

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Būvniecības fakultāte

Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts

Andris Krūmiņš

VENTILĀCIJAS SISTĒMU VADĪBAS OPTIMIZĀCIJA

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs

Dr. sc. ing., asoc. profesors

A.LEŠINSKIS

Dr. habil. sc. ing., profesors

E. DZELZĪTIS

Rīga - 2008

UDK 697.9 (043.2)

© Kr 895 v

Krūmiņš A. Ventilācijas sistēmu vadības optimizācija. Promocijas darba kopsavilkums. – R.:RTU, 2008. – 26 lpp.

Iespiests saskaņā ar Promocijas padomes „RTU P-12” 2008. gada 29. oktobra lēmumu, protokols Nr.5.

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu Nacionālās programmas “Atbalsts doktorantūras programmu īstenošanai un pēcdoktorantūras pētījumiem” projekta “Atbalsts RTU doktorantūras attīstībai” ietvaros.

ISBN

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS RĪGAS TEHNISKAJĀ
UNIVERSITĀTĒ INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA
IEGŪŠANAI

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts promocijas padomē „RTU P-12” 2008. gada 19. decembrī 14.00 Rīgā, Āzenes ielā 16/20, Būvniecības fakultātes sēžu zālē.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Prof., Dr.habil.sc.ing. Namejs Zeltiņš (LZA Fizikālās Enerģētikas institūts)

Prof., Dr.habil.sc.ing. Jānis Greivulis (Rīgas Tehniskā universitāte)

Prof., Dr.habil.sc.ing. Andris Šnīders (Latvijas Lauksaimniecības universitāte)

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.

Andris Krūmiņš

Datums:.....

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, astoņas nodaļas, secinājumus, literatūras sarakstu, 59 zīmējumus un ilustrācijas, kopā 113 lappuses. Literatūras sarakstā ir 98 nosaukumi.

SATURA RĀDĪTĀJS

Satura rādītājs.....	4
Tēmas aktualitāte	5
Darba mērķis.....	5
Pētījumu metodika	6
Zinātniskā novitāte un galvenie rezultāti	6
Darba praktiskais pielietojums	7
1. Ievads.....	7
2. Gaisa apstrādes iekārtu simulācijas programmu izveide	8
3. Gaisa apstrādes iekārtu enerģijas patēriņš	9
4. Klimatoloģiskie dati gaisa kondicionēšanas sistēmas aprēķiniem, modeļa izveide.....	9
5. Vēlamais telpas mikroklimats.....	11
6. Pieplūdes gaisa stāvokļa parametru regulēšana	12
7. Simulācijas programmas pielietošana	15
8. Klimata nodrošināšanas modelis Jelgavas peldbaseinam	16
8.1. Jelgavas peldbaseina ventilācijas sistēmas darbības novērtējums.....	21
9. Secinājumi.....	22
Publikācijas	24

TĒMAS AKTUALITĀTE

Enerģijas patēriņa samazināšana ēkās ir īpaši svarīgs jautājums gan valstij, gan iedzīvotājiem. Enerģijas patēriņš ēkās pēdējo divdesmit gadu laikā ir ļoti pieaudzis. Ventilācija, gaisa kondicionēšana un apkure izmanto ievērojamus enerģijas resursus no kopējā ēkas enerģijas patēriņa. Minēto sistēmu izvēle un regulēšana būtiski ietekmē ēkas ekspluatācijas izmaksas.

Enerģijas patēriņš Eiropas attīstīto valstu ēkās sastāda 40% no kopējā enerģijas patēriņa apjoma, savukārt ventilācijas un gaisa kondicionēšanas enerģijas patēriņš var sasniegt pat līdz 50% no kopējā enerģijas patēriņa ēkās.

2002. gadā Eiropas Savienībā tika pieņemta jauna Direktīva 2002/91/EC par ēku enerģētiskajiem parametriem. Viens no direktīvas mērķiem ir par 1% gadā samazināt enerģijas patēriņu Eiropas Savienības valstīs laika posmā no 2007. – 2012. gadam.

Viens no ventilācijas sistēmu enerģijas patēriņa samazināšanas veidiem ir energoefektīvu gaisa apstrādes iekārtu izvēle, kuru vadību nodrošina automātika ar pareizi izvēlētiem vadības parametriem, uzlabojot komforta līmeni telpās. Latvijā ēku automatizācijas sistēmas tiek pielietotas arvien plašāk. Par neiztrūkstošu ēkas automatizācijas sistēmas sastāvdaļa ir kļuvusi datu arhivēšana visām pieslēgtajām inženiersistēmu iekārtām, tai skaitā par ventilācijas iekārtu darbību. Šo datu izmantošana ventilācijas iekārtu darbības novērtēšanai ar simulācijas programmām ir ļoti efektīvs veids, lai samazinātu ventilācijas sistēmu enerģijas patēriņu un uzlabotu/saglabātu vēlamo komfortu telpās.

DARBA MĒRĶIS

Promocijas darba pētījumu mērķis ir izstrādāt ventilācijas sistēmu vadības optimizāciju atbilstoši Latvijas klimatam un gaisa parametru izmaiņu virzienam telpā.

Tiek izvirzīti šādi pētījuma uzdevumi:

- izveidot gaisa apstrādes iekārtas enerģijas patēriņa aprēķina metodiku un programmu dažādām iespējamām gaisa apstrādes iekārtas konfigurācijām;
- veikt gaisa apstrādes iekārtas analīzi, pamatojoties uz Latvijas klimatoloģijas datiem;

- veikt izstrādātās metodikas praktisku pārbaudi, izmantojot ēku automatizācijas sistēmas mērījumus eksperimentālajā objektā;
- izstrādāt algoritmu gaisa apstrādes iekārtu enerģijas patēriņa optimizācijai, atbilstoši gaisa parametru izmaiņu virzienam telpā;
- radīt aprēķina metodiku un programmu ēku automatizācijas sistēmu ekspluatācijas darbiniekiem gaisa apstrādes iekārtu energoefektīvu parametru ieregulēšanai.

PĒTĪJUMU METODIKA

Gaisa apstrādes iekārtas enerģijas patēriņa aprēķināšanas programmas izveidei tika izraudzīts "Matlab" un "Simulink" (Mathworks) programmnodrošinājums.

