

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Būvniecības fakultāte
Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts

Uldis PELĪTE
Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas
doktora studiju programmas doktorants

GAISA KONDICIONĒŠANA TELPĀS AR KONTROLĒJAMU GAISA MITRUMU

Promocijas darba kopsavilkums inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai

"Būvzinātņu" nozares

"Siltuma, gāzes un ūdens inženiersistēmu" apakšnozarē

Zinātniskais vadītājs

Dr. habil. sc. ing., profesors

A. KRĒSLIŅŠ

Rīga - 2006

UDK 697.9.(043)
Pe 256. g

Pelīte U. Gaisa kondicionēšana telpās
ar kontrolējamu gaisa mitrumu.
Promocijas darba kopsavilkums. – R.:
RTU, 2006. – 24 lpp.

Iespiests saskaņā ar SGŪT institūta
2006. gada 19. septembra lēmumu,
protokols Nr. __



Šis darbs ir izstrādāts ar Eiropas Sociālā Fonda atbalstu nacionālās programmas „Atbalsts doktorantūras programmu īstenošanai un pēcdoktorantūras pētījumiem” projekta „Atbalsts RTU doktorantūras attīstībai” ietvaros.

This work has been partly supported by the European Social Fund within the National Programme „Support for the carrying out doctoral study programme’s and post-doctoral researches” project „Support for the development of doctoral studies at Riga Technical University”.

Эта работа выполнена при содействии Европейского социального фонда в рамках проекта «Поддержка развития докторантуры РТУ» Национальной программы «Содействие осуществлению программ докторантуры и исследований после нее».

ISBN 9984-32-168-1

**PROMOCIJAS DARBS
IZVIRZĪTS RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ
INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI**

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski
aizstāvēts 2006.g. 21. decembrī, plkst. 13:00
Rīgas Tehniskās un universitātes Būvniecības fakultātē,
Āzenes ielā 16/20, sanāksmju zālē

OFICIĀLIE OPONENTI

Dr. sc. ing. V. Barkāns
Latvijas Jūras akadēmija

Prof., Dr. hab. fiz. A. Jakovičs
Latvijas Universitāte

Dr. sc. ing. G. Klāvs
LZA Fizikālās enerģētikas institūts

APSTIPRINĀJUMS

Es apstiprinu, ka esmu izstrādājis doto promocijas darbu, kas
iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora
grāda iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē
zinātniskā grāda iegūšanai.

Uldis Pelīte

Datums: 14. novembris 2006.g.

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, 3 nodaļas,
secinājumus, literatūras sarakstu, 14 zīmējumus un ilustrācijas, 8 tabulas, kopā
100 lappuses. Literatūras sarakstā ir 170 nosaukumi.

SATURA RĀDĪTĀJS

| | |
|---|----|
| DARBA VISPĀRĒJAIS RAKSTUROJUMS | 5 |
| TĒMAS AKTUALITĀTE | 5 |
| DARBA MĒRĶIS..... | 5 |
| ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE UN GALVENIE REZULTĀTI..... | 6 |
| PĒTĪJUMU METODIKA..... | 6 |
| DARBA PRAKTISKĀ NOZĪME..... | 6 |
| DARBA STRUKTŪRA UN APJOMS..... | 7 |
| 1 TĒLPAS GAISA MITRUMA KONTROLES METODES | 8 |
| 1.1 Norobežojošās konstrukcijas adsorbcijas un desorbcijas īpašības | 8 |
| 1.2 Vēsturisko ēku un muzeju klimata nodrošināšanas sistēmu praktiskā pieredze | 9 |
| 2 GAISA MITRUMA SATURA DATU IZMANTOŠANAS UN APSTRĀDES MODELIS | 9 |
| 2.1 Āra gaisa parametri | 9 |
| 2.2 Telpas gaisa parametri..... | 10 |
| 2.3 Mitruma saturs un komforta zonas..... | 10 |
| 2.4 Mitruma satura izmaiņu dinamikas kritērijs..... | 11 |
| 2.4.1. Kritērija definīcija | 11 |
| 2.4.2. Kritērija raksturlielumi un mērvienības..... | 11 |
| 2.4.3. Kritērija robežvērtības un ierobežojumi | 12 |
| 2.4.4. Kritērija izejas dati un vērtību noteikšana | 12 |
| 2.4.5. Mērījumu precizitātes nozīme un tehniskās iespējas..... | 13 |
| 2.5 Mitrinātāja un sausinātāja vadības struktūrshēma | 14 |
| 2.6 Ēku energosertifikācija, ievērtējot mitruma izmaiņas telpās | 16 |
| 3 EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI | 18 |
| 3.1 Publiskas, vēsturiskas ēkas izmantošanas funkcijas maiņas un māksliniecisko vērtību mijiedarbība | 18 |
| 3.2 Maksimāli pieļaujama gaisa mitruma saturs un sausinātāja darbība publiskas ēkas sanāksmju zālē | 19 |
| 3.3 Nemainīgs gaisa mitruma saturs un mitrinātāja darbība ražošanas ēkas noliktavā..... | 20 |
| 3.3.1 MSID mērījumi un aprēķini | 20 |
| 4 REKOMENDĀCIJAS IEVIEŠANAI LATVIJAS BŪVNORMATĪVOS | 21 |
| 4.1 Āra gaisa parametru raksturošana | 21 |
| 4.2 Muzeju telpu klimata prasības..... | 22 |
| SECINĀJUMU KOPSAVILKUMS | 23 |
| PUBLIKĀCIJU SARAKSTS | 24 |

DARBA VISPĀRĒJAIS RAKSTUROJUMS

TĒMAS AKTUALITĀTE

Notiekot pastāvīgam tehnoloģiskajam un saimnieciskajam progresam Latvijas Republikā, arvien lielāku uzmanību atkal ir iespējams un nepieciešams pievērst mikroklimata uzturēšanai telpās.

Novērtējot mitruma parametru nodrošināšanas iespēju normatīvo un zinātniski pētnieciskās informācijas bāzi Latvijas Republikā, nākas konstatēt, ka tā ir jāpapildina sekojošu iemeslu dēļ:

Normatīvos nav pietiekami izejas dati gaisa mitruma izmaiņas procesu kvantitatīvai novērtēšanai – kg/h, g/m³h utml;

Nav izstrādāta metodika mitruma izmaiņas procesu aprēķinu veikšanai, izmantojot vismaz minimāli esošā apjoma normatīvo informāciju;

Ar patreizējo izejas datu apjomu par klimatu nav iespējams nodrošināt nepieciešamos aprēķinus ES direktīvas par ēku energoefektivitāti, ja ēkā ir paredzēta gaisa mitrināšana vai sausināšana.

Darbā lielāka uzmanība pievērsta mitruma satura problemātikai muzejos un vēsturiskās ēkās, sakarā ar to, ka ražošanas ēkās gaisa kondicionēšanas procesu izpēti finansē privātais kapitāls, savukārt vēsturiskās ēkas pārsvarā ir valsts īpašumā un pētījumi tiek veikti kampaņveidīgi, atkarībā no valsts pieejamā finansējuma un patreizējās budžeta situācijas, apsaimniekotāju aktivitātes un tajās telpu mikroklimats nosaka unikālu mākslas vērtību saglabāšanu, kuru zaudējuma gadījumā bieži vien izmaksas ir ļoti ievērojamas vai pat nav aprēķināmas.

DARBA MĒRĶIS

Promocijas darba mērķis ir kritiski analizēt gaisa kondicionēšanas sistēmu risinājumus un mitruma kontroles metodes publiskās un ražošanas ēkās ar dažādiem gaisa apmaiņas, temperatūras un mitruma režīmiem, izvērtējot to gaisa mitruma satura izmaiņas dinamiku sausināšanas un mitrināšanas procesos. Sevišķu uzmanību pievēršot vēsturisku un muzeju ēku izpētei, sakarā ar gaisa mitruma izmaiņu būtisko ietekmi uz mākslas vērtībām un metodikas trūkumu šo jautājumu risināšanai Latvijā.

