



vadovas

Energijos vartojimo audito pramonės įmonėse

PHARE Projektas LT01.04.01

Energijos efektyvumo pramonėje gerinimas



VĮ "ENERGETIKOS AGENTŪRA"

EFEKTYVIOS ENERGETIKOS CENTRAS

Energijos vartojimo audito pramonės įmonėse vadovas

PHARE Projektas LT01.04.01
Energijos efektyvumo pramonėje gerinimas

Vilnius 2004

Vadovą parengė:



Konsultavo:



 VĮ ENERGETIKOS AGENTŪRA
EFEKTYVIOS ENERGETIKOS CENTRAS

Gedimino pr. 2/1-28,

LT-01103 Vilnius

Tel. 8 ~ 5 212 57 82

Faks. 8 ~ 5 212 58 17

El. paštas info@eec.lt

Interneto psl. www.eec.lt

Maketavo:



Tiražas 300 vnt.

© Danish Energy Management, 2004

Turinys

TURINYS	4
ENERGIJOS GENERAVIMO SISTEMOS	7
Šilumos srautai energijos generavimo įrenginiuose	7
Šilumos balansas, naudingumo koeficiento įvertinimas.....	9
Šilumos nuostolių katiluose analizė ir jų mažinimo galimybės	10
Papildomos kuro sąnaudos katilinėse ir jų mažinimo galimybės	14
2 DEGIMO PROCESO VALDYMAS	19
Kuro sudeginimo efektyvumas	19
Efektyvumo padidinimo būdai	21
Degimo kontrolė.....	26
Liepsnos sekimo prietaisai.....	27
Teršalai degimo produktuose.....	29
Rekomenduojamos priemonės kuro sudeginimo efektyvumui padidinti	32
3 VĒDINIMO SISTEMOS	33
Energetinis vėdinimo sistemos efektyvumas.....	33
Pagrindiniai vėdinimo sistemos elementai	34
Vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos centrinis vėdinimo įrenginys	34
Ventiliatoriaus mazgas	35
Nauja technologija: elektroniniu būdu komutuojami (angl. EC) ventiliatorių varikliai	37
Šalinamo oro šiluminės energijos panaudojimas.....	39
Rotaciniai šilumokaičiai	40
Tiekiamo ir šalinamo oro srautų maišymasis	41
Plokšteliniai šilumokaičiai.....	44
Vėdinimo įrenginių automatikos panaudojimas temperatūrai reguliuoti taupant energiją	45
Išvados ir rekomendacijos	49
4 ŠALDYMO SISTEMOS	50
Optimalaus šalčio poreikio nustatymas. Pagrindiniai šilumos pritekėjimo šaltiniai.....	50
Optimalus termoizoliacinių medžiagų parinkimas	52
Šaldymo sistemų tipai. Šaldymo sistemos / šaldymo technologijos parinkimas.....	52
Optimalus šaldymo sistemos komponavimas pagal temperatūrinės grupes.....	53
Optimalus garintuvo / oro aušintuvo parinkimas	54
Šaldymo sistemos mechaninės dalies valdymo ir reguliavimo komponentai, jų įtaka šaldymo sistemos darbo efektyvumui	55
Šalčio gamybos įrenginio parinkimas.....	56
Šaldymo sistemos valdymo įranga. Šaldymo sistemų valdymo ir monitoringo programinės įrangos ir kompiuterinio valdymo elementų naudojimas	61
Kondensacijos šilumos naudojimo galimybės.....	62
Alternatyvūs šalčio gamybos įrenginiai	62
Pagrindiniai šaldymo sistemos duomenys, apibūdinantys jos panaudojimo efektyvumą	63
Priedas Nr. 1. Šalčio poreikio skaičiavimas	65
Priedas Nr. 2.	67
5 ELEKTROS ĮRANGA	71

	Elektros energijos politika Europos Sąjungoje.....	71
	Elektros kainos ES.....	71
	Energijos efektyvumas ES ir Lietuvoje.....	72
	Elektros energija Lietuvoje.....	74
	Priemonės mažinti išlaidas elektros energijai pramonėje.....	78
	Papildomi nuostoliai elektros tiekimo sistemoje.....	80
	Energijos nuostoliai transformatoriuose (konkretus pavyzdys).....	83
	Energijos nuostoliai dėl reaktyviosios energijos vartojimo.....	83
	Energijos vartojimo efektyvumo valdymas įmonės bendrosios paskirties technologiniuose procesuose.....	85
	Elektrinis apšvietimas.....	85
	Išorinis įmonės teritorijos apšvietimas.....	87
	Ventiliacija (ventiliatoriaus variklis).....	87
	Vandens siurbiai (siurblio variklis).....	88
	Vietinis elektrinis transportas.....	89
	Elektros variklio, dirbančio technologiniame įrenginyje, bendrieji efektyvumo principai.....	89
6	GARO SISTEMOS	93
	Garų tiekimas.....	96
	Garų vamzdinių įrengimas.....	99
	Kondensato grąžinimas.....	102
	Kondensato vamzdynai.....	104
	Antrinis garas.....	104
7	KOGENERACIJOS TAIKYMO LIETUVOS PRAMONĖS ĮMONĖSE ASPEKTAI	114
	Elektros energijos kainos Lietuvoje.....	114
	Centralizuoto šilumos tiekimo kainos.....	114
	Gamtinių dujų kainos.....	115
	Projektų įvertinimo metodai.....	116
	Alternatyvaus aprūpinimo elektra ir šiluma parinkimas vienoje iš Lietuvos pramonės įmonių.....	119
	Šilumos gamyba.....	120
	Karšto vandens paruošimas.....	122
	Energinių išteklių sunaudojimas.....	123
	Dujų tiekimas.....	124
	Elektros tinklas.....	124
	Ekonominis projekto pagrindimas.....	125
	Pramonės įmonės aprūpinimo energija principinė schema.....	126
	Projekto investicijos.....	126
	Techniniai duomenys.....	127
8	ŠALTO VANDENS PARUOŠIMO SISTEMOS	131
	Trumpa technologijos ir jos paskirties apžvalga.....	131
	Energijos sratai ir nuostoliai.....	133
	Energijos nuostoliai dėl neracionalaus vandens naudojimo.....	134
	Su nuotėkomis išmetama energija.....	135
	Kiek energijos sunaudojama aprūpinant įvairias pramonės šakas vandeniu.....	135
	Į ką reikėtų atsižvelgti diegiant energijos efektyvumo priemones.....	136

	Sutaupytos energijos apskaičiavimas	137
	Kiti svarbūs aspektai	140
	Optimalūs sprendimai	140
	Rekomendacijos technologijoms ir energijos srautams įvertinti	141
	Rekomenduojamų energijos taupymo priemonių ir technologijos patobulinimų sąrašas	142
	Aplinkosauginiai aspektai	142
	Naudotos literatūros sąrašas, normos ir standartai, nutarimai ir kita auditoriams reikalinga medžiaga	143
9	ANTRINĖS ŠILUMOS PANAUDOJIMAS (I DALIS)	144
	Šilumos siurblių naudojimo centralizuoto šilumos tiekimo sistemoje termodinaminė esmė	144
	Šilumos siurblio ciklas	146
	Dujų turbinų ciklai	148
	Ekonominės prielaidos šilumos siurbliams naudoti centralizuoto šilumos tiekimo sistemose	149
	Šilumos siurbLIAI centralizuoto šilumos tiekimo sistemose	152
	Valstybės parama diegiant šilumos siurblius užsienyje	155
	Klaipėdos miesto vandens valymo įrenginių nuotėkų šilumos panaudojimas šilumos siurbLIAIS	157
	Vilniaus miesto vandens valymo įrenginių nuotėkų šilumos panaudojimas šilumos siurbLIAIS	159
	Išvados	162
	Atliekinių energijos išteklių šilumos panaudojimo galimybės įvairių pramonės šakų įmonėse	166
	Į aplinką su dūmais šalinamos šilumos utilizacija (remiantis užsienio šalių patirtimi)	166
	Atliekinės energijos išteklių (dūmų) šilumos potencialas Lietuvos pramonės įmonėse 1996 m.	170
10	ANTRINĖS ŠILUMOS PANAUDOJIMAS (II DALIS)	173
	Šilumos srautai šalinami iš atskirų Lietuvos pramonės įmonių, statybos organizacijų	173
	Į aplinką šalinamos šilumos srautai	174
	Šilumos šalinimas apytakinėmis sistemomis	174
	Šiluma, šalinama su degimo produktais	174
	Į aplinką šalinamos šilumos kiekis su vėdinimo sistemų šalinamu oru	175
	Į aplinką šalinamos šilumos kiekis su šiltu kanalizuojamu vandeniu	175
	Šilumos nuostoliai su negražinamu kondensatu	175
	Pasiūlymai šiems šilumos nuostoliams išnaudoti	176

1 Energijos generavimo sistemos

Ižanga

Įmonių energetikos ūkyje, vykdant gamybą, neišvengiamai susidaro įvairių energetinių nuostolių. Šie nuostoliai daro tiesioginę įtaką kuro sąnaudoms. Galima išskirti šias sritis, kuriose pasireiškia nuostoliai:

- energijos generavimo įrenginiuose (katiluose);
- katilinės pagalbinuose įrenginiuose;
- energijos transportavimo sistemose;
- energijos vartojimo įrenginiuose.

Šiame straipsnyje yra apžvelgiami nuostoliai, susidarantys energijos generavimo įrenginiuose (katiluose) ir pagalbinuose katilinės įrenginiuose. Analizuojama nuostolių specifiška ir pateikiama informacijos, kaip galima juos sumažinti.

Šilumos srautai energijos generavimo įrenginiuose

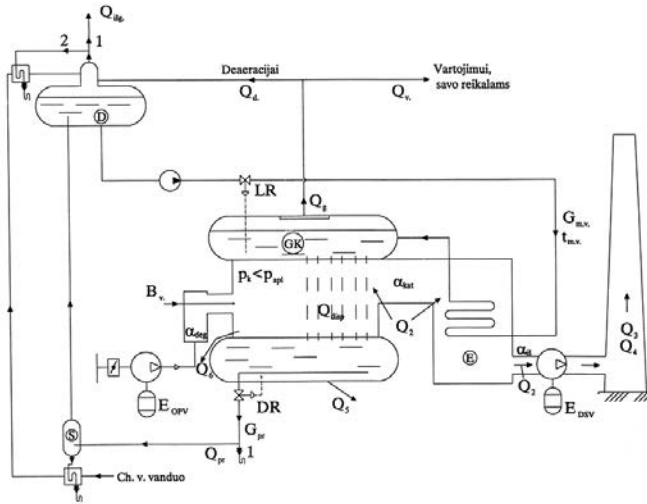
Paveiksle (1) pateikiama principinė energijos gamybos įrenginio schema, kurioje aiškiai atsispindi pagrindiniai energijų srautai.

Paveiksle supaprastintai pavaizduotas garo katilas (GK) su vandens šildymo ekonomaizeriu (E). Taip pat pavaizduoti pagalbiniai įrenginiai: deaeratorius (D), prapūtimo vandens antrinio garo separatorius (S), oro pūtimo ventiliatorius su elektros varikliu (E_{OPV}) ir dūmsiurbis su elektros varikliu (E_{DSV}). Vandens lygis katile reguliuojamas vandens lygio regulatoriumi (LR) ir automatinio vožtuvu, o prapūtimų kiekis reguliuojamas druskingumo regulatoriumi (DR) ir automatinio vožtuvu.

Kuras į kūryklą paduodamas degikliu. Šiluminiuose skaičiavimuose kuro kiekį (Bv) patogiu išreikšti sutartinio kuro masiniu debitu ($kg_{s,k}/s$). Sutartinį kurą priimta skaičiuoti anglies ekvivalentais (7000 kkal/kg arba 29 300 kJ/kg), tačiau pastaruoju metu vis dažniau skaičiuojama naftos ekvivalentais (10 000 kkal/kg arba 41 860 kJ/kg).

Kuras, patekęs į kūryklą degikliu, yra maišomas su degimui tiekiamu oru ir sudeginamas. Kad kuras geriau sudegtų, būtina sudaryti oro pertekliaus koeficientą (α_{deg}). Oro pertekliaus koeficientas yra sureguliuojamas degikliu esant skirtingai katilo apkrovai ir degiklio našumo lygiui. Skirtingoms kuro rūšims jis yra šiek tiek skirtingas ir gali kisti tam tikrose ribose. Pavyzdžiui, deginant dujinį kurą (gamines dujas, biodujas) ar skystą kurą – $\alpha_{deg} = 1,1 - 1,25$, deginant kietą kurą ant ardyno – $\alpha_{deg} = 1,3 - 1,4$. Žinant (išmatavus) deguonies procentinį kiekį (O_2 , %) degimo produktuose, apytiksliai oro pertekliaus koeficientas apskaičiuojamas taip:

$$\alpha_{deg} = 21 / (21 - O_2).$$



1 pav. Principinė energijos generavimo sistemos schema ir energijų srautai

Degant kurui, katilo kūrykloje išsiskiria nemažas šilumos kiekis. Kartu su įnešta oro specifine šiluma ir kuro specifine šiluma tai sudaro disponuojamą šilumą ($Q_{disp.}$). Pažymėtina, kad dažnai dėl labai mažos santykinės dalies oro ir kuro specifinė šiluma yra nevertinama, todėl disponuojama šiluma skaičiuojama kaip kuro žemutinė degimo šiluma (Q_2). Kuro žemutinė degimo šiluma, arba kaloringumas, yra nustatoma laboratorijose arba gali būti apskaičiuojama žinant kuro cheminę sudėtį ir drėgnumą.

Šiluma, išsiskyrusi degant kurui, yra sunaudojama naudingai šilumai gauti (garui gaminti arba vandeniui šildyti). Naudingas šilumos kiekis paprastai žymimas Q_1 . Į paveiksle tai atitinka pagaminto garo energiją Q_g .

Ne visa kuro degimo šiluma (disponuojama šiluma) yra naudingai sunaudojama. Energijos generavimo įrenginiuose susidaro įvairių šilumos nuostolių. Išskiriami tokie pagrindiniai nuostoliai:

- Q_2 – šilumos kiekis, prarandamas su degimo produktais (dūmais);
- Q_3 – šilumos kiekis, prarandamas dėl nevisiško cheminio kuro sudegimo;
- Q_4 – šilumos kiekis, prarandamas dėl nevisiško mechaninio kuro sudegimo;
- Q_5 – šilumos kiekis, prarandamas nuo karštų įrenginio išorinių paviršių;
- Q_6 – šilumos kiekis, prarandamas su šalinamu iš kūryklos šlaku ir pelenais.

Be išvardytų nuostolių, susidarantių tiesiogiai energijos generavimo įrenginiuose (katiluose), katilinėse papildomai susidaro įvairių nuostolių – tai nuostoliai dėl įvairių išlakų, tokių kaip išgaros iš deaeratoriaus, katilų prapūtimų su šalinamu į kanalizaciją karštu vandeniu ir susidarantiu antriniu garu. Visi šie nuostoliai gali būti pažymėti Q_{ISI} .

Katilinėse taip pat sueikvojama dalis kuro savo technologinėms reikmėms, pavyzdžiui, mazuto šildymui rezervuaruose, išpurškimui gariniu būdu, katilų paviršių apipūtimams. Visos šios sąnaudos gali būti pažymėtos $Q_{sąn}$.

Šilumos balansas, naudingumo koeficiento įvertinimas

Apskritai energijos generavimo įrenginio šilumos balansas gali būti užrašomas taip:

$$Q_{disp} = Q_1 + \Sigma Q_n \text{ (kJ/kg s.k.)},$$

kur: Q_{disp} – kūrykloje disponuojama šiluma, Q_1 – naudinga šiluma, ΣQ_n – visų susidarančių nuostolių suma.

Sudarant šilumos balansą, priimta skaičiuoti šilumos kiekiams, tenkančiais vienam sutartinio kuro kilogramui – kJ/kg s.k., tačiau gali būti skaičiuojama ir galios vienetais – kW, MW.

Įrenginio naudingumo koeficientas (bruto) apskaičiuojamas kaip santykis tarp naudingai pagamintos šilumos kiekio ir sunaudoto kuro degimo šilumos kiekio. Šis metodas vadinamas tiesioginiu. Dažnai taikomas kitas metodas – atvirkštinis, kai naudingumo koeficientas apskaičiuojamas įvertinus visus susidarančius nuostolius. Toliau pateikiamos tiesioginio ir atvirkštinio metodų išraiškos:

$$\eta_{bruto} = Q_1 / Q_{disp} \times 100\% = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 \text{ (\%)},$$

kur: η_{bruto} – įrenginio naudingumo koeficientas (%), q_n –santykiniai nuostoliai, išreikšti procentais (%).

Santykiniai nuostoliai apskaičiuojami absoliutinį atitinkamo nuostolio dydį, išreikštą šiluminiais vienetais, padalijus iš disponuojamos šilumos kiekio:

$$q_n = Q_n / Q_{disp} \times 100\%.$$

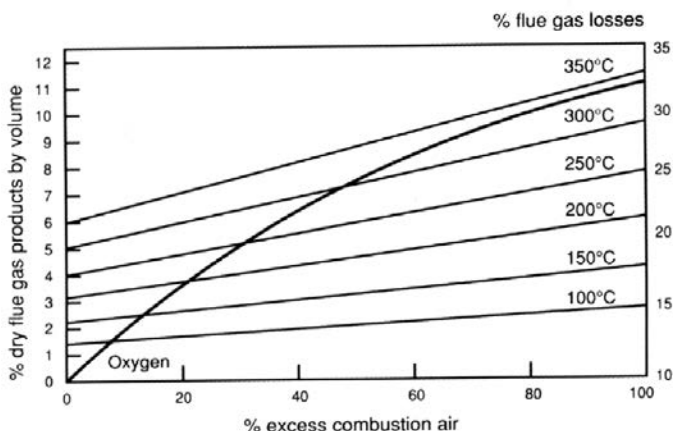
Visos katilinės naudingumo koeficientas (neto) apskaičiuojamas iš įrenginio (-ių) vidutinio naudingumo koeficiento atėmus santykinius nuostolius, susidariusius dėl įvairių išlakų, ir santykinės sąnaudas savoms katilinės reikmėms. Bendra išraiška būtų tokia:

$$\eta_{neto} = \eta_{bruto} - \Sigma q_{išl.} - \Sigma q_{sąn.} \text{ (\%)}.$$

Šilumos nuostolių katiluose analizė ir jų mažinimo galimybės

Šilumos nuostoliai dėl išeinančių degimo produktų (q_2). Priklausomai nuo naudojamos įrangos ir kuro rūšies šie nuostoliai gali gana smarkiai. Vidutiniškai jie sudaro 10–20%. Pažymėtina, kad tai yra vieni didžiausių nuostolių, susidarancių eksploatuojant šilumos įrenginius, todėl turi būti skiriama nemažai dėmesio jiems mažinti.

Nuostoliai dėl degimo produktų tiesiogiai priklauso nuo degimo produktų temperatūros ir oro pertekliaus koeficiento. Suprantama, kad kuo aukštesnės temperatūros dūmai išeina per kaminą ir kuo didesnis susidaro jų tūris, tuo didesni šilumos kiekį jie išneša. Paveiksle (2) yra pavaizduota, kaip šie nuostoliai priklauso nuo minėtų parametrų.



2 pav. q_2 nuostolių priklausomybė nuo degimo produktų temperatūros ir oro pertekliaus koeficiento

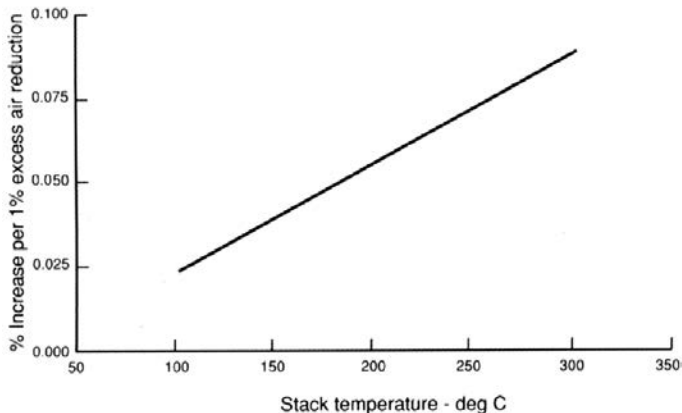
Pavyzdys. Tarkim, oro pertekliaus koeficientas yra 1,2, tai atitinka 20%, o degimo produktų temperatūra – 150°C. Vėsdami liniją vertikaliai aukštyn nuo x ašies ties 20% iki linijos, atitinkančios 150°C degimo produktų temperatūrą, o toliau vėsdami horizontalią liniją iki dešinėje pusėje esančios ašies, surandame susidarancius nuostolius. Šiuo atveju tai atitiks apie 15%.

Šių nuostolių mažinimo būdai:

- Katilo ir degiklio optimalus suderinimas. Tai reiškia, kad degiklio našumas, fakelo geometrija, oro pertekliaus koeficientas turi būti suderinti su katilo našumu. Šiuo metu rinkoje siūloma įvairių tipų degiklių, pasižyminčių įvairiomis reguliavimo galimybėmis. Gana efektyvūs yra moduliaciniai degikliai, kurių našumas tolygiai keičiasi priklausomai nuo katilo parametrų. Papildomai gali būti

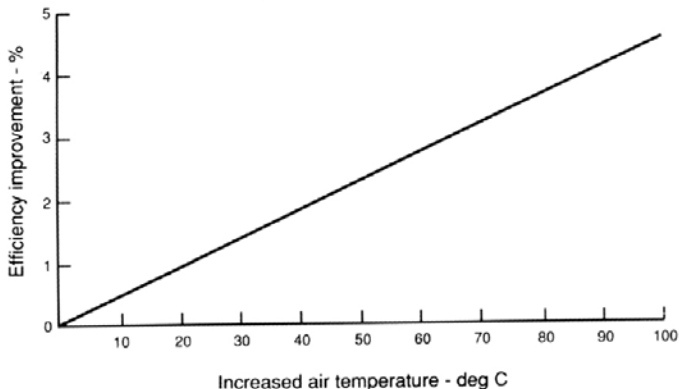
įrengta automatinė kuro/oro santykio korekcija pagal deguonies kiekį už katilo.

- Oro prisiurbimų mažinimas. Tuo tikslu katilai turi būti gerai užsandarinti. Kartais pravartu visą katilą apdengti metaliniais paneliais, o siūles suvirinti ir hermetizuoti. Paveiksle (3) pateikiamas grafikas, kuriame parodyta, kaip priklauso katilų efektyvumas nuo oro pertekliaus koeficiento.



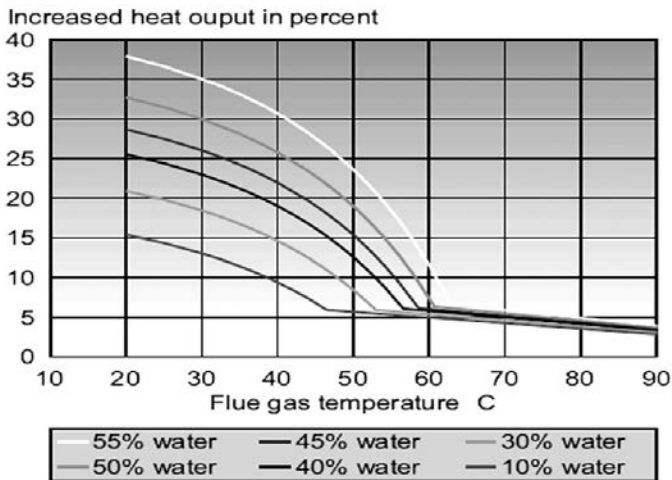
3 pav. Efektyvumo padidėjimas (%), sumažinus oro pertekliaus koeficientą 1%, esant skirtingoms degimo produktų temperatūroms

- Tinkamas ekonomaizerių eksploatavimas. Pirmiausia, ekonomaizerio paviršiai turi būti švarūs. Nors ekonomaizeriai dažniausiai komplektuojami su garo katilais, tačiau galimas jų įrengimas ir su vandens šildymo katilais. Tokiu atveju ekonomaizeris yra kondensacinio tipo, jame degimo produktai ataušinami žemiau rasos taško, o susikondensavusi drėgmė grąžina dalį šilumos, kuri panaudojama vandeniui pašildyti.
- Oro šildytuvų įrengimas. Šildomas oras sugrąžina dalį šilumos iš degimo produktų į kūryklą, taip sumažindamas degimo produktų temperatūrą ir padidindamas bendrą efektyvumą. Tačiau tokie įrenginiai naudojami tik didelio našumo katiluose. Paprastesnis sprendimas, pavyzdžiui, gali būti šiltesnio oro pasisurbimas iš katilinės pastogės. Paveiksle (4) pavaizduota, kaip priklauso efektyvumas nuo tiekiamo oro temperatūros.



4 pav. Efektyvumo padidėjimas priklausomai nuo tiekiamo oro temperatūros

Detaliau panagrinėsime kondensacinius ekonomizaierius. Didesniam darbo efektyvumui pasiekti kartu su biokuro katilais yra įrengiami kondensaciniai ekonomizaieriai, kuriais įsisavinama degimo produktuose esančių vandens garų šiluma. Tai ypač aktualu deginant pakankamai drėgną biokurą, kurio drėgnumas sudaro 35–50%. Deginant tokį kurą, nemaža šiluminės energijos dalis yra sunaudojama drėgmei išgarinti. Vadinasi, nesant kondensacinio ekonomizaierio nemaža šilumos dalis yra išmetama lauk garų pavidalu. Kondensaciniame ekonomizaieryje degimo produktai yra ataušinami iki temperatūros, žemesnės už vandens garų rasos tašką. Esant šiai temperatūrai, vandens garai kondensuojasi. Kad ataušintų degimo produktus, į kondensacinį ekonomizaierį paduodamas grįžtantis termofikacinis vanduo, kurio temperatūra būna apie 40–50°C. Šiame įrenginyje jis sušyla ir paduodamas į katilo recirkuliacinį kontūrą. Praktika rodo, kad, kombinuojant kondensacinį ekonomizaierį kartu su biokuro katilu, galima padidinti efektyvumą iki 15–20%. Taigi tam pačiam šilumos kiekiui pagaminti sunaudojama iki 15–20% mažiau kuro. Paveiksle (5) pateikiami grafikai, rodantys, kiek pakyla šilumos gamyba, o kartu ir efektyvumas, esant skirtingam kuro drėgnumui ir išeinančių dūmų temperatūrai.



