiind nevoia de cercetări suplimentare.

Lucrarea lui S.V. Kornienko [[14]] se axează pe cercetarea și perfecționarea metodelor de calcul pentru condițiile de temperatură și umiditate ale anvelopelor clădirilor, având ca scop îmbunătățirea eficienței energetice a acestora. Studiul este deosebit de relevant în contextul economisirii energiei și îmbunătățirii izolației termice a clădirilor, analizând starea de umiditate din materialele de construcție și elaborând teoria potențialului de umiditate pe baza cercetărilor experimentale. Lucrarea se fundamentează pe o examinare detaliată a metodelor existente, introducând noi concepte care largesc posibilitățile de aplicare practică, iar metodele propuse au fost implementate în proiectarea tehnică, demonstrând eficacitatea lor. Cu toate acestea, constrângerile impuse de condițiile de testare și complexitatea echipamentelor necesare evidențiază necesitatea unor cercetări suplimentare pentru a asigura o aplicabilitate mai largă.

Lucrarea lui P.P. Pastușkov [[15]] se concentrează pe analiza influenței regimului de umiditate al structurilor de închidere cu straturi exterioare de ipsos asupra eficienței energetice a materialelor termoizolante. Lucrarea este deosebit de importantă datorită necesității de a îmbunătăți eficiența energetică a clădirilor și de a optimiza capacitățile termoizolante ale structurilor, realizând o revizuire minuțioasă a metodelor de evaluare a eficienței energetice. S-a actualizat modelul matematic al regimului termic și de umiditate nestaționar, având în vedere histereza sorbției și influența precipitațiilor oblice, și s-a adoptat o metodă pentru determinarea umidității operative. Concluziile cercetării au fost integrate în standardele interstatale și aplicate în practica organizațiilor de construcții, dar sunt necesare cercetări adiționale pentru a asigura implementarea la scară largă.

Lucrarea lui T.I. Rubashkina [[16]] se concentrează pe studierea eficienței materialelor moderne de izolație utilizate în anvelopele clădirilor cu mai multe straturi. Lucrarea examinează provocările contemporane legate de îmbunătățirea protecției termice și a eficienței energetice a clădirilor, oferind o bază științifică solidă prin analiza metodelor curente de calcul a parametrilor hidrotermici ai anvelopei clădirii. S-a dezvoltat un model fizico-matematic pentru calculul regimului termic și de umiditate a anvelopelor clădirilor în condiții nestabile, abordând atât componentele teoretice, cât și pe cele experimentale. Deși concluziile sunt semnificative, aplicabilitatea acestora este limitată la regiunea Trans-Baikal, necesitând cercetări suplimentare pentru a extinde aplicarea în alte zone climatice.

Lucrarea lui A.M. Măgurean [[17]] explorează utilizarea metodelor numerice combinate cu inteligența artificială pentru evaluarea performanței energetice a clădirilor, propunând o metodă hibridă care poate reduce semnificativ resursele computaționale necesare pentru astfel de analize. Cercetarea examinează în detaliu transferul de căldură în plăcile de fundație pe sol și impactul punților termice asupra anvelopei clădirii, oferind soluții valoroase pentru auditorii energetici și specialiștii în inginerie civilă. Valoarea rezultatelor este confirmată printr-o relație puternică între predicțiile obținute cu ajutorul rețelelor neuronale și analiza numerică, iar teza include o evaluare parametrică detaliată a performanței termice pentru clădirile nerezidențiale. Totuși, complexitatea implementării și necsitatea de resurse avansate limitează aplicabilitatea imediată, iar extinderea concluziilor poate necesita adaptări specifice fiecărui proiect.

Lucrarea elaborată de Little J., Ferrari C., și Arregi B. [[18]] subliniază o abordare detaliată pentru evaluarea riscurilor higrotermale în procesul de modernizare a izolației. Lucrarea integrează metode avansate de evaluare, studii de caz aplicate și analize detaliate pentru a aborda riscurile higrotermice legate de modernizarea izolației clădirilor, cu un accent deosebit pe transferul de căldură și umiditate. Au fost comparate metodele clasice, cum ar fi metoda Glaser, cu simulările numerice avansate (BS EN 15026:2007), analizând performanța higrotermală și aplicarea inteligenței artificiale în domeniul termotehnicii. Cu toate că lucrarea oferă contribuții valoroase



în îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor istorice, punerea în practică este obstrucționată de complexitatea metodelor, necesitatea unor resurse avansate și obstacolele legislative.