"Simulink" simulācijas programmā ir izveidoti modeļi atsevišķu sekciju darbības novērtēšanai, kas balstās uz "Matlab" valodā uzrakstītiem algoritmiem. Ir izveidots Latvijas klimatoloģijas datu modelis "Simulink" programmā, kas ļauj analizēt ventilācijas iekārtu enerģijas patēriņu atbilstoši Latvijas klimatoloģijas apstākļiem ar datu apstrādi vienu reizi stundā.

Ēkas automatizācijas sistēmu arhivētie dati par ventilācijas iekārtu darbību tiek saglabāti "Matlab"/"Simulink" datu bāzēs. Mērījumu rezultātā tiek noteikts gaisa parametru izmaiņas virziens telpā.

Gaisa apstrādes iekārtas patērētās enerģijas aprēķina simulācijas programma ir pielietota vairākos reālos objektos. Programma dod uzskatāmu grafisku informāciju par katras gaisa apstrādes iekārtas sekcijas darbību un ļauj optimizēt gaisa apstrādes iekārtas konfigurāciju un darbības parametrus.

ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE UN GALVENIE REZULTĀTI

Līdz šim veiktajos pētījumos nav izstrādāta metodika/simulācijas programma par ēkas automatizācijas sistēmas arhivēto datu pielietošanu komforta līmeņa palielināšanai telpās ar iespēju samazināt gaisa apstrādes iekārtu enerģijas patēriņu. Promocijas darbā ir veikti teorētiskie un praktiskie pētījumi, kas ļauj pielietot automatizācijas sistēmas arhivētos datus ventilācijas sistēmu vadības optimizācijai.

Ir izveidots gaisa termodinamisko parametru aprēķina modelis, kas ir pamats gaisa apstrādes iekārtas dažādu sekciju jaudas aprēķina veikšanai. Izveidotie modeļi simulācijas programmā "Simulink" nodrošina enerģijas

patēriņa noteikšanu ventilācijas iekārtām, pieļaujot dažādu ventilācijas iekārtas sekciju konfigurāciju.

Izveidotais Latvijas meteoroloģisko datu modelis "Simulink" programmā ļauj precīzi analizēt ventilācijas iekārtu enerģijas patēriņu atbilstoši Latvijas klimatiskajiem apstākļiem. Vēlamie telpas parametri ir analizēti kontekstā ar gaisa parametru izmaiņas virzienu telpā, izveidojot nepieciešamo telpas pieplūdes gaisa parametru moduli. Ir izveidots pieplūdes gaisa parametru regulēšanas algoritms noteiktā telpas komforta zonas punktā, kas prasa vismazāko enerģijas patēriņu.

Izstrādātā gaisa apstrādes iekārtas parametru aprēķina metodika un Simulācijas programma pārbaudīta eksperimentālā objekta gaisa apstrādes iekārtu optimizācijā, kas ļāva samazināt enerģijas patēriņu par 60%.

DARBA PRAKTISKAIS PIELIETOJUMS

Izveidoto metodiku kopā ar Simulācijas programmu var pielietot ventilācijas iekārtu energoefektivitātes novērtēšanai ēkās Latvijā. Ventilācijas iekārtu enerģijas patēriņa analīze ar izveidoto simulācijas programmu var sniegt atbildi par:

- gaisa apstrādes iekārtas atbilstību gaisa parametru izmaiņas virzienam telpā,
- gaisa tilpuma plūsmas pareizību, atbilstoši gaisa parametru izmaiņas virzienam telpā, ņemot vērā nepieciešamo svaigā gaisa tilpuma plūsmu;
- gaisa apstrādes iekārtas enerģijas patēriņa izmaksām gada laikā;
- gaisa apstrādes iekārtas pieplūdes gaisa parametru atbilstību nepieciešamajiem telpas parametriem;
- iespējamiem risinājumiem enerģijas patēriņa samazināšanai.

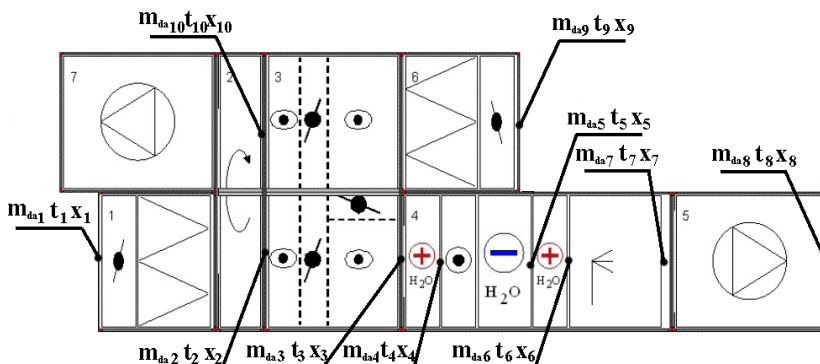
1. Ievads

Mūsdienās daudzas ēkas ir aprīkotas ar ēku automatizācijas sistēmu - BAS (angliski "Building management system"), kuras viens no uzdevumiem ir analizēt patērēto enerģiju ēkā. Centralizētās vadības uzdevums ir atrast optimālos iekārtu darbības parametrus, izmantojot visas ēkas klimata nodrošināšanas sistēmas un nepieļaujot dažādu parametru iestādījumus, kas var negatīvi ietekmēt enerģijas patēriņu ēkā. Ēku automatizācija ir pārdzīvojuši

vairākas stadijas. Sākumā tika automatizētas sistēmas, kur galvenais uzsvars tika likts uz nepieciešamā apkalpojošā darbaspēka samazināšanu. Vēlāk tika analizētas sistēmu uzraudzības funkcijas, lai visīsākajā laikā varētu novērst iekārtu iespējamus bojājumus. Nākošais attīstības solis ir enerģijas izmaksu samazināšana, vienlaikus uzlabojot klimata kvalitāti telpās. Lai telpā nodrošinātu nepieciešamos parametrus (temperatūra, mitrums, gaisa apmaiņa) ar minimālu enerģijas patēriņu, ir jāveic atbilstoša gaisa apstrādes iekārtas izvēle ar atbilstošu iekārtas automātiku. Nepieciešamo iekārtas konfigurāciju un tās automatizācijas līmeni, kas var nodrošināt minētos parametrus, var pamatot ar simulācijas modeli.