5 pav. Efektyvumo padidėjimas naudojant kondensacinius ekonomizerius, esant skirtingo drėgnumo kuroi

Šilumos nuostoliai dėl cheminio kuro nesudegimo (q_3). Paprastai šie nuostoliai nėra dideli ir sudaro 0,2–0,5% deginant skystą kurą. Deginant dujinį kurą jie yra nežymūs. Šie nuostoliai susidaro dėl nevisiško kuro sudegimo, kai degūs komponentai, tokie kaip CO, H₂, angliavandeniliai, išeina iš kūryklos nesudegę. Pagrindinis šių nuostolių mažinimo būdas – tinkamas degiklio suregulavimas. Didelę įtaką sudegimo kokybei turi degiklio ambrazūros forma, todėl kartais būtina pastarąją koreguoti arba visiškai pakeisti, kai degikliu neįmanoma gauti reikiamos sudegimo kokybės.

Šilumos nuostoliai dėl mechaninio kuro nesudegimo (q_4). Šie nuostoliai daugiausia susidaro dėl nevisiško mechaninio kuro sudegimo, kai kuro anglies dalelės suodžių pavidalu yra išnešamos iš kūryklos arba išbyra per ardelių plyšius. Deginant dujinį kurą jie yra nežymūs. Deginant skystą (ypač klampų mazutą), šie nuostoliai gali svyruoti nuo 0,2 iki 0,5%. Deginant kietą kurą, jie gali siekti 5% ir daugiau. Kaip ir nuostolių dėl nevisiško cheminio sudegimo atveju, pagrindinis šių nuostolių mažinimo būdas – tinkamas degiklio suregulavimas, o sluoksninėms kieto kuro kūrykloms – tinkamas kuro kiekio padavimas į kūryklą, kuris lemia reikiamo sluoksnio suformavimą. Svarbus veiksnys yra tolygus oro srauto, tiekiamo į kūryklą, paskirstymas, kad nesudarytų stiprios srovės, kurios gali „išpūsti“ iš kūryklos nesudegusias kuro daleles.

Šilumos nuostoliai dėl katilų karštų paviršių (q_5). Šie nuostoliai priklauso nuo katilo išorinių paviršių temperatūros ir ploto. Naudojant vandens šildymo katilus (vandens vamzdžius) jie sudaro apie 2%. Naudojant garo katilus jie gali siekti 3,5% ir daugiau, ypač jei katilai neoptimaliai apkraunami. Absoliutus šių nuostolių dydis nepriklauso nuo katilo apkrovimo, todėl mažėjant katilo apkrovimui

procentinis jų dydis didėja. Paprastai naudojant didesnio našumo katilus santykinai šie nuostoliai esti mažesni, nei naudojant mažesnės galios katilus. Pagrindiniai šių nuostolių mažinimo būdai būtų šie: tinkamas katilų paviršiaus izoliavimas ir optimalus katilų apkrovimas.

Šilumos nuostoliai dėl šalinamo šlako ir pelenų (q_5). Pažymėtina, kad šie nuostoliai gana retai vertinami. Deginant dujinį ar skystą kurą šlakai ir pelenai nesusidaro. Pavyzdžiui, Lietuvoje praktiškai neaptinkami tokio tipo katilai, kuriuose būtų deginama anglis ir automatiškai šalinamas gana aukštos temperatūros šlakas. Deginant medžio atliekas, susidaro pelenai, kurie šalinami automatiškai, tačiau jų kiekis esti labai mažas (ypač deginant geros kokybės medienos atliekas), todėl šie nuostoliai yra nežymūs.

Šiame skyrelyje analizuoti nuostoliai ir jų tipinės reikšmės pateikiamos lentelėje.

Šilumos generavimo įrenginiuose susidarantys nuostoliai

Žymėjimas	Aprašymas	Tipinės reikšmės
q_2	Su degimo produktais	10–20%
q_3	Dėl cheminio nesudegimo	Dujiniame – nežymūs; skysto kuro – 0,2–0,5%; kieto kuro – 0,2–0,5%
q_4	Dėl mechaninio nesudegimo	Dujiniame – nežymūs; skysto kuro – 0,2–0,5%; kieto kuro – > 0,5%
q_5	Nuo karštų paviršių	Vandens – iki 2%; garo – > 3,5%
q_6	Su šalinamais pelenais	Nežymūs

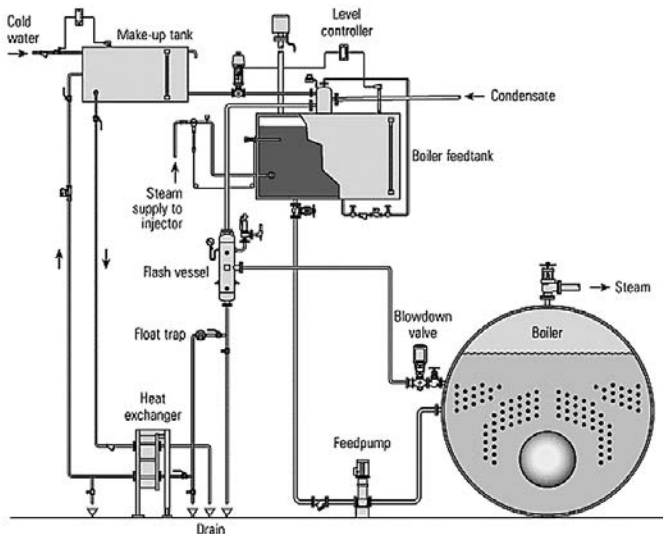
Papildomos kuro sąnaudos katilinėse ir jų mažinimo galimybės

Kaip jau buvo minėta, katilinėje susidaro papildomi energijos, o kartu ir kuro nuostoliai dėl katilų prapūtimo, išgarų iš deaeratoriaus, karštų vamzdynų ir šilumokaičių. Be to, papildomos kuro sąnaudos susidaro mazuto pašildymui, išpurškimui garu ir t. t. Priklausomai nuo katilinėje instaliuotų įrenginių tipo ir naudojamo kuro rūšies šių sąnaudų komponentų gali būti daugiau ar mažiau. Pavyzdžiui, dujomis kūrenamoje vandens šildymo katilinėje, kurioje naudojamas chemiškai apdorotas vanduo, papildomų kuro sąnaudų bus labai nedaug, o garo katilinėje, kūrenamoje mazutu ir naudojančioje termiškai apdorotą vandenį, susidarys nemažai papildomų kuro sąnaudų. Tokiu atveju būtina įvertinti šių sąnaudų taupymo galimybes. Galimos papildomos sąnaudos ir jų tipinės reikšmės pateikiamos lentelėje.

Papildomos kuro sąnaudos katilinėje

Nr.	Sąnaudų įvardijimas	Tipinės reikšmės
1.	Katilų prapūtimas	Iki 3% kuro
2.	Išgaros iš deaeratoriaus be išgarų aušintuvo	10 kg/t paruošiamo vandens
3.	Šildomų paviršių apipūtimas	Iki 1% kuro
4.	Mazuto išpurškimas garu	Iki 2–3% kuro
5.	Mazuto šildymas	Iki 3% kuro
6.	Katilinės karšti paviršiai	1–2%
7.	Katilų užkūrimas	0,5%

Nuostoliai dėl nuolatinio katilų prapūtimo. Šie nuostoliai susidaro eksploatuojant garo katilus. Šių katilų vandenyje reikia palaikyti norminį ištirpusių druskų kiekį, kadangi, nuolat gaminant ir nuimant garą, druskų koncentracija vandenyje didėja. Prapučiant katilą, dalis vandens yra pašalinama iš katilo per specialiai įrengtą vamzdelį su ventiliu ar diafragma. Užterštas vanduo išleidžiamas į kanalizaciją. Esant netobulai prapūtimo sistemai prarandama nemažai šilumos ir vandens. Paveiksle (6) pateikiama schema, kaip turėtų būti sutvarkyta prapūtimo sistema, siekiant maksimaliai sumažinti susidarancius nuostolius dėl prapūtimo.



6 pav. Garo katilo prapūtimo sistema kombinuojama su vandens paruošimo sistema

Pirmausia prapūtimas turi būti reguliuojamas automatiškai, matuojant katilo vandens druskingumo lygį. Tuo tikslu įrengiamas druskingumo matuoklis, kuris valdo prapūtimo sklendę (*blowdown valve*) – ją atidaro ir uždaro. Ši sistema nuolat

palaiiko nustatytą druskingumo lygį su mažiausiais svyravimais ir neleidžia viršyti druskų kiekio.

Įrengiamas separatorius (*flash vessel*). Prapučiama vandens slėgis iki sklendės yra lygus katilo darbiniam slėgiui. Už sklendės slėgis krinta iki artimo atmosferiniam, todėl vanduo užverda ir susidaro garas, dar vadinamas antriniu garu (*flash steam*). Separatoriuje šis garas atskiriamas nuo vandens ir gali būti panaudotas deaeruojamam vandeniui šildyti. Šis garas pavojaus nesukelia, kadangi yra švarus – be druskų ir kitų priemaišų.

Įrengiamas nuotekų aušintuvas. Separatoriuje atskirtas vanduo yra pakankamai aukštos temperatūros – apie 105°C, todėl dalis šilumos gali būti susigrąžinta prieš išleidžiant į kanalizaciją. Tuo labiau kad į kanalizaciją taip pat negalima išleisti aukštos temperatūros nuotekų. Tuo tikslu statomas šilumokaitis (*heat exchanger*), kuriuo pašildomas chemiškai apdorotas maitinimo vanduo.

Įrengiamas papildomas paruošto vandens bakas (*make-up tank*). Dažnai vandens papildymas į deaeratorių ir prapūtimo šalinimas vyksta ne tuo pačiu metu, todėl neįmanoma tinkamai ataušinti nuotekų. Įrengus papildomą baką, ši problema išsprendžiama, kadangi užtikrinama šalto vandens cirkuliacija per šilumokaitį. Šalto vandens srautas reguliuojamas termostatinio davikliu, kuris valdo siurbliuką.

Prapūtimo sistemos komponentai turi būti tinkamai parinkti pagal katilo našumą, darbinį slėgį ir kitus parametrus. Tuo tikslu yra sudarytos specialios lentelės, kuriomis vadovaudamiesi specialistai parenka reikiamų geometrinių parametrų įrenginius.

Įrengus tokią sistemą, galima sutaupyti apie 80% šiluminės energijos, prarandamos dėl prapūtimo. Atitinkamai prapūtimui kuro sąnaudos sumažėja nuo 3 iki 0,6%.

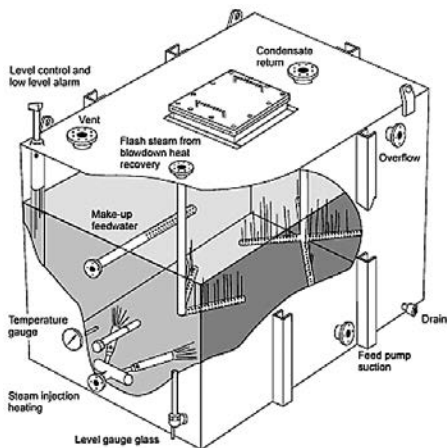
Nuostoliai dėl išgarų iš deaeratoriaus. Šie nuostoliai susidaro termiškai apdorojant katilų maitinimo vandenį. Katilinėse dažnai naudojami atmosferinio tipo deaeratoriai, kuriuose chemiškai valytas vanduo šildomas iki 102°C. Esant tokiai temperatūrai susidaro nedidelis garo kiekis – išgaros, kurios pašalinamos. Panaudojant šių išgarų šilumą, galima sutaupyti šiluminės energijos, o kartu ir kuro.

Paprasčiausias būdas yra įrengti išgarų aušintuvą (šilumokaitį), kuriuo šildomas į deaeratorių paduodamas chemiškai valytas vanduo.

Gana veiksmingas būdas sumažinti šiuos nuostolius yra įrengti semideaeratorių. Paveiksle (7) pavaizduota principinė tokio įrenginio schema.

Skirtingai negu atmosferinio tipo, šio tipo deaeratoriuose vanduo termiškai apdorojamas esant 80–90°C. Galutinis deguonies sujungimas vykdomas cheminiais reagentais. Vanduo šildomas ne kolonėlėje, bet išpurškiant garą tiesiai į vandenį. Papildomai įrengti kolektoriai, kuriais į vandenį paduodamas grįžtamasis kondensatas ir antrinis garas iš prapūtimo separatoriaus. Įrengus tokio tipo deaeratorių nesusidaro išgarų.

Nedidelės galios vandens šildymo katilinėse tikslinga visiškai atsisakyti terminio vandens apdoravimo, o naudoti tik cheminį.



7 pav. Semideaeratoriaus principinė schema

Sąnaudos mazuto ūkyje. Mazuto klampumas priklauso nuo temperatūros. Esant žemesnei kaip 100°C temperatūrai, šį kurą sunku transportuoti vamzdynais, todėl laikant jį rezervuaruose būtina šildyti. Gana plačiai naudojamos garinio šildymo sistemos, kuriose garo vamzdžiai yra išvedžioti rezervuare. Pastaruoju metu yra diegiamos sistemos, kuriose mazutas šildomas specialiais šilumokaičiais su karštu vandeniu. Mazuto šildymas atliekamas nedideliame tūryje, iš kurio jis yra pasiurbiamas. Mazuto vamzdynams šildyti naudojami elektriniai šildytuvai.

Kaip matyti lentelėje, nemažos kuro sąnaudos (2–3%) susidaro išpurškiant mazutą degikliuose garu. Pakeitus mazuto degiklius, pavyzdžiui, instaliavus mechaninio išpurškimo su slėgiu arba rotacinio tipo degiklius, garas nebūtų naudojamas.

Sutvarkius mazuto ūkį taip, kad nebūtų naudojamas garas, smarkiai sumažėtų kuro sąnaudos. Atskirais atvejais galima visiškai atsisakyti garo katilų, o eksploatuoti tik vandens šildymo katilus, kurių efektyvumas esti didesnis. Tai ypač naudinga tuo atveju, kai katilinėje gaminamas tik termofikacinis vanduo, o garas naudojamas tik mazuto ūkyje.

Nuostoliai dėl katilinės karštų paviršių. Šie nuostoliai susidaro dėl karštų vamzdynų ir šilumokaičių paviršių, ypač eksploatuojant garo katilus. Šiuos nuostolius galima sumažinti tinkamai izoliuojant paviršius. Vėlgi turi būti atkreiptas dėmesys į tai, kad ruošiant karštą vandenį vandens/garo šilumokaičiuose neišvengiamai patiriama šilumos nuostolių. Optimalus sprendimas būtų tiesiogiai ruošti karštą vandenį vandens šildymo katiluose. Kartu būtų išvengiama technologinių nuostolių, pavyzdžiui, dėl garo katilų prapūtimo.

Optimalus įrenginių panaudojimas. Dažnoje katilinėje eksploatuojami ne vienas ir neretai skirtingų galių katilai. Tik optimaliai apkraunant katilą yra pasiekiami geriausi efektyvumo rodikliai. Atsižvelgiant į katilų režimines korteles, reikėtų stengtis naudoti efektyviausius įrenginius priklausomai nuo energijos gamybos poreikio. Šiuo metu egzistuoja specializuotos programos (pvz., *EnergyPro*), kurias pasitelkus galima sudaryti katilų darbo grafiką visiems metams.

Literatūra

- G. Gimbutis ir kt., *Šiluminė technika*, Vilnius: Mokslas, 1993.
Energetiko žinytas, Thermie programa, Cowi baltic.
A Review of Heat Recovery Systems Used in Conjunction With Industrial Boilers,
A Thermie Programme Action, ETSU Harwell Oxfordshire, UK, 2000.
Spirax Sarco Learning Centre, www.spiraxsarco.com/learn.
Gestra Semi-Deaerator, www.gestra.com

2 DEGIMO PROCESO VALDYMAS

Kurą deginančiuose įrenginiuose ne visa šiluma yra perduodama šildomam vandeniui ar gaminamam garui. Dalis degimo šilumos išeina su dūmais, dalis lieka nesudegusiam kure, įkaitusiam šlake ir pelenuose, dalis šilumos atiduodama aplinkai dėl laidumo ir spinduliavimo nuo išorinių paviršių.

Kuro sudeginimo efektyvumas

Kuro sudeginimo efektyvumas gali būti apskaičiuojamas tiesiogiai:

$Efektyvumas (proc.) = 100 \times (\text{katilė šildomo vandens ir garo sugertas šilumos kiekis}) / (\text{kuro šilumos kiekis})$ arba atvirkštiniu būdu:

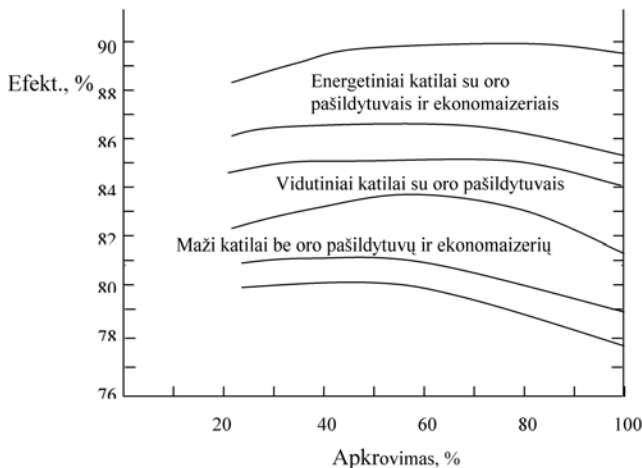
$Efektyvumas (proc.) = 100 - 100 \times (\text{šilumos nuostoliai}) / (\text{kuro šiluma})$

Pirmuoju atveju reikia išmatuoti paduodamo vandens, pagaminto garo, sunaudoto kuro kiekį, jų temperatūrą ir slėgį. Pramonėje tiksliai nustatyti visus į katilą įeinančius ir išeinančius šiluminės energijos srautus yra sudėtinga, todėl tiesioginis metodas praktikoje retai naudojamas.

Daug paprasčiau efektyvumą apskaičiuoti atvirkštiniu būdu. Dūmų analizatoriumi nesunkiai išmatuojamas su dūmais išeinančios šilumos kiekis, o šilumos nuostoliai dėl katilo karšto paviršiaus sužinomi iš paso arba lentelių.

Darbo metu efektyvumas kinta priklausomai nuo apkrovimo. Faktinis efektyvumas deginant dujas yra 76–83%, mazutą – 78–89%, anglį – 85–88%.

Šilumos nuostolius dėl dūmų sudaro į kaminą išleidžiamų sausų dūmų šiluma ir



dūmuose esančių vandens garų šiluma. Naudojant daugelį pramoninių katilų dūmų šiluma yra pagrindinis nuostolių šaltinis. Vanduo dūmuose atsiranda dėl kure

esančio vandenilio degimo, oro ir kuro drėgmės. Paprastai efektyvumo skaičiavimuose naudojama žemutinė kuro šiluminė vertė, t. y. be degant susidarančio vandens šilumos. Sausų dūmų šiluma priklauso nuo dūmų temperatūros ir oro pertekliaus. Deginant gamtines dujas ir mazutą jos dydį galima apskaičiuoti pagal formulę

$$q_2 = (T_{dūmų} - T_{aplinkos}) \times (A + B \times \alpha),$$

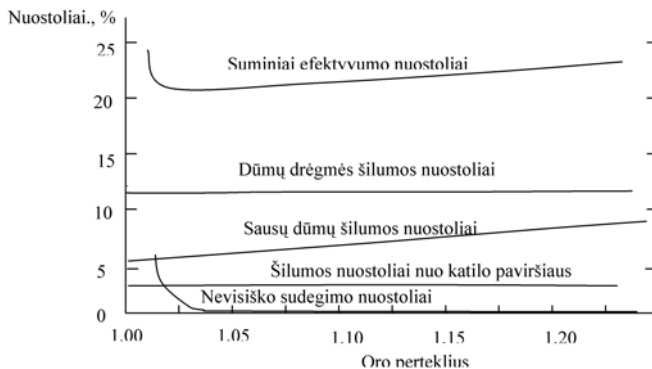
kur $T_{dūmų}$ ir $T_{aplinkos}$ – dūmų ir aplinkos temperatūros, α – oro pertekliaus koeficientas = (realus degimui naudojamo oro kiekis)/ (teoriškai degimui reikalingas oro kiekis), deginant gamtines dujas koeficientas $A = 0,009$, $B = 0,03$, mazutą – $A = 0,007$, $B = 0,032$.

Minimalią dūmų temperatūrą riboja sieros rūgšties susikondensavimo ant katilo galinių paviršių ir korozijos pavojus. Minimalus oro perteklius priklauso nuo degiklio, katilo ir degimo valdymo sistemos kokybės ir deginamo kuro rūšies. Orientaciniai dūmų šilumos nuostolių, atsirandančių deginant dujas ir mazutą, dydžiai pateikti lentelėje.

Kuras	Sieringumas, %	Min. dūmų temp., °C	Min. oro perteklius	Min. sausų dūmų šilumos nuostoliai, %	Min. drėgmės šilumos nuostoliai, %	Bendri dūmų šilumos nuostoliai, %
Dujos	–	104	1,05	2,9	10,1	13,0
Mazutas	1,0	138	1,17	6,6	6,2	12,8

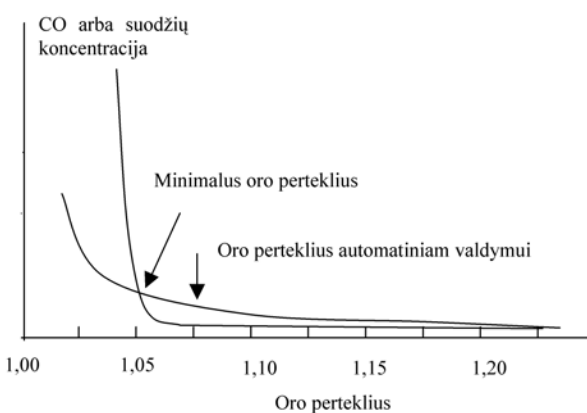
Nuostoliai dėl nevisiško sudegimo. Nevisiškai sudegęs kuras gali išlėkti kartu su dūmais smalkių (CO), vandenilio, anglies, angliavandenilių ir suodžių pavidalu ir būti pašalintas kartu su šlaku. Paprastai nesudegusio kuro kiekis mažėja didinant oro perteklių. Dujas ir mazutą galima visiškai sudeginti, tuo tarpu deginant kietą kurą su šlaku išmetama 2–4% nesudegusio kuro.

Šilumos atidavimas nuo katilo paviršiaus, esant maksimaliam apkrovimui, sudaro 1–2% priklausomai nuo katilo tipo ir našumo. Mažėjant katilo apkrovimui šilumos nuostoliai išauga, kadangi tam pačiam su aplinkiniu oru besiliečiančiam paviršiaus plotui tenka mažesnis katilė pagaminamos šilumos kiekis.



Efektyvumo padidinimo būdai

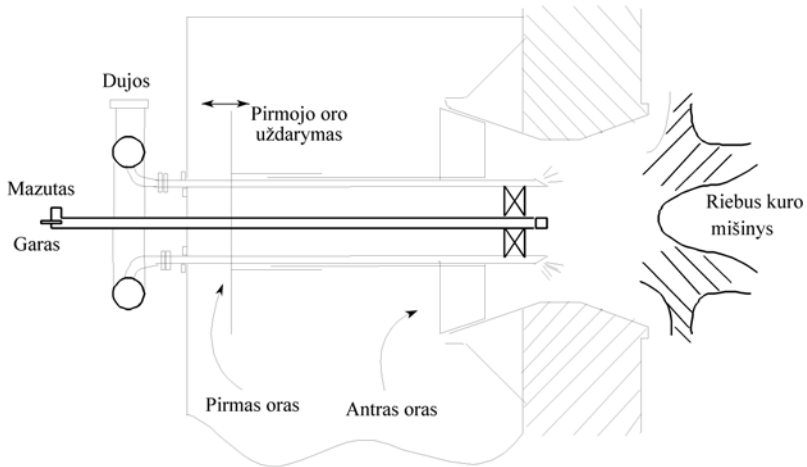
Katilo efektyvumą paprasčiausiai galima padidinti suderinus kuro/oro santykį. Kiekvienam katilo apkrovimo režimui reikia nustatyti minimalų visiškam kuro sudegimui reikalingą oro kiekį. Tam po truputį mažinamas oro slėgis prieš degiklius, stebima liepsna kūrykloje ir matuojama išeinančių dūmų sudėtis. Kai degimui ima trūkti oro, liepsna patamsėja ir užpildo visą kūryklą. Dūmuose staiga išauga nesudegusio kuro koncentracija. Kai deginamos gamtinės dujos, pirmiausia pastebimas staigus CO koncentracijos kitimas, deginant mazutą arba kietą kurą greičiau didėja suodžių kiekis.



Dirbti su minimaliu oro pertekliumi nėra saugu, kadangi bet koks nustatytų sąlygų pasikeitimas gali sukelti nesudegimą, suodžių pasirodymą. Todėl paliekamas tam tikras papildomas oro perteklius, kuris užtikrina, kad valdymo tikslumo ribose staigaus nesudegimo padidėjimo dar nebus. Rankiniam katilo valdymui sudaroma režiminė kortelė, t. y. oro slėgio prieš degiklius priklausomybė nuo kuro slėgio.

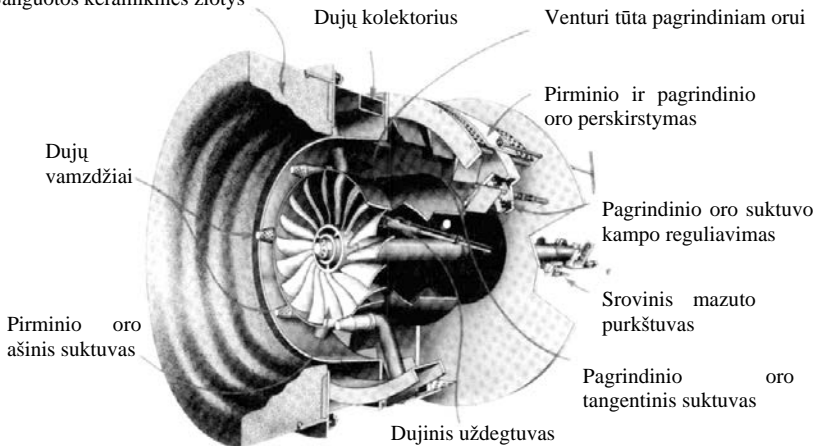
Sudegimo efektyvumą galima padidinti tinkamai suregulavus oro paskirstymą degiklyje, mazuto purkštuvo padėtį, išpurškimui naudojamo garo slėgį. Po šio reguliavimo reikia pakartoti degimo režimų derinimą.

Minimalus oro perteklius katile daugiausia priklauso nuo degiklio kokybės ir katilo sandarumo. Šiuolaikiniai degikliai leidžia sudeginti dujas ir mazutą su 5–10% oro pertekliumi. Oro ventiliatorius sumontuojamas prie paties degiklio, kad sumažintų oro trakto pasipriešinimą. Degiklis kūrykloje suformuoja dvi zonas. Pirmoje zonoje prie degiklio visiškam kuro sudegimui trūksta oro, o degimo produktai joje susukami ir sumaišomi taip, kad liepsna būtų nuolat prisijungusi prie žiočių. Antrasis oro srautas apgaubia pirmąją zoną ir visiškai užbaigia degimą prieš išleidžiant dūmus iš kūryklos.