Tika izvirzīti šādi izpētes uzdevumi:

- Apzināt mitruma kontroles metodes;

- Izveidot mitrinātāja un sausinātāja regulēšanas principiālo struktūrshēmu;
- Papildināt ēku esošo energosertifikācijas metodiku ar gaisa mitruma parametru izmaiņas aprēķiniem.

ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE UN GALVENIE REZULTĀTI

Piedāvāts jauns mitruma satura izmaiņu dinamikas kritērijs - mitruma satura izmaiņu diapazons laika vienībā. Izmantojot piedāvāto kritēriju izstrādāts modelis gaisa mitrinātāja un sausinātāja vadībai un ražības kontrolei.

Izvērtēta piedāvātā kritērija izmantošana ES direktīvas par ēku energosertifikāciju ieviešanai gaisa kondicionēšanas sistēmās, kuru darbības rezultātā tiek mainīts gaisa mitruma saturs.

Piedāvāta pieeja meteoroloģiskajai informācijai, gaisa mitruma datu lietošana sistēmu projektēšanas, ekspluatācijas un darbības analīzes veikšanai un prognozēšanai.

PĒTĪJUMU METODIKA

Eksperimentālajā pētījumā, kas aptvēra 6 ražošanas un publiskās ēkas, tika mērīti un apkopotī dati par telpu un āra gaisa mitruma saturu dažādos gaisa apstrādes iekārtu un telpu ekspluatācijas režīmos, ar mērķi pārbaudīt teorētisko pieņēmumu par kritērija darbību un izstrādāto gaisa mitrinātāja un sausinātāja vadības modeli. Pētījuma rezultātā pilnībā apstiprinājās, ka izstrādātais kritērijs un teorētiskais modelis darbojas arī sistēmu ekspluatācijā, visa gada āra klimata izmaiņu cikla laikā.

Eksperimenta gaitā tika konstatēta agrāk nezināma - ogļskābās gāzes satura un mitruma satura izmaiņu kopsakarība, kas sevišķi spilgti izpaužas zema āra gaisa mitruma un nelielas gaisa apmaiņas gadījumā.

DARBA PRAKTISKĀ NOZĪME

Piedāvāts pilnveidot LR normatīvus ventilācijas un gaisa kondicionēšanas jomā:

1. Prognozēt sistēmu ekspluatāciju, balstoties uz precizētiem klimatoloģijas datiem;
2. Sistēmu aprēķinam un regulēšanai lietot LR likumdošanā nereglamentētu, cilvēka komfortu ietekmējošu lielumu – minimālo un maksimāli pieļaujamo gaisa mitruma saturu un tā izmaiņu dinamiku.

Darbā ir doti metodiskie pamati gaisa mitruma satura datu lietošanai inženiertehniskos aprēķinos.

Gaisa kondicionēšanas sistēmas, kur ir izmantoti darba rezultāti, darbojas sekojošos objektos – Rīgas Tabakas fabrikā "Scandinavian tobacco" (realizēts 2003. gadā), Latvijas Universitātes Lielajā aulā (2004), laikraksta "Diena" birojā (2005), Latvijas Lauksaimniecības universitātes peldbaseinā (2006), Valmieras olimpiskā centra hokeja hallē (2006) un ietverts projekta priekšlikumos Rīgas Doma, Aizrobežu mākslas muzeja, Dekoratīvi lietišķās mākslas muzeju rekonstrukcijai.

Darba rezultāti tiek izmantoti RTU studiju programmā "Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģija".

Par darba rezultātiem ir 5 publikācijas starptautiskos zinātniskos izdevumos, kā arī ziņots 4 starptautiskās konferencēs.

DARBA STRUKTŪRA UN APJOMS

Darbs sastāv no 3 nodaļām un secinājumiem. Tajā ir 100 lappuses, t.sk. 22 attēli un literatūras saraksts ar 170 avotiem. Kopsavilkumā netiek aplūkots literatūras apskats.

Gaisa kondicionēšana telpās vienmēr ir saistīta ar āra gaisa apmaiņu, kas nes sev līdzī daudzās dabā notiekošajiem procesiem raksturīgās īpašības, mainīgu temperatūru, mitrumu, gaisa spiedienu.

Atbilstoši Latvijas likumdošanā minētajai definīcijai par gaisa kondicionēšanu – "automātiski vadāms gaisa apstrādes process, kas neatkarīgi no āra gaisa pārmaiņām un telpas gaisa piesārņojuma intensitātes uztur telpā vai tās daļā vēlamo gaisa kvalitāti", un gaisa kvalitāte – "gaisa īpašības (gaisa sastāvs, putekļu un baktēriju koncentrācija, temperatūra, relatīvais mitrums, kustības ātrums), kas ietekmē cilvēku veselību vai komforta izjūtu". Šā kompleksā jautājuma realizācija pieprasa veselu pasākumu un tehnoloģisko elementu kopumu, kas :

- Konstatētu faktisko situāciju ar tehniski pieejamiem mērījumiem, atbilstoši kontrolējamajam parametram vai to grupai;
- Izanalizētu šo situāciju;
- Pieņemtu lēmumu, par turpmāko rīcību;
- Izpildītu vajadzīgo gaisa apstrādes procesu;
- Novērtētu izvēlēta procesa ietekmi uz telpas gaisa kvalitāti.

1 TĒLPAS GAISA MITRUMA KONTROLES METODES

Analogi temperatūras kontroles metodēm, arī mitruma kontroles veidu nosaka, atbilstoši nepieciešamajam telpas mikroklimatam, realizējamo gaisa apstrādes procesu, gaisa parametru mērīšanas un tālākas apstrādes iespējām.

Pēc telpas mikroklimata var iedalīt:

- 1) Telpas, kurās nedrīkst pieļaut ūdens tvaiku kondensāciju uz norobežojošām konstrukcijām vai citām virsmām. Piemēram – datortehnikas ražotnes, datu nesēju arhīvi utml, kur kondensāts var izkrist straujas temperatūras izmaiņas rezultātā. Vai arī telpas ar bioloģiski aktīvu vidi, kur uz kondensāta var attīstīties pelējuma sēnītes. Kā arī hokeja laukumi, kur kondensāta rezultātā pastiprinās metāla konstrukciju korozija, deformējas ledus virsma;
- 2) Telpās, kurās ir jānodrošina noteikts relatīvā mitruma diapazons, ierobežojot maksimālo un minimālo mitrumu. Piemēram, publiskās ēkas, kur mitruma līmeni nosaka cilvēku komforta prasības.

Pēc realizējamiem gaisa apstrādes procesiem var iedalīt:

- 1) Gaisa mitruma samazināšana – sausināšana:
 - a) gaisa atdzesēšana zem rasas punkta temperatūras;
 - b) gaisa sausināšana ar sorbcijas metodēm.
- 2) Gaisa mitruma palielināšana – mitrināšana:
 - c) pievadot gaisam ūdeni pārkarsēta ūdens tvaika veidā;
 - d) pievadot gaisam ūdeni pilienu veidā;
 - e) iztvaicējot ūdeni no atklātas, mitras virsmas.

Savukārt mitruma kontroles metožu nosaukumi plašāk pazīstami, atbilstoši mērinstrumentu tipam:

- 1) Relatīvā mitruma metode;
- 2) Rasas punkta metode;
- 3) Mitrā termometra temperatūras metode;
- 4) Mitruma satura (ūdens tvaiku parciālā spiediena) metode.