2. Gaisa apstrādes iekārtu simulācijas programmu izveide

Gaisa apstrādes iekārtas pārsvarā ir unikālas iekārtas, kuras tiek izgatavotas atbilstoši projekta vajadzībām. Gaisa apstrādes iekārtas konfigurācija ir atkarīga no apkalpojamo telpu veida, siltuma un mitruma izdalījumiem telpā, kā arī no nepieciešamajiem pieplūdes gaisa parametriem telpās. Ir svarīgi zināt āra gaisa parametrus.



2.1.att. Gaisa apstrādes iekārtas gaisa parametri

Datu apstrādei ar matemātiskām formulām ir noteikts mitruma saturs gaisā, gaisa entalpija, rasas punkta temperatūra, mitrā termometra temperatūra, gaisa masas plūsma, ja ir zināms barometriskais gaisa spiediens (kPa), relatīvais mitrums (%), gaisa temperatūra (°C), gaisa tilpuma plūsma (m³/h). Barometrisko spiedienu simulācijas programmā var mainīt, eksperimenta daļā izmantotā barometriskā spiediena vērtība ir 101.325kPa.

Gaisa termodinamisko parametru aprēķins ir veikts "Matlab" programmēšanas valodā un izveidots bloks "Simulink" programmā.

3. Gaisa apstrādes iekārtu enerģijas patēriņš

Enerģijas patēriņš gaisa apstrādes iekārtām ir atkarīgs no gaisa apstrādes konfigurācijas. "Simulink" simulācijas programmā ir matemātiski aprakstītas gaisa apstrādes iekārtu sekcijas darbība. Ir izveidots:

- gaisa sildīšanas modelis;
- ventilatoru dzinēju elektroenerģijas patēriņa modelis;
- plākšņu siltummaiņa modelis;
- reģeneratīvā siltuma utiliatora modelis;
- recirkulācijas modelis;
- gaisa mitrināšanas modelis;
- gaisa dzesēšanas/sausināšanas modelis.

Savienojot šos moduļus un piesaistot nepieciešamās datu bāzes (āra gaisa parametri, gaisa parametru izmaiņas virziens telpā), tiek izveidota gaisa apstrādes iekārtas simulācija. Izveidotie modeļi simulācijas programmā "Simulink" nodrošina enerģijas patēriņa noteikšanu gaisa apstrādes iekārtām, pieļaujot dažādas gaisa apstrādes iekārtas sekciju kombinācijas.

4. Klimatoloģiskie dati gaisa kondicionēšanas sistēmas aprēķiniem, modeļa izveide

Gaisa apstrādes iekārtu enerģijas patēriņš ir jāanalizē atbilstoši Latvijas klimatiskajiem apstākļiem.

Uz telpas siltuma un mitruma bilanci lielāko ietekmi atstāj šādi āra klimata parametri:

- temperatūra;
- mitrums;
- saules starojuma intensitāte;
- vēja ātrums un virziens.

Promocijas darbā tiek izmantots tipiskais klimatoloģiskā gada modelis. Tipiskā klimatoloģiskā gada modelis ir izveidots, balstoties uz "National renewable energy Laboratory's" izstrādātajiem principiem. Modelī tiek izmantoti izstrādātā vidējā gada dati ar intervālu - 1h.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
33											2							2
32										2		1						3
30											3							3
29										2	4	1						7
28										2	3	3						11
27				1	2					5	1	7	6	1				23
26					2	2				1	2	6	11	2	1			27
25						5	3	3	6	1	5	8	4	8	2			45
24					1	4	10	9	9	5	12	5	11	9	2	1		78
23					6	12	24	7	10	11	13	10	11	6	3	2		115
22					2	11	23	24	11	12	16	11	9	4	1	1		125
21					7	14	29	30	19	14	12	8	15	6	3			157
20					4	10	23	24	32	28	19	15	22	6				183
19					2	8	20	47	42	30	25	18	22	18	4			236
18						9	13	36	41	44	49	40	25	7				264
17			1			14	23	46	50	47	58	50	15					304
16			1	2	14	36	46	46	47	76	53							321
15				1	16	37	52	63	57	115	5							346
14				5	6	12	40	56	55	91	32							297
13				4	16	18	32	63	85	95								313
12				10	20	24	47	61	126	44								332
11				5	25	37	64	110	126									368
10				7	23	30	82	86	35									263
9				5	30	31	66	108										240
8				6	31	44	130	47										258
7				7	33	57	130	2										229
6				11	48	97	90											246
5				12	82	156	27											277
4				20	139	171												330
3				28	183	173												384
2			5	56	282	107												450
1			8	73	393	6												480
0	6		6	18	32													62
-1		16	97	157														270
-2		23	157	124														304
-3		41	206	26														273
-4		44	215															259
-5		65	164															230
-6		44	59															103
-7		48	28															77
-8		86	9															95
-9		71																71
-10		43																43
-11	1	50																51
-12	1	33																34
-13	8	43																51
-14	12	36																48
-15	11	17																28
-16	12	1																13
-17	15																	15
-18	16																	16
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	6	76	680	1204	1658	1048	895	872	766	554	442	261	138	101	44	11	4	8760

Stundas, h

4.1.att. Tipiskā klimatoloģiskā gada modelis

5. Vēlamais telpas mikroklimats

Gaisa apstrādes iekārtu regulēšanas uzdevums ir uzturēt komfortablu gaisa parametru telpā ar iespējami maziem izdevumiem (izbūves un ekspluatācijas izmaksas). Vēlamie telpas parametri ir atkarīgi no telpas nozīmes (biroja telpa, muzejs, noliktava).

Ar gaisa apstrādes iekārtām galvenokārt tiek veikta telpas parametru regulēšana, uzturot vēlamos pieplūdes gaisa stāvokļa parametru. Pieplūdes gaisa parametriem ir jāreaģē uz telpas parametru izmaiņām. Atkarībā no prasībām un telpas slodzēm, gaisa apstrādes iekārtas regulē telpas temperatūru vai arī telpas temperatūru un telpas gaisa mitrumu.