Dujos paskirstomos per vamzdžius, simetriškai išdėstytus apie pirmojo oro suktuvą. Vamzdžių galai nupjauti kampu, kad sukant vamzdžius apie ašį keistųsi dujų įpurškimo kampas. Reguluojant pirmojo ir antrojo oro kiekius ir dujų paskirstymą galima optimizuoti liepsnos formą pagal kūryklos matmenis.

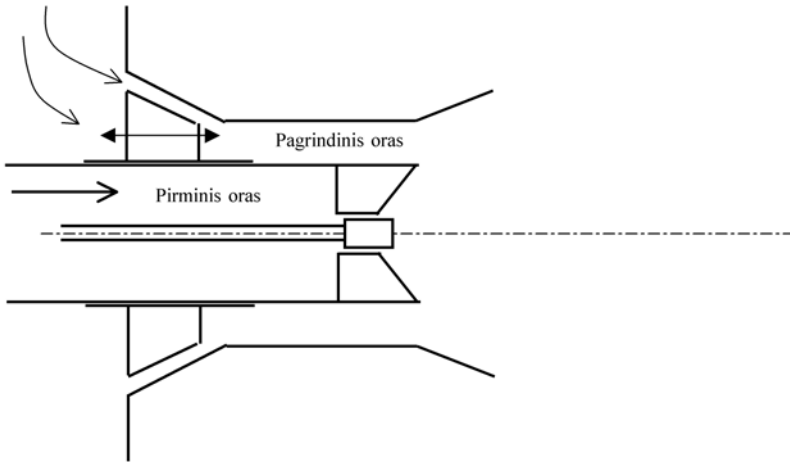
Banguotos keramininės žiotys



Iš oro dėžės į degiklį oras patenka per perforuotą gaubtą. Perforacija šiek tiek padidina aerodinaminį pasipriešinimą, tačiau tolygiau paskirsto pagal perimetrą ištekančią debitą. Toks debito išlyginimas yra labai svarbus geram oro susimaišymui su kuru ir būtinais turi būti kontroliuojamas visų tipų degikliuose. Oro kiekio paskirstymas tarp pirminio ir pagrindinio srautų yra valdomas stumdamas perforaciją uždengiantį žiedą. Pirminio ir pagrindinio oro kiekių valdymas leidžia pritraukti liepsnos pradžia arčiau degiklio arba atitolinti nuo jo ir dažniausiai naudojamas pereinant nuo dujinio kuro prie mazuto. Pirminis oras užsukamas izokinetinėmis

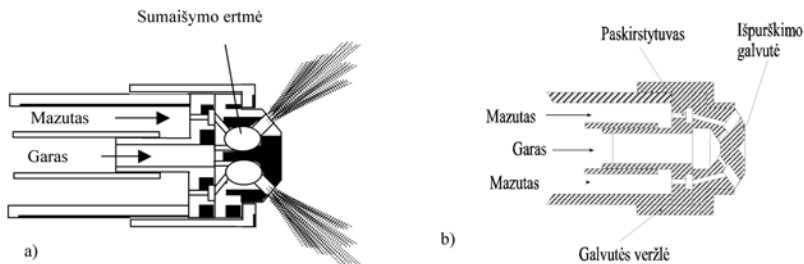
ašinėmis mentelėmis, kurios sukuria vienodą pagal spindulį oro greitį. Tarp mentelių vidinio žiedo ir mazuto purkštuvo paliekamas tarpas, kad per jį ištekėjęs oras apsaugotų purkštuvo galvutę nuo koksavimo. Dujinis uždegtuvas yra įmontuojamas prieš pirminio oro menteles. Per mentelių tarpus išlindusi uždegtuvas liepsna pataiko į kuro ir oro srovių maišymosi pradžią ir tuo užtikrina lengvą mišinio uždegimą. Be to, pirminio oro dėžėje uždegtuvas liepsna apsaugoma nuo stipraus pagrindinio oro srauto.

Pagrindinis oro srautas yra užsukamas tangentinėmis keičiamo kampo mentelėmis. Pagrindinio oro užsukimo valdymas yra labai svarbus siekiant priderinti liepsną prie kūryklos. Labiau užsukus, liepsna trumpėja, jos temperatūra kyla, o jos maksimumo vieta pasislenka arčiau degiklio. Mažinant užsukimą liepsna ilgėja, degimo intensyvumas sumažėja. Todėl valdant užsukimą galima suderinti degimą taip, kad kuras spėtų sudegti, tačiau liepsnos temperatūra nepasiektų azoto oksidams susidaryti reikalingos aukštos temperatūros. Reikia pažymėti, kad tangentinė mentelių pasukimo mechanizmas yra gana sudėtingas ir eksploatacinių požiūriu nėra patikimas. Geriau užsukimą valdyti ašinėmis mentelėmis, kurios slankioja įtekėjimo kūgio atžvilgiu.

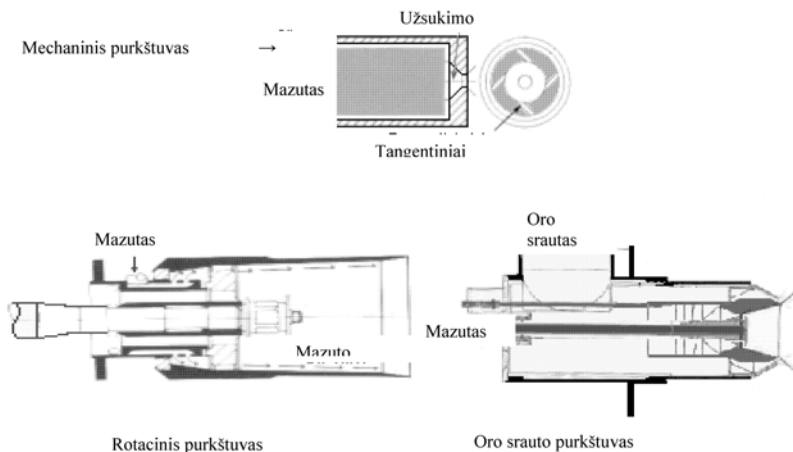


Pristūmus menteles iki pat kūgio, oras prateka tik per suktuvą ir gaunamas didžiausias užsukimas. Atitraukus menteles, atsiranda tarpas, per kurį dalis oro prateka be užsukimo, todėl bendras oro srauto užsukimas sumažėja. Senos konstrukcijos degikliuose, kur nėra galimybės įvesti tolygų užsukimo valdymą, reikėtų pakeisti bent pagrindinio oro suktuvą į ašinį, kurio menteles derinimo metu galima palenkti norimu kampu.

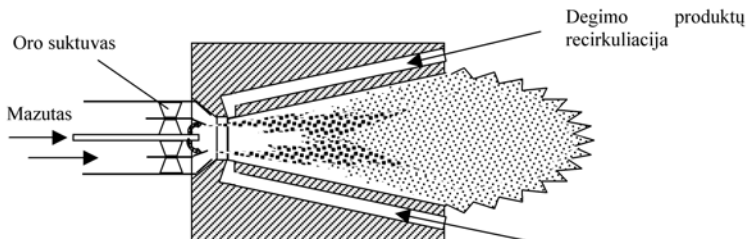
Kai katilinėje yra garas, mazuto išpurškimui dažniausiai naudojami vidinio sumaišymo arba sroviniai purkštuvai.



Vidinio sumaišymo purkštuvuose (a) garo ir mazuto srovės per mažas kiaurymes suteka į purkštuvu galvutėje esančią maišymosi ertmę, kurioje susidaro garo ir mazuto emulsija. Ištekėdama iš jos per atskiras kiaurymes emulsija suyra į smulkius mazuto lašelius. Pagrindinis tokių purkštuvų privalumas yra tai, kad galima pasirinkti norimą išpurškimo kampą, ištekėjimo kiaurymių skaičių ir dydį. Tai ypač svarbu siekiant gero kūryklos užpildymo liepsna, kadangi priklausomai nuo ištekančių mazuto srovių kampo, skaičiaus ir skersmens keičiasi jų išskverbimas į degiklio oro srovę ir sudegimo greitis. Reikia pažymėti, kad, didinant ištekėjimo kiaurymių skersmenį, tenka didinti ir išpurškimui naudojamo garo kiekį. Be to, sumažėja našumo reguliavimo intervalas. Todėl dažniai naudojami paprastesnės konstrukcijos sroviniai purkštuvai be tarpinės maišymosi ertmės. Sroviniuose purkštuvuose (b) mazutas ir garas maišosi pačioje ištekėjimo kiaurymėje. Dalis mazuto suyra į lašelius ištekėjimo kiaurymėje susidūrus mazuto ir garo srovėms, likusi mazuto dalis yra garo tempiama plona plėvele kiaurymės sienelėmis ir suyra į lašelius ištekėjusi iš purkštuvu galvutės. Ištekėjimo kiaurymės skersmuo nedaug skiriasi nuo garo ir mazuto kiaurymių skersmens, todėl smulkiam išpurškimui užtenka iki 10% garo nuo išpurškiamo mazuto kiekio. Mažėjant našumui, išpurškimas smulkėja, todėl degimas išlieka stabilus nepaisant mažo degiklio oro greičio.



Kai katilinėje nėra garo, mazutas išpurškiamas mechaniniais, rotaciniais arba oro srauto purkštuvais. Mechaniniai purkštuvai pasižymi paprasta konstrukcija, tačiau turi nedidelį našumo reguliavimo intervalą 1:2 ir smulkiam išpurškimui reikalingas didesnis nei 20 bar slėgis. Rotaciniai purkštuvai ištaško mazutą iš dideliu greičiu besisukančio puoduko, apie kurį teka oro srautas. Jų našumą galima reguliuoti platesniu intervalu 1:4, išpurškimo kokybė gerėja mažinant našumą, tačiau patikimumas yra mažesnis dėl besisukančių mechanizmų. Geresnėmis eksploatacinėmis savybėmis pasižymi oro srauto purkštuvai. Mazuto plėvelė juose sudaroma ant tūtos vidinio paviršiaus. Plėvelė ištempia ir išskaido į lašelius užsuktas oro srautas, tekantis dideliu greičiu per tūtą ir aplinkui ją. Išpurškimui užtenka apie 0,1 bar oro slėgio, išpurškimo parametrai panašūs kaip rotaciniuose purkštuvuose ir nėra besisukančių mechanizmų. Kad degiklis būtų gerai suderintas su kūrykla, labai svarbu parinkti tinkamą žiočių formą. Nagrinėjamame pavyzdyje parodytos banguoto paviršiaus kūginės žiotys. Paviršiaus bangavimas reikalingas siekiant pastorinti žiotyse tekančią oro srovę ir apsaugoti, kad ji nepriplūtų prie kūryklos sienelių. Užsukta oro srovė išcentrinės jėgos yra spaudžiama prie paviršiaus, todėl prie jo būna didžiausias greitis. Tuo tarpu išpurkštas mazuto srovės būtina atitraukti nuo žiočių bent per keletą centimetrų, kadangi lašeliai gali užtikšti ir koksuočius ant jų paviršiaus. Žiočių banguotumas sumažina oro greitį prie paviršiaus, greičio maksimumas pasislenka toliau nuo jo ir susidaro geresnės sąlygos suderinti oro ir kuro srovių trajektorijas. Sudėtingesnės formos žiotys paprastai yra komplektuojamos kartu su degikliu.



Degiklis su pirmine mazuto dujofikacija

Mažuose vandens šildymo katiluose gerai sudeginti gilaus perdirbimo mazutą yra labai sunku net ir su reguliuojamų parametru degikliu. Šaltos kūryklos sienelės yra arti liepsnos, todėl degimo procesas turi būti labai intensyvus, kad mazutas sudegtų su nedideliu oro pertekliumi, nesudarydamas suodžių ir kokso dalelių. Bet tokiu atveju susidaro didesnis NO_x kiekis. Mažiems katilams konstruojami degikliai su pirmine mazuto dujofikacija. Mazuto ir oro mišinio užsukta srovė yra. Kameros matmenys parenkami taip, kad mazutas dujofikuotųsi degiklyje, o kūrykloje baigtų degti būdamas dujinės fazės. Mazuto ir oro mišiniui paruošti naudojamas purkštuvai, kuriame mazutas išpurškiamas užsukta oro srove iki 0,1 atm slėgio. Gaunamas tolygus kuro ir oro susimaišymas, kadangi tas pats oras naudojamas ir mazuto išpurškimui, ir jo sudeginimui.

Kad ir koks geras degiklis būtų, bet norimo degimo efektyvumo nepasieksime, jeigu bus nesandari kūrykla, oro šildytuvai arba ekonomizeris. Prisiurbtas iš aplinkos oras praskiedžia dūmus, sumažindamas jų temperatūrą ir šilumos

atidavimą. Ypač dideli nesandarumai būdingi katilams, kurių kūryklos neturi metalinio gaubto. Nuo šiluminių įtempimų plytų mūras suskilinėja, per plyšius praėjęs oras teka prie kūryklos sienelių, nedalyvaudamas degime. Dar griežtesni sandarumo reikalavimai keliami oro šildytuvui ar ekonomazeriui, kadangi juose palaikomas didesnis vakuumas. Šiuolaikiniai katilai yra apgaubiami šiluminį spinduliuojančiu atspindinčiu metaliniu gaubtu, kuris užtikrina ne tik sandarumą, bet ir sumažina šilumos nuostolius dėl karšto katilo paviršiaus.

Degimo kontrolė

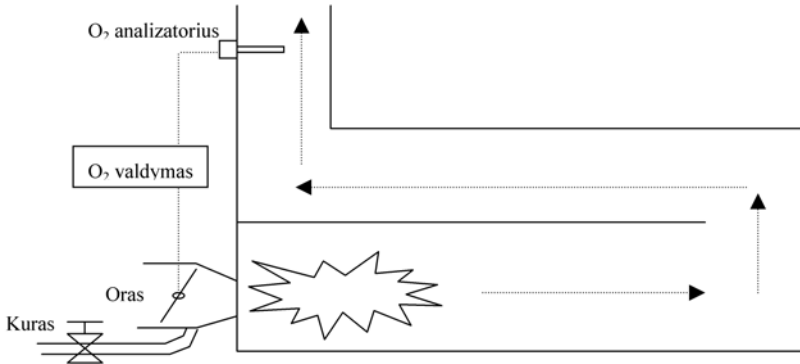
Optimalaus degimo režimui palaikyti būtina degimo kontrolės sistema. Ji turi keisti katilo apkrovimą priklausomai nuo šilumos ar garo poreikio, palaikyti minimalų degimo oro ir teršalų kiekį, apsaugoti personalą ir įrenginius nuo avarijų. Degimui valdyti naudojamos tokios pagrindinės sistemos:

- Fiksuotų padėčių valdymas. Tai pigus ir paprastas metodas. Kintant apkrovimui vykdomasis mechanizmas perstumia mechaniškai sujungtas kuro ir oro sklendes į vieną iš kelių fiksuotų padėčių. Kadangi sklendžių padėtys nustatomos katilo derinimo metu, tai pasikeitus oro ar kuro tankiui ir kaloringumui jos nebeatitinka optimalaus sudegimo sąlygų. Fiksuotų padėčių valdymui reikalinga gana didelė oro pertekliaus atsarga.
- Lygiagretusis valdymas. Kuro ir oro sklendėms valdyti naudojami atskiri tolygiai jų padėtį keičiantys mechanizmai, todėl operatorius gali bet kuriuo metu sureguliuoti kuro ir oro santykį. Apkrovimas susiejamas su kuro ir oro slėgiais prieš degiklius arba su signalais iš jų debito matuoklių.
- Lygiagretusis valdymas su automatine O₂ korekcija. Tai pats tiksliausias valdymas, kada kuro ir oro santykis reguliuojamas nuolat pagal deguonies analizatoriaus signalą.

Derinant degimo režimus surandama minimalaus deguonies kiekio dūmuose priklausomybė nuo katilo apkrovimo. Darbo metu automatiškai palaikomas nustatytas deguonies dydis. O₂ valdymas gali būti analoginis arba mikroprocesorinis.

Kompiuterizuotose degimo valdymo sistemose gali būti naudojamas ir CO analizatorius. Pagal CO koncentraciją dūmuose darbo metu pakoreguojamas minimalus degimo oro kiekis.

Degimo proceso kontrolei pradedamos naudoti vaizdo kameros. Jos leidžia sekti ne tik liepsnos formą ir spinduliuojimo intensyvumą.



Analizuojant liepsnos spinduliavimo spektrą galima nustatyti jos temperatūrą, kontroliuoti azoto oksidų, suodžių susidarymą, optimaliai paskirstyti orą tarp atskirų degiklių.

Liepsnos sekimo prietaisai

Liepsnos sekimas katilė visų pirma reikalingas darbo saugos sumetimais. Kuro tiekimas į katilą turi būti nedelsiant nutrauktas dingus liepsnai.

Liepsnos sekimo prietaisai turi:

- nereaguoti į išorinį apšvietimą ir kitus trikdžius;
- išskirti sekamo degiklio liepsną iš kitų degiklių;
- būti patikimi, jautrūs ir ekonomiškai.

Liepsnos sekimui naudojami jutikliai:

Temperatūros (termopora). Naudojami mažiems degikliams. Nuolatiniam sekimui netinka.

Garso (mikrofonai). Naudojami 1 degiklio sistemose. Nuolatiniam sekimui netinka.

Jonizacijos. Naudojami uždegtuvams ir mažiems degikliams. Jautrūs taršai.

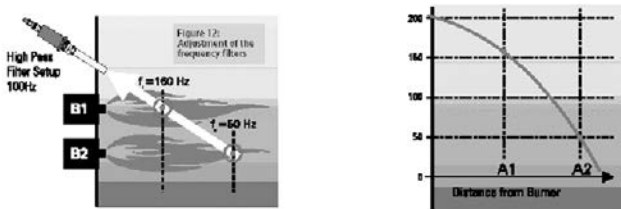
Optiniai. Naudojami dideliems degikliams. Priklausomai nuo kuro rūšies ir degimo proceso gali būti naudojami:

– *Infraraudonojo* spinduliavimo (IR). Reaguoja į liepsnos šiluminio spinduliavimo ilgesnės kaip 800 nm bangos blyksnius. Naudojami mazutui.

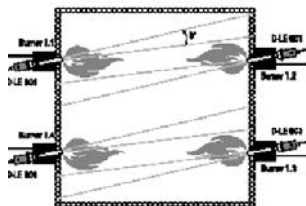
– *Ultravioletinio* spinduliavimo (UV). Reaguoja į liepsnos trumpesnės kaip 400 nm bangos šviesą ir jos blyksnius. Naudojami mazutui ir dujoms.

– *Matomos šviesos* (VIS). Reaguoja į liepsnos matomo spinduliavimo 400–800 nm ilgio bangos blyksnius. Naudojami mazutui ir dujoms.

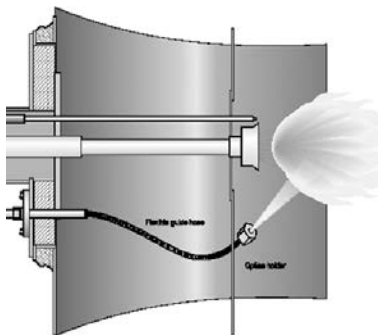
Liepsnos sekimo prietaisuose su optiniais jutkliais dažnai panaudojamas liepsnos pulsavimas. Siekiant apsaugoti nuo išorinio apšvietimo, elektroniniais filtrais nupjaunamos mažo dažnio pulsacijos. Taip pat galima išskirti sekamo degiklio liepsną iš kitų degiklių.



Kūryklose su priešpriešiniiais degikliais liepsnos jutklus reikia nukreipti taip, kad į juos patektų kaip galima daugiau šviesos iš sekamo degiklio liepsnos ir kaip galima mažiau iš esančio priešais.



Kai nėra galimybių sekti liepsną iš degiklio išorinės pusės, gali būti naudojami šviesolaidžiai.



Šiuolaikiškose degimo valdymo sistemose liepsnos jutklių signalai analizuojami specialiais mikrokompiuteriais. Jie leidžia parinkti optimalią degiklių užgesimo ribą, liepsnos pulsavimo dažnio juostą, pulsavimo signalo sustiprinimą. Valdymo sistema gali įjungti kūryklos ventilaciją prieš uždegant degiklius ir jiems užgesus, uždegti degiklius, sekti liepsną, kontroliuoti kuro ir oro santykį, nutraukti kuro tiekimą liepsnai užgesus.

Teršalai degimo produktuose

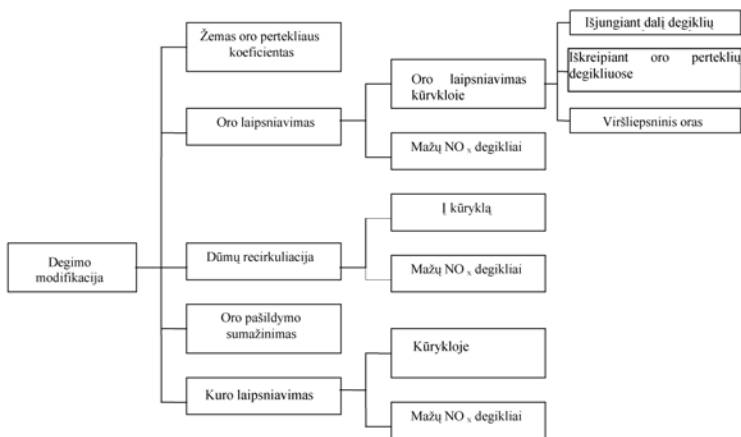
Kartu su dūmais į aplinką išmetamos kietos dalelės, sieros oksidai, azoto oksidai ir nevisiško sudegimo produktai.

Kietos dalelės. Dūmuose yra įvairaus dydžio dalelių – nuo milimetro iki dešimtųjų mikrono dalių. Jos sudarytos iš nesudegusio kuro, sieros junginių, anglies, pelenų, degimo oro dulkių. Didžiosios dalelės nukrinta arti kamino, nesukeldamos pavojaus. Mažiausios ilgai išlieka ore, patenka į plaučius, kraują, sukelia ūmines ir lėtines ligas. Katilus prižiūrinčių darbuotojų organizme randama keletą kartų daugiau sunkiųjų metalų negu kitų gyventojų. Dalelių kiekį galima sumažinti naudojant mažiau neorganinių medžiagų turintį kurą, geriau jį sudeginant ir valant dūmus ciklonais, rankoviniaisiais arba elektrostatiniais filtrais.

Sieros oksidai. Visa kure esanti siera degimo metu pereina į SO_2 (95–98%) ir SO_3 (2–5%). SO_3 jungiasi su vandens garais, sudarydama rūgštį, kuri kondensuojasi ant kietų dalelių arba išlekia garų pavidalu. Dalis SO_2 atmosferoje taip pat virsta į SO_3 ir sudaro rūgštį ir sulfatus. Sieros teršalai mažina atmosferos skaidrumą, sukelia koroziją, sardo augalų chlorofilą, padidina sergamumą plaučių ligomis. Lietuvoje leidžiama deginti ne daugiau kaip 1% sieros turintį mazutą. Pagrindinės priemonės sieros oksidų kiekiui sumažinti – deginti mažiau sieringą kurą arba valyti sieros oksidus iš dūmų.

Azoto oksidai. Degimo metu azoto oksidai susidaro tose vietose, kur yra aukšta temperatūra, deguonies ir azoto. Kure esantis azotas oksiduojasi žemesnėje temperatūroje, todėl daugiau junginiuose esančio azoto turintis kuras pagamina daugiau azoto oksidų. Apie 95% azoto oksidų sudaro NO ir 5% – NO_2 . NO_x sukelia smogą, rūgštų lietų, kenkia plaučiams ir kraujo aprūpinimui deguonimi. Jų kiekis mažinamas naudojant pirmines priemones, kuriomis ribojamas NO_x susidarymas degimo procese, arba antrines priemones, kuriomis iš dūmų pašalinami jau susidarę NO_x .

Pigiausios ir plačiausiai naudojamos yra pirminės priemonės:



Žemas oro pertekliaus koeficientas. Oro pertekliaus koeficiento sumažinimas yra lengvai įgyvendinama priemonė azoto oksidams sumažinti. Sumažinti deguonies kiekį degimo zonoje galima iki minimalaus, reikalingo visiškam degimo procesui įvykti. Nevyksta kure esančių azotų oksidavimasis ir sumažinami terminio NO_x formavimosi mastai.

Oro laipsniavimas. NO_x susidarymas sumažinamas sudarant dvi degimo zonas. Pirmojoje zonoje deguonies trūksta, o antrojoje užbaigiamas kuro sudeginimas. Oro laipsniavimui naudojama:

- Dalies degiklių atjungimas. Apatiniai degikliai dirba su riebiu mišiniu, o viršutiniai degikliai – tik su oru.
- Oro pertekliaus iškreipimas. Apatiniai degikliai dirba su riebiu mišiniu, o viršutiniai degikliai – su oro pertekliumi.
- Viršliepsninis oras. Įrengiamos papildomos oro padavimo angos aukščiau viršutinės degiklių eilės. Paprastai 15–30% viso degimui reikalingo oro galima tiekti per viršliepsninio oro angas.

Taikant oro laipsniavimą kūrykloje nereikalingos papildomos energijos sąnaudos katilinėje. Pagrindiniai oro laipsniavimo trūkumai: gali padidėti CO kiekis dėl neteisingo oro angų išdėstymo ir išaugti nesudegusios anglies kiekis dėl sumažėjusio atstumo tarp degimo zonos pabaigos ir pirmojo šilumokaičio.

Dūmų recirkuliacija. Recirkuliuojant dūmus į kūryklą, degimo zonoje sumažėja deguonies kiekis ir atšaldomas fakelas, o taip kure sujungiami azotai ir sustabdomas terminių NO_x susidarymas. Dalis dūmų (20–30% apie 350–400°C temperatūros) yra paimama iš dūmų srauto ir recirkuliuojama į katilą. Recirkuliuojami dūmai gali būti maišomi su oru, tiekiamu į degiklius, arba tiekiami atskirai. Specialios paskirties degikliai yra suprojektuoti darbui su recirkuliuojančiais dūmais. Bet per didelis recirkuliuojamų dūmų kiekis gali turėti ir neigiamų padarinių: sukelti korozijos problemų deginant itin sieraingą kurą, efektyvumo sumažėjimą padidėjus dūmų temperatūrai ir energijos sunaudojimui ventiliatoriuose. Dėl šių priežasčių recirkuliuojamų dūmų kiekis ribojamas iki 30%.

Oro pašildymo sumažinimas. Degimui reikalingo oro pašildymo temperatūra turi labai svarbią įtaką NO_x formavimuisi, nes didėjant oro pašildymo temperatūrai didėja ir temperatūros maksimumas pirmojoje degimo zonoje. Dėl šios priežasties formuojasi dideli terminių NO_x kiekiai. Pagrindinis šios technologijos trūkumas tas, kad sumažinus pašildomo oro temperatūrą išauga kuro suvartojimas.