1.1 Norobežojošās konstrukcijas adsorbcijas un desorbcijas īpašības

Gaisa mitruma izmaiņas telpā ievieš ne vien gaisa kondicionēšanas vai tehnoloģiskais process, bet arī mitruma apmaiņa no norobežojošām konstrukcijām. Kā rezultātā ir nepieciešams konstatēt, prognozēt un iespēju robežās vadīt šo procesu.

Tā kā gaisa kondicionēšanu apskata kā ilgstošu procesu, kas parasti risinās visa gada garumā, tad pētījumi par norobežojošo konstrukciju temperatūras un masas (mitruma) apmaiņu stacionāros apstākļos ir izmantojami ierobežoti, tādēļ detalizētāk tiek apskatīti nestacionāri apstākļi.

1.2 Vēsturisko ēku un muzeju klimata nodrošināšanas sistēmu praktiskā pieredze

Lai novērtētu daudzus šodien tik pašsaprotamos procesus ir nepieciešams ieskats vēl tik nesenā pagātnē, izvērtējot ārzemju pieredzi muzeju telpu gaisa mitruma kontrolē.

Vairums mākslas darbu vēsturiskās ēkās ir veidoti no dabīgiem materiāliem un saistvielām (no dzīvnieku un augu valsts): no koka, ādas, papīra, vilnas, kaula utml. Pēdējā gadsimta pētījumu rezultāti par šo priekšmetu reakciju uz mainīgiem mitruma apstākļiem ir devuši publiski plašāk pazīstamu apzīmējumu "optimālais mitruma līmenis". Šo ieteikumu galvenā būtība ir tāda, ka mitrums nedrīkst nokristies zemāk par minimālo līmeni, kurš izraisa dabīgo materiālu mākslas darbu trauslumu, plaisāšanu un nedrīkst pieaugt tikt augstu, ka var sākt veidoties un attīstīties pelējums.

Kopumā ņemot, rekomendācijas vienojas uz to, ka jauktu dabīgo materiālu kolekciju ekspozīciju telpu gaisa relatīvais mitruma līmenim jābūt robežās no 30 līdz 70%. Ar retiem izņēmumiem ir minētas šaurākas 50 līdz 60% robežas – tādiem objektiem kā vērtīgas gleznas un mēbeles. Lielākajā skaitā gadījumu šie skaitļi nav radušies, bāzējoties uz detalizētiem pētījumiem par dabīgo materiālu īpašībām, uzglabājot tos dažādi kondicionētās telpās, bet gan no faktu konstatācijas dažādos muzejos, ar nelielām nobīdēm, pielāgojot tos konkrētajiem ārējā klimata apstākļiem.

2 GAISA MITRUMA SATURA DATU IZMANTOŠANAS UN APSTRĀDES MODELIS

Lai izveidotu gaisa mitruma satura datu izmantošanas modeli ir nepieciešams apzināt, izvērtēt un apkopot gaisa parametru pirdoto vērtību diapazonu, kas ir balstīts uz normatīviem, zinātniskiem pētījumiem, klimatoloģiskiem mērījumiem, vai līdzvērtīgiem literatūras avotiem.

2.1 Āra gaisa parametri

Āra gaisa maksimālās temperatūras un mitruma satura korelācijas dati jāizmanto gadījumos, kad jāaprēķina dzesēšanas un sausināšanas sistēmu maksimālās jaudas, situācijai, kad netiek pieļauta nepietiekama sistēmu jauda un netiek uzturēts nepieciešamais mikroklimats telpās vai arī ir jāprognozē stundu skaits, kad ir šāda situācija.

2.2 Telpas gaisa parametri

Normatīvie

Telpas gaisa parametri var tikt noteikti atbilstoši sinusa līknes funkcijām vai arī pēc sekojošiem normatīviem:

- 1) Eiropas Savienības normatīvs LVS EN 13788 :
 - a) Mitruma klases mitruma slodzes pieauguma kārtībā no 1-4;
 - b) Telpas temperatūra konstanta.
- 2) Eiropas Savienības normatīvs izstrādes stadijā DIN EN 15026:
 - a) Mitruma klases mitruma slodzes pieauguma kārtībā no normālas līdz augstai;
 - b) Telpas temperatūra konstanta 20 un 25°C, ar lineāru pāreju pie āra gaisa temperatūrām no 10 līdz 20°C.

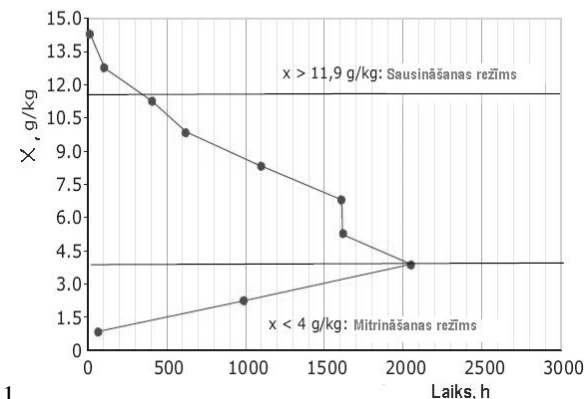
Faktiskie mērījumi objektos

Datu apstrādē jāņem vērā, ka atsevišķi jāizdala rezultāti, kas atrodas miglas - pārsātināta gaisa temperatūras un mitruma diapazonā, tas ir zem 100% piesātinājuma līknes, lai savlaicīgi novērtētu iespējamās mērinstrumentu vai aprēķina kļūdas, procesiem, kur tāds stāvoklis nav iespējams no gaisa apstrādes viedokļa.

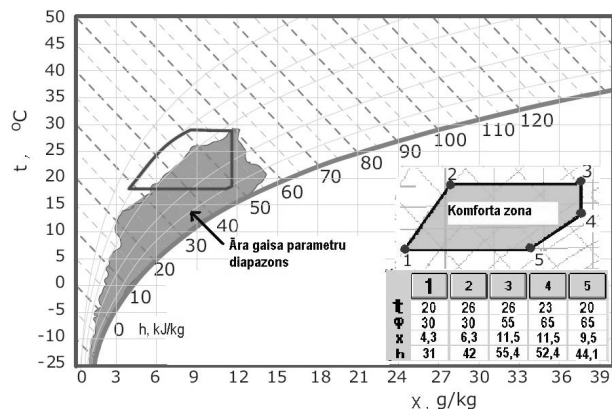
2.3 Mitruma saturs un komforta zonas

Lai vienkāršoti attēlotu un grafiski novērtētu cilvēku komforta diapazonu, ir ieviests termins komforta zona. Dažādos standartos tā tiek interpretēta dažādi. Inženiertehniski izmantojamāks izpildījums ir to attēlot uz h-x diagrammas, kur komforta zonu norobežo konstantas temperatūras (izoterms), konstanta relatīvā mitruma (izolīnijas ϕ) un konstanta mitruma satura līnijas (x) Att. 2-2 un biežuma dati Att. 2-1.

Komforta zona atbilstoši mitruma saturam un gaisa stāvokļa parametru ilgumam



Att. 2-1 Komforta zona, atbilstoši mitruma saturam un āra gaisa stāvokļa parametru ilgumam



Att. 2-2
Komforta zona h-x diagrammā, āra gaisa stāvokļa parametru diapazons

2.4 Mitruma satura izmaiņu dinamikas kritērijs

2.4.1. Kritērija definīcija

Mitruma satura izmaiņu dinamika (MSID) – lielums, kas raksturo mitruma satura izmaiņu laikā, vienā sausa gaisa masas vai tilpuma vienībā.

2.4.2. Kritērija raksturlielumi un mērvienības

Kritērija MSID mērvienības ir atvasinātas no mitruma satura un laika mērvienībām, kas tiek lietotas gaisa kondicionēšanā, g/kg, kg/kg, m³/h, m³/s un l/s.