Nepieciešamā gaisa masa, lai kompensētu siltuma, mitruma pieplūdumu:

$$m_{da} = \frac{q_s + \Sigma(m_w h_w)}{h_2 - h_1}, \quad (5.1)$$

kur q_s - siltuma daudzums no apkārtējās vides, siltumu izdalošie elementi telpās, kas nav saistīti ar papildu mitruma pieplūdumu, kW;

Σ_{mv} - kopējais mitrums no norobežojošām konstrukcijām, no telpas elementiem, kg/s;

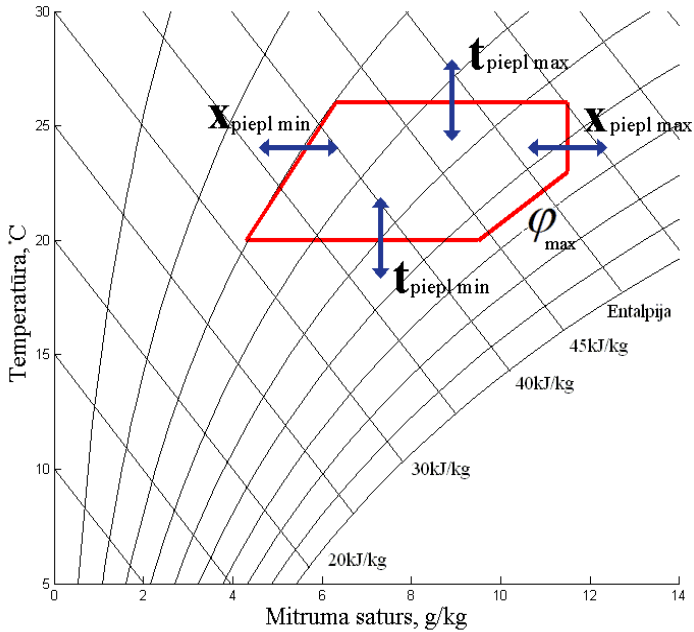
m_{da} - gaisa masas plūsma siltuma un mitruma aizvadīšanai, kg/s.

h_2 - nosūces gaisa entalpija, kJ/kg;

h_1 - pieplūdes gaisa entalpija, kJ/kg;

Gaisa apstrādes iekārtai ar konstantu gaisa tilpuma plūsmu jānosaka enerģētiski izdevīgi pieplūdes gaisa stāvokļa parametri. Šo laukumu ierobežo

$t_{piepl\ min}$, $t_{piepl\ max}$, $x_{piepl\ min}$, $x_{piepl\ max}$, $\varphi_{piepl\ max}$.



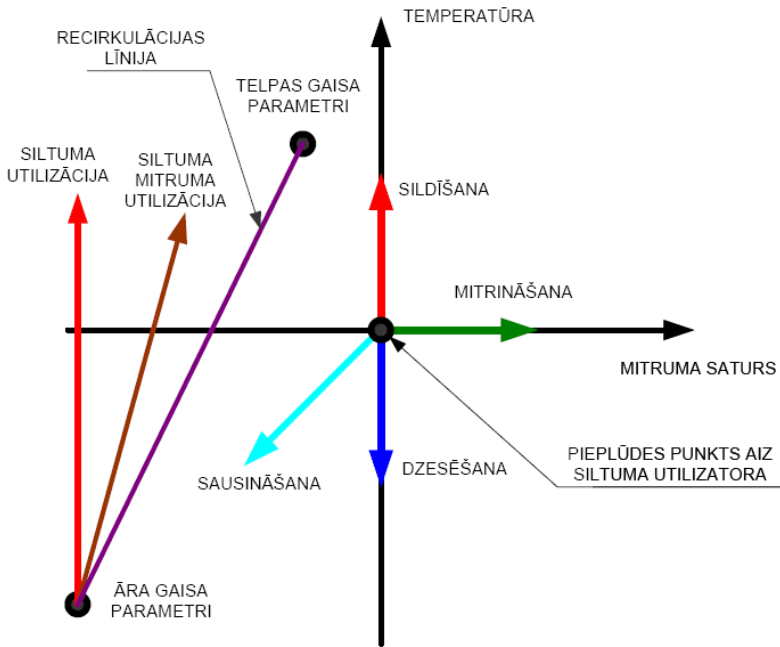
5.1.att. Enerģētiski izdevīgāko pieplūdes gaisa parametru noteikšana

Ir izveidots telpas simulācijas modelis, kas nodrošina telpas gaisa parametru aprēķinu komforta zonas robežās.

6. Pieplūdes gaisa stāvokļa parametru regulēšana

Izstrādājot gaisa apstrādes iekārtas regulēšanas stratēģiju, ir jāzina katras sekcijas ietekme uz temperatūras un mitruma satura izmaiņām. Gaisa apstrādes iekārtu sekcijām ir jābūt aprīkotām ar atbilstošiem elementiem, lai ar tām varētu plūstoši regulēt temperatūras un mitruma parametrus. Katrai pieplūdes gaisa robežai ($t_{piepl\ min}$; $t_{piepl\ max}$; $x_{piepl\ min}$; $x_{piepl\ max}$; $\varphi_{piepl\ max}$) tiek veidota sava regulēšanas secība. Turklāt $t_{piepl\ min}$ un $t_{piepl\ max}$, kā arī $x_{piepl\ min}$ un $x_{piepl\ max}$ secība ir savstarpēji jāsaista, jo ekspluatācijas laikā var tikt noteikts, ka $t_{piepl\ min} = t_{piepl\ max}$ un/vai $x_{piepl\ min} = x_{piepl\ max}$

Pieplūdes gaisa vēlamās temperatūras un mitruma vērtības līdz šim tika regulētas pēc atļauto telpas stāvokļa parametru vidējā lieluma ar atbilstoši lielu nejūtības zonu.