Kuro laipsniavimas. NO_x sumažinama pakopomis paduodant kurą ir orą. Pirmojoje degimo zonoje nuo 80 iki 90% kuro yra deginama esant sumažintam oro kiekiui. Antrojoje zonoje paduodamas papildomas kuras su taip pat sumažintu oro kiekiu. Susidarę angliavandenilių radikalai reaguoja su azoto oksidais, susiformavusiais pirmojoje zonoje. Degimo procesas užbaigiamas paduodant papildomai oro į galutinio išdeginimo zoną.

Antrinio išdeginimo naudingumas priklauso nuo keleto parametrų:

- Temperatūros: siekiant sumažinti NO_x kiekius, antrinio išdeginimo zonos temperatūra turi būti kaip įmanoma didesnė.

- Buvimo laiko: didėjant azoto oksidų buvimo laikui antrinio išdeginimo zonoje, NO_x mažėja. Ši reikšmė turi būti tarp 0,4 ir 1,5 sek.
- Oro pertekliaus antrinio išdeginimo zonoje.
- Kuro tipo.
- Degiojo mišinio tarp papildomo kuro ir pirmosios degimo zonos generuojamų dūmų.

Iš principo antrinio išdeginimo technologija gali būti realizuota daugelio katilų degimo procesuose su mažų NO_x degikliais.

Mažų NO_x degikliai. Mažų NO_x degikliais pasiekiami geri eksploataciniai rodikliai, sumažinamas deguonies kiekis, maksimali temperatūra, sulėtinamas kuro azotų transformavimasis į NO_x ir terminių NO_x formavimas, palaikomas geras sudegimas.

Mažų NO_x degikliai pagal panaudotus NO_x sumažinimo būdus yra skirstomi į tris pagrindines grupes: su oro laipsniavimu, su dūmų recirkuliacija ir su kuro laipsniavimu. Mažų NO_x degikliuose gali būti naudojami ir du arba visi trys minėti NO_x sumažinimo būdai.

Smalkės ir angliavandeniliai. Šie teršalai susidaro dėl nevisiško kuro sudegimo. CO atmosferoje išsisklaido iki nepavojingos koncentracijos, tačiau uždarose patalpose galima apsinuodyti. Ilgai būnant nedidelės CO koncentracijos aplinkoje galimi psichikos sutrikimai, spartėja aterosklerozė. Angliavandenilių dūmuose būna daugiau kaip 20 rūšių. Pavojingiausias – benz(a)pirenas, kuris sukelia vėžį, apsigimimus. Geras kuro išpurškimas ir sumaišymas su oru ir nuolatinė sudegimo kontrolė yra veiksmingiausia priemonė CO ir angliavandenilių išmetimams riboti.

Iš kūrą deginančių įrenginių išmetamų teršalų ribinės vertės

Kuro rūšis	Šilum. našumas, kiet. dalelės	MW	SO ₂	NO _x	CO
Dujinis kuras	50–300	nenormuojama	350	300	20
	> 300–500	nenormuojama	350	300	20
	> 500	nenormuojama	350	300	20
Skystasis kuras	50–300	1700 ¹⁾	450 ¹⁾	400	100
	> 300–500	1700 ¹⁾	450 ¹⁾	400	100
	> 500	1700 ¹⁾	450 ¹⁾	300	100
Kietasis kuras	50–300	2000	650	1000	400
	> 300–500	2000	650	800	300
	> 500	2000	650	500	200

¹⁾ – RAAD leidimo galiojimo laikotarpiui, per kurį turi būti įgyvendinta išmetamo NO_x ribinė vertė, gali nustatyti didesnę, bet neviršijančią 650 mg/Nm³, ribinę vertę.

Rekomenduojamos priemonės kuro sudeginimo efektyvumui padidinti

1. Sumažinti oro perteklių.
2. Pasiiekti visišką kuro sudegimą.
3. Pašalinti katilo nesandarumus.
4. Modernizuoti degiklius ir mazuto purkštuvus.
5. Įdiegti degimo valdymą su automatine deguonies korekcija.
6. Optimizuoti katilų apkrovimą pagal jų efektyvumą.
7. Modernizuoti šiluminių paviršių valymo sistemą.
8. Pastatyti mažo našumo katilą vasaros sezonui.
9. Įrengti degimo oro šildytuvą.
10. Įrengti kintamo dažnio reguliatorius dūmsiurbliams ir ventiliatoriams.
11. Pritaikyti katilą pigesniai kurui.

3 VĒDINIMO SISTEMOS

Ižanga

Prieš dešimtmetį Lietuvoje tikrosiomis pastatų energetinėmis sistemomis buvo pripažįstamos šios: šilumos, elektros, garo ir dujų tiekimo. Šalia jų tarsi šešelyje būdavo ir vėdinimo sistema. Tačiau dabartinis požiūris į vėdinimo sistemas yra visiškai priešingas. Šiuolaikiniuose pramoniniuose ir visuomeniniuose pastatuose vėdinimo arba oro kondicionavimo sistema yra vienas iš pagrindinių elementų, leidžiančių palaikyti tinkamą mikroklimatą patalpose, kur vyksta gamybiniai procesai, žmonės dirba ir ilsisi. Todėl pastaraisiais metais statomi pastatai (ypač visuomeninės paskirties) neapsieina be centrinės vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos. Daugelyje renovuojamų pastatų taip pat instaliuojamos šiuolaikinės mechaninės vėdinimo sistemos.

Šiuolaikinės mechaninės vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos ne tik paruošia tinkamų parametrų į patalpas tiekiamą orą, tačiau yra ir energetiškai efektyvios – taupo energijos resursus, regeneruoja šalinamo oro šiluminę energiją.

Pagrindinis šios dalies tikslas yra pristatyti šiuolaikines mechanines centrinės vėdinimo sistemas, jų energetinius įrenginius, panagrinėti galimus efektyvesnio energijos (šiluminės ir elektrinės) panaudojimo ir rekuperacijos būdus, sistemos valdymo automatikos privalumus.

Šioje dalyje taip pat pateikiama informacija apie vėdinimo sistemų sandarumą, Europos ir Lietuvos vėdinimo įrangos gamintojus, Lietuvos reglamentus, kurie nustato reikalavimus šiuolaikinėms mechaninėms vėdinimo sistemoms, jų įrangai ir patalpų mikroklimatui.

Energetinis vėdinimo sistemos efektyvumas

Vėdinimo sistema sudaryta iš įrenginių, naudojančių energiją darbui atlikti. Didesnis vėdinimo sistemos efektyvumas leidžia užtikrinti mažesnes įmonės sąnaudas, tačiau tai negali būti daroma produkcijos ar darbo aplinkos kokybės sąskaita. Nustatant galimus taupymo būdus dėmesys turėtų būti kreipiamas į šiuos pagrindinius aspektus:

1. Energijos suvartojimas vėdinimo įrenginio dalyse:
 - a) ventiliatoriaus mazge;
 - b) elektriniame šildytuve;
 - c) vandeniniame šildytuve ir t. t.
2. Šilumos atgavimo iš šalinamo oro būdai ir efektyvumas.
3. Vėdinimo sistemos ir vėdinimo įrenginio valdymo automatikos efektyvumas.
4. Vėdinimo sistemos sandarumo klasė.

Pagrindiniai vėdinimo sistemos elementai

Vėdinimo sistemą sudaro ši įranga:

1. Centrinis vėdinimo ir/arba oro kondicionavimo įrenginys. Jis paruošia reikiamų parametrų (temperatūra, santykinė drėgmė, švarumas) orą ir tiekia jį į vėdinimo sistemą.
2. Išorinis blokas (šaldymo mašina su kompresoriumi). Komplektuojamas su vėdinimo įrenginiu, kai oras aušinamas tiesioginio išgarinimo freoniniu aušintuvu.
3. Oras iki paskirstymo vietos tiekiamas apvaliais, stačiakampiais arba ovaliais ortakiais, kurie tarpusavyje jungiami ir papildomi fasoninėmis dalimis (alkūnės, pereinamos, atšakos, akli dangčiai ir t. t.).
4. Oro srauto reguliavimo sklendės, montuojamos vėdinimo sistemos oro srautams suderinti.
5. Ugnies ir dūmų vožtuvai. Jie skirti išvengti ugnies ir dūmų plitimo ortakiais gaisro atveju.
6. Vėdinimo įrenginio ir paties oro srauto skleidžiamam triukšmui sumažinti vėdinimo sistemose montuojami triukšmo slopintuvai (pertvariniai, apvalūs ir t. t.).
7. Oro filtrai montuojami tam, kad būtų pasiektas reikiamas tiekiamo ir šalinamo oro švarumas. Dažniausiai jie montuojami vėdinimo įrenginyje, o jei jų nepakanka, montuojami papildomi (dažniausiai absoliutaus valymo filtrai) šalia oro paskirstymo įrangos.
8. Oras į patalpas tiekiamas ir iš patalpų ištraukiamas naudojant oro paskirstymo įrangą (difuzoriai, grotelės, nusiurbimo nuo technologinių įrenginių gaubtai, mažo judesio kiekio skirstytuvai (*floormaster*)).

Vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos centrinis vėdinimo įrenginys

Vėdinimo įrenginys yra energetiniu požiūriu svarbiausia vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos dalis. Jame yra sumontuota įranga, kuri naudoja energiją tam, kad į patalpas būtų tiekiamas reikiamų parametrų (temperatūra, užterštumas, santykinė drėgmė, greitis) šviežias oras.

Sąlyginai vėdinimo įrenginiai pagal našumą yra skirstomi į mažus, vidutinius ir didelius. Mažo našumo įrenginių našumas (L) yra nuo 1000 iki 4000 m³/h, vidutinio našumo – nuo 4000 m³/h iki 10 000 m³/h, didelio našumo – daugiau kaip 10 000 m³/h.

Vėdinimo įrenginiai būna be šilumos atgavimo įrangos (oro tiekimo įrenginiai) ir su šilumos atgavimo įranga:

- su šilumos rekuperacija naudojant plokštelinį šilumokaitį;
- su šilumos regeneracija naudojant rotacinį šilumokaitį;
- naudojant dviejų kaloriferių ir tarpinio šilumnešio schemą.

Toliau panagrinėsime atskiras vėdinimo įrenginio dalis, jų energetinį efektyvumą.

Ventiliatoriaus mazgas

Ventiliatoriaus mazgas sudarytas iš variklio, darbo rato ir ventiliatoriaus rėmo. Ventiliatorius sukuria pakankamą statinį oro slėgį, kad įveiktų slėgio nuostolius vėdinimo sistemoje, oro filtruose, šilumokaičiuose, šildytuve ir oro aušintuve ir tiektų į vėdinimo sistemos galutinį tašką reikiamą oro kiekį reikiamu greičiu.

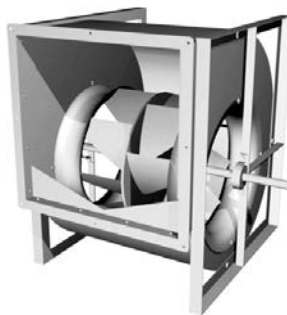
Dėl patogumo svarbu, kad ventiliatorius skleistų kuo mažiau triukšmo.

Ventiliatorių mentės būna dviejų tipų:

- pasuktos į priekį;
- pasuktos atgal.



8. pav. Ventiliatorius su pasuktomis į priekį mentėmis



9 pav. Ventiliatorius su pasuktomis atgal mentėmis

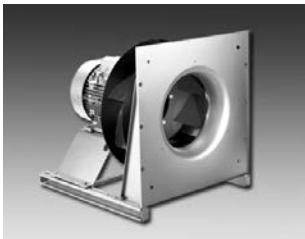
Ventiliatorių su į priekį pasuktomis mentėmis našumas yra nuo 450 m³/h iki 240 000 m³/h, slėgis siekia 2500 Pa. Metrinėje sistemoje jų dydžių (17) yra nuo 160 iki 1000 mm.

Ventiliatorių su atgal pasuktomis mentėmis našumas yra nuo 600 m³/h iki 150 000 m³/h, tačiau slėgis siekia iki 3500 Pa. Metrinėje sistemoje jų dydžių yra 16 nuo 180 iki 1000 mm.

Metinės sistemos ventiliatoriai gaminami tik Europoje. Pagrindiniai gamintojai yra šie – „Flaktwoods“ (Švedija, www.flaktwoods.com), „EBM-papst“, „Ziehl abegg“, „Gebhardt ventilatoren“, „Rosenberg“ (Vokietija), „Nicotra“, „Comefri“ (Italija), „Sodeca“, „S&P“ (Ispanija) ir kiti.

Ventiliatoriai būna dvejopi pagal pavaros tipą:

- varomi integruotu varikliu (angl. *plug-in*);
- varomi varikliu su diržine pavara.



10 pav. Ventiliatorius su integruotu varikliu



11 pav. Ventiliatorius, varomas diržine pavara

Ventiliatoriai su integruotu varikliu yra efektyvesni nei ventiliatoriai, varomi diržine pavara. Be to, šiuose ventiliatoriuose yra mažiau judančių detalių (diržai, skriemuliai, guoliai). Jei vis dėlto naudojami ventiliatoriai, varomi diržine pavara, tuomet derėtų naudoti efektyvesnius „V“ tipo diržus ir jiems pritaikytus skriemulius.

Ventiliatoriaus efektyvumas ir ekonomiškumas priklauso nuo jo konstrukcijos tobulumo. Konstrukcijos kokybė pasiekama remiantis ilgalaikiais tyrimais ir plėtra. Didžiausią pažangą yra padariusios minėtos Švedijos ir Vokietijos kompanijos.

Efektiviūs ventiliatoriai privalo būti statiškai ir dinamiškai subalansuoti pagal ISO 1940 standarto reikalavimus ir atitikti G6,3 klasę (esant maksimaliems apsisukimams). Tada ir esant dideliame ventiliatoriaus apskukų skaičiui vibracija yra minimali. Taip pat svarbu žinoti, kad sprogių oro mišinių transportavimui ventiliatoriai privalo būti sertifikuoti pagal EX standartą.

Parenkant ventiliatorių reikia atsižvelgti į šiuos pagrindinius parametrus:

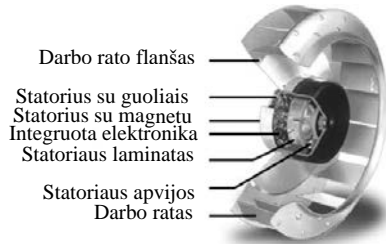
- a. erdvės, kurioje ventiliatorius bus sumontuotas, ribos;
- b. reikalingas oro kiekis (m^3/h);
- c. statinis slėgis (Pa);
- d. triukšmo lygis / akustika (dBA);
- e. elektros tiekimas (V, Hz, kW);
- f. naudingumo koeficientas (%).

Taupymo sumetimais didelio našumo vėdinimo įrenginiuose naudojami dviejų greičių varikliai, atsisakant tarpinių keitiklių. Tai šiek tiek praplečia oro kiekio valdymo galimybes, tačiau ne tiek, kiek sistema su dažnio keitikliu. Kartais dviejų greičių varikliais pasinaudojama netinkamai, t. y. vėdinimo įrenginys veikia minimaliu pajėgumu (taupoma energija), bet reikiamas mikroklimatas neužtikrinamas.

Nauja technologija: elektroniniu būdu komutuojami (angl. EC) ventiliatorių varikliai

Išradus asinchroninį variklį XIX amžiuje pagrindiniu jo trūkumu specialistai laikė apsakų kiekio priklausomybę nuo srovės dažnio kitimo tinkle. Variklio apsakų kiekiui valdyti taikomos šios priemonės:

- prijungimo prie tinklo būdai (žvaigžde, trikampių);
- transformatoriai (įtampos keitikliai);
- dažnio keitikliai;
- tiristoriai.



12 pav. EC ventiliatoriaus pjūvis

Iki šiol naudojant asinchroninių variklių apsakų reguliavimo sistemas dažnai būdavo susiduriama su įvairiais trūkumais – tai brangumas, dideli reguliavimo blokų gabaritai, dideli energijos nuostoliai, be kita ko, lemiantys variklių kaitimą ir žemą naudingumo koeficientą. Elektroninio komutavimo (EC) išradimas leido atsisakyti iki tol naudotų šepetėlių (greitai susidėvinčios detalės, keliančios kibirkščiavimą ir valdymo bei ryšio sistemų trukdžius), padidinti patikimumą, valdymą ir ekonomiškumą.

Pagrindiniai elektroniniu būdu komutuojamų variklių privalumai energetiniu požiūriu:

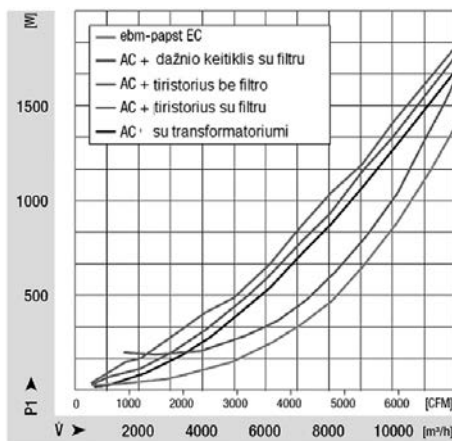
- naudingumas gali siekti 90% net ir esant mažai apsakų;
- lengvas sūkių dažnio reguliavimas;
- galimybė automatiškai reguliuoti apsakus atsižvelgiant į reikiamą patalpų temperatūrą, drėgmę ir slėgį – tai padeda taupyti energiją.

Tačiau su šio tipo varikliais komplektuojami ventiliatoriai turi ir trūkumų:

- didelė kaina;
- kol kas išstbulinti tik mažo galingumo (iki 700 Pa ir 10 000 m³/h) ventiliatoriai.

Vis dėlto tai – ateities technologija ir kalbant apie energetiškai efektyvią vėdinimo sistemą į juos reikėtų atkreipti dėmesį.

13 paveiksle pavaizduotos įvairaus valdymo variklių galios charakteristikos:



13 pav. Įvairaus valdymo variklių charakteristikos ¹

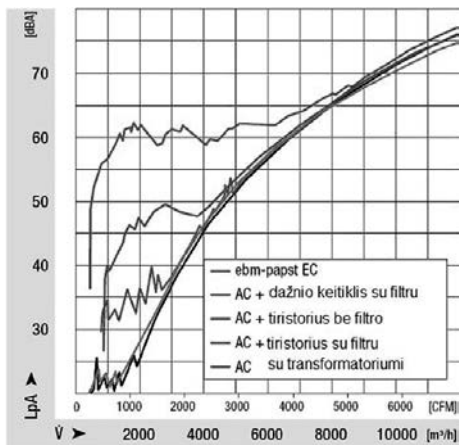
EC varikliai pasižymi dideliu naudingumu net esant mažoms apsuksom. Santaupos apskaičiuojamos pagal šią formulę:

$$K_e = E_e \times E_k \times L_z \text{ (Lt/metus),}$$

kur: E_e – elektros energijos sutaupos (kW); E_k – elektros kaina (Lt/kWh); L_z – variklio darbo laikas (h/metus).

Taip pat EC varikliai pasižymi ypatingu tylumu nepriklausomai nuo apkrovos. Dėl unikalios konstrukcijos EC varikliams nebūdingi nei tipiški dažnio keitikliams rezonansai, nei tiristoriniu būdu valdomų variklių keliamas didelis triukšmas (ypač esant mažoms apsuksom). Šį teiginį iliustruoja 14 paveiksle pavaizduotos tų pačių variklių triukšmo charakteristikos.

¹ EBM-papst, *Energy-saving giants. Examples & design comparisons*, Mulfingen, 2004, Nr. 4.



14 pav. Įvairaus valdymo variklių charakteristikos²

Šalinamo oro šiluminės energijos panaudojimas

Tai vienas populiariausių ir didžiausią efektą duodantis energijos (šilumos) taupymo būdas mechaninėje vėdinimo sistemoje. Yra trys pagrindiniai šalinamo oro utilizacijos būdai:

- panaudojant rotacinį šilumokaitį;
- panaudojant plokštelinį šilumokaitį;
- panaudojant tarpinį šilumnešį ir du kaloriferius.

Pagal STR 2.09.02:1998 „ŠILDYMAS, VĖDINIMAS IR ORO KONDICIONAVIMAS“ šilumokaičio efektyvumas yra nusakomas temperatūros efektyvumo koeficientu, kuris išreiškiamas procentais. Apskaičiuojamas jis pagal šią formulę:

$$\eta = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1}$$

čia: t_1 – tiekiamo oro temperatūra, įeinant orui į šilumos utilizatorių,

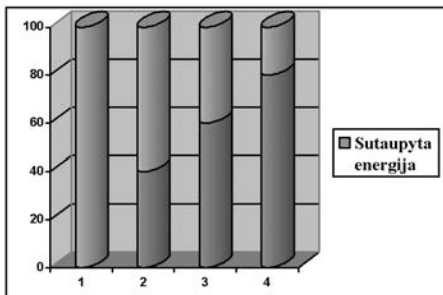
t_2 – tiekiamo oro temperatūra, išeinant iš šilumos utilizatoriaus,

t_3 – iš patalpos šalinamo oro temperatūra, įeinant į šilumos utilizatorių.

² EBM-papst, *Energy-saving giants. Examples & design comparisons*, Mulfingen, 2004, Nr. 4.

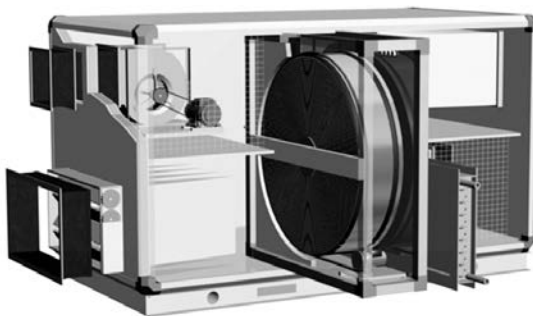
15 paveikslo grafikas rodo, kokia dalis (%) šilumos yra sutaupoma atgaunant šilumą iš šalinamo oro.

1. Vėdinimo sistemos be šilumos atgavimo.
2. Šilumos atgavimas panaudojant tarpinį šilumnešį.
3. Su plokšteliniumi rekuperatoriumi.
4. Su rotaciniu šilumokaičiu.



15 pav. Sutaupyta energijos dalis (%)

Rotaciniai šilumokaičiai



16 pav. Pramoninis vėdinimo įrenginys su rotaciniu šilumokaičiu

Rotacinis šilumokaitis pasižymi šiomis charakteristikomis:

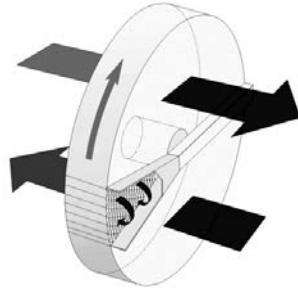
- Didelis temperatūrinio naudingumo koeficientas – iki 85%.
- Naudojant rotacinį šilumokaitį, galima iki 4 kartų sumažinti tiekiamam orui pašildyti reikalingą galingumą.
- Nedideli slėgio nuostoliai, t. y. taupoma ventiliatoriaus variklio naudojama galia.
- Kompaktiškas (maksimalus gylis – 400 mm).
- Nedidelis užšalimo pavojus.
- Dalis šalinamo oro drėgmės perduodama tiekiamam orui (higroskopinio rotoriaus drėgmės perdavimo koeficientas – iki 80%).

- Vasarą, kai patalpos kondicionuojamos, atvėsina tiekiamą orą.

Tiekiamo ir šalinamo oro srautų maišymasis

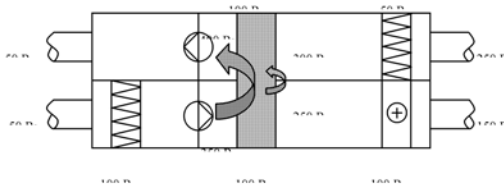
Vėdinimo įrenginiuose su rotaciniu šilumokaičiu į tiekiamą oro srautą gali patekti iki 5% šalinamo oro. Norint sumažinti šį procentą, reikia didinti švaraus oro slėgį ir uždengti dalį rotoriaus prapūtimo detalę. Kol rotorius prasiskuta pro šią detalę, švarus oras išstumia iš įkrovos užterštą orą. Prapūtimo detalė efektyviai veikia tik esant tinkamam slėgių skirtumui tarp tiekiamo ir šalinamo oro sistemų ($p_t > p_s$, žr. lentelę).

Slėgių skirtumas	Prapūtimo detalės efektyvumas
0...200 Pa	Neužtikrinamas
200...500 Pa	Pakankamas
500...800 Pa	Geras
> 800 Pa	Prapūtimo detalės nereikia

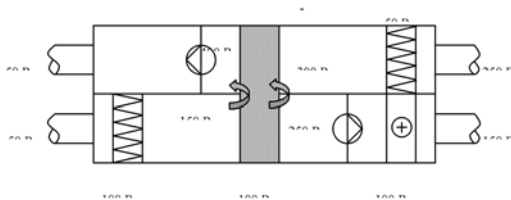


17 pav. Rotacinis šilumokaitis

Kad būtų patenkinta ši sąlyga, galima panaudoti balansinę sklendę šalinamo oro sistemoje. Taip pat šiuolaikiniuose vėdinimo įrenginiuose yra keičiama ventiliatoriaus vieta – tai dar labiau padidina slėgių skirtumą ir sumažina šalinamo oro patekimą į tiekiamą orą iki 0,8% (žr. 18 ir 19 pav.).



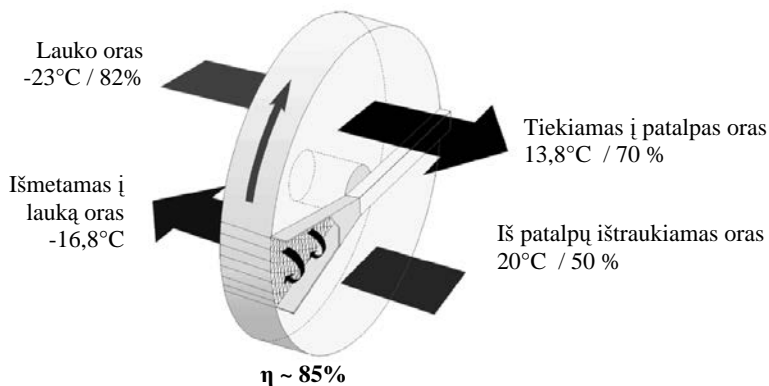
18. pav. Naujos konstrukcijos vėdinimo įrenginio schema



19. pav. Įprastinės konstrukcijos vėdinimo įrenginio schema

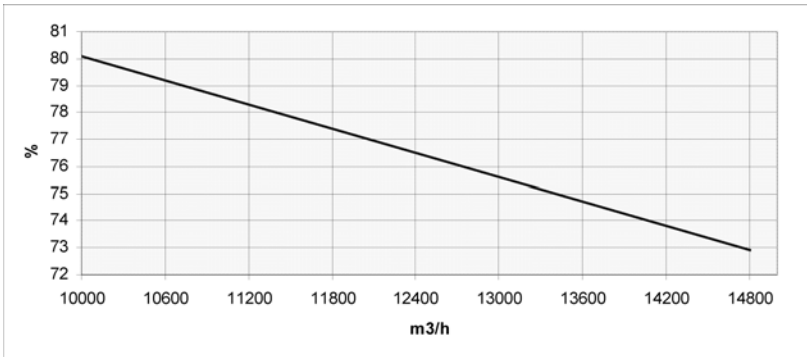
Vėdinimo įrenginių su rotaciniu šilumokaičiu temperatūrinio naudingumo koeficientas skaičiuojamas esant sąlygoms, pavaizduotoms 20 paveiksle.