Iespējamās kombinācijas apkopotas tabulā:

Tab. 2-1 Mitruma satura izmaiņu dinamikas kritērija mērvienības

| Nr. p.k | Mitruma satura mērvienība | Laika mērvienība | Mitruma satura izmaiņu dinamikas mērvienība | |
|---------|---------------------------|------------------|---|--------------------------|
| 1. | g/kg | s, h | $\frac{g}{kg \times s}$ | $\frac{g}{kg \times h}$ |
| 2. | kg/kg | s, h | $\frac{kg}{kg \times s}$ | $\frac{kg}{kg \times h}$ |

2.4.3. Kritērija robežvērtības un ierobežojumi

Kritērija robežvērtības nosaka atbilstoši apskatāmajam vai kontrolējamam lielumam, piemēram, āra gaisam tā robežas nosaka pēc mērījumiem vai arī būvklimatoloģijas datiem.

Atkarībā no tehnoloģiskajām prasībām robežvērtības ir nosakāmas:

Diennakts svārstības un maksimālās vērtības – sistēmām, kurām tiek aprēķinātas maksimālās sausināšanas un mitrināšanas slodzes vai arī ir nepieciešama paaugstinātas precizitātes telpu mitruma kontrole;

Mēneša maksimālās vērtības – sistēmu energoefektivitātes aprēķiniem, energopatēriņa prognozēšanai, izvērtējot āra gaisa ietekmi un gaisa mitruma izmaiņas nepieciešamību.

Savukārt mitruma saturs nav izmantojams, lai attēlotu sekojošus procesus, kas saistīti ar gaisa mitruma satura nodrošināšanu telpā:

- 1) Norobežozošo konstrukciju mitruma adsorbcija/desorbcija;
- 2) Pelējuma sēnīšu veidošanās uz norobežošajām konstrukcijām.

2.4.4. Kritērija izejas dati un vērtību noteikšana

Par izejas datiem kalpo gan mērīti, gan aprēķināti, gan pieņemti lielumi sekojošām gaisa apstrādes procesa sastāvdaļām un vienlaicīgi vismaz vienam no gaisa stāvokļa parametriem, temperatūra, relatīvais mitrums, entalpija:

- 1) Āra gaisa mitruma saturs - d_{ar} ;
- 2) Telpas gaisa mitruma saturs - d_{te} ;
- 3) Nosūces gaisa mitruma saturs - d_{no} ;
- 4) Pieplūdes gaisa mitruma saturs - d_{pi} .

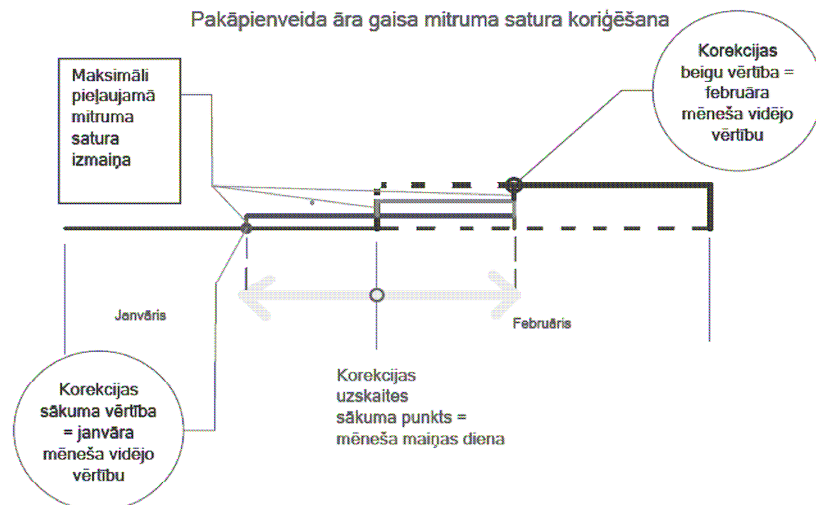
Katru no iepriekšminētajiem lielumiem lieto, atkarībā no nepieciešamā rezultāta, gaisa apstrādes procesa veida un automatizācijas līmeņa.

Ja nav iespējams iegūt vai apstrādāt digitālu informāciju par kādu no gaisa mitruma lielumiem, tad kritērija vērtību noteikšanai ir jāizmanto grafiskā metode, kur pieejamos datus atzīmē uz h-x diagrammas, trūkstošo informāciju papildinot no būvklimatoloģijas datiem.

Ja ir iespēja strādāt ar digitālu informāciju, tad paveras daudz plašākas iespējas kritērija automatiskam aprēķinam un sistēmas darbības optimizācijai gan ar datu bāzē fiksētām vērtībām, gan ar mērījumu rezultātā iegūtām vērtībām.

Lai sastādītu fiksētu āra gaisa mitruma satura vērtību datu bāzi, tad vispirms ir jānosaka īsākais laika posms pieļaujamajai kritērija izmaiņai, minūte, stunda, diennakts, nedēļa un mēnesis utml., kas procesiem, kam vienīgais gaisa mitruma izmaiņu avots ir āra gaiss ir jāizpildās šādam nosacījumam,

$\Delta d_{\text{āra}} \leq \Delta d_{\text{te}}, \Delta d_{\text{no}}$. Gadījumā, ja laika posms ir 1 mēnesis, tad var izmantot LBN 003 9. tabulā norādītos datus "Diennakts vidējais ūdens tvaiku parciālais spiediens mēnesī", veicot pārrēķinu no ūdens tvaiku parciālā spiediena uz gaisa mitruma saturu. Pie kam, ja gaisa mitruma starpība starp diviem mēnešiem pārsniedz pieļaujamo vērtību, tad ir jāveic pakāpeniska korekcija, vienmērīgi sadalot pa dienām, sākot no pašreizējā mēneša beigām, skaitot uz mēneša sākumu un nākamajam mēnesim skaitot uz priekšu, kā redzams attēlā Att. 2-3.



Att. 2-3 Pakāpienuveida āra gaisa mitruma satura koriģēšana

2.4.5. Mērījumu precizitātes nozīme un tehniskās iespējas

Katra mērījuma kļūdu izanalizē ar kvadrātu summas saknes metodi. Atbilstoši tabulā nr. 2-1 minētajiem "Standarta precizitātes instrumentiem". Ir uzskatāmi redzams, ka vislielāko precizitāti uzrāda rasas punkta devēji. Kļūdas lielums visā mērījumu diapazonā ir aptuveni 2%. Relatīvā mitruma mērījumu rezultātā iegūtā kļūda 5% ir samērā zema lielā mitrumā (95%), bet tā kļūst samērā liela pie mitruma zem 35%. Šādas relatīvā mitruma mērījumu īpašības ir jāņem vērā, veicot mitruma satura aprēķinus un gaisa sausināšanas sistēmu darbības analīzi. Jo samazinoties relatīvajam mitrumam, šī kļūda iegūst arvien lielāku ietekmi uz mērījuma rezultātiem. Pētot mitrā termometra mērinstrumentu kļūdas ietekmi uz mitruma satura rezultātu, redzams, ka pieaugums novērojams, ja mitruma saturs ir zem 4 g/kg gaisa.