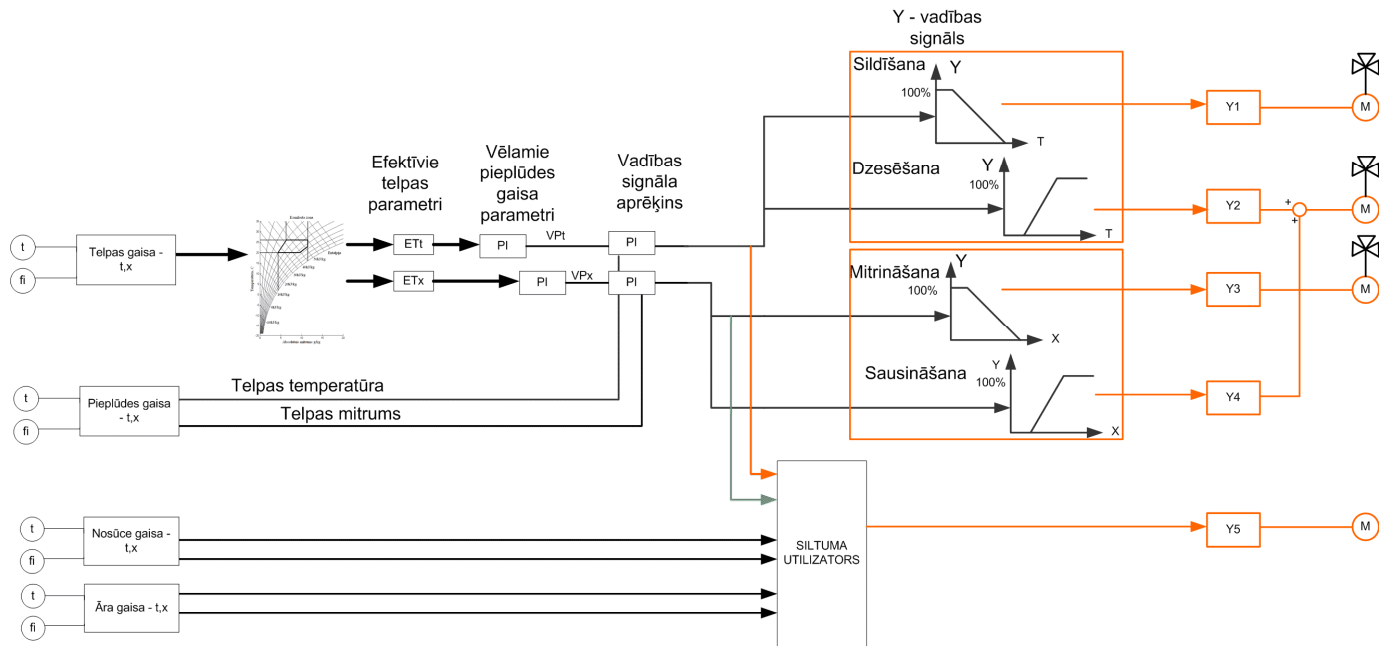


6.1.att. Regulēšanas secība pieplūdes gaisa mitruma satura/temperatūras izmaiņai

Temperatūras un mitruma izmaiņai ir jāizmanto dažādas gaisa apstrādes iekārtas sekcijas, sekciju darbības rezultātā temperatūras un mitruma izmaiņas ir parādītas 6.1.attēlā. Sekciju darbībām ir jābūt saskaņotām.

Ir izstrādāta regulēšanas stratēģija, kas nosaka gaisa apstrādes iekārtai „izdevīgākos” telpas gaisa stāvokļa parametrus un aprēķina pieplūdes gaisa stāvokļa parametrus, pamatojoties uz Δh un Δx .

Gaisa apstrādes iekārtas optimālas regulēšanas mērķis ir, lai pieplūdes gaisa stāvokļa parametru regulēšanai tiktu nodotas atļautās pieplūdes gaisa zonas robežās $(t_{piepl\ min}; t_{piepl\ max}; x_{piepl\ min}; x_{piepl\ max}; \varphi_{piepl\ max})$.



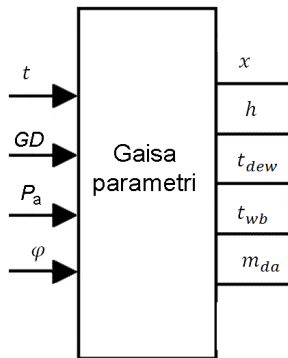
6.2.att. Gaisa apstrādes iekārtas regulēšanas stratēģija ar izdevīgāko pieplūdes gaisa stāvokļu aprēķināšanu

7. Simulācijas programmas pielietošana

Aprakstītie modeļi ir izveidoti "Matlab" programmēšanas valodā. "Simulink" simulācijas vidē katram modelim ir savs matemātiskais fails (M-file). Vidējais klimatoloģiskais gads ir saglabāts "Matlab" datu bāzē. Gaisa apstrādes iekārtu sekcijas "Simulink" programmā ir jāsavieno atbilstoši pētāmai gaisa apstrādes iekārtas sekciju secībai.

Simulācijas parametri (piemēram, $t_{piepl\ min}$; $t_{piepl\ max}$; $x_{piepl\ min}$; $x_{piepl\ max}$; $\varphi_{piepl\ max}$, sekciju lietderības koeficienti) tiek uzstādīti simulācijas programmas lietotāja saskarnē un tiek saglabāti "Matlab" datu bāzē.

Simulācijas aprēķins tiek veikts ar fiksētu soli atbilstoši klimatoloģiskā gada datiem (aprēķini tiek veikti vienu reizi stundā). Simulācijas beigās tiek analizēti gaisa parametri pēc visām gaisa apstrādes iekārtas sekcijām un katras sekcijas enerģijas patēriņš. Visi simulācijas rezultāti tiek saglabāti "Matlab" datu bāzēs.



7.1. att. Gaisa parametru aprēķināšanas bloks Simulācijas programmā

Katras sekcijas simulācijas modelī tiek aprēķināta patērētā enerģija. Patērētā enerģija tiek saglabāta datu bāzē. Programma aprēķina iekārtas enerģijas patēriņa izmaksas gada laikā.

Programma veic rezultātu apstrādi grafiskā veidā. Tiek iegūti rezultāti par:

- gaisa parametriem uz h-x diagrammas pēc visām gaisa apstrādes iekārtas sekcijām;
- sekciju jaudām vēlamo gaisa parametru uzturēšanai.

8. Klimata nodrošināšanas modelis Jelgavas peldbaseinam

Izstrādātais ventilācijas sistēmas Simulācijas modelis ir pielietots Jelgavas peldbaseina ventilācijas iekārtas darbības optimizācijā.

Analizējot Jelgavas peldbaseina darbību uz vietas, tika secināts, ka telpas temperatūras un mitruma parametri tika uzturēti nevis vērtībām, kas ieteiktas peldbaseinam: 28°C un 60% relatīvais mitrums, bet vairāk gan atbilst biroja prasībām.