Tiekiamo ir šalinamo oro santykis 1:1 (10 000 m³/h)



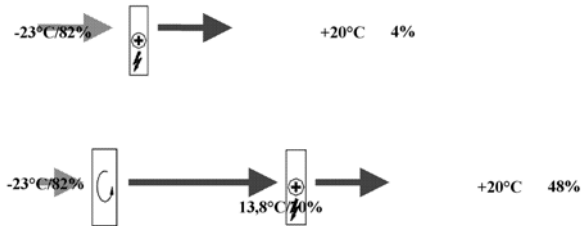
20 pav. Rotacinio šilumokaičio efektyvumo skaičiavimo sąlygos

Praktiniu požiūriu svarbu žinoti, kad tam tikro dydžio vėdinimo įrenginyje sumontuoto rotacinio šilumokaičio efektyvumas kinta priklausomai nuo per jį einančio oro kiekio (žr. 21 pav.).



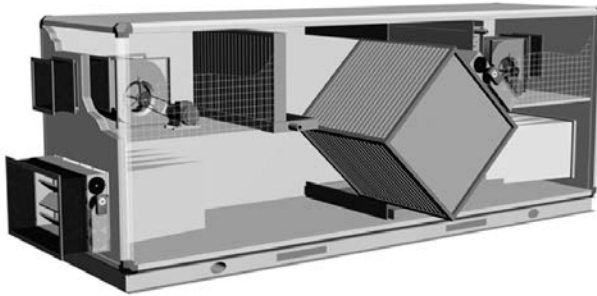
21 pav. Rotacinio šilumokaičio efektyvumo priklausomybė nuo oro kiekio

Pabrėžtina, kad rotacinis šilumokaitis ne tik utilizuoja šalinamo oro šilumą, bet ir drėgmę. 22 paveiksle parodyta, kad sistemoje tik su šildytuvu pašildytas oras netenka didesnės dalies santykinio drėgnumo, tuo tarpu sistema su rotaciniu šilumokaičiu ir šildytuvu duoda visai kitą rezultatą, t. y. drėgmė grąžinama iš šalinamo oro tiekiamam.



22 pav. Santykinės drėgmės balansas be rotacinio šilumokaičio ir su juo

Plokšteliniai šilumokaičiai



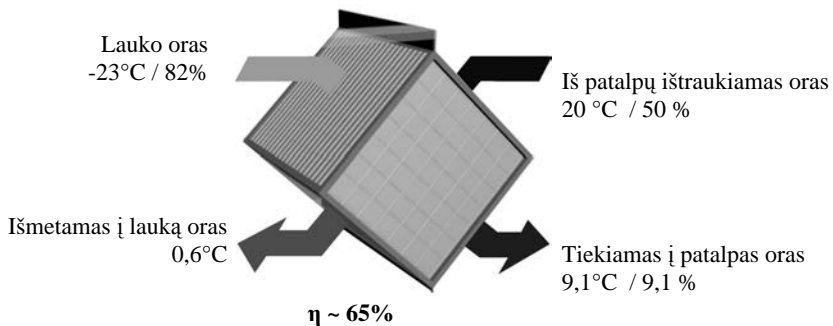
23 pav. Vėdinimo įrenginys su plokšteliu šilumokaičiu

Plokšteliniai šilumokaičiai pasižymi šiomis savybėmis:

- Gana didelis temperatūrinio naudingumo koeficientas – iki 65%.
- Minimalios galimybės maišyti tiekiamo ir šalinamo oro srautams, nes jie teka skirtingais kanalais.
- Didelė užšalimo galimybė.
- Didelis kondensato kiekis, todėl reikalinga efektyvi drenavimo sistema.

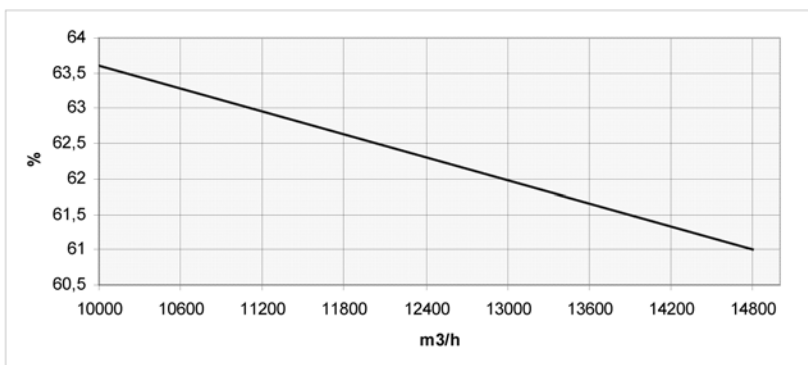
Vėdinimo įrenginių su plokšteliu šilumokaičiu temperatūrinio naudingumo koeficientas skaičiuojamas esant sąlygoms, pavaizduotoms 24 paveiksle.

Tiekiamo ir šalinamo oro santykis 1:1 (10 000 m³/h)



24 pav. Plokštelinio šilumokaičio efektyvumo skaičiavimo sąlygos

Plokštelinio šilumokaičio naudingumo koeficientas priklauso nuo pro jį pratekančio oro kiekio, taip pat kaip ir rotacinio šilumokaičio (žr. 25 pav.).

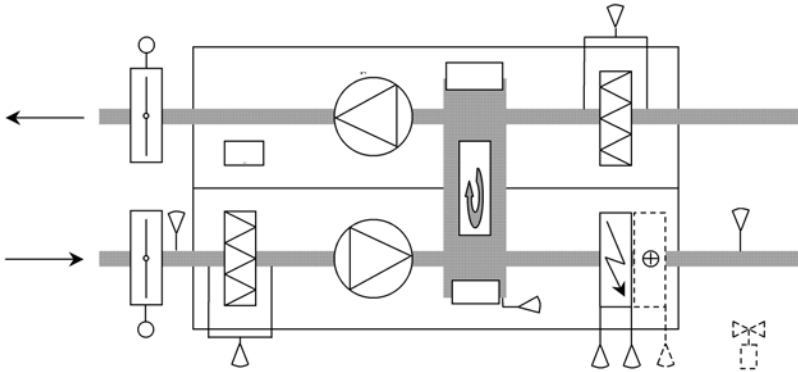


25 pav. Plokštelinio šilumokaičio efektyvumo priklausomybė nuo oro kiekio

Pažymėtina, kad rotaciniai šilumokaičiai yra beveik dvigubai brangesni už plokštelines (kartu su rotaciniu šilumokaičiu visada yra komplektuojamas jo apskukų dažnio keitiklis). Jų efektyvumas yra iki 1,5 karto didesnis, todėl reikalingas mažesnės galios vandeninis arba elektrinis šildytuvas. Tačiau rotacinio šilumokaičio naudojimą gali riboti neišvengiamas tiekiamo ir šalinamo oro maišymasis, teršalų patekimas į tiekiamą orą.

Vėdinimo įrenginių automatikos panaudojimas temperatūrai reguliuoti taupant energiją

Šiuolaikinės automatizavimo ir programavimo sistemos leidžia reguliuoti sistemos darbą pagal įvairius parametrus. Žinoma, aukštesnis automatizavimo lygis lemia didesnes pirmines investicijas, tačiau padeda optimizuoti sistemos darbą ir mažinti energijos sąnaudas. Toliau pateikiama keletas galimų sistemos reguliavimo, atsižvelgiant į temperatūrą, modelių, tačiau įvairios kombinacijos galimos ir reguliuojant patalpų santykinį drėgnumą, CO₂ kiekį patalpose, oro užterštumą ir pan.



- FF – oro ištraukimo ventiliatorius
- TF – oro tiekimo ventiliatorius
- GT1 – tiekiamo oro temperatūros jutiklis
- GT2 – lauko oro temperatūros jutiklis
- GTM – maksimalios temperatūros jutiklis
- GTO – šildytuvo apsauga nuo perkaitimo
- GTF – šildytuvo apsauga nuo užšalimo
- GP1 – ištraukiamo oro filtro užterštumo jutiklis
- GP2 – tiekiamo oro filtro užterštumo jutiklis
- GV – rotacinio šilumokaičio apsauga
- RCR – rotacinio šilumokaičio sukimosi greičio reguliatorius
- RCF – ištraukiamo oro slėgio jutiklis
- RCT – tiekiamo oro slėgio jutiklis
- DR – rotacinio šilumokaičio variklis
- WX – rotacinis šilumokaitis
- ST1 – lauko oro sklendės pavara
- ST2 – šalinamo oro sklendės pavara
- SV – vandens ventiliai

26 pav. Vėdinimo įrenginio valdymo automatikos schema

Tiekiamo oro reguliavimas

Tiekiamo oro temperatūrinis jutiklis (GT1) pirmiausia reguliuoja rotacinio šilumokaičio apsučių skaičių. Dažnai dėl didelio efektyvumo orui pašildyti pakanka vien iš šalinamo oro atgaunamos šilumos. Esant papildomo šildymo poreikiui automatiškai įjungiamas šildytuvas. Automatikos sistema pirmiausia palaiko reikiamą tiekiamo oro kiekį, o tik po to – temperatūrą.

Mūsų klimato zonoje, kai žiemą vyrauja žema temperatūra, galima užprogramuoti mažesnę oro kiekio padavimą. Ventiliatorius sumažins tiekiamo lauko oro kiekį iki nustatyto, jei temperatūros jutiklis GT2 užfiksuos žemesnę už nustatytą temperatūrą.

Laipsniška tiekiamo oro temperatūros kontrolė su lauko oro temperatūros korekcija

Tiekiamo oro temperatūros jutiklis GT1 laipsniškai reguliuoja rotacinį šilumokaitį ir šildytuvą, kad būtų pasiekta nustatyta temperatūra. Kartu tiekiamo oro jutiklio temperatūros nustatymas automatiškai koreguojamas pagal lauko oro temperatūrą.

Netolygus temperatūros reguliavimas (kaskadinis principas)

Pagal GT1 jutiklio signalus automatika reguliuoja įrenginių (rotacinio šilumokaičio ir šildytuvo) darbą taip, kad būtų palaikoma patalpų oro temperatūros jutiklių nustatoma temperatūra. Kaskadinis veiksnys rodo, kiek turi būti pakeistas tiekiamo oro daviklio GT1 temperatūros nustatymas, jei patalpų oro temperatūra pakinta bent 1°C nuo nustatytos.

Patalpų temperatūros reguliavimas be tiekiamo oro temperatūros jutiklio

Temperatūra reguliuojama tik atsižvelgiant į patalpų oro temperatūros jutiklio signalus.

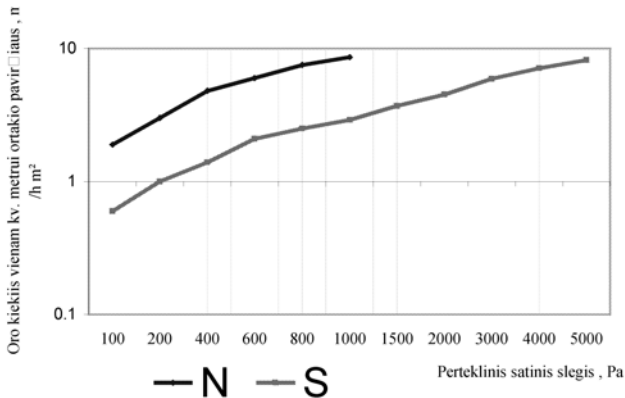
Tiekiamo oro temperatūros ir vidaus temperatūros valdymas su automatinio perjungimu

Tai tiekiamo oro temperatūros reguliavimas su išorės temperatūros korekcija arba vidaus temperatūros reguliavimas pagal nustatytas maksimalią ir minimalią reikšmes. Priklausomai nuo lauko oro temperatūros ima veikti vienas iš minėtų valdymo variantų. Lauko jutiklis perjungia vėdinimo sistemos reguliavimą nuo tiekiamo oro temperatūros valdymo (žiema) prie valdymo pagal vidaus temperatūrą (vasarą).

Atliekant tam tikros vėdinimo sistemos auditą svarbu atkreipti dėmesį į valdymo automatikos charakteristikas – ar yra nustatytas savaitinis darbo režimas, ar jis atitinka darbo grafiką (žmonių, technologijos), kokiais parametrais remiantis kontroliuojamas patalpų mikroklimatas.

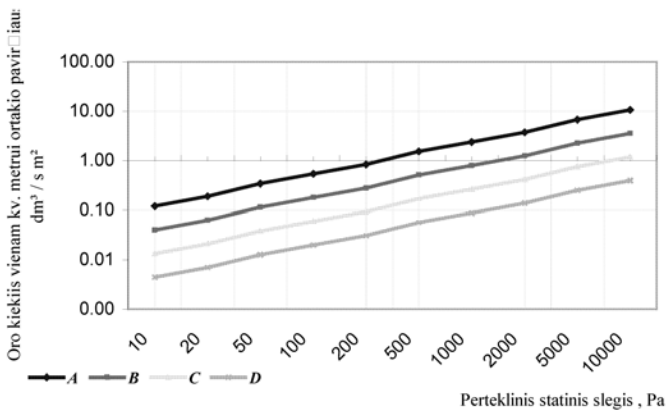
Vėdinimo sistemų sandarumas – galimybė taupyti energiją

Nepakankamai sandari vėdinimo sistema lemia oro, o kartu ir energijos nuostolius. Todėl labai svarbu, kad vėdinimo sistemos ortakai būtų sandarūs, nes oro kiekio sumažinimas 3600 m³/h dirbant viena pamaina leidžia sutaupyti net iki 140 tūkst. kWh šilumos, arba 14 tūkst. Lt/metus, jei šilumos kaina yra 10 ct/kWh. Pagal STR 2.09.02:1998 „ŠILDYMAS, VĖDINIMAS IR ORO KONDICIONAVIMAS“ ortakai skirstomi į sandarius (S klasė) ir normalius (N klasė) (žr. 27 pav.). Konkrečios paskirties objektų vėdinimo sistemos sandarumo klasė pateikiama specialiuose tų objektų projektavimo statybos techninių reikalavimų reglamentuose.



27 pav. Sandarumo klasės pagal STR 2.09.02:1998

Tačiau dokumentuose, nustatančiuose Europos Sąjungos normas, yra numatyta daugiau sandarumo klasių. Šis klasių skirstymas leidžia nuodugniau išanalizuoti vėdinimo sistemų sandarumą (žr. 28 pav.).



28 pav. Sandarumo klasės pagal prEN 1507

Pavyzdžiui, *prEN 1507* norma sandarumą skiria į keturias klases. Sulyginus duomenis su STR 2.09.02:1998 reglamentu galima daryti išvadą, kad S klasės ortakiai atitinka B klasės pagal *prEN 1507*, todėl Europos Sąjungos norma yra griežtesnė ir gali tiksliau apibūdinti vėdinimo sistemų kokybę.

Išvados ir rekomendacijos

1. Vienas pagrindinių būdų vėdinimo sistemoje mažinti energijos sąnaudas yra oro kiekio reguliavimas (mažinimas, tačiau laikantis higienos normų ir technologijos poreikių). Šiuolaikiniuose vėdinimo įrenginiuose oro kiekis reguliuojamas dažnio keitikliais arba pasitelkiant integruotą elektroniką pačiame ventiliatoriuje (EC technologija). Varikliai su integruota elektronika yra labai efektyvūs (iki 90%) netgi esant mažoms apsuksoms, tačiau turi ir trūkumų – kol kas jie pasiekia sąlyginai mažą slėgį ir tiekia mažą oro kiekį.
2. Esant galimybei tikslinga naudoti šalinamo oro šilumos atgavimo įrenginius – rotacinius, plokštelinius šilumokaičius arba dviejų kaloriferių ir tarpinio šilumnešio sistemą.
3. Vėdinimo sistemos darbo režimo reguliavimas pasitelkiant šiuolaikinę elektroniką taip pat leidžia sutaupyti energijos (mažinant oro kiekį arba tiekiamo oro temperatūrą, nustatant savaitinį darbo režimą pagal darbo grafiką), todėl į tai reikėtų taip pat atkreipti dėmesį.
4. Vertinant pačią ortakių sistemą svarbu atsižvelgti į jos sandarumo klasę, nes tai gali turėti daug įtakos oro, o kartu ir energijos nuostoliams. Ypač tai svarbu didelėse vėdinimo sistemose, kur ortakių sistemos bendrasis plotas siekia keletą tūkstančių kvadratinų metrų.

4 ŠALDYMO SISTEMOS

Optimalaus šalčio poreikio nustatymas. Pagrindiniai šilumos pritekėjimo šaltiniai

Nagrinėjant šaldymo kameras ar vėsinamas patalpas pagrindiniai šilumos pritekėjimo šaltiniai yra šie:

- a) šilumos pritekėjimai per atitvarus;
- b) šilumos pritekėjimai iš produkto;
- c) „vidiniai“ šilumos pritekėjimai (apšvietimas, elektros varikliai, personalas);
- d) šilumos pritekėjimai dėl oro kaitos;
- e) šilumos pritekėjimai nuo papildomos įrangos.

Šilumos pritekėjimo mažinimo būdai:

- a) optimalus atitvarinių konstrukcijų ir termoizoliacinių medžiagų parinkimas, šaldymo kamerų pozicionavimas;
- b) operatyvus ir saugus produkto transportavimas į šaldymo kamerą ir iš jos, šaldytos produkcijos srautų įmonėje valdymas;
- c) minimalus elektros įrenginių ir apšvietimo panaudojimas šaldymo kameroje;
- d) racionalus šaldymo kamerų durų darinėjimas, jų automatizavimas, „nesandarių durų“ signalizacijos įrengimas, oro užuolaidų naudojimas;
- e) minimalus papildomos įrangos naudojimas, personalo darbo laiko šaldymo kameroje mažinimas.

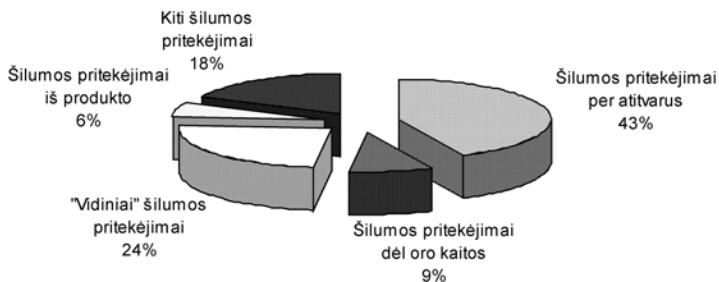
Rekomenduojama šaldymo kameras statyti uždaroje patalpoje, kad būtų išvengta papildomo šilumos pritekėjimo dėl saulės poveikio. Įvertinant saulės poveikį atvirų atitvarų paviršiui, prie aplinkos temperatūros vidutiniškai pridedama nuo 3°C rytinėje pusėje iki 5°C pietinėje ir vakarinėje pusėse, be to, iki 11°C stogo atitvarams.

Apskaičiuotai reikalingai šalčio galiai taikomas nuo 5% iki 10% atsargos koeficientas. Esant didesniam šalčio vartotojų kiekiui galima naudoti centralizuotas daugiakompresorines sistemas. Jas naudojant, atsižvelgiant į vartotojų kiekį taikomas pasiskirstymo koeficientas, kuris gali siekti 0,65, t. y. šalčio gamybos įrenginių galima sumažinti iki 35%.

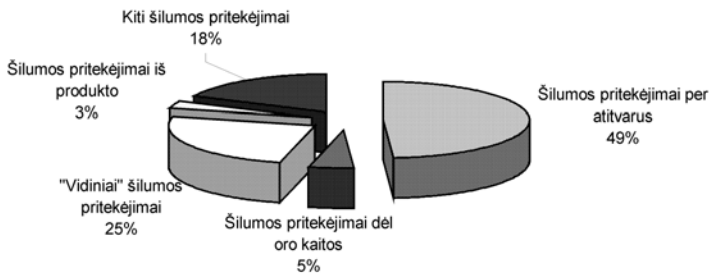
(1 priede pateikta šilumos pritekėjimo skaičiavimo metodika.)

Šilumos pritekėjimų santykis skirtingos paskirties šaldymo kamerosse:

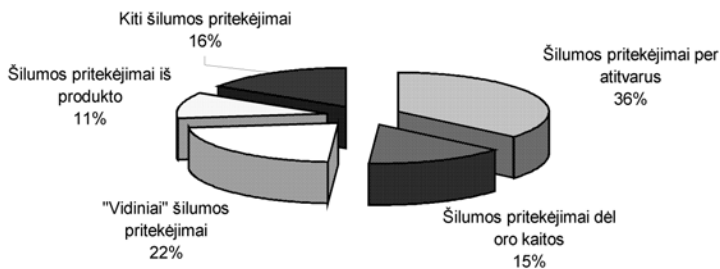
Trumpas sandėliavimas



Ilgas sandėliavimas



Logistikos sandėliai



Optimalus termoizoliacinių medžiagų parinkimas

Dažniausiai naudojamų termoizoliacinių medžiagų šilumos laidumas

Termoizoliacinė medžiaga	Šiluminio laidumo koeficientas k. [W/(mK)]
Poliuretanas	0,023
Polistirolas	0,035
Akmens vata	0,037
Stiklo vata	0,044

Matome, kad poliuretano šilumos laidumo koeficientas mažiausias, tačiau šios medžiagos vieneto kaina, nevertinant montavimo darbų, yra didžiausia.

Įrengiant šaldymo kamerą, būtina įrengti garo izoliaciją. Šis darbas labai sudėtingas ir dažnai sunkiai pavyksta užtikrinti ilgametę nepriekaištingą garo izoliaciją.

Šiuo metu labai paplitusios „sumuštinio“ tipo izoliacinės plokštės, kai termoizoliacinė plokštė iš abiejų pusių padengiama dažniausiai metaline danga. Ši danga atlieka ir garo izoliacijos funkciją.

Per ilgametę praktiką nustatyta, kad Lietuvos klimato sąlygomis, įvertinant kapitalines ir eksploatacines išlaidas, tikslingiausia naudoti „sumuštinio“ tipo izoliacines plokštes su poliuretano termoizoliacija. Lentelėje pateikiamas optimalus rekomenduojamas izoliacinių plokščių storis esant skirtingai šaldymo kamerų temperatūrai:

Šaldymo kameros vidaus temperatūra, °C	Plokštės storis, mm	Šilumos perdavimo koeficientas [W/(m ² K)]
+4...+16	50	0,58...0,40
-10...+4	80	0,30...0,24
-18...-10	100	0,24...0,20
-25...-18	120	0,20...0,17

Šaldymo sistemų tipai. Šaldymo sistemos / šaldymo technologijos parinkimas

Dažniausiai pramonėje naudojamos šaldymo sistemos:

1. kompresorinės;
2. absorbcinės.

Kompresorinės šaldymo sistemos pagal šaldymo agentą skirstomos į:

1. freonines;
2. amoniakines.

Pagal tarpinio šaldymo agento panaudojimą kompresorinės šaldymo sistemos skirstomos į:

1. tiesioginio išgarinimo;
2. tirpalines (su tarpinio šalčio nešėju).

Absorbcinės šaldymo mašinos panaudojimą riboja didelės kapitalinės išlaidos ir darbo ribos, t. y. paprastai serijinės gamybos absorbcinės šaldymo mašinos gali

tiekti ne žemesnės kaip +4°C temperatūros tarpinį nešėją, todėl jos dažniausiai naudojamoms kondicionavimui.

Absorbicinės šaldymo mašinos naudoja šiluminę energiją – gamtines dujas, skystą kurą arba perteklinę šilumą.

Įvertinus kapitalines ir eksploatacines išlaidas absorbicinę šaldymo mašiną verta naudoti tik turint perteklinę šilumos, kurios temperatūra – +80–120°C.

Išnaudojant perteklinę šilumą šalčio gamybai absorbicine mašina, tenka spręsti uždavinį su dviem nežinomaisiais. Kadangi šalčio poreikis skirtingu laiku nevienodas, tai ir šilumos, tiekiamos į absorbicinę šaldymo sistemą, poreikis kinta, todėl būtina užtikrinti stabilių charakteristikų šilumos poreikio patenkinimą.

Amoniakinės šaldymo sistemos naudingumo koeficientas (COP) paprastai 10–30% didesnis nei freoninės, tačiau amoniakinės sistemos įrangos ir priemonių saugumui užtikrinti kaina dažnai kelis kartus didesnė nei freoninės įrangos. Šaldymo įrangos projektavimo įmonėse išgalėjo nuomonė, kad amoniakinę šaldymo sistemą ekonomiškai naudinga diegti tada, kai šaldymo sistemos bendra šalčio galia siekia 1 000 kW ir daugiau.

Tirpalinės sistemos naudojimas ekonomiškai nenaudingas, išskyrus atvejus, kai šaldymo sistemoje yra didelis šaldymo agento kiekis, kurio nuotėkis galėtų atnešti didelę materialinę žalą. Dažniausiai tirpalinės sistemos naudojamos dėl higieninių ir saugumo reikalavimų.

Dažniausiai šiuolaikinėse pramonės įmonėse naudojamos freoninės tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemos. Jos pakankamai efektyvios, palyginti su kitomis šaldymo sistemomis, be to, sąlyginai mažos jų kapitalinės išlaidos. Jų efektyvumą dar būtų galima padidinti išsprendus kondensacijos šilumos panaudojimo klausimą.

Optimalus šaldymo sistemos komponavimas pagal temperatūrinės grupes

Siekiant efektyviai eksploatuoti šaldymo sistemą, visus šalčio vartotojus būtina suskirstyti į temperatūrinės grupes ir joms pagal galimybes naudoti atskirus centralizuotus šalčio gamybos įrenginius.

Dažniausiai pasitaikančios šalčio vartotojų temperatūrinės grupės yra šios:

- a) +12...+7°C;
- b) +4...~0°C;
- c) -18...-25°C.