Tab. 2-1 Standarta un augsta precizitātes mērinstrumentu kļūdas

| | Temperatūra | Relatīvais mitrums | Spiediens |
|-----------------------|-----------------------------------|--|------------------------|
| Standarta precizitāte | $\pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ | $\pm 3\%$ rel. mitr. | $\pm 0,13 \text{ kPa}$ |
| Augsta precizitāte | $\pm 0,15 \text{ }^\circ\text{C}$ | $\pm 1\%$ (0-90%) $\pm 3\%$ (90-100%) | $\pm 0,13 \text{ kPa}$ |

Instrumentiem, kas ir norādīti tabulā ar standarta precizitāti, rasas punkta metodes rezultāts parasti ir 15 reizes atkarīgāks no rasas punkta kļūdas, nekā no spiediena kļūdas. Mitrā termometra metodei, mitrā termometra kļūdai parasti ir 2-5 reizes lielāka ietekme kā sausajam termometram un 15-60 reizes lielāka kā spiedienam. Relatīvā mitruma metodei, mērījuma kļūdai ir 1-100 reizes lielāka ietekme kā sausajam termometram un 20-150 reizes lielāka kā spiedienam. Relatīvā mitruma devēju precizitātes ietekme uz rezultātu ir konstatējama zema relatīvā mitruma diapazonā.

2.5 Mitrinātāja un sausinātāja vadības struktūrshēma

Lietojot mitruma satura un izmaiņu dinamikas kritēriju ir izstrādāta un eksperimentālajos pētījumos aprobēta vadības struktūrshēma.

Kā obligātie elementi ir (atbilstoši Att. 2-4):

- 1) Izejas dati par temperatūru un mitrumu, kas var tikt saņemti ar devēju palīdzību vairāku iespēju veidā:
 - i. A iespēja – gaisa temperatūra, relatīvais mitrums un atmosfēras spiediens;
 - ii. B iespēja – gaisa temperatūra un mitruma saturs;
 - iii. C iespēja – gaisa temperatūra un rasas punkta temperatūra;
 - iv. D iespēja – gaisa temperatūra un ūdens tvaiku parciālais spiediens.

Ja ir nepieciešamība iegūt informāciju par mitruma izmaiņas kopējo jaudu, tad paralēli ir jāizmēra gaisa plūsmas dati – gaisa ražība vai masas plūsma (aprēķina, izmērot tilpuma plūsmu un reizinot ar gaisa blīvumu).

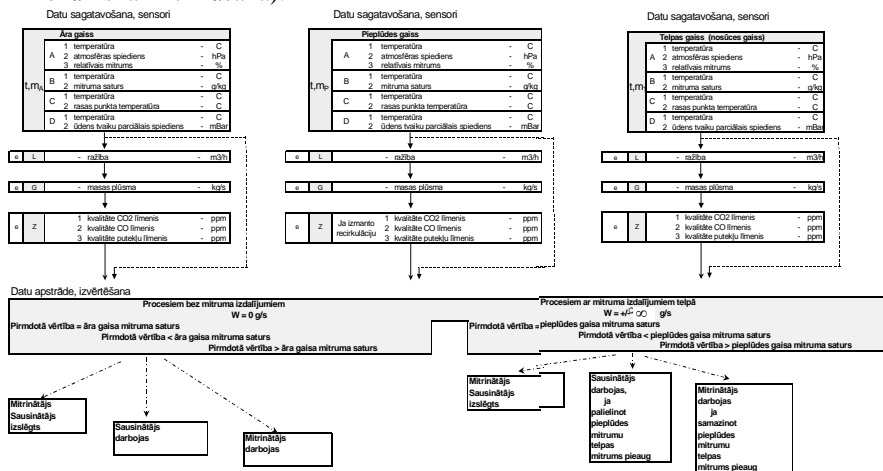
Kā papildus iespēja telpām, kurās tiek uzturēts noteikts gāzu sastāvs un putekļu daudzums, paralēli jāizmēra CO, CO₂, un putekļu rādītāji, lai varētu ierobežot šo rādītāju pārsniegšanu, ja tie ir izvirzīti ar augstāku prioritāti, nekā mitruma rādītāji.

Informācijas apstrādi veic programmējamā procesorā, pēc sekojoša algoritma -

- 2) Procesiem bez mitruma izdalījumiem, salīdzina pirmoto vērtību ar āra gaisa vai pieplūdes gaisa (sistēmām ar recirkulāciju) mitruma saturu un negatīvas novirzes gadījumā ieslēdz mitrinātāju un pozitīvas novirzes gadījumā ieslēdz sausinātāju. Neitrālo vai gaidīšanas periodu, kad notiek pāreja starp mitrināšanas un sausināšanas procesiem nosaka, atkarībā no parametru uzturēšanas prasībām, tas ir konstanta mitruma gadījumā tas atbilst minimālajai pieļaujamajai novirzei, minimālā un maksimālā

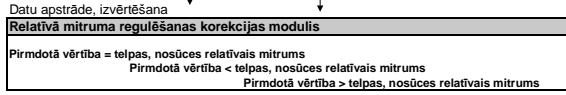
mitruma ierobežošanas gadījumā tas atbilst vērtībai starp minimālo un maksimālo vērtību.

3) Procesi ar mitruma izdalījumiem telpā, regulēšana ir analoga iepriekšējā punktā aprakstītai, ar atšķirību, ka notiek papildus atgriezeniskās saites pārbaude, kad saņemot signālu par ielēgšanos, mitruma izmaiņas iekārta ielēdzas vai palielina jaudu ar laika aizturi, lai pārbaudītu vai telpā ir kādi mitruma procesi, kas sakrīt ar vēlamo iedarbi un līdz ar to ir izmantojami (piemēram, mitrināšanas gadījumā, iespējams, ka daļēji telpu mitrina cilvēku izelpotais gaiss un nav nepieciešama mehāniska mitrināšana).

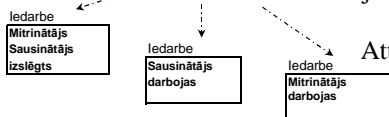


Att. 2-4 Mitrinātāja un sausinātāja regulēšanas struktūrshēma

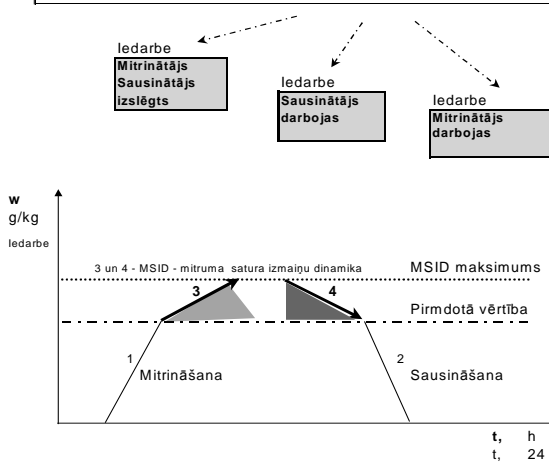
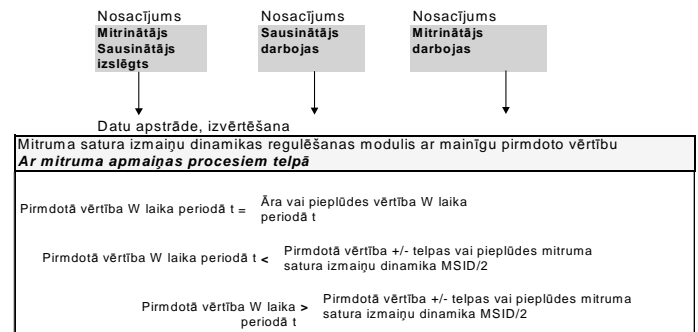
Telpu procesiem, kur papildus noteikums ir nemainīgs vai noteikts gaisa relatīvais mitrums, iedarbes signāls pirms nosūtīšanas uz mitruma izmaiņas iekārta ir jākorrigē ar attēloto relatīvā mitruma izvērtēšanas moduli, kas ierobežo mitruma satura regulēšanas rezultātā iegūto gaisa relatīvā mitruma rezultātu līdz pieļaujamajam gaisa



relatīvajam mitruma rezultātam



Att. 2-5 Relatīvā mitruma regulēšanas signāla izvērtēšanas modulis



Att. 2-6 Mitruma satura izmaiņu dinamikas kritērija lietošana regulēšanas shēmā

Mitruma satura izmaiņu dinamikas

kritēriju lieto kā papildus moduli, noslēdzošo virknē pēc mitruma satura regulēšanas un relatīvā mitruma korekcijas moduļiem, gaisa kondicionēšanas sistēmām, kurām ir aprēķināta vai reglamentēta telpas gaisa mitruma izmaiņas dinamika:

- 1) Izmantojot nemainīgu pirmdoto vērtību, kur analizē pieplūdes gaisa mitruma izmaiņu dinamiku, lai savlaicīgi prognozētu nepieļaujamo telpas vērtības novirzi.