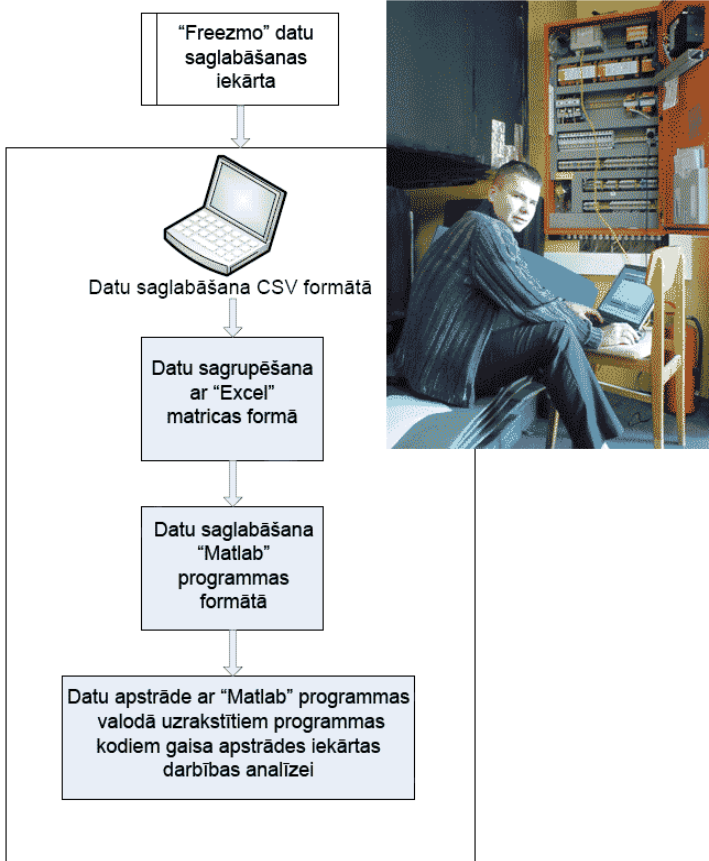


8.1. att. Jelgavas peldbaseins

Esošā gaisa apstrādes iekārta (AHU P) ir baseinu ventilācijas iekārta un pielāgota Jelgavas peldbaseina prasībām.

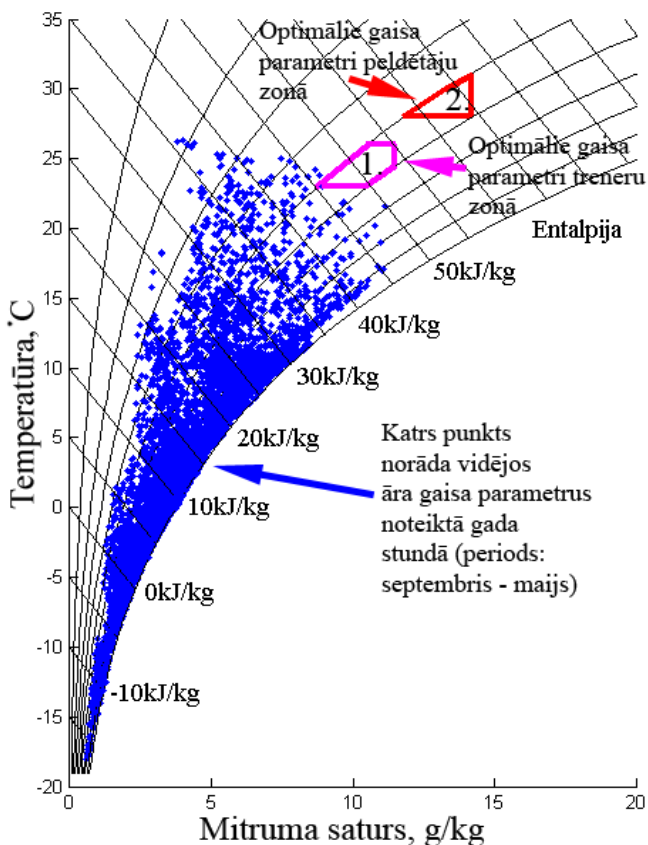
Gaisa apstrādes iekārtas darbības analīzes veikšanai esošā automātika tika papildināta ar datu saglabāšanas mēraparātu "Freezmo".

Mērījumi parādīja, ka tiek uzturēta telpas gaisa temperatūra, kas ir zemāka par ūdens temperatūru (28°C). Dati tiek apstrādāti, lai noteiktu siltuma zudumus, mitruma iztvaikošanu no baseina virsmas dienas un nakts laikā.



8.2. att. Datu nolasīšana no gaisa apstrādes iekārtas un datu apstrādes blokskāma

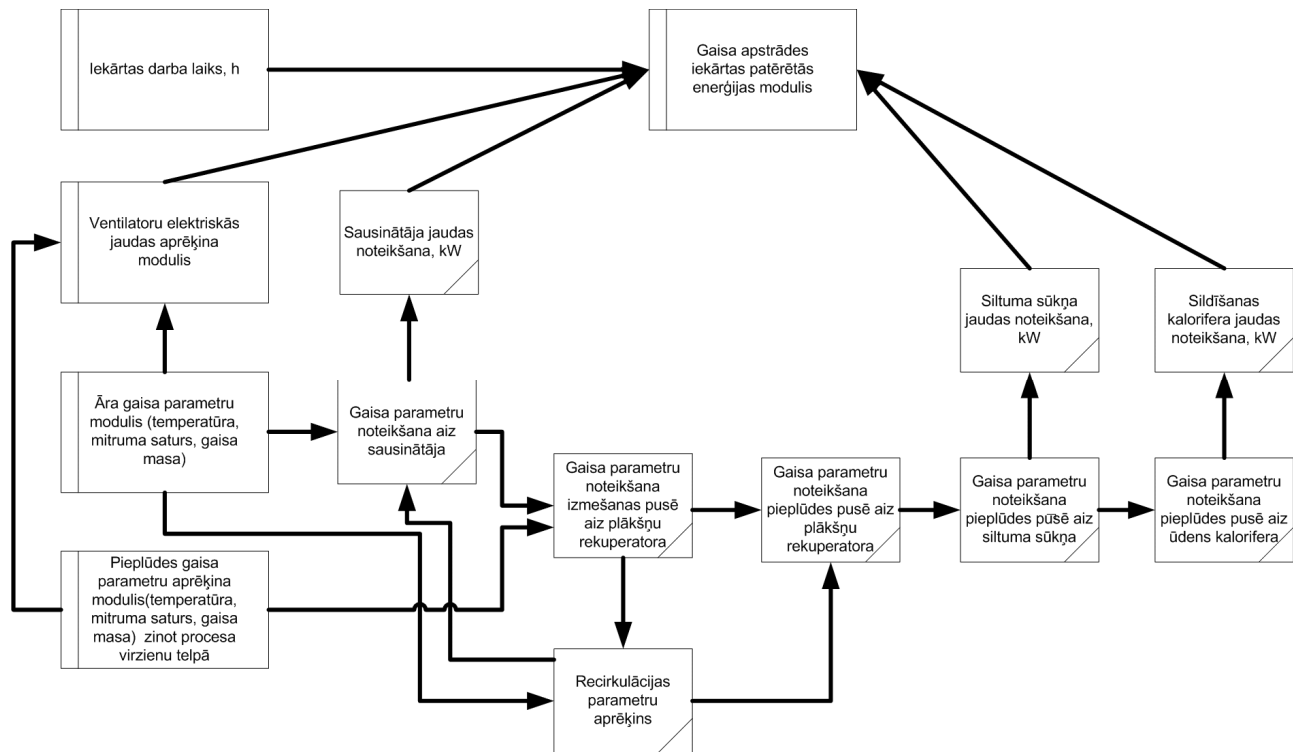
Iegūtie mērījuma rezultāti dod iespēju veikt baseina ventilācijas iekārtas darbības simulāciju. Baseins tiek izmantots no septembra līdz maijam (6552 stundas gadā). Vasaras laikā baseins netiek izmantots. Netiek analizēta ventilācijas iekārtu darbība vasarā.