Kadangi praktiškai įrodyta, jog ekonomiškai efektyviausias skirtumas tarp vartotojo temperatūros ir šaldymo agento virimo temperatūros yra:

- a) 7...12K tiesioginio išgarinimo sistemose;
- b) 10...15K tirpalinėse sistemose,

atitinkamai šaldymo sistemos, jei nėra papildomų reikalavimų produktui, sugrupuojamos pagal šaldymo agento virimo temperatūrą:

- a) +2...~0°C;
- b) -8...-10°C;
- c) -30...-35°C.

Šaldymo sistemose dažnai neišvengiama nuostolių nustačius per žemą šaldymo gamybos įrenginio virimo ar per aukštą kondensacijos temperatūrą. Šalčio gamybos įrenginio našumas priklauso nuo suspaudimo laipsnio – jam didėjant našumas mažėja, atitinkamai mažėja ir naudingumo koeficientas.

Optimalus garintuvo / oro aušintuvo parinkimas

Garintuvas – tai šilumokaitis orui ar skysčiui aušinti. Garintuvai pagal šaldymo agento sąveiką su aušinamu paviršiumi būna apsemiami ir neapsemiami. Apsemiamo garintuvo paviršiaus plotas, reikalingas perduoti tam pačiam šilumos kiekiui, yra mažesnis, tačiau jam būtina papildoma tepalo gražinimo įranga ir kiti papildomi elementai, tuo tarpu neapsemiamo garintuvo pajungimo schema daug paprastesnė. Esminių skirtumų tarp jų kapitalinių ir eksploatacinių išlaidų nėra. Apsemiami garintuvai dažniau naudojami skysčiams aušinti.

Didžiausią įtaką garintuvo parinkimui turi šaldymo agento virimo ir šaldomos medžiagos temperatūrų skirtumas.

Kadangi produkto temperatūra yra konstanta, tenka manipuluoti šaldymo agento virimo temperatūra. Pernelyg ją žeminant, mažėja kompresorių našumas ir naudingumo koeficientas. Aukštinant virimo temperatūrą tam pačiam šilumos kiekiui perduoti reikalingas didesnis paviršiaus plotas, todėl brangsta garintuvas.

Skysčių aušinimas:

Skysčiams aušinti naudojami šilumokaičiai pagal konstrukciją dažniausiai būna plokšteliniai arba gaubtiniai. Gaubtinio ir plokštelinio tos pačios galios šilumokaičio kaina beveik nesiskiria, tačiau plokšteliniai šilumokaičiai dėl didesnio šilumos perdavimo koeficiento yra mažesni, todėl dažniau naudojami.

Praktikoje nustatyta, kad optimalus išlaidų santykis yra toks, kai šaldymo agento virimo ir šaldomos medžiagos temperatūrų skirtumas plokšteliniuose ir gaubtiniuose šilumokaičiuose yra 5–7K. Plokšteliniuose šilumokaičiuose paviršiaus plotas dar sumažėja tekant priešpriešiniams fluidų srautams.

Garintuvai / oro aušintuvai:

Šiuolaikinėse įmonėse šiuo metu nenaudojamos natūralios konvekcijos šaldymo baterijos orui aušinti, kadangi priverstinės konvekcijos garintuvams / oro aušintuvams tam pačiam šilumos kiekiui perduoti reikalingas daug mažesnis šilumos mainų plotas dėl geresnio šilumos perdavimo koeficiento esant intensyviam oro srautui, taip pat jų darbo charakteristikos lankstesnės.

Optimalus išlaidų santykis yra toks, kai šaldymo agento virimo ir šaldomos aplinkos temperatūrų skirtumas garintuve / oro aušintuve yra 7–10K

Šaldymo sistemos mechaninės dalies valdymo ir reguliavimo komponentai, jų įtaka šaldymo sistemos darbo efektyvumui

Būtiniausi paprastos freoninės šaldymo sistemos komponentai yra šie:

- termostatinis vožtuvas
 - elektromagnetinis vožtuvas
 - nusausinimo filtras;
 - mechaninis filtras;
 - uždaromoji sklendė.
- } impulsinis termostatinis vožtuvas;

Bendras visų komponentų, kaip ir šaldymo sistemos vamzdyno, parinkimo kriterijus – kuo mažesni hidrauliniai nuostoliai. Rekomenduojami hidrauliniai nuostoliai šaldymo sistemoje – ne daugiau kaip 2K, tad visi komponentai ir šaldymo sistemos vamzdynas parenkami atsižvelgiant į tai.

Labai didelę įtaką šaldymo sistemos darbui turi termostatinis vožtuvas. Jis turėtų būti parenkamas tiksliai pagal garintuvo šalčio galią, kad šaldymo agento perkaitinimas garintuve būtų reikiamo laipsnio. Termostatiniai vožtuvai būna dviejų tipų:

- a) be išorinio išlyginimo;
- b) su išoriniu išlyginimu.

Mechaninis šalčio daviklis reguliuoja termostatinio vožtuvo įpurškiamą šaldymo agento kiekį į garintuvą. Didėjant perkaitinimui, daugiau įpurškiama šaldymo agento, tačiau jei garantant šaldymo agentą labai krinta jo slėgis, reikia termostatinio vožtuvo su išoriniu išlygintuvu, jungiamu prie išsiurbimo vamzdžio.

Pastaruoju metu sudėtingesnėse sistemose patariame naudoti impulsinius termostatinis vožtuvus. Šie vožtuvai atlieka ir termostatinio, ir elektromagnetinio vožtuvo funkciją. Valdomi mikroprocesoriaus pagal virimo ir perkaitinimo temperatūras jie labai lanksčiai reguliuoja šaldymo agento įpurškiamą, tiksliai išlaiko nustatytą perkaitinimą, kurį labai paprasta, esant, reikalui keisti. Tokiu atveju geriau užpildomas garintuvas, dėl to efektyviau išnaudojamas jo paviršiaus plotas ir labai tiksliai palaikoma nustatyta temperatūra.

Elektromagnetiniai vožtuvai yra skirti šaldymo agento padavimui valdyti, jie veikia įjungimo / išjungimo principu.

Nusausinimo filtrai reikalingi drėgmei iš šaldymo agento pašalinti, mechaniniai filtrai – mechaninėms priemaišoms pašalinti. Užsiteršę filtrai dažnai lemia neefektyvų šaldymo sistemos darbą, tad būtina periodiškai tikrinti slėgio nuostolius dėl filtrų.

Uždaromųjų sklendžių naudojimas suteikia galimybę (atliekant šaldymo sistemos techninę priežiūrą ar įvairius matavimus) atjungti dalį šaldymo sistemos komponentų nestabdant visos sistemos, o keičiant ar remontuojant atskirus komponentus – minimizuoti šaldymo agento nutekėjimą.

Kiekvienas iš šaldymo sistemos valdymo ir reguliavimo komponentų turi tam tikrą hidraulinį pasipriešinimą, tad komponuojant sistemą reikėtų įtraukti tik būtiniausius komponentus ir tinkamai juos parinkti.

Šalčio gamybos įrenginio parinkimas

Šaldymo agento parinkimas, trumpos šaldymo agentų charakteristikos

Parenkant šaldymo agentą, atsižvelgiama į kelias pagrindines jo savybes:

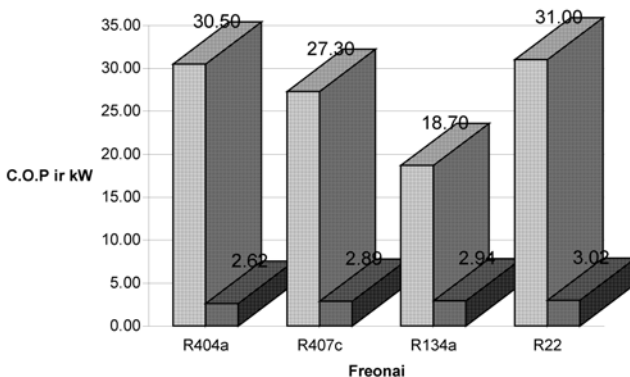
- panaudojimo ribos;
- poveikis aplinkai;
- efektyvumas;
- kaina.

Šiuo metu dažniausiai naudojami šaldymo agentai:

- R404a – vidutinių, žemų ir labai žemų temperatūrų sistemose;
- R407a – vidutinių ir žemų temperatūrų sistemose;
- R134a – aukštų ir vidutinių temperatūrų sistemose;
- NH₃ – universalus, tik esant žemoms ir labai žemoms temperatūroms reikėtų naudoti dvilaispnes šaldymo sistemas.

Toliau pateikiamos pagrindinės kompresoriaus darbo su skirtingais dažniausiai naudojamais freonais charakteristikos, esant vienodoms sąlygoms ($T_0 = -10^{\circ}\text{C}$; $T_C = +40^{\circ}\text{C}$; perkaitinimas 10K; peršaldymas 0K):

Kompresoriaus darbo su skirtingais freonais palyginimas



Plačiau charakteristikos pateikiamos 2 priede

Šaldymo kompresoriai

1. Kompresorių tipai, darbo ribos, pritaikymas

Kompresoriai, naudojami šalčio pramonėje, yra šie:

- a) stūmokliniai;
- b) sraigtiniai;
- c) spiraliniai.

Šiuo metu gaminamų visų rūšių kompresorių darbo ribos labai panašios. Galima teigti, kad vieno laipsnio kompresorių ribinė charakteristika yra tokia: šaldymo agento virimo temperatūra $+12^{\circ}\text{C} \dots -45^{\circ}\text{C}$, o kondensacijos temperatūra $+30^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$.

Tuo tarpu galių diapazonas yra skirtingas:

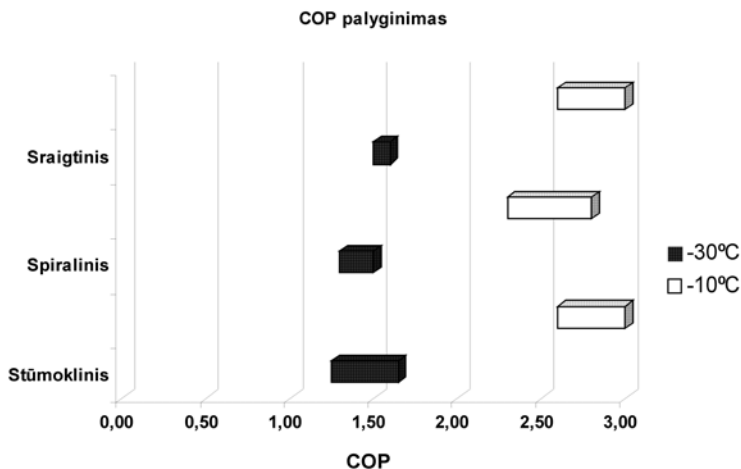
- standartiniai stūmokliniai – nuo 0,1 kW iki 100 kW (specialūs kompresoriai – iki 250 kW);
 - standartiniai sraigtiniai – nuo 50 kW iki 400 kW;
 - standartiniai spiraliniai – nuo 2 kW iki 40 kW.
- (galios pateiktos, kai $T_0 = -10^{\circ}\text{C}$; $T_C = +40^{\circ}\text{C}$)

2. Kompresorių COP palyginimas

COP (*coefficient of performance* P_f/P_e) – kompresorių naudingumo koeficientas, išreikštas šalčio ir elektrinės galios santykiu.

COP priklauso nuo kompresoriaus suspaudimo laipsnio – kuo didesnis skirtumas tarp šaldymo agento virimo ir kondensacijos temperatūros, tuo mažesnis COP ir atvirkščiai.

Toliau pateikiame skirtingų kompresorių COP palyginimą:



Palyginimas pateiktas prie sekančių parametrų: freonas R22, $T_0 = -10^{\circ}\text{C}$ ir $T_0 = -30^{\circ}\text{C}$ atitinkamai; $T_C = +40^{\circ}\text{C}$, kiti parametrai pagal EN12900.

3. Optimalaus kompresoriaus tipo parinkimas

Kompresoriaus tipo parinkimas priklauso nuo:

- minimalios ir maksimalios reikiamos galios;
- virimo ir kondensacijos temperatūros;
- šaldymo agento;

- d) motoresurso;
- e) kainos.

Stūmoklinių ir spiralinių kompresorių darbinės ribos ir techninės charakteristikos labai panašios. Abiejų tipų kompresoriai gali būti naudojami aukštų, vidutinių, žemų virimo grupių sistemose. Iš šių kompresorių labai patogu montuoti daugiakompresorines sistemas. Palyginti su sraigtinių kompresorių, stūmoklinių ir spiralinių kompresorių charakteristikos lankstesnės, todėl juos verta naudoti šaldymo sistemose su didesniais šalčio poreikio svyravimais.

Sraigtiniai kompresoriai rekomenduojami didelėse sistemose, kur mažiausias galios poreikis yra didesnis nei 100 kW (kai $T_0 = -10^\circ\text{C}$ ir $T_C = +40^\circ\text{C}$). Be to, jie tinkamesni šaldymo sistemose su gana pastoviais darbo režimais ir šalčio poreikiu.

Kompresorių pasiskirstymas pagal motoresursą:

- a) spiralinis (iki 250 tūkst. motovalandų);
- b) stūmoklinis (60–80 tūkst. motovalandų);
- c) sraigtinis (40–60 tūkst. motovalandų).

Kompresorių pasiskirstymas pagal kainą (didėjimo tvarka):

- a) spiralinis, sraigtinis;
- b) stūmoklinis.

Daugiakompresorinių sistemų naudojimas

Daugiakompresorinių sistemų naudojimas suteikia galimybę sumažinti šaldymo gamybos įrangos galią iki 35% dėl šalčio galios pasiskirstymo ir subalansuoti šalčio gamybos įrenginio darbą.

Optimalus kompresorių kiekio daugiakompresorinėse sistemose parinkimas.

Šaldymo sistemos darbas neįsivaizduojamas be atitirpinimo arba „tuščių“ vartotojų darbo ciklu. Be to, skirtingų vartotojų apkrovimas tuo pačiu metu dažnai būna nevienodas. Todėl tolygiai išskirsčius atitirpinimo ir „tuščius“ ciklus ir įvertinus apkrovos netolygumą paros atžvilgiu, apskaičiuojamas galimai mažiausias vienu metu veikiančių vartotojų kiekis, atitinkamai bendra šalčio galia. Pagal tai parenkamas kompresorius. Kompresorių skaičių gausime bendrą šalčio galią padaliję iš apskaičiuotos galimai mažiausios. Dažniausiai naudojamos kompresorinės sistemos su 2–6 kompresoriais, nes didesnis kompresorių kiekis reikalauja papildomų investicijų daugiakompresorinės sistemos valdymo elementams.

Kompresoriai su našumo reguliavimu. Kompresoriai su našumo reguliavimu, palyginti su reguliavimo pakopas atitinkančiais mažesniais kompresoriais, yra pigesni, tačiau jų šalčio galios ir naudojamos elektros energijos kitimas keičiant našumą neproporcingas. Pavyzdžiui, tokiam kompresoriui dirbant 25% šalčio galios režimu, elektros energijos sunaudojama apie 75% (tikslių duomenų nėra), todėl tokiu režimu dirbančio kompresoriaus COP labai žemas.

Rekomenduojama ten, kur įmanoma, vengti kompresorių su našumo reguliavimu, o juos naudoti tik tais atvejais, kai šalčio galios poreikio sumažėjimas labai retas.

Praktikoje tokie kompresoriai dažniausiai naudojami kondicionavimo arba skysčio aušinimo sistemose.

Perkaitintuvas, peršaldytuvas, ekonomizaizeris, jų pritaikymas ir įtaka energijos sąnaudoms

Perkaitintuvas. Tai šilumokaitis iš garintuvo išeinantiems garams pašildyti skystu freonu, šiltu vandeniu ar kitomis medžiagomis. Dažnai kompresorių gamintojai rekomenduoja ne didesnę kaip +25°C atsiurbiamų garų temperatūrą. Perkaitinimo laipsnį riboja dalinis kompresoriaus aušinimas atsiurbiamais garais.

Ekonominis efektas skirtingiems šaldymo agentams yra nevienodas. Perkaitintuvas dažniausiai naudojamas apsaugoti kompresorius nuo darbo „šlapiais“ garais režimo, kai trumpas šaldymo sistemos vamzdynas ir naudojamas apsemiamas garintuvas. „Šlapias“ režimas pavojingiausias stūmokliniams kompresoriams.

Peršaldytuvas-ekonomizaizeris. Tai šilumokaitis skystam freonui atvėsinti. Gaunamas stabilesnis skystas freonas, geriau užpildantis garintuvą. Skystas freonas gali būti vėsinaamas atsiurbiamais garais, droseliuojant dalį to paties skysto freono, arba šaltu vandeniu. Paprastai skystas freonas peršaldomas iki 10K.

Naudojant ekonomizaizerį šaldymo sistemos našumas padidėja iki 15% (naudojant aušinimą šaltu vandeniu – iki 20%).

Optimalios kondensacijos temperatūros nustatymas

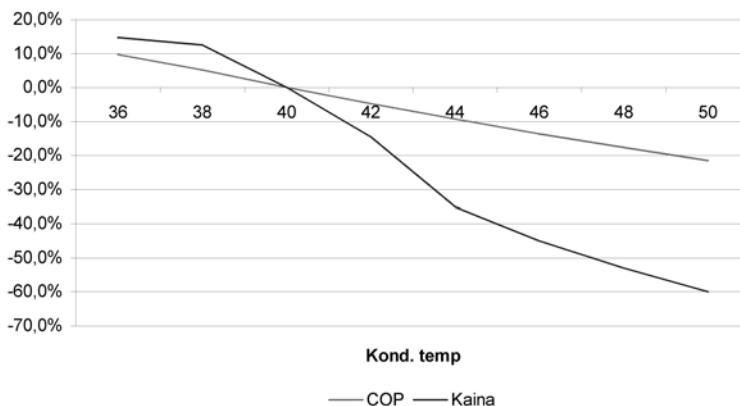
Kaip jau aptarta anksčiau, kompresorių našumas ir COP mažėja kylant suspaudimo laipsniui ir didėjant kondensacijos temperatūrai (kai $T_0 = \text{const.}$).

Tačiau pernelyg mažas skirtumas tarp aplinkos temperatūros ir kondensacijos reikalauja didesnio kondensatoriaus šilumos mainų paviršiaus ploto.

Lietuvos sąlygomis skaičiuojamoji aplinkos temperatūra yra +30°C, kadangi aukštesnė nei +30°C temperatūra vidutiniškai būna 30–40 valandų per metus.

Toliau pateikiame kompresoriaus COP ir kondensatoriaus kainos kitimo dinamikos grafiką.

Kompresorių COP ir kondensatorių kainos dinamika



Duomenys pateikti kai $T_{AP} = +30^{\circ}\text{C}$.

Optimalus kondensatoriaus kainos ir kompresorių COP santykis yra tada, kai:

- žemų ir vidutinių temperatūrų šaldymo sistemose $T_C = +40^{\circ}\text{C}$;
- vidutinių ir aukštų temperatūrų šaldymo sistemose $T_C = +45^{\circ}\text{C}$.

Kondensatorių tipai, optimalus kondensatoriaus parinkimas

Jau sakėme, kad optimaliausias skirtumas tarp aplinkos temperatūros ir kondensacijos temperatūros – 10–15K. Tuo remdamiesi parenkame kondensatorių.

Kondensatorių tipai yra šie:

- plokštelinis;
- gaubtinis;
- oru aušinamas;
- išgarinamasis;
- hibridinis.

Oru aušinamus kondensatorius ir jų priežiūros sistemas paprasta eksploatuoti, jie sąlyginai pigūs ir efektyvūs, tačiau visa kondensacijos šiluma išmetama į aplinką.

Išgarinamieji ir hibridiniai kondensatoriai yra vieni iš pigiausių, efektyvūs, tačiau jiems reikalingas šalto vandens tiekimas, atitinkamai eksploatacijos kaina išauga vandens ir techninės priežiūros sąskaita.

Jei įmonėje yra kur efektyviai panaudoti kondensacijos šilumą (pvz., termofikacinio vandens temperatūrai pakelti), optimalus variantas – skysčiu aušinami gaubtiniai arba plokšteliniai kondensatoriai. Jų instaliacijos kaina su visa papildoma valdymo ir reguliavimo įranga ganėtinai didelė, tačiau efektyviai naudojant gautą šilumą jie greitai atsiperka.

Šaldymo sistemos valdymo įranga. Šaldymo sistemų valdymo ir monitoringo programinės įrangos ir kompiuterinio valdymo elementų naudojimas

Šiuolaikinės naujai montuojamos šaldymo sistemos būna visiškai automatizuotos. Dažniausiai nepriklausomi mikroprocesoriai (valdikliai) valdo šalčio gamybos įrenginius ir šalčio vartotojus. Žmogaus įsikišimas reikalingas tik avarijos atveju arba sezoninėms parametrų korekcijoms.

Vis dažniau naujose didesnėse šaldymo sistemose montuojama kompiuterinė valdymo ir monitoringo sistema ADAP-KOOL („Danfoss group“) arba kitų gamintojų panašios šaldymo įrangos valdymo sistemos.

Sisteminė programinė valdymo ir monitoringo įranga:

AKM tipo sisteminė programinė įranga naudojama su ADAP-KOOL šaldymo sistemos valdymo įranga. Individualūs AKC ir/arba EKC valdikliai su tinklo sąsaja sujungti į bendrą tinklą duomenų perdavimo kabeliais. Programinė įranga jungiama vidiniais arba išoriniais (telefono linijos) tinklais.

Su šia programine įranga galima atlikti šias funkcijas:

- kasdienines vartotojo funkcijas su signalų priėmimu, signalų istorija, peržiūros sąrašais ir registracijos duomenų pateikimu;
- technines vartotojo funkcijas nustatant valdiklio parametrus ir atliekant realios temperatūros ir kitų parametrų registraciją (*online*);
- pasirinktų duomenų archyvavimą;
- duomenų pervedimą į MS Excel;
- avarinių režimų registraciją su galimybe nukreipti aliarminius signalus į mobiliuosius telefoninius tinklus SMS formatu.

Programa yra skirta naudoti grafinėje vartotojo terpėje MS Windows aplinkoje. Programos vartotojams gali būti leidžiama atlikti visas programos funkcijas arba tik kai kurias nurodytas.

Šaldymo kameroje standartiniai temperatūrų matavimo taškai – išpučiamas šaltas oras, iš kameros atsiurbiamas oras (kameros oro temperatūra), aušintuvo/garintuvo temperatūra, šaldymo agento atsiurbiamų garų temperatūra (kameroje su impulsiniu termostatinio vožtuvu).

Naudojant ADAP-KOOL šaldymo sistemos valdymo įrangą ir AKM tipo sisteminę programinę įrangą sudaroma galimybė registruoti pasirinktus parametrus (matavimo taškus) visose šaldymo kameroje iki vienos minutės intervalu ir archyvuoti gautą informaciją.

Pasirinktų parametrų informacija vartotojui pateikiama skaitiniu (duomenų) ir/arba grafiniu pavidalu už bet kurį pasirinktą atskaitinį laikotarpį.

AKM sisteminę programinę įrangą įjungus į telekomunikacinius tinklus, galima iš bet kurios vietos, turint kompiuterį su instaliuota AKM sisteminę programinę įrangą, prisijungti prie šaldymo sistemos ir atlikti visas programos funkcijas arba tik kai kurias nurodytas.

Naudojant impulsinius termostatinus vožtuvus su ADAP-KOOL valdymo sistema galima labai tiksliai palaikyti nustatytus parametrus, surasti optimalų darbo

režimą kiekvienam vartotojui atskirai ir visai sistemai, operatyviai įvertinti kintančias sąlygas ir prie jų pritaikyti darbo režimą.

Naudojant ADAP-KOOL su impulsiniais termostatiniais vožtuvais šaldymo sistemos eksploatacijos išlaidas galima sumažinti nuo 10% iki 25%.

Kondensacijos šilumos naudojimo galimybės

Šiuo metu projektuojamos ir veikiančiose šaldymo sistemose retai panaudojama kondensacijos šiluma. Pagrindinės problemos:

- a) žema gaunamo vandens temperatūra;
- b) sunkus šaldymo ir šildymo sistemų suderinimas (kai šildomas termofikacinis vanduo);
- c) didelės kapitalinės išlaidos kondensacijos šilumos nuvedimo ir jos panaudojimo sistemų valdymui;
- d) sunkiai suderinami sezoniniai ciklai – vasaros sezono metu nuo kondensatoriaus nuvedamas šilumos kiekis didžiausias, jos poreikis – mažiausias, ir atvirkščiai.

Tačiau daugėjant įmonių su nuosavomis šildymo sistemomis ir pakankamai stabiliais šilumos poreikiais ištistus metus, kondensacijos šilumos nuvedimas įgauna praktinę reikšmę. Dažniausiai kondensacijos šiluma naudojama vandentiekio arba termofikato vandeniui pašildyti.

Alternatyvūs šalčio gamybos įrenginiai

Pagal JAV aplinkos apsaugos agentūros (US Environmental Protection Agency (EPA)) užsakymą Oro ir energijos inžinerinių tyrimų laboratorija (Air and Energy Engineering Research Laboratory (AEERL)) atliko įvairių šaldymo metodų tyrimus ir išanalizavo galimybes juos naudoti kaip alternatyvą gariniam šaldymui.

Šaldymo sistemos buvo vertinamos pagal:

- poveikį aplinkai;
- toksiškumą ir degumą;
- dydį, svorį, triukšmo lygį;
- pritaikymo ribas;
- atsiperkamumą;
- eksploataciją ir efektyvumą;
- kita.

Atliktas šaldymo metodų reitingavimas nuo 5 balų (tinkamas pramoniniam naudojimui) iki 1 balo (nerekomenduojamas). Pagal suteiktus reitingus šaldymo metodai pasiskirstė:

1. garo kompresijos – **4,60**;
2. absorbcinis – **3,70** (didesnės priežiūros išlaidos, trumpesnis gyvavimo ciklas; efektyvus naudojant perteklinę šilumą);
3. atvirkščias Stirlingo ciklas – **3,25** (šiuo ciklu veikiančios mašinos gali pasiekti kriogenines temperatūras, naudojamas esant mažos galios labai žemų (kriogeninių) temperatūrų šalčio poreikiui);
4. kietų medžiagų adsorbcijos – **3,05** (labai mažas COP, didelės išlaidos, netobulus);

5. atvirksčias Braytono ciklas – **2,65** (dujinis šaldymo būdas, dažniausiai kaip agentas naudojamas oras, gali siekti kriogenines temperatūras, labai mažas COP, didelės išlaidos, netobulas);
6. termoakustinis – **2,60** (veikiant stabiliomis akustinėmis bangomis vieną plokštelės galą, kitas šąla, ribotas panaudojimas, labai mažas COP, tačiau nėra judančių detalių);
7. termoelektrinis – **2,05** (temperatūrų skirtumas gaunamas skirtinguose bimetalinės plokštelės galuose veikiant ją elektros energija, trūkumai panašūs į termoakustinio metodo);
8. magnetinis – **1,95** (panašus į termoelektrinį).