2.6 Ēku energosertifikācija, ievērtējot mitruma izmaiņas telpās

Tā kā sakarā ar ēku energosertifikācijas ieviešanu, vēl aizvien tiek plaši diskutēti par ēku vērtēšanas kritēriju paplašināšanu, ietverot arī mikroklimata kvalitātes rādītājus, kas paši par sevi ir saistīti ar paaugstinātu enerģijas patēriņu, tad mitruma izmaiņu ievērtēšanu var izmantot vienīgi ēkās, ar

vienādām un precīzi kvalificētām telpu mikroklimata uzturēšanas prasībām. Savukārt dzīvojamās un publiskās ēkas neietilpst šādā kategorijā. Mitruma izmaiņu ietveršana ēku enerģētiskā salīdzināšanā līdz ar to ir izmantojama ēkās ar tehnoloģiskām prasībām, tas ir muzeji, ražošanas ēkas, peldbaseini utml. , kas savukārt neietilpst Eiropas direktīvā norādītajā ēku grupā, lai arī ir raksturīgas ar lielu enerģijas patēriņu un līdz ar to ar lielākām iespējām optimizācijai. Cerams, ka šādu ēku enerģētisko salīdzināšanu veicinās pašvaldību uzņēmumu, profesionālo apvienību un privāto uzņēmēju iniciatīva ar mērķi samazināt ekspluatācijas izdevumus savās ēkās. Energosertifikācijai tiek piedāvāts lietot RTU zinātnieku izstrādāto ēku energosertifikācijas standartizētā siltuma patēriņa kritērija formulu, papildinot to ar mitruma izmaiņas energopatēriņu un iegūstot jaunu aprēķina formulu 2-1.

$$q_{st} = q_{apk} \frac{G_{st}}{G} + q_{k.ū} \frac{A}{Cn} + q_{mitr} \frac{M_{st}}{M}, \quad (2-1)$$

kur q_{st} - standartizētais siltuma patēriņš, kWh/m²gadā;

q_{apk} - izmērītais faktiskais gada īpatnējais siltuma patēriņš apkurei;

$q_{k.ū.}$ - izmērītais faktiskais gada īpatnējais siltuma patēriņš karstajam ūdenim;

G_{st} - grādudienu skaits standarta gadā;

G - grādudienu skaits analizētā gadā;

A – pilna apkurināmā platība;

n – faktiskais cilvēku skaits ēkā;

C – salīdzināmo ēku aizpildījuma līmenis, m²/cilv;

U_{st} - standartizētais iztvaicējamā ūdens daudzums mitrināšanas sezonā, kg;

U – izmērītais, faktiskais ūdens daudzums, mitrināšanas sezonā, kg;

$q_{mitr.}$ - izmērītais vai aprēķina gada īpatnējais ūdens patēriņš mitrināšanai, kWh/kg.

$$q_{mitr.} = \frac{M \times r_{iziv}}{3600} \quad (2-2)$$

kur

M – mitrināšanas stundu skaits standarta gadā, gh/kg/a;

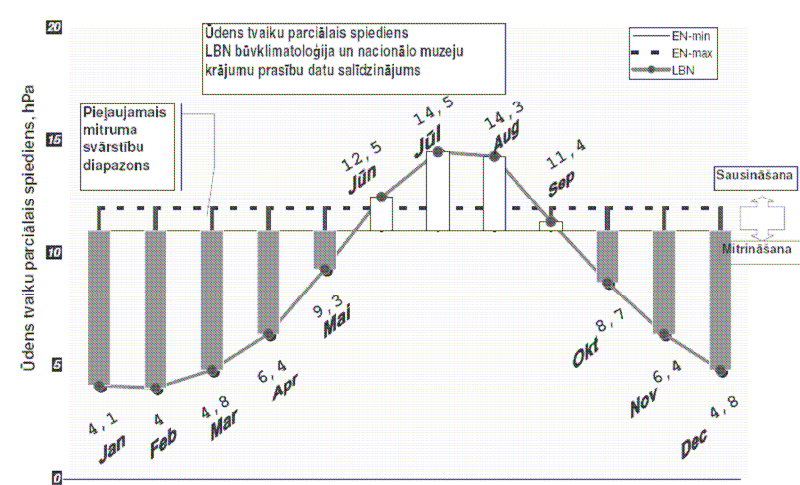
M_{st} - mitrināšanas stundu skaits analizētā gadā, gh/kg/a;

r_{iziv} - ūdens iztvaikošanas siltums, kJ/kg.

$$r_{iziv} = 2495 - 2,36t$$

kur

t - gaisa temperatūra, °C.



Att. 2-7 Ūdens tvaiku parciālais spiediens būv klimatoloģijas datu un nacionālo muzeju krājuma prasību salīdzinājumā

3 EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI

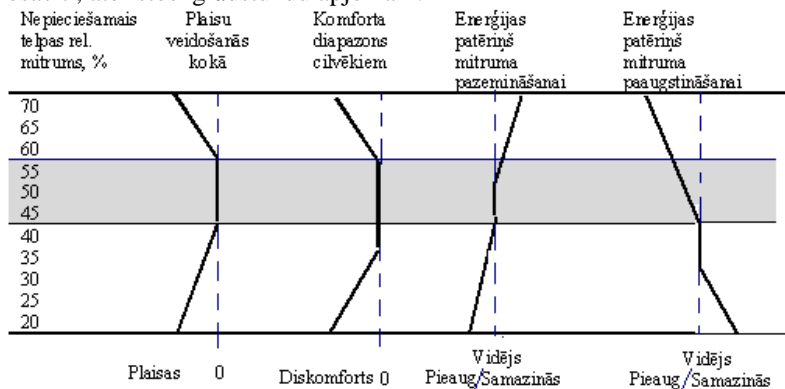
3.1 Publiskas, vēsturiskas ēkas izmantošanas funkcijas maiņas un māksliniecisko vērtību mijiedarbība

Vēsturiskās ēkās gaisa kondicionēšanas sistēmu uzdevums būtu rūpēties, galvenokārt, par mākslas vērtību saglabāšanu, kas, savukārt, Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumos ir ierobežots tehniski un ekonomiski neizdevīgā diapazonā, nosakot šauru temperatūras un mitruma izmaiņu diapazonu, ko praksē grūti izvērtēt un lietot speciālās situācijās, un, kur koka skulptūrām ir pieļaujama gaisa relatīvā mitruma svārstības 1% robežās 24 stundu laikā, tai pat laikā eksponēšanai šāds svārstību diapazons netiek norādīts. Kā, piemēram, Doma koncertzālē un LU Lielajā Aulā, kur atrodas mākslas vērtības un ēkas vienlaicīgi tiek izmantotas kā publiskās telpas, gan kā glabātuves.

3.1.1.1 Mērījumu izvērtējums

Prasību apkopošana grafiskā veidā, apzīmējot nepieciešamo temperatūras un mitruma diapazonu uz abscisu ass, bet uz ordinātu ass norādot izvērtējamo parametru un tā ietekmi, dod iespēju novērtēt to konkrētam objektam un dinamiski pielāgot mikroklimatu telpai.