8.3. att. Latvijas klimatoloģiskie dati laikā no septembra līdz maijam

Baseina ventilācijas iekārtai ir jānodrošina gaisa apmaiņu treneru zonai un peldētāju zonai. Optimālie gaisa parametri no komforta un energoefektivitātes viedokļa parādīti 9.2. attēlā.

Esošās ventilācijas gaisa apstrādes iekārtas darbības novērtēšanai tika izveidots simulācijas modelis "Simulink" programmā.



8.4.att. Gaisa apstrādes iekārtas patērētās enerģijas aprēķina shēma

Esošās gaisa apstrādes iekārtas darbības enerģijas patēriņš tika aprēķināts:

- pie esošās ūdens (28 °C) un gaisa temperatūras (25,4 °C) ar patstāvīgu gaisa tilpuma plūsmu 9500 m³/h;
- pie esošās ūdens (28 °C) un gaisa temperatūras (25,4 °C) ar samazinātu (nepieciešamo) gaisa tilpuma plūsmu naktī;
- pie izmainītas ūdens (26 °C) un gaisa temperatūras (28 °C) ar patstāvīgu gaisa tilpuma plūsmu 9500 m³/h;
- pie izmainītas ūdens (26 °C) un gaisa temperatūras (28 °C) ar samazinātu gaisa tilpuma plūsmu naktī;
- pie izmainītas ūdens (26 °C) un gaisa temperatūras (28 °C) ar samazinātu (nepieciešamo) gaisa tilpuma plūsmu dienā un naktī.

Tiek izvirzīta hipotēze, ka telpā ar divām komforta zonām nav iespējams optimizēt enerģijas patēriņu, izmantojot vienu gaisa apstrādes iekārtu. Bez simulācijas modeļa nevar definēt prasības gaisa apstrādes iekārtu paralēlai darbībai dienas un nakts režīmā.

Tiek izveidotas divas gaisa sadales zonas. Katrai zonai ir paredzēta sava gaisa apstrādes iekārta.

Zona Nr.1 (treneru zona) – gaisa pieplūde notiek zem logiem pa zemgrīdas gaisa kanālu pēc iespējas tuvāk treneru elpošanas zonai. Nosūce tiek izvietota pie griestiem.

Zona Nr.2 (peldētāju zona) – gaisa pieplūde notiek zem fasādes logiem, lai novērstu ūdens kondensāciju uz logu virsmām. Nosūce tiek izvietota pie griestiem.

Gaisa apstrādes iekārtu darbības enerģijas patēriņš tika aprēķināts:

- pie esošās ūdens (28 °C) un gaisa temperatūrām (25,4 °C);
- pie izmainītas ūdens (26 °C) un gaisa temperatūras (28 °C) ar nepieciešamo gaisa tilpuma plūsmu dienā un naktī.

Tika apskatīti gaisa apstrādes iekārtu darbības scenāriji dienas un nakts laikā.

Gaisa apstrādes iekārtu darbības scenāriji

Scenārijs	AHU 1	AHU 2
Diena	Strādā - nemainīga gaisa tilpuma plūsma	Strādā - mainīga gaisa tilpuma plūsma
Nakts, 1. scenārijs	Nestrādā	Strādā - mainīga gaisa tilpuma plūsma
Nakts, 2. scenārijs	Strādā - mainīga gaisa tilpuma plūsma	Nestrādā

8.1. Jelgavas peldbaseina ventilācijas sistēmas darbības novērtējums

Esošā ventilācijas iekārta ir izvēlēta, lai nodrošinātu nepieciešamos baseina parametrus, ja baseina telpas temperatūra ir 25,4 °C un ūdens temperatūra 28 °C. Gaisa apstrādes iekārtai nakts laikā ir jāsamazina nepieciešamā gaisa tilpuma plūsma, kas gada laikā dotu 23% enerģijas izmaksu ietaupījumu.

Izvēlētie gaisa un ūdens parametri rada pārlietu ūdens iztvaikošanu no baseina virsmas. Atbilstošas baseina telpas temperatūras (28 °C) un ūdens temperatūras vērtības (26 °C) gadījumā, ir jāatrod nepieciešamā gaisa tilpuma plūsma dienā un naktī, lai vēl vairāk nepalielinātu baseina ventilācijas iekārtas patērētās enerģijas izmaksas. Pareizi noregulējot nepieciešamo gaisa tilpuma plūsmu dienas un nakts režīmā, baseina ventilācijas iekārtas izmaksas var samazināt pat par 60%. Jāatzīst, ka telpas apkures izmaksas varētu nedaudz palielināties.

Baseina ventilācijas iekārtām ļoti nozīmīgu energoefektivitāti dod iespēja atbilstoši regulēt gaisa tilpuma plūsmu, lai kompensētu siltuma zudumus un mitruma iztvaikošanu.

Divu zonu izveide baseina telpā sasniedz divus mērķus vienlaicīgi:

- nepieciešamo komfortu;
- energoefektivitāti ventilācijas iekārtu darbībā.

Nav lietderīgi gaisa sausināšanu naktī veikt ar āra gaisu pat pie optimāliem gaisa parametriem ar samazinātu mitruma iztvaikošanu no baseina virsmas.