Išvada: šiuo metu efektyviausias ir labiausiai pritaikytas pramonei šaldymo metodas – garo kompresijos.

Pagrindiniai šaldymo sistemos duomenys, apibūdinantys jos panaudojimo efektyvumą

Šalčio poreikis, šilumos pritekėjimo šaltiniai, terminė šaldymo kamerų izoliacija:

- optimalus šalčio poreikio apskaičiavimas;
- šilumos, pritekančios iš apšvietimo ir technologinės įrangos, kiekio patikrinimas, maksimalus sumažinimas;
- šaldytos produkcijos srautų patikrinimas, racionalus jų valdymas, šilumos pritekėjimų dėl oro kaitos sumažinimas;
- šaldymo kamerų pozicionavimo patikrinimas, tiesioginių saulės spindulių, krintančių į šaldymo kameros atitvarus, pašalinimas;
- šaldymo kameros termoizoliacijos patikrinimas (tikrinama, ar termoizoliacija nesudrėkusi ir ar nėra šalčio tiltų), optimalus termoizoliacinės medžiagos ir storio parinkimas.

Šaldymo sistema, komponavimas pagal temperatūrines grupes:

- bendras šaldymo sistemos ir jos naudojimo patikrinimas;
- šaldymo metodų efektyvumo palyginimas;
- šaldymo sistemos schemas sudarymas;
- atskirų vartotojų komponavimo pagal temperatūrines grupes patikrinimas, optimalus temperatūrinių grupių sudarymas.

Garintuvas, oro aušintuvas:

- garintuvo patikrinimas, jo efektyvumo nustatymas;
- virimo temperatūrų ir slėgių nustatymas, virimo ir šaldomos aplinkos temperatūrų skirtumo nustatymas;
- perkaitinimo garintuve nustatymas;
- slėgio kitimo garintuve analizė;
- atitirpinimo ir „tuščio“ režimo patikrinimas, optimizavimas;
- garintuvo periodinis valymas nemechaninėmis priemonėmis.

Šaldymo sistemos vamzdynas, valdymo, reguliavimo ir uždaramieji elementai:

- slėgio nuostolių tarp vartotojo ir šalčio gamybos įrenginio nustatymas;
- slėgio nuostolių šaltinių išaiškinimas, jų pašalinimas;
- nusausinimo ir mechaninių filtrų patikrinimas;
- vamzdyno termoizoliacijos patikrinimas;
- šaldymo agento nuotėkio patikrinimas;
- naudojamų valdymo ir reguliavimo elementų patikrinimas, pakeitimas efektyvesniais.

Šalčio gamybos įrenginys:

- šaldymo gamybos įrangos darbo režimų nustatymas;
- šaldymo agento ekologiškumo ir tinkamumo nustatytiems režimams patikrinimas;
- kompresorių COP apskaičiavimas, palyginimas su gamykliniais duomenimis ir analogais;
- šalčio poreikio pasiskirstymo laiko atžvilgiu nustatymas, jo subalansavimas komponuojant atitirpinimo ir „tuščius“ ciklus, apkrovimo grafikus;
- optimalios daugiakompresorinės sistemos panaudojimo galimybių įvertinimas ir efekto apskaičiavimas;
- virimo ir kondensacijos temperatūrų ir jų kitimo ribų patikrinimas;
- virimo ir kondensacijos temperatūrų optimizavimas;
- lanksčios šaldymo agento virimo ir kondensacijos reguliavimo galimybių patikrinimas;
- perkaitinto garo, karšto garo ir skysto šaldymo agento temperatūrų nustatymas;
- šaldymo agento peršaldymo patikrinimas;
- ekonomizaizerio patikrinimas, jo panaudojimo galimybių įvertinimas ir efekto apskaičiavimas;
- kondensatoriaus periodinis valymas nemechaninėmis priemonėmis;
- kondensacijos metodo patikrinimas, įvertinimas;
- galimybių panaudoti kondensacijos šilumą įvertinimas.

Valdymo įranga:

- valdymo įrangos lygio ir bendros būklės nustatymas;
- automatizacijos lygio nustatymas;
- valdymo elementų ir jų funkcionalumo patikrinimas;
- šalčio vartotojų ir šalčio gamybos įrangos valdiklių parametrų patikrinimas, jų optimizavimas;
- sezoninė valdiklių parametrų korekcija;
- galimybių panaudoti kompiuterinio valdymo sistemas su impulsiniais termostatiniais vožtuvais įvertinimas ir efekto apskaičiavimas.

Priedas Nr. 1. Šalčio poreikio skaičiavimas

Šilumos pritekėjimai per atitvarus skaičiuojami taip:

$$q = UA \Delta t;$$

čia: A – atitvaro plotas [m²];

Δt – kameros ir aplinkos temperatūrų skirtumas;

U – šilumos perdavimo koeficientas, kuris apskaičiuojamas taip:

$$U = \frac{1}{1/h_i + x/k + 1/h_o} ; \quad [W/(m^2k)]$$

čia: x – atitvaro storis [m];

k – atitvaro šilumos laidumas [(w/mk)];

h_i – vidinio paviršiaus šilumos perdavimo koeficientas [W/(m²k)];

h_o – išorinio paviršiaus šilumos perdavimo koeficientas [W/(m²k)].

Kai šilumos mainai vyksta natūralios konvekcijos būdu (oro):

$$h_1 \text{ ir } h_o = 9,3W/(m^2k).$$

Šilumos pritekėjimai iš produkto

Šilumos pritekėjimai, atšaldant produktą iki temperatūros, aukštesnės už produkto užšalimo temperatūrą:

$$Q_1 = mc_1(t_1 - t_2);$$

Šilumos pritekėjimai, atšaldant produktą iki užšalimo temperatūros:

$$Q_2 = mc_1(t_1 - t_f);$$

Kristalizacijos šiluma:

$$Q_3 = mh_{if};$$

Šilumos pritekėjimai, užšaldant produktą:

$$Q_4 = mc_2(t_f - t_3).$$

Čia: Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 – šilumos pritekėjimai [kJ];

m – produkto masė [kg];

c_1 – specifinė produkto šiluma (aukštesnė už kristalizacijos temperatūrą) [kJ/(kg k)];

t_1 – pradinė produkto temperatūra (aukštesnė už kristalizacijos temperatūrą) [°C];

t_2 – galutinė produkto temperatūra (aukštesnė už kristalizacijos temperatūrą) [°C];

t_f – kristalizacijos temperatūra [°C];

h_{if} – slapta kristalizacijos šiluma [kJ/kg];

c_2 – specifinė produkto šiluma (žemesnė už kristalizacijos temperatūrą) [kJ/(kg K)];

t_3 – galutinė produkto temperatūra (žemesnė už kristalizacijos temperatūrą).

Šaltinio galios reikia šilumos pritekėjimams pašalinti per tam tikrą laiką:

$$q = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3600 n} \quad [\text{kW}]$$

Čia: n – skirtas laikas [h];

(rekomenduojama 20 h).

Čia pateiktas skaičiavimo metodas įvertina tik paprastus procesus. Sudėtingi technologiniai šaldymo procesai apskaičiuojami sudėtingiau.

Skaičiuojant šviežių vaisių ir daržovių šilumos pritekėjimą, būtina įvertinti jų kvėpavimo šilumą.

„Vidiniai“ šilumos pritekėjimai

Visa šaldymo kameroje naudojama elektros energija (apšvietimas, el. varikliai, šildytuvai ir kt.) turi būti įskaičiuojama į „vidinius“ šilumos pritekėjimus. Šilumos pritekėjimai nuo elektros variklių sudaro nuo 35% iki 91% elektros variklio elektrinės galios.

Jei šaldomoje patalpoje vyksta technologiniai procesai, kurių metu dėl cheminių reakcijų išsiskiria šiluma, ji taip pat turi būti įvertinama.

Šilumos pritekėjimai iš žmonių $q_p = 272 - 6 t$ [W];

čia: t – šaldomos patalpos temperatūra [°C].

Oro kaita

Kadangi gana sudėtinga apskaičiuoti oro kaitą, čia pateiksime tik visiškai atvirų durų oro kaitos ir šilumos pritekėjimų variantą:

$$q_t = VA(h_i - h_r)g_r D_t;$$

čia: V – vidutinis oro greitis [m/s] (0,3...1,5m/s);

A – atviros erdvės plotas [m²];

h_i ir h_r – oro entalpija, atitinkamai šviežio ir atšaldyto oro [kJ/kg];

g_r – atšaldyto oro tankis [kg/m³];

D_t – atidarytų durų laiko santykis [vieneto dalimis].

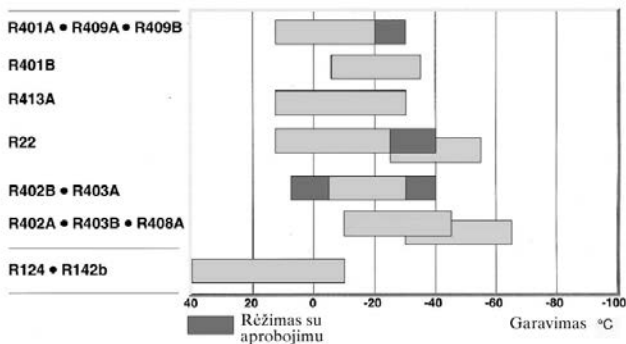
Šilumos pritekėjimai nuo papildomos įrangos:

- drėgmės palaikymo įrangos šil. put.;
- atitirpinimo procesų šil. put.;
- ventiliatorių šil. put.;
- kita.

Apskaičiuotos šaltinio galios poreikio atsargos koeficientas 1,05 ...1,1 .

Kai centralizuotas šalčio gamybos įrenginys aptarnauja daugiau vartotojų, šaldymo galiai taikomas pasiskirstymo koeficientas, kuris gali suteikti 0,7 bendros apskaičiuotos sistemos galios.

Priedas Nr. 2.



Priedas Nr. 2a

Saldymo agentas	Pakaitalas	ODP (kenksmingumas ozonui) [R11=1,0]	GWP(100a) [®] [CO ₂ =1,0]	Saugumo klasė [®]	Virimo temperatūra [°C] ^⑤	Kritinė temperatūra [°C] ^⑤	Kondensacijos temperatūra, kai yra 26 barai (abs) [°C] ^⑤	Šaltinė galia [%] ^②	C.O.P (naudingumo koef.) [%]
HCFC – šaldymo agentai									
R22	R502(R12 [®])	0,05	1700	A1	-41	96	63	③ 80	③88
R124	R144 [®] , R12B1	0,02	480	A1	-11	122	105	(L)	④
R142b		0,06	2000	A1	-10	137	110	⑤	
HFC/HFC mišiniai									
R401A		0,03	1080	A1/A1	-33	108	80	107(M)	100
R401B	R12 (R500)	0,035	1190	A1/A1	-35	106	77	108(L)	98
R409A		0,05	1440	A1/A1	-34	107	75	109(M)	99
R409B	R500	0,05	1425	A1/A1	-35	105	73	100(M)	100
R413A	R12 (R500)	0	1770	A1/A2	-35	101	76	105(M)	100
R402A		0,02	2570	A1/A1	-49	75	53	109(L)	100
R402B		0,03	2240	A1/A1	-47	83	56	99(L)	98
R403A	R502	0,04	2670	A1/A1	-50	93	57	105(L)	99
R403B		0,03	3680	A1/A1	-51	90	54	112(L)	100
R408A		0,026	3050	A1/A1	-44	83	58	98(L)	100
HFC – bechloriai šaldymo agentai									
R134a	R12(R22 [®])		1300	A1	-26	101	80	97(M)	103
R152a	Dažniausiai		140	A2	-24	113	85	N/A	N/A
R125	naudojami kaip		3200	A1	-48	66	51	N/A	N/A
R143a	mišinių		4400	A2	-48	73	56	N/A	N/A
R32	komponentai	0	580	A2	-52	78	42	N/A	N/A
R227ea	R12B1, R114 [Ⓞ]		3300	A1	-16	102	96	⑤	⑤
R236fa	R114		8000	A1	-1	>120	117		

R23	R13(R503)	12100	A1	-82	26	1	⑤	⑤
HFC – bechloriatų mišiniai								
R404A	R502	3750	A1/A1	-47	73	55	99(L)	98
R507A		3800	A1	-47	71	54	102(L)	98
R407A		1920	A1/A1	-46	83	56	78(L)	96
R407B		2560	A1/A1	-48	76	53	93(L)	98
R407C	0	1610	A1/A1	-44	87	58	100(H)	95
R417A		1950	A1/A1	-43	90	68	97(H)	N/A
R410A	R22Ⓞ(R13B1Ⓞ)	1890	A1/A1	-51	72	43	142 ^(7/40°C)	95
FX80	R13B1Ⓞ	2360	A1/A1	-51	70	44	⑤	⑤
ISCEON 89	R13B1Ⓞ	3090	A1/A1	-55	70	50	⑤	⑤
R508A	R503	N/A	A1	-86	13	-3	⑤	⑤
R508B		N/A	A1/A1	-88	14	-3	⑤	⑤
Behalogeniniai šaldymo agentai								
R717	R22(R502)	0	B2	-33	133	60	100(M)	105
R600a③	R114,R12B1	3	A3	-12	135	114	N/A	N/A
R290	R22(R502)	3	A3	-42	97	70	89(M)	102
R1270	R22(R502)	3	A3	-48	92	61	112(M)	101(M)
R170	R13, R503	3	A3	-89	32	3	⑤	⑤
R744	įvairūs	1	A1	-57⑥	31	-11	⑤	⑤

Literatūra

1. ASHRAE Handbook. Refrigeration. SI Edition. Atlanta, 1998.
2. Internetas: www.ashrae.org
3. Internetas: www.epa.gov
4. Internetas: www.danfoss.com
5. Internetas: www.copeland-corp.com
6. Internetas: www.refcomp.it
7. Bitzer. Refrigerant Report 11th Edition. Sindelfingen

5 ELEKTROS ĮRANGA

Elektros energijos politika Europos Sąjungoje

Elektros vidaus rinka

Svarbiausias kokybinis pastarųjų metų pokytis šioje srityje – tai atviros elektros vidaus rinkos sukūrimas.

Atviros elektros rinkos sukūrimo Direktyva 96/92/EC buvo pritaikyta 1996 m. Narėse valstybėse direktyva buvo pradėta įgyvendinti 1997 m.

Ši direktyva daug ką pakeitė energijos sektoriuje. Ji panaikino išimtinės teises, reikalavo atskirti tinklo veiklos kainas nuo generavimo ir tiekimo veiklos. Jos pagrindinis tikslas buvo pasiekti skaidrumą ir pašalinti diskriminavimo galimybę.

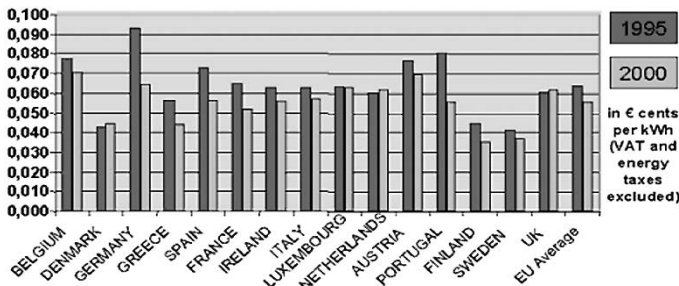
Rinkos evoliucijos patyrimas, vykdant pakeitimus ir šalinant kliūtis, buvo apdorotas ir įteisintas naujoje direktyvoje 2003/53/EC. **Ši direktyva nuo 2004 m. liepos mėnesio atvėrė elektros rinką visiems elektros vartotojams, išskyrus namų ūkį. Jiems rinka bus atverta iki 2007 m. liepos mėnesio.**

Naujoji direktyva numato priemones, kurios užtikrintų tolesnį rinkos funkcionavimo tobulinimą, tarifų ir kainų skaidrumą, pažeidžiamų vartotojų apsaugą ir tiekimo saugumą.

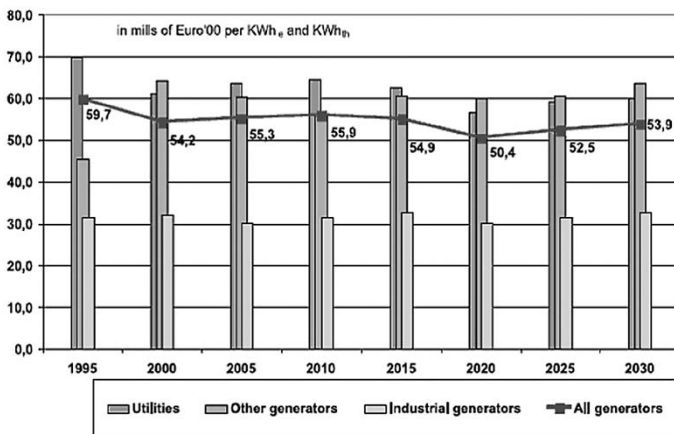
Direktyva taip pat numatė privalomą parduodamos elektros ženklumą dėl kuro diversifikavimo, teršalų emisijos bei atliekų, priemones prekybai per sienas (cross-border trade of electricity), tarifus ir mastus elektrai perduoti per nacionalinius tinklus ir kt.

Elektros kainos ES

Kitas svarbus elementas – tai elektros energijos kainos ir jų raidos tendencijos (29 pav., 30 pav.).



29 pav. Vidutinės elektros kainos ES pramonėje.



30 pav. Numatoma elektros energijos generavimo išlaidų raida ES iki 2030 m.

Energijos efektyvumas ES ir Lietuvoje

Vienas iš svarbiausių kiekvienos šalies energijos vartojimo efektyvumo rodiklių yra vadinamasis *energijos intensyvumas*.

Energijos intensyvumas – tai sunaudotos pirminės energijos kiekis vienam bendrojo visuomeninio produkto (BVP) vienetai sukurti.

Jis matuojamas $t_{ne}/1000$ JAV doleriais (1995 m.) arba $t_{ne}/mln.$ eurais.

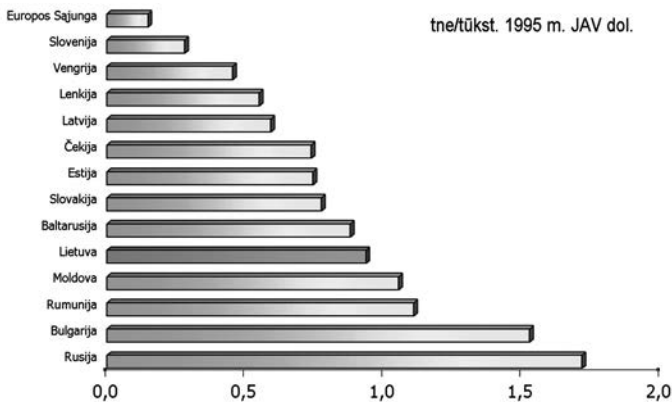
Norint palyginti energijos intensyvumą įvairiose šalyse, BVP perskaičiuojamas 1995 m. palyginamosiomis kainomis, o nacionalinės valiutos vertinamos JAV doleriais pagal oficialų jų keitimo kursą.

Pagal šį rodiklį daugelyje Centrinės ir Rytų Europos šalių energijos intensyvumas yra 3–5 kartus, Lietuvoje 6 kartus, Bulgarijoje, Rusijoje ir Ukrainoje daugiau nei 10 kartų didesnis už Europos Sąjungos šalių vidurkį (31 pav.). Lietuvoje tai sudarytų 0,91 $t_{ne}/1000$ JAV dolerių (1995 m.).

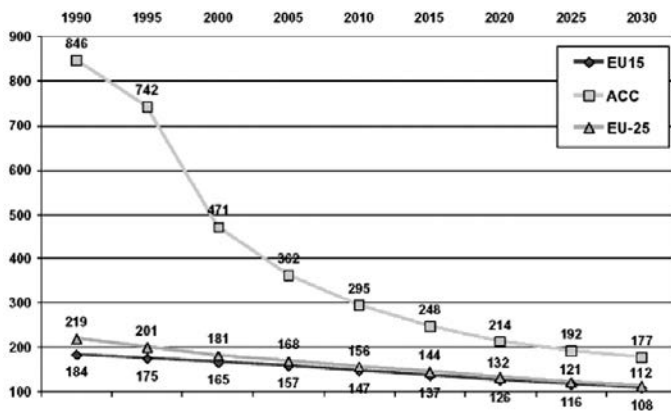
Lietuvai ir kitoms naujosios narės neįžtekms vien tik prisivytį dabartinį ES energijos intensyvumo vidurkį. Senosios narės planuoja dabartinį jų energijos intensyvumą nuosekliai mažinti. Ypač sparčiai didinti energijos vartojimo efektyvumą, t. y. mažinti energijos intensyvumą, numatyta pramonėje (32 pav.), tačiau skirtingai kiekvienoje pramonės šakoje (33 pav.).

Palyginti su 2004 m., naujosios narės, tarp jų ir Lietuva, BVP gamybą iki 2030 m. turės padidinti vidutiniškai daugiau nei 2,5 karto. Tačiau pirminės energijos vartojimas padidės, palyginti su BVP augimu, labai nedaug – apie 40%.

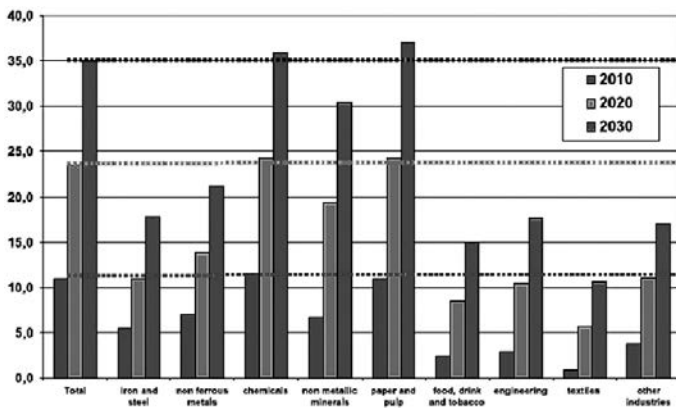
Taigi reikės išmokti su esama energija pagaminti dvigubai daugiau BVP, kitaip sakant, reikės išmokti daug veiksmingiau panaudoti energiją.



31 pav. Pirminės energijos intensyvumas Europos valstybėse 2000 m. (šaltinis – NES; BVP apskaičiuotas pagal valiutų keitimo kursą).



32 pav. Numatoma energijos intensyvumo evoliucija ES pramonėje iki 2030 m.



33 pav. Numatomas energijos intensyvumo didinimas ES iki 2030 m.

Elektros energija Lietuvoje

Elektros energijos vartojimas ir vartotojai

Ataskaitose, kurias Ūkio ministerija pateikia kasmet, visas pagaminamos elektros energijos suvartojimas suskirstytas į grupes: paties gamintojo ir tiekėjo elektros sąnaudos bei galutinės reikmės. Galutinės reikmės savo ruožtu paskirstytos penkioms vartotojų grupėms: pramonei, transportui, namų ūkiui, žemės ūkiui, prekybai ir paslaugoms.

Šalies elektros energijos balansas (iš leidinio „Lietuvos energetika-2001“), GWh.

<i>Balanso dėmuo</i>	2000	2001
Pagaminta elektros energijos	11 425	14 737
Grynasis importas	-1 336	-3 964
Bendrosios sąnaudos	11 336	11 549
<i>Savosios reikmės</i>	<i>1 385</i>	<i>1 519</i>
<i>Kruonio HAE sąnaudos</i>	<i>426</i>	<i>517</i>
<i>Nuostoliai tinkluose</i>	<i>1281</i>	<i>1 416</i>
Galutinės reikmės:	6 197	6 447
<i>pramonė</i>	<i>2 318</i>	<i>2 347</i>
<i>transportas</i>	<i>76</i>	<i>91</i>
<i>namų ūkis</i>	<i>1 767</i>	<i>1 817</i>
<i>žemės ūkis</i>	<i>188</i>	<i>197</i>
<i>prekyba ir paslaugos</i>	<i>1 848</i>	<i>1 995</i>

Tačiau šiame energijos balanse pramonei priskirta tik apdirbamoji pramonė, t. y. tik dalis visos pramonės kaip šalies ūkio šakos. Tuo tarpu oficialioji statistika, vadovaudamasi Europos Sąjungos ekonominės veiklos rūšių klasifikatoriumi, pramonę apibrėžia kaip trijų sudedamųjų dalių visumą:

- gavybos pramonė (kasyba ir karjerų eksploatavimas);
- apdirbamoji pramonė;
- elektros, dujų ir vandens tiekimas.

Šios pramonės šakos skiriasi tiek sukuriama nacionalinio produkto kiekiu, tiek ir energijos vartojimo efektyvumu, t. y. suvartotos energijos kiekiu, tenkančiu pagaminto bendrojo vidaus produkto vienetui. Tą svarbu žinoti, analizuojant šalies energijos efektyvumą.

Pramonės šakų parduota produkcija^(*) („Lietuvos ekonominė ir socialinė raida 1/2000“)

Pramonės šaka	Parduota produkcija (be PVM ir akcizo)	
	mln. Lt	%
Visa pramonė:	21 045	100,0
Elektros, dujų ir vandens tiekimas	2 918	16,1
Apdirbamoji ir gavybos pramonė	18 127	83,9

(* vėlesnių metų skaičiai gali skirtis).

Didžiausi elektros energijos vartotojai apdirbamojoje pramonėje yra:

- cheminių medžiagų ir produktų pramonė 500 GWh,
- maisto produktų ir gėrimų pramonė 500 GWh,
- tekstilės gaminių pramonė 338 GWh.

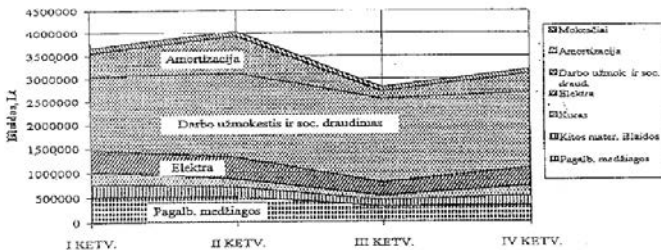
Šios trys šakos suvartoja apie 54% visos pramonės elektros energijos. Kitos pramonės įmonės suvartoja tiek elektros energijos:

- nemetalinių mineralinių dirbinių 250 GWh,
- radijo, televizijos ir ryšio įrenginių 139 GWh,
- medienos ir medienos dirbinių 139 GWh,
- mašinų ir įrenginių 111 GWh,
- celiuliozės, popieriaus ir popieriaus dirbinių 110 GWh.

Likusios pramonės šakos suvartoja 16% visos pramonės elektros energijos.

Elektros energijos dėmuo produkcijos gamybos išlaidose

Pramonės įmonės produkcijos konkurencingumui tiek šalies, tiek ir užsienio rinkoje didelę įtaką turi produkcijos išlaidų energijos dėmuo, t. y. energijos vartojimo efektyvumas. Santykinis elektros energijos dėmens dydis įmonės produkcijos gamybos išlaidose priklauso nuo konkrečioje įmonėje naudojamų technologijų. Jis, be to, gali kisti ir per tam tikrą laiką (34 pav.).