Lucrarea lui K.L. Fordice [[19]] oferă o investigație amănunțită și bine structurată asupra proprietăților hidrotermale ale plăcilor termoizolante din fibre de lemn. Lucrarea oferă o contribuție importantă în domeniul științei clădirilor, subliniind utilizarea panourilor de izolație din fibră de lemn (WFIB) pentru îmbunătățirea eficienței energetice, bazată pe o metodologie detaliată și studii de caz care confirmă validitatea soluțiilor prezentate. De asemenea, demonstrează utilizarea reconstrucției spațiale 3D și a diagnosticării energetice cu ajutorul smartphone-urilor, propunând o abordare inovatoare pentru completarea datelor CAD și a hărților termice, cu implicarea activă a părților interesate. Totuși, lucrarea subliniază provocările legate de integrarea eficientă a datelor calitative și cantitative și dificultatea adoptării pe scară largă a noilor tehnologii în sectorul construcțiilor tradiționale.

Lucrarea lui Y. Yousefi [[20]] oferă descrieri detaliate ale metodologiilor de cercetare utilizate, inclusiv selecția materialelor, procedurile de testare în laborator și condițiile specifice în care au fost realizate experimentele. Teza oferă o contribuție semnificativă în domeniul construcțiilor, furnizând o revizuire extinsă a literaturii de specialitate și date experimentale detaliate, indispensabile pentru realizarea unor modele hidrotermale precise. Deși concluziile sunt bine fundamentate, lucrarea subliniază limitările impuse de testarea într-un set redus de condiții și evidențiază necesitatea unor cercetări suplimentare pe o gamă mai diversificată de materiale și grosimi. În plus, o analiză mai profundă a datelor colectate și dezvoltarea unor modele predictive ar putea spori aplicabilitatea practică a rezultatelor.

### Concluzii:

1. Regimul termic și de umiditate al anvelopei clădirii influențează în mod direct proprietățile termice și durabilitatea materialelor de construcții, ceea ce evidențiază necesitatea unei gestionări atente a interacțiunii dintre umiditate și temperatură. Umiditatea excesivă în materialele de construcții poate duce la o scădere semnificativă a rezistenței termice, ceea ce crește consumul energetic pentru menținerea unui climat interior optim.
2. Fluctuațiile de temperatură asociate cu umiditatea pot provoca defecte fizice, cum ar fi fisuri și deformări în materialele de construcții, compromițând astfel stabilitatea structurală a clădirii.
3. Reglementările stricte privind eficiența energetică și protecția mediului accentuează importanța integrării regimului termic și de umiditate în proiectarea clădirilor durabile și eficiente energetic.
4. Evaluarea eficienței energetice și a protecției termice a clădirilor se bazează pe atingerea standardelor de consum energetic, fiind esențială pentru performanța clădirilor.
5. Aplicabilitatea rezultatelor experimentale poate fi restrânsă de particularitățile climatice locale, subliniind importanța adaptării soluțiilor la contextul regional.
6. Rezultatele cercetărilor anterioare au introdus noi concepte și metode inovatoare pentru calculul regimului termic și de umiditate, contribuind la optimizarea eficienței energetice și durabilității clădirilor.
7. Limitările experimentale și climatice din studiile analizate subliniază necesitatea unor cercetări suplimentare pentru a extinde aplicabilitatea rezultatelor în diverse condiții climatice și tipuri de construcții.
8. Importanța continuării cercetărilor în domeniul regimului termic și de umiditate este evidențiată de nevoia de a dezvolta soluții practice și fiabile pentru îmbunătățirea performanțelor termoizolante ale materialelor de construcții, adaptabile la condiții variate.