9. Secinājumi

1. Latvijā automatizācijas sistēmas ēkās pielieto arvien plašāk. Neiztrūkstoša ēkas automatizācijas sistēmas sastāvdaļa ir datu arhivēšana visām pieslēgtajām sistēmām, tai skaitā dati tiek arhivēti par ventilācijas iekārtu darbību. Datu izmantošana ventilācijas iekārtu darbības novērtēšanai ar simulācijas programmām ir ļoti efektīvs veids, lai samazinātu ventilācijas iekārtu enerģijas patēriņu un uzlabotu/saglabātu vēlamo komfortu telpās.
2. Esošajās simulācijas programmās nav pievērsta pietiekama uzmanība gaisa apstrādes iekārtu konfigurācijai, automatizācijas līmenim un to ietekmei uz gaisa apstrādes iekārtu enerģijas patēriņu.
3. Nav pieejamas metodikas par arhivēto datu pielietošanu komforta līmeņa palielināšanai telpās ar iespēju samazināt patērēto gaisa apstrādes iekārtu enerģijas patēriņu.
4. Pasaulē eksistē ļoti daudzas simulācijas programmas, taču tikai dažas no tām spēj veikt ventilācijas iekārtu darbības un enerģijas patēriņa analīzi. Šīm programmām nav datu bāzes par Latvijas klimatiskajiem apstākļiem un nav algoritma, kas ņemtu vērā gaisa parametru izmaiņas virzieni telpā.
5. Izstrādātā gaisa termodinamisko parametru aprēķina metodika kalpo par pamatu tālākiem gaisa apstrādes iekārtas sekciju jaudas aprēķiniem.
6. Ir veikta plašāk pazīstamo izmetamā gaisa siltuma utilizatoru siltumapmaiņas procesu analīze. Izveidotie modeļi simulācijas programmā "Simulink" nodrošina enerģijas patēriņa noteikšanu gaisa apstrādes iekārtām, pieļaujot dažādas gaisa apstrādes iekārtas sekciju kombinācijas.
7. Izmantojot "BinMaker Plus" programmas pielietoto datu apstrādes metodi, izveidots Latvijas klimatoloģisko datu modelis "Simulink" programmā, kas ļauj analizēt ventilācijas iekārtu enerģijas patēriņu atbilstoši Latvijas klimatoloģijas apstākļiem ar datu apstrādi vienu reizi stundā. Izveidotais tipiskais klimatoloģiskais gads neizvērtē ekstremālos vasaras un ziemas gaisa parametrus.
8. Nepieciešamo pieplūdes gaisa parametru analīze veikta kontekstā ar gaisa parametru izmaiņu virzienu telpā, izveidojot nepieciešamo pieplūdes gaisa parametru modeli.

9. Pieplūdes gaisa parametri tiek aprēķināti, ņemot vērā nepieciešamo pieplūdes gaisa daudzumu, nodrošinot energoefektīvu gaisa apstrādes iekārtas darbību, kā arī tiek analizēts nepieciešamais svaigā gaisa daudzums atkarībā no telpas gaisa piesārņojuma slodzes.
10. Ir izveidots pieplūdes gaisa parametru regulēšanas algoritms, kas ļauj noteikt komforta zonas punktu, kuru gaisa apstrādes iekārta var uzturēt ar vismazāko enerģijas patēriņu.
11. Veicot aprēķinus, izmantojot izveidoto gaisa apstrādes iekārtas patērētās enerģijas aprēķina simulācijas programmu vairākiem reāliem objektiem, ir pierādījies, ka programma dod uzskatāmu grafisku informāciju par katras gaisa apstrādes iekārtas sekcijas darbību un ļauj optimizēt gaisa apstrādes iekārtas konfigurāciju un darbības parametrus.
12. Izstrādātā gaisa apstrādes iekārtas parametru aprēķina metodika un Simulācijas programma pārbaudīta eksperimentālā objekta gaisa apstrādes iekārtu darbības optimizācijā, kas ļāva samazināt enerģijas patēriņu par 60%.

PUBLIKĀCIJAS

1. Gerhards J, Maņņitko A, Krūmiņš A. Minimization of power losses at industrial enterprises with accidental search method// Rīgas Tehniskās universitātes zinātniskie raksti. 4.sēr., Energētika un elektrotehnika. - 2002. - 6.sēj. - 192.-196. lpp.
2. Krūmiņš A, Dzelzītis E, Lešinskis A. Case study of the shopping centre HVAC systems electrical loads// Proceedings abstract book, 9th REHVA World Congress “WellBeing Indoors - Clima 2007”, Helsinki, Finland, 10.-14.06.2007. – p. 472
3. Krūmiņš A, Dzelzītis E, Lešinskis A. Case study of the shopping centre HVAC systems electrical loads// Proceedings, 9th REHVA World Congress “WellBeing Indoors - Clima 2007”, Helsinki, Finland, 10.-14.06.2007. – p. 1 – 7 on CD ROM
4. Krūmiņš A, Dzelzītis E, Lešinskis A. Strategy of control system development for hospital surgical operating room’s ventilation and air conditioning system// Proceedings abstract book, 5th. International Symposium on Heating, Ventilating and Air Conditioning, Beijing, China., 07.-08.09.2007. – p. 3
5. Krūmiņš A, Dzelzītis E, Lešinskis A. Strategy of control system development for hospital surgical operating room’s ventilation and air conditioning system// Proceedings, 5th. International Symposium on Heating, Ventilating and Air Conditioning, Beijing, China., 07.-08.09.2007. – p. 50 - 56
6. Krūmiņš A, Dzelzītis E, Lešinskis A. Development of air handling units energy consumption calculation program. - Scientific proceedings of Riga Technical University, Construction Science, Volume 8, 2007.- p. 51 -58
7. Borodiņecs A, Krēsliņš A, Dzelzītis E, Krūmiņš A. Introduction of hybrid ventilation systems of dwelling buildings in Latvia// Proceedings, 6th. international conference on “Indoor air quality, ventilation & Energy conservation in

buildings”, Sendai International Centre, Sendai, Japan, 28.-31.10.2007. – p. 360 -386

8. Krūmiņš A, Pelīte U, Dzelzītis E, Lešinskis A, Brahmanis A. The Optimal Control Strategy of Air Handling Unit for Different Microclimates in Working and Swimming Areas of Swimming Pool Hall// Proceedings. 11th. International Conference on Indoor Air Quality and Climate “Indoor Air 2008”, Denmark, Kopenhagen, 17.-22.08.2008. – p. 1 – 8 on USB flash drive.