Attēlā Att. 3-1 redzams, ka, apskatot kokam nepieciešamo temperatūras diapazonu, tikai 2 grādi (19-18°C) ir cilvēku komforta diapazonā. Var pieaugt enerģijas patēriņš temperatūras pazemināšanai, savukārt, var samazināties enerģijas patēriņš temperatūras paaugstināšanai (sildīšanai). Pietiekami sarežģīts ir enerģijas patēriņa aprēķins, jo ir nepieciešami dati par sildīšanas un dzesēšanas slodzēm telpās un ārā. Publicētie āra klimata dati Latvijā nav pietiekami, jo nesniedz informāciju par temperatūras relatīvā mitruma izmaiņu 1 stundas laikā, bet gan diennakts, nedēļai mēneša vidējos un maksimālos rādītājus. Augstākminētā iemesla dēļ grafikā enerģijas patēriņa līknes parādītas nosacīti, atbilstoši grādstundu apjomam.

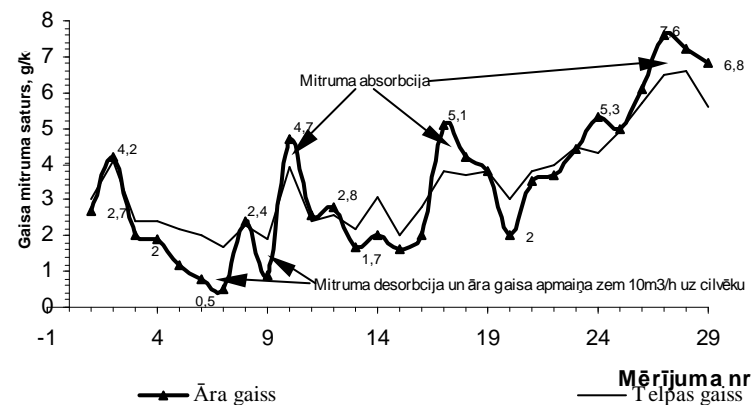


Att. 3-1 Apvienotais telpas gaisa temperatūras parametru grafiks

3.2 Maksimāli pieļaujamais gaisa mitruma saturs un sausinātāja darbība publiskas ēkas sanāksmju zālē

Atbilstoši Latvijas Republikā spēkā esošajiem normatīviem publisko ēku telpās, kur atrodas pastāvīgas darba vietas vai cilvēki uzturas ilgāk par 2 stundām ir nepieciešams nodrošināt pietiekamu āra gaisa apmaiņu ar dabīgo vai mehānisko ventilāciju. Tā kā normatīvi reglamentē āra gaisa daudzumu uz vienu cilvēku, tad sanāksmju zāles ar mainīgu cilvēku skaitu tiek aprīkotas ar gaisa kondicionēšanas sistēmām atbilstoši maksimālajam cilvēku skaitam. Savukārt, lai nodrošinātu telpas temperatūru un relatīvo mitrumu, āra gaisa izmantošana likumdošanā netiek reglamentēta un līdz ar to ir pieļaujama telpas gaisa recirkulācija. Recirkulācija dod iespējas ekonomēt energoresursus telpas sagatavošanas režīmā. Lai optimizētu gaisa kondicionēšanas sistēmu darbību, nepieciešams sabalansēt telpas sagatavošanas un cilvēku komforta prasību nodrošināšanas režīmus. Jaunas iespējas šo režīmu optimizācijai sniedz gaisa mitruma satura un CO₂ parametru analīze.

Telpas gaisa mitruma līmenis un tā izmaiņas ir nozīmīgi telpu gaisa kvalitātes faktori. Telpu mitrums ir atkarīgs no dažādu mitruma avotu kombinācijas, piemēram, āra gaisa apmaiņas, cilvēkiem, ēkas norobežojošām konstrukcijām un āra gaisa parametriem. Šajā darbā apskatīta norobežojošo konstrukciju virsmu mitruma absorbcijas un desorbcijas īpašību (līdz 48 stundām) ietekme uz gaisa kondicionēšanas iekārtu darbības režīmu prognozēšanu. Veicot periodiskus mērījumus laikā, kad telpās uzturējās cilvēki tika konstatēts, ka mitruma saturs telpas gaisā mainījās diapazonā 2-3 g/kg zem āra gaisa mitruma. Mitruma pieaugums virs āra gaisa mitruma tika konstatēts gadījumos, ja samazināja āra gaisa daudzumu līdz 8-10 m³/h uz cilvēku. Mitruma izmaiņu dinamika atkarīga no temperatūras izmaiņas telpā. Zinot temperatūras izmaiņas ātrumu un gaisa mitruma saturu ārā, ir iespējams prognozēt relatīvā mitruma pārsniegšanas iespēju telpā, tas ir pieaugumu virs 60 % un savlaicīgi veikt pieplūdes gaisa sausināšanu, ja ir notikusi mitruma absorbcija un āra gaisa mitrums turpina pieaugt 26. un 27. mērījums Att. 3-2.



Att. 3-2 Āra gaisa un telpas gaisa mitruma satura mērījumi. Mitruma absorbcijas/desorbcijas zonas.

3.3 Nemainīgs gaisa mitruma saturs un mitrinātāja darbība ražošanas ēkas noliktavā

Daudzos ražošanas procesos gaisa mitrums ir svarīgs faktors produkcijas kvalitātē un ražošanas izmaksās.

3.3.1 MSID mērījumi un aprēķini

Mērījumi tika veikti laika posmā no 2002. oktobra līdz 2003. gada maijam.

Kontrolmērījumi telpas gaisa temperatūras un relatīvā mitruma parametri fiksēti ar nolasījumiem no iekārtu vadības procesora pielikuma tabulās un grafikos un laboratorijas termohigrogrāfu "Lambrecht".

Datu reģistrēšanai tika izmantots ventilācijas iekārtas vadības procesors "Menerga" DDC (direct digital control – tiešā ciparu vadība) vadības procesors, kura programmas elements "h,x Modul" dod iespēju izmantojot temperatūras, gaisa relatīvā mitruma un barometriskā spiediena mērījumus aprēķināt visus pārējos gaisa stāvokļa parametrus, t.i. entalpiju, absolūto mitrumu, rasas punkta temperatūru, mitrā termometra temperatūru, faktisko ūdens tvaika parciālo spiedienu un gaisa blīvumu. Vadības procesors ir brīvi programmējams "C-Bus" tīklā. Datu aktualizēšana pie pilnas tīkla noslodzes (22 sūtītāji) notiek divās sekundēs.

Datu analīze tika veikta atsevišķi, ar MS Excell programmas palīdzību.

Uzturot pieplūdes gaisa temperatūru +17°C, telpas temperatūra pastāvīgi atradās +21°C robežās, līdz āra gaisa temperatūrai 0°C, pie kam izmaiņas bija 1-2 K, siltākā laikā temperatūra pieauga un nostabilizējās uz +24 līdz +26 °C. Mitrumu bija iespējams nofiksēt pietiekami precīzi un ātri, pie kam blakus ceļā varēja novērot pat par 0,5-2 g/kg augstāku mitruma saturu, kas izskaidrojams ar augstāku telpas temperatūru un grieztās tabakas mitrināšanu.

Telpas temperatūras inerce ir 2-4 stundas, mitruma inerce minimāla, tas ir 2-5 minūtes, jo telpas mitruma saturs pie projektētās gaisa apmaiņas 4-8 reizes stundā ir tieši atkarīgs no pieplūdes gaisa mitruma.