34 pav. Energijos dėmenų kitimas produkcijos išlaidose tekstilės įmonėje.

Elektros energijos vartojimo efektyvumas ir jį lemiančios priežastys

Europos Bendrijos Energijos Chartijos sekretoriato darbo grupė, 2000 m. išanalizavusi Lietuvos energijos efektyvumo politiką ir programas, konstatavo, kad Lietuva pasižymi didžiausiu energijos intensyvumu ($0,91 \text{ kg}_{\text{ne}} / 1 \text{ JAV doleriui}$) tarp pereinamosios ekonomikos šalių. Tarp šio reiškinio priežasčių buvo nurodytos dvi pagrindinės: netinkama energijos nešėjų struktūra, galinti sukelti ilgalaikius neigiamus padarinius, ir efektyviausios technologijos – bendros elektros energijos ir šilumos energijos gamybos – išstūmimas iš rinkos dėl institucinių barjerų ir generuojančio galingumo pertekliaus.

Apdirbamojoje pramonėje energijos vartojimo efektyvumas nepalyginti didesnis, tačiau tiek turimi statistiniai duomenys, tiek ir atliktų tyrimų išvados rodo, kad ir čia jis mažesnis negu Europos Bendrijos šalyse. Pavyzdžiui, lyginamosios energijos sąnaudos pieno pramonėje Lietuvoje sudaro $0,1-0,6 \text{ kWh/kg}$ produkcijos, Norvegijoje tik $0,1-0,3 \text{ kWh/kg}$, t. y. $1,2-2,0$ karto mažiau. Mėsos perdirbimo pramonės įmonių lyginamosios energijos sąnaudos taip pat skiriasi $1,5-2,5$ karto.

Nedidelio energijos vartojimo efektyvumo priežastys – energijos nuostolių atsiradimas tiek pačioje elektros tiekimo sistemoje, tiek ir konkrečiuose energijos imtuvuose. Didžiąją dalį nuostolių sudaro technologiniai nuostoliai, t. y. nuostoliai dėl pasenusių ir nenašių technologijų bei įrengimų naudojimo, neracionalaus gamybos proceso bei energetikos ūkio organizavimo.

Viena iš didžiausių elektros energijos taupymo galimybių yra naujų ir efektyvesnių technologijų ir įrengimų diegimas. Tačiau naujų įrenginių, leidžiančių taupyti elektros energiją, įdiegimas nagrinėtinas tik tuo atveju, jei jie dirba pakankamai ilgą laiką ir kai išsemtos visos kitos galimybės, nereikalaujančios papildomų investicijų. Iš tokių galimybių, galinčių padėti daug sutaupyti, minėtinos organizacinės priemonės.

Elektros energijos taupymo teigiamas efektas neapsiriboja vien tik sutaupytos kilovatvalandės ekonomine nauda konkrečiam vartotojui. Kiekviena sutaupyta kilovatvalandė pirmiausia sumažina importuojamą kurą tokiu kiekiu, kuris skirtas sutaupytai elektros energijai pagaminti. Sutaupytas ir nesudegintas kuras savo ruožtu sumažina į aplinką išmetamų teršalų bei radioaktyviųjų atliekų kiekį. Kiekviena sutaupyta kilovatvalandė taip pat sumažina elektros tinklo apkrovimą, atitinkamai sumažindama energijos perdavimo nuostolius.

Tokiu būdu elektros energijos vartojimo efektyvumo didinimas (taupymas) ne tik palengvina konkretaus vartotojo ekonomines problemas, bet kartu sprendžia ir visos šalies energetinio nepriklausomumo, energijos tiekimo saugumo ir aplinkosaugos problemas.

Elektros energijos kainos ir tarifai

2003 m. spalio 29 d. buvo patvirtinti nauji „*AB Rytų skirstomųjų tinklų elektros energijos kainos ir tarifai bei jų taikymo tvarka*“. Tarifai skirstomi į vienkainius ir dvinarius. Dvinariai tarifai turi du dėmenis: galios dėmenį ir energijos dėmenį.

Vienkainis tarifas – tai mokestis už vartotojui pateiktą vieną aktyviosios elektros energijos kilovatvalandę /kWh/.

Dvinaris tarifas – tai mokestis už vartotojui pateiktą vieną aktyviosios galios kilovatą (kW) energetikos sistemos maksimalių apkrovų valandomis ir už vartotojui pateiktos aktyviosios elektros energijos vieną kilovatvalandę (kWh).

Energijos dėmuo savo ruožtu skirstomas į nediferencijuotą, dviejų laiko zonų ir diferencijuotą pagal laiko intervalus.

Dviejų laiko zonų tarifas – tai mokestis už vartotojui pateiktą vieną aktyviosios elektros energijos kilovatvalandę ir susidedantis iš dieninio ir naktinio bei šeštadienio ir sekmadienio tarifo:

Dieninis tarifas – tai mokestis už vartotojui pateiktą vieną aktyviosios elektros energijos kilovatvalandę darbo dienomis nuo 7.00 val. iki 23.00 val., taikomas vasaros laiku;

Naktinis, šeštadienių ir sekmadienių tarifas – tai mokestis už vartotojui pateiktą vieną aktyviosios elektros energijos kilovatvalandę nakties metu nuo 23.00 val. iki 7.00 val., taikomas vasaros laiku ir šeštadieniais bei sekmadieniais visą parą.

Diferencijuotas pagal laiko intervalus tarifas – tai trijų skirtingų kainų, priklausantių nuo paros laiko (energetikos sistemos maksimalių, vidutinių ir minimalių apkrovų metu bei švenčių ir nedarbo dienomis), mokestis už vartotojui pateiktą elektros energiją (35 pav.).

Pagal šį nutarimą visi elektros energijos vartotojai suskirstyti į tris grupes.

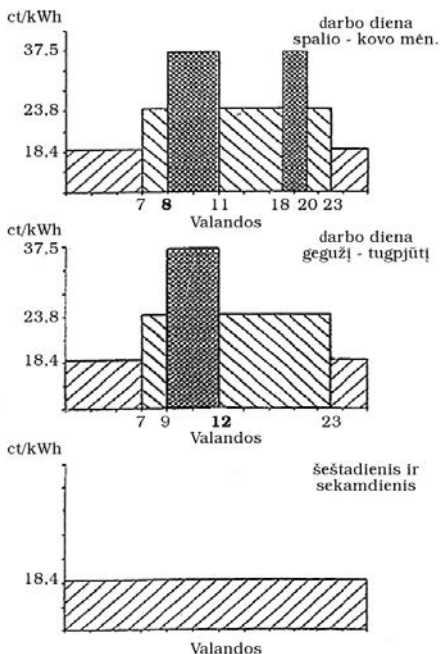
Pirmoji grupė – gyventojai, vartojantys elektros energiją gyvenamuosiuose namuose, ūkiniuose pastatuose, butuose, bendrabučiuose, vasarnamiuose, sodų sklypuose, garažuose asmeniniams automobiliams.

Antroji grupė – vartotojai, išskyrus pirmosios grupės vartotojus, kurių leistinoji galia yra iki 30 kW.

Trečioji grupė – vartotojai, išskyrus pirmosios ir antrosios grupės vartotojus, kurių leistinoji galia daugiau kaip 30 kW.

Pirmosios ir antrosios grupės vartotojai gali pasirinkti atsiskaitymą pagal vienkainius arba dviejų laiko zonų tarifus. Trečiosios grupės vartotojai gali pasirinkti atsiskaitymą pagal vienos kainos, diferencijuotus pagal laiko intervalus, dvinarį galios dėmens ir nediferencijuoto energijos dėmens arba dvinarį galios dėmens ir diferencijuoto pagal laiko intervalus energijos dėmens tarifus.

Vartotojai, kurių elektros įrenginių leistinoji naudoti galia sudaro daugiau kaip 30 kW, moka dar ir už reaktyviosios elektros energijos generavimą į energijos tiekėjų tinklus po 4 ct/kvarh arba po 2 ct/kvarh už jos suvartojimą. Šis mokestis netaikomas pirmosios grupės vartotojams.



35 pav. Elektros energijos kaina, diferencijuota pagal paros ir savaitės laiką.

Analogiški tarifai galioja ir Vakarų skirstomuosiuose tinkluose.

Priemonės mažinti išlaidas elektros energijai pramonėje

Energijos efektyvumui padidinti konkrečioje pramonės įmonėje reikia dviejų sąlygų:

- žinios, kaip galima didinti,
- asmeninis kiekvieno, nuo kurio veiksmų gali priklausyti šio proceso sėkmingumas, suinteresuotumas.

Jei nėra antrosios sąlygos, reikšmingų rezultatų nebus, kad ir kaip būtų stengiamasi. Tą patvirtina kasdieninė ir ilgalaikė praktika.

Elektros energijos dėmuo produkcijos gamybos išlaidose priklausomai nuo įmonės profilio ir paskirties vidutiniškai sudaro nuo 2 iki 10%.

Nors santykinai jis atrodo kaip nereikšmingas skaičius, bet vidutinio dydžio įmonėje jis sudaro 2–10 mln. Lt per metus. Padidinus elektros energijos vartojimo efektyvumą bent 10–30%, ekonominis efektas bus irgi pakankamai apčiuopiamas ir leidžiantis sudaryti pakankamą skatinimo fondą.

Mažinti elektros energijos išlaidas, išlaikant esamą gamybos mastą ir pobūdį, galima dviem pagrindinėmis priemonėmis:

- mažinti perkamos kWh kainą (maždaug 16,1 ct);
- mažinti lyginamąjį (kartu ir bendrąjį) elektros energijos suvartojimą.

Vidutinę kainą mažinti galima trimis priemonėmis:

1. Optimizuoti visą gamybos procesą ir jį lanksčiau pritaikyti prie elektros energijos tarifų suteikiamų kainos mažinimo galimybių.
2. Elektros energiją mažesne kaina pirkti iš nepriklausomo tiekėjo, o ne iš skirstomųjų elektros tinklų. Skirstomiesiems tinklams tektų mokėti tik už energijos perdavimą. Dabartinė teisinė bazė tai daryti leidžia.
3. Gaminti elektros energiją pas save daug pigiau, negu ją pirkti dabartine kaina.

Bendrąjį elektros energijos suvartojimą galima mažinti irgi trimis priemonėmis:

1. Mažinti energijos nuostolius pačioje įmonės elektros tiekimo sistemoje.
2. Didinti pagrindinio technologinio proceso įrenginių ir operacijų elektros energijos vartojimo racionalumą ir efektyvumą.
3. Didinti bendrosios paskirties technologinių procesų (apšvietimo, ventiliacijos, suspausto oro, pagalbinių barų ir tarnybų, administracijos) elektros energijos vartojimo racionalumą ir efektyvumą.

Kaip rodo atlikti tyrimai, kitose įvairios paskirties įmonėse reiktų ištirti visas išvardytas priemones, kadangi jose yra tam tikrų energijos vartojimo efektyvumo didinimo rezervų, kartais ir gana didelių.

Svarstant ekonominį tikslingumą, iš pradžių galima būtų pradėti vartoti šiuos terminus:

- *laukiamas ekonominis efektas,*
- *investicija,*
- *investicijos atsipirkimo laikas.*

Laukiamas ekonominis efektas – tai elektros energijos metinių išlaidų sumažinimas A-B tūkst. Lt.

Investicija – tai išlaidos ekonominiam efektui pasiekti, įskaitant tyrimus, rekomendacijų parengimą ir rekomenduotų priemonių įgyvendinimą. Rekomenduojamos šios priemonės:

- *organizacinės priemonės, nereikalaujančios papildomų sąnaudų,*
- *priemonės, reikalaujančios nedidelių sąnaudų,*
- *priemonės, reikalaujančios tam tikrų pagrįstų kapitalinių įdėjinių.*

Optimizuojant visą gamybos procesą ir jį lanksčiau pritaikant prie elektros energijos tarifų suteikiamų kainos mažinimo galimybių (diferencijuoti tarifai).

Mažesne kaina perkant elektros energiją iš nepriklausomo tiekėjo, o ne iš skirstomųjų elektros tinklų. Skirstomiesiems tinklams tektų mokėti tik už energijos perdavimą. Dabartinė teisinė bazė tai daryti leidžia.

Reglamentuojantieji „Lietuvos energijos“ dokumentai teigia, kad:

Elektros rinkos esmė – vartotojų galimybė pasirinkti elektros tiekėją ir kainą.

Pagrindinis tikslas – sudaryti sąlygas konkurencijai, efektyviai valdyti elektros ūkį.

Iš valstybės kontroliuojamos monopolijos, kokia anksčiau buvo Lietuvos elektros energetika, nuo 2002 m. sausio 1 d. įsigaliojus Elektros energetikos įstatymui, pereinama prie rinkos sąlygų, kai elektros tiekėjo pasirinkimą lemia jo paslaugų kokybė ir patraukli elektros kaina.

Prekyba elektros energija atliekama sudarant pirkimo ir pardavimo dvišales sutartis tarp elektros gamintojų ir tiekėjų.

Elektros rinkos dalyviai – įmonės, turinčios rinkos operatoriaus, perdavimo tinklo operatoriaus, visuomeninio ar nepriklausomo tiekėjo licenciją ar leidimą gaminti, eksportuoti, importuoti elektros energiją.

AB „Lietuvos energija“ kaip **pardavimo tinklo operatorius** atlieka nacionalinę balansavimo funkciją – derina būtinus elektros gamybos kiekius su gamintojų ir tiekėjų nurodytais kiekiais, kuriuos pateikia rinkos operatorius, koordinuoja gamintojų dispečerių veiksmus.

Visuomeniniai tiekėjai (AB „Rytų skirstomieji tinklai“ ir AB „Vakarų skirstomieji tinklai“) elektrą tiekia pagal nustatyta tvarka patvirtintus tarifus vartotojams, kurie neturi galimybės arba nenori pasirinkti tiekėjo.

Nepriklausomi tiekėjai energiją tiekia laisviesiems vartotojams sutartine kaina.

Nuo 2003 m. **laisvojo vartotojo statusą** įgijo įmonės, sunaudojančios daugiau kaip 9 mln. kWh elektros per metus. Laisvieji vartotojai gali pasirinkti elektros tiekėją pageidaujama energijos kiekiui gauti už sutartą kainą. Jie gali pirkti elektrą tiesiogiai iš nepriklausomų tiekėjų sutartine kaina arba iš visuomeninio tiekėjo (AB „Rytų skirstomieji tinklai“ ar AB „Vakarų skirstomieji tinklai“) Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos patvirtintomis kainomis.

Pagal elektros energetikos įstatyme nurodytas sąlygas, nuo 2010 m. visi Lietuvos elektros vartotojai galės gauti laisvojo vartotojo statusą – teisę laisvai pasirinkti tiekėją.

Dabar Lietuvoje yra 28 laisvieji vartotojai ir 14 nepriklausomų tiekėjų.

Vidutinę kainą mažinti galima gaminant elektros energiją pas save daug pigiau, palyginti su dabartine perkamos energijos kaina.

Kaip papildomą elektros energijos šaltinį galima būtų panaudoti ir atitinkamos galios kogeneracinių dujomis varomą motorgeneratorių. Tokio *įrenginio kaina*, įskaitant paleidimo, derinimo darbus ir personalo mokymą, 519 085 JAV dolerių. Firmos apskaičiavo, kad jeigu dujos kainuoja 0,453 L/m³, elektra – 0,18 L/kWh ir šiluma – 0,075 L/kWh, šis įrenginys atsipirktų per 2,68 metų.

Papildomi nuostoliai elektros tiekimo sistemoje

Bendrąją elektros energijos suvartojimą mažinti galima, mažinant ir energijos nuostolius pačioje įmonės elektros tiekimo sistemoje ir įmonės technologiniuose įrenginiuose.

Papildomi energijos nuostoliai įmonės elektros tiekimo sistemoje, t. y. elektros linijose ir galios transformatoriuose, susidaro dėl neracionalių apkrovų ir netinkamai sukompensuotos reaktyviosios energijos.

Nuostoliai linijose

Tinklo apkrova, t. y. darbo režimas, nuolat kinta. Nuolat kinta ir nuostolių dydis.

Bendruoju atveju nuostoliai kintamos srovės linijoje per tam tikrą laiką T apskaičiuojami pagal vidutinę I_{vid} arba maksimalią linijos srovę I_{max} :

$$\Delta W = 3 R T (k_f I_{vid})^2 \cdot 10^{-3},$$

arba

$$\Delta W = 3 R \tau I_{max}^2 \cdot 10^{-3},$$

čia: k_f - formos koeficientas, projektinių organizacijų duomenimis, su pakankamu praktikai tikslumu = 1,05 – 1,10.

$$I_{max} = \frac{W}{T_{max} \cdot \sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi}$$

$$T_{max} = W / P_{max}$$

Mažinant linijos varžą, t. y. didinant jos skerspjūvį ir trumpinant jos ilgį, galima mažinti nuostolius linijose. Pavyzdžiui, greta įjungus antrą liniją, nuostoliai sumažės keturis kartus. Tačiau šiuo atveju padidės kapitalinės investicijos. Todėl ypatingą reikšmę nuostoliams mažinti linijose turi optimalaus skerspjūvio parinkimas pagal ekonomišką srovės tankį:

$$q_{ek} = I_{sk} / j_{ek}$$

čia: I_{sk} - skaičiuojamoji pusvalandinio max srovė, A;
 j_{ek} - ekonominės srovės tankis, A/mm².

Buvusios Sovietų Sąjungos normos $j_{ek} = 1,1 - 1,3 \text{ A/mm}^2$, Vakarų šalyse – **0,6 – 0,8 A/mm²**. Taigi projektuojant linijas pagal Vakarų šalių standartus, nuostoliai jose bus mažesni, tačiau prireiks daugiau lėšų pačioms linijoms įrengti.

Energijos nuostoliai galios transformatoriuose

Transformatoriuose gali būti prarandama apie 5% perduodamos energijos. Daugelyje transformatorių pastochių dėl elektros tiekimo patikimumo greta dirba du transformatoriai.

Nuostoliai šiose pastotėse kis pagal tokį dėsnį:

$$\Delta W_{2T} = 2\Delta P_0 \cdot T + \frac{1}{2}\Delta P_k \cdot \beta^2 \cdot \tau$$

čia: ΔP_0 ir ΔP_k – transformatoriaus tuščiosios eigos ir trumpojo jungimo galios nuostoliai,

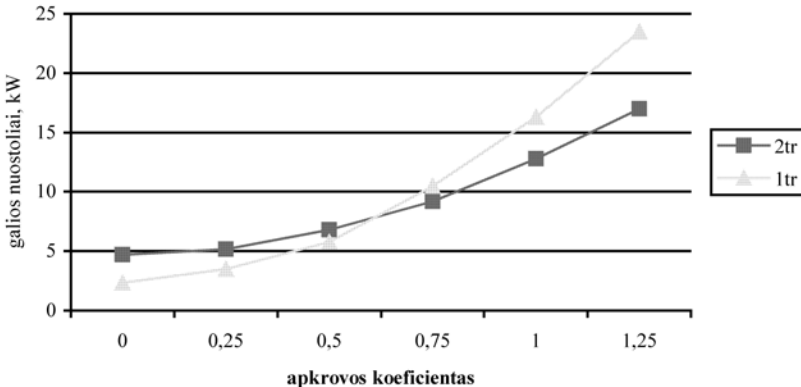
T – transformatoriaus darbo trukmė,

$\beta = I / I_N$ – apkrovos koeficientas,

τ – maksimalus nuostolių laikas, kuris surandamas pagal maksimalios galios panaudojimo laiką T_{max} .

Nuostolių kitimo dėsnį priklausomai nuo transformatorių apkrovos rodo grafikas (36 pav). Esant mažai apkrovai (mažesnei nei 0,6 P_N), nuostoliai bus mažesni, dirbant vienam transformatoriui. Kai bus didesnė apkrova, susidarys mažesni nuostoliai, greta veikiant dviem transformatoriams.

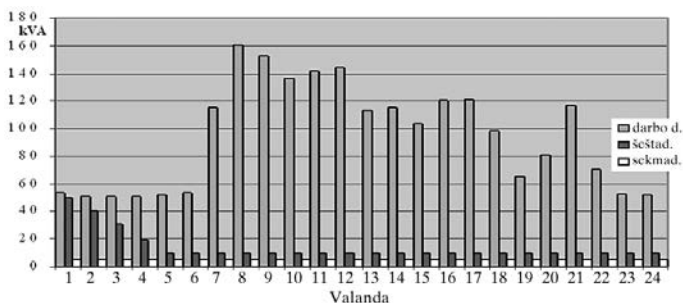
Siekiant mažinti energijos nuostolius, būtina sekti transformatorių apkrovą: kai ji mažesnė negu 0,6 vardinės reikšmės, vieną iš dviejų greta veikiančių transformatorių reikia išjungti arba juos pakeisti mažesnės galios transformatoriais, jeigu tą padaryti leidžia esamos sąlygos.



36 pav. Galios nuostolių kitimo kreivės, veikiant vienam ir greta dviem 1000 kVA transformatoriams.

Energijos nuostoliai transformatoriuose (konkretus pavyzdys)

Patikrinus keturias transformatorines pastotes vienoje iš tekstilės įmonių, kuriose įrengta po du transformatorius, pasirodė, kad jų dabartinės apkrovos nesiekia projektinių dydžių. Visi transformatoriai dirba su didesniais energijos nuostoliais ir dėl jų įmonė patiria nemažai ekonominių nuostolių. Pavyzdžiui, TP-1 pastotėje įrengti du transformatoriai (kiekvienas po 630 kVA), tačiau dėl mažos apkrovos dirba tik vienas iš jų. Bet ir jis, kaip rodo jo apkrovos paros grafikas, turi labai mažą apkrovą.



37 pav. 630 kVA galios transformatoriaus, esančio vienoje iš tekstilės įmonių, faktinės apkrovos grafikas.

Dabartinėje situacijoje jo nuostoliai – 14 810 kWh.

Pakeitus transformatorių į mažesnę (250 kVA), nuostoliai sumažėtų ir sudarytų 10 722 kWh. Taigi nuostoliai sumažėja 4 088 kWh. Jei nuostolių sumažėjimą padaugintume iš vienos vidutinės kainos ($T_{vid} = 0,16 \text{ Lt/kWh}$), įmonė sutaupytų 654 Lt per metus.

Kitose pastotėse galimi keli nuostolių mažinimo variantai: a) keisti mažesnės vertės transformatoriais, b) keisti jų darbo režimą ir, sekant apkrovos kitimą, vieną iš transformatorių periodiškai atjunginėti.

Pasirinkus pirmąjį variantą, reikia įvertinti tai, kad pačių transformatorių kaina bei jų pakeitimo išlaidos yra didelės, jie atsiperka labai greitai.

Energijos nuostoliai dėl reaktyviosios energijos vartojimo

Visi energijos vartotojai, išskyrus gyventojus, kurių įrengtoji galia sudaro daugiau 30 kW, moka ir už reaktyviąją energiją: po 2 ct/kvarh už suvartojimą ir po 4 ct/kvarh už jos generavimą į energijos tiekėjų tinklus. Tai tiesioginės papildomos išlaidos, susijusios su energijos vartojimu. Tačiau yra ir kita nematoma išlaidų padidėjimo pusė.

Pati reaktyvioji energija jokio naudingo darbo neatlieka. Bet ją naudoja induktyvumu pasižymintys imtuvai: asinchroniniai varikliai, transformatoriai, lankinės metalo lydymo krosnys, elektros suvirinimo transformatoriai, elektros apšvietimo dujų išlydžio lempų balastinės varžos ir kt.

Reaktyviosios energijos vartojimas nesusijęs su aktyviosios energijos vartojimu. Jį sąlygoja elektros tinklo parametrai ir jo darbo režimai.

Reaktyviosios energijos **naudojimas padidina aktyviosios energijos nuostolius linijose** ir transformatoriuose.

Aktyviosios galios nuostoliai trifaziame tinkle dėl reaktyviosios srovės perdavimo lygūs:

$$\Delta P_r = 3 \cdot I_\mu^2 \cdot R \cdot 10^{-3} = 3 \cdot (I \sin\varphi)^2 \cdot R \cdot 10^{-3}.$$

Taigi mažėjant $\cos\varphi$, nuostoliai sparčiai didėja. Kai $\cos\varphi = 0.7$, nuostoliai ΔP padidėja dvigubai.

Reaktyviosios galios naudojimo mažinimas leidžia ne tik sumažinti aktyviosios energijos nuostolius, bet ir didinti linijų bei transformatorių pralaidumą.

Pagrindinė reaktyviosios galios naudojimo mažinimo priemonė – kompensavimo įrenginių įrengimas prie jos imtuvų. Tačiau prieš pradėdant naudoti reaktyviosios galios kompensavimo įrenginius, reikia panaudoti visas galimas organizacines priemones:

- sutvarkyti technologinį procesą taip, kad būtų apkrauti technologiniai įrenginiai;
- įrengti variklių tuščiosios eigos ribotuvus, kai tarpoperacinė pertraukos trukmė viršija 10 min.;
- perjungti asinchroninio variklio statoriaus apviją iš trikampio į žvaigždę, kai apkrova mažesnė negu 40%;
- išjungti (ar pakeisti) transformatorius, kurių apkrova mažesnė negu 30%;
- asinchroninius variklius pakeisti sinchroniniais ten, kur tai ekonomiškai ir tikslinga.

Reaktyviąją galią, kurios pareikalaujama, įvykdžius minėtas organizacines priemones, tenka kompensuoti specialiais kompensavimo įrenginiais – statinėmis kondensatorių.

Didžiausias ekonominis efektas pasiekiamas, prijungiant kompensavimo priemones prie reaktyviosios energijos vartotojų. Perduoti reaktyviąją energiją iš 10 kV tinklo į 0,4 kV tinklą ekonomiškai nenaudinga, nes ji papildomai apkrauna transformatorius ir kartu juose padidina aktyviosios energijos nuostolius. Todėl įrengti kondensatorių baterijas TP 6–10 kV pusėje nerekomenduojama.

Energijos vartojimo efektyvumo valdymas įmonės bendrosios paskirties technologiniuose procesuose

Kiekvienoje įmonėje nemažai energijos sunaudojama ne tik pagrindiniam technologiniam procesui, bet ir bendrosios paskirties imtuvams:

- elektriniam apšvietimui,
- ventiliacijos įrenginiams,
- suspausto oro kompresoriams,
- vandens tiekimo sistemoms,
- vidaus elektriniam transportui.

Elektrinis apšvietimas

Elektrinis apšvietimas skirstomas į pastatų vidaus, pastatų išorės, saugomų teritorijų, miesto gatvių bei aikščių, stadionų, transporto eismo magistralių apšvietimo sistemas. Visose šiose sistemose