**Bibliografie:**

- [1] Богословский, В.Н., Тепловой режим здания, Стройиздат, Москва, 1979, 248 pag. [online].  
Disponibil: [https://www.hvacbg.com/pdf/%D0%91%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_1979\\_%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9\\_%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B8%D0%BC\\_%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F.pdf](https://www.hvacbg.com/pdf/%D0%91%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_1979_%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B8%D0%BC_%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F.pdf)
- [2] Богословский В.Н., Проблемы строительной теплофизики и энергосбережения в зданиях, НИИСФ РААСН, Москва, 1997, 7–9 pag. [text]
- [3] Мачинский, В.Д., О конденсации паров воздуха в строительных ограждениях //Строительная промышленность, Москва, 1927, № 1, 60-62 pag. [text]
- [4] Мачинский, В.Д., Теплотехнические основы строительства Москва, 1949. [text]
- [5] Фокин, К.Ф., Сорбция водяного пара строительными материалами, Стройиздат, 1969. [text]
- [6] Фокин; К.Ф., Строительная теплотехника ограждающих частей зданий, Москва, Стройиздат, 1973, 287 pag. [text]
- [7] Fanger, P.O., Thermal comfort, McGraw Hill, 1970, 187 pag. [text]
- [8] Табунщиков, Ю.А., Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий, Москва, АВОК–ПРЕСС, 2002, 194 pag.  
Disponibil: [https://mpk.ua/wp-content/uploads/2021/01/62\\_avok\\_tabunschikov.pdf](https://mpk.ua/wp-content/uploads/2021/01/62_avok_tabunschikov.pdf)
- [9] Табунщиков, Ю.А., Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений, Москва, Стройиздат, 1986, 380 pag. [text]
- [10] Табунщиков, Ю.А., Энергоэффективные здания, Москва, АВОК-ПРЕСС, 2003, 200 pag. [online]. Disponibil: <https://elima.ru/books/?id=2749>
- [11] Табунщиков, Ю.А., Лицом к проблеме энергосбережения//Архитектура и строительство Москвы, 2010, № 6, 2–13 pag. [online],  
Disponibil:  
[https://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&Z21ID=&I21DBN=PODP&P21DBN=PODP&S21STN=1&S21REF=5&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=1&S21P03=A=&S21STR=%D0%A2%D0%B0%D0%B1%D1%83%D0%BD%D1%89%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%2C%20%D0%AE%2E%20%D0%90%2E](https://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&Z21ID=&I21DBN=PODP&P21DBN=PODP&S21STN=1&S21REF=5&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=1&S21P03=A=&S21STR=%D0%A2%D0%B0%D0%B1%D1%83%D0%BD%D1%89%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%2C%20%D0%AE%2E%20%D0%90%2E)
- [12] Гагарин, Владимир Геннадьевич, Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий (*Disertație*), Москва, 2000, 324 pag. [online], Disponibil: <https://www.dissercat.com/content/teoriya-sostoyaniya-i-perenosa-vlagi-v-stroitelnykh-materialakh-i-teplozashchitnye-svoistva->
- [13] Козлов, Владимир Владимирович, Метод инженерной оценки влажностного состояния современных ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты при учете паропроницаемости, теплопроводности и фильтрации воздуха (*Disertație*), Москва, 2004, 139 pag. [online], Disponibil: <https://www.dissercat.com/content/metod-inzhenernoi-otsenki-vlazhnostnogo-sostoyaniya-sovremennykh-ograzhdayushchikh-konstrukt>
- [14] Корниенко, Сергей Валерьевич, Повышение энергоэффективности зданий за счет совершенствования методов расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций, Волгоград, 2018, 357 pag. [online],  
Disponibil: <https://www.dissercat.com/content/povyshenie-energoeffektivnosti-zdaniy-za-schet-sovershenstvovaniya-metodov-rascheta-temperaturno-vlazhnostnogo-rezhima-ograzhdayushchikh-konstruktov>



- [15] Пастушков, Павел Павлович, Влияние влажностного режима ограждающих конструкций с наружными штукатурными слоями на энергоэффективность теплоизоляционных материалов, Москва, 2013, 167 pag. [online], Disponibil: <https://www.dissercat.com/content/vliyanie-vlazhnostnogo-rezhima-ograzhdayushchikh-konstruksii-s-naruzhnymi-shtukaturnymi-slo>
- [16] Рубашкина, Татьяна Ивановна, Исследование эффективности современных утеплителей в современных ограждающих конструкциях зданий (*Disertație*), Чита, 2009, 152 pag. [online], Disponibil: <https://www.dissercat.com/content/issledovanie-effektivnosti-sovremennykh-uteplitelei-v-mnogosloynnykh-ograzhdayushchikh-konstr>
- [17] MĂGUREAN, Ancuța Maria, Analiza performanței energetice a clădirilor nerezidențiale prin tehnici de modelare numerică și inteligență artificială aplicată, UTPRESS, Cluj - Napoca, 2021, ISBN 978-606-737-516-9, 221 pag. [online], Disponibil: <https://biblioteca.utcluj.ro/files/carti-online-cu-coperta/516-9%20c.pdf>
- [18] Little, Joseph; Ferrari, Calina; Arregi, Beñat, Assessing Risks in Insulation Retrofits Using Hygrothermal Software Tools, Second Edition, Dublin, 2015, ISBN 978-1-84917-210-3, 256 pag. [online], Disponibil: <https://arrow.tudublin.ie/bescharcrep/4/>
- [19] Fordice, Kelly Leanne, Characterization of the Hygrothermal Properties of Wood Fibre Insulation Board, Ryerson University, Toronto, Canada, 2018, 326 pag. [online], Disponibil: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4067940](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4067940)
- [20] Yousefi, Youness, Hygrothermal Properties of Building Materials at Different Temperatures and Relative Humidities, British Columbia Institute of Technology, Burnaby, British Columbia, Canada, 2019, 375 pag. [online], Disponibil: <https://circuit.bcit.ca/repository/islandora/object/repository%3A946/datastream/PDF/download/citation.pdf>