4 REKOMENDĀCIJAS IEVIEŠANAI LATVIJAS BŪVNORMATĪVOS

4.1 Āra gaisa parametru raksturošana

Mitruma izmaiņu maksimumu noteikšanai, analogi kā apkures sistēmu aprēķinam ir lietderīgi apkopt un publicēt LBN 003 "Būv klimatoloģija" apkopotos datus sekojošā formā :

Tab. 4-1 LBN 003 āra gaisa parametru datu papildināšanas uzskaitījums

| Nr. p.k | Parametra apraksts | Dienā/aktualitāte/izmantošana | Mēnesī/aktualitāte/izmantošana |
|---------|---|---|--|
| 1. | Absolūtais mitruma satura maksimums un minimums | Nepieciešams | Nepieciešams |
| | | Sistēmu maksimālā ražīguma un parametru biežuma noteikšanai | Sistēmu maksimālā ražīguma noteikšanai |
| 2. | Mitruma saturs katru stundu | Nepieciešams | - |
| | | Precīza ražīguma un energopatēriņa noteikšanai | - |

| | | | |
|----|--|--|-------------------------------------|
| 3. | Vidējais mitruma saturs | Vēlams | Vēlams |
| | | Vidējā energopatēriņa noteikšanai un prognozēšanai | Vidējā energopatēriņa prognozēšanai |
| 4. | Mitrināšanas sezonas dienu skaits, atbilstoši telpas g.m., ar 5 % soli, diapazonam no 30 līdz 60%. | Vēlams | Vēlams |
| | | Vidējā energopatēriņa noteikšanai un prognozēšanai | Vidējā energopatēriņa prognozēšanai |

4.2 Muzeju telpu klimata prasības

Mitruma izmaiņu maksimumu reglamentēšanai, analogi kā gaisa relatīvā mitruma un temperatūras datiem ir lietderīgi apkopt un publicēt Ministru kabineta noteikumos nr 311 un 354 "Noteikumi par Nacionālo muzeju krājumu" apkopotos datus sekojošām mākslas vērtībām:

Tab. 4-1 MK noteikumu 354 telpas gaisa parametru datu papildināšanas uzskaitījums

| Nr. p.k | Parametra apraksts | Dienā/aktualitāte/izmantošana | Mēnesī/aktualitāte/izmantošana |
|---------|---------------------------|---|--|
| 1. | Mitruma satura svārstības | Polihroms un kokskulptūra. Nekrāsots koks un mēbeles | |
| | | +/- 0,5 g / 24h | +/- 2 g / mēnesī (precīzāku sadalījumu izstrādāt proporcionāli āra gaisa mitruma satura un pirmdotās vērtības izmaiņām). |

SECINĀJUMU KOPSAVILKUMS

| | |
|----|---|
| 1. | Piedāvāts jauns mitruma satura izmaiņu dinamikas kritērijs - mitruma satura izmaiņu diapazons laika vienībā. Izmantojot piedāvāto kritēriju izstrādāts modelis gaisa mitrinātāja un sausinātāja vadībai un ražības kontrolei. |
| 2. | Izvērtēta piedāvātā kritērija izmantošana ES direktīvas par ēku energosertifikāciju ieviešanai gaisa kondicionēšanas sistēmās, kuru darbības rezultātā tiek mainīts gaisa mitruma saturs. |
| 3. | Piedāvāta pieeja meteoroloģiskajai informācijai, gaisa mitruma datu lietošana sistēmu projektēšanas, ekspluatācijas un darbības analīzes veikšanai un prognozēšanai. |
| 4. | Eksperimentālajā pētījumā, kas aptvēra 6 ražošanas un publiskās ēkas, tika mērīti un apkopoti dati par telpu un āra gaisa mitruma saturu dažādos gaisa apstrādes iekārtu un telpu ekspluatācijas režīmos, ar mērķi pārbaudīt teorētisko pieņēmumu par kritērija darbību un izstrādāto gaisa mitrinātāja un sausinātāja vadības modeli. Pētījuma rezultātā pilnībā apstiprinājās, ka izstrādātais kritērijs un teorētiskais modelis darbojas arī sistēmu ekspluatācijā, visa gada āra klimata izmaiņu cikla laikā. |
| 5. | Eksperimenta gaitā tika konstatēta agrāk nezināma - ogļskābās gāzes satura un mitruma satura izmaiņu kopsakarība, kas sevišķi spilgti izpaužas zema āra gaisa mitruma un nelielas gaisa apmaiņas gadījumā. |
| 6. | Darbā ir doti metodiskie pamati gaisa mitruma satura datu lietošanai inženiertehniskos aprēķinos. |
| 7. | Piedāvāts pilnveidot LR normatīvus ventilācijas un gaisa kondicionēšanas jomā: Prognozēt sistēmu ekspluatāciju, balstoties uz precizētiem klimatoloģijas datiem. Sistēmu aprēķinam un regulēšanai lietot LR likumdošanā nereglamentētu, cilvēka komfortu ietekmējošu lielumu – minimālo un maksimāli pieļaujamo gaisa mitruma saturu un tā izmaiņu dinamiku. |

PUBLIKĀCIJU SARAKSTS

| Nr.p.k. | Nosaukums |
|---------|---|
| 1. | Pelīte U., Lešinskis A. Vēsturisko publisko ēku mikroklimate nodrošināšanas sistēmu optimizācija// RTU 46.Starptautiskā zinātniskā konference 13.-15.oktobris, 2005. Rakstu krājums- RTU Zinātniskie raksti, sērija 2, sējums 6 - Arhitektūra un būvzinātne. - Rīga. – 2005.- 194.-202.lpp. |
| 2. | Pelīte U., Lešinskis A. Telpas gaisa mitruma un CO2 satura datu pielietojums LU lielā aula gaisa kondicionēšanas sistēmu darbības optimizācijai// RTU 44.Starptautiskā zinātniskā konference 9.- 11.oktobris, 2003. Rakstu krājums. - RTU Zinātniskie raksti, sērija 2, sējums 4 - Arhitektūra un būvzinātne. - Rīga. –2003.- 188.-192.lpp. |
| 3. | Pelīte U., Lešinskis A. Assessment of the real heat transfer coefficient within plastic Windows structure by diversification of air parameters in the pool room//Proc. of International scientific conference -Civil engineering 2003, Jelgava.- 21-22.03.2003. -93.-96.p. |
| 4. | Pelīte U., Lešinskis A. Gaisa kondicionēšana noliktavā ar kontrolējamu telpas gaisa mitruma saturu// RTU 43.Starptautiskā zinātniskā konference 10.-14.oktobris, 2002. Rakstu krājums.- RTU Zinātniskie raksti, sērija 2, sējums 3 - Arhitektūra un būvzinātne. - Rīga. –2002.- 144.-147.lpp. |
| 5. | Pelīte U., Lešinskis A. Constant room air absolute humidity in storages with variable volume outside air supply// Proc.of Post REHVA 45th Generel Assembly Conference.- Rīga. - 7.10.2002. - 128 -132.p. |
| 6. | Krēsliņš A., Lešinskis A., Pelīte U. History of HVAC system development in National Theatres of Latvia// Proc. of 7th REHVA World Congress-Clima 2000/Napoli 2001.- Napoli. – 15 -18.09.2001.- 105.-116.p |
| 7. | Krēsliņš A., Lešinskis A., Pelīte U. History of HVAC system development in National Theatres of Latvia// 7th REHVA World Congress-Clima 2000/Napoli 2001.- Napoli. – 15 -18.09.2001.-on CD-ROM |
| 8. | Krēsliņš A., Lešinskis A., Pelīte U. History of HVAC system development in National Theatres of Latvia// 7th REHVA World Congress-Clima 2000/Napoli 2001 Paper abstracts.- Napoli. – 15-18.09.2001.-270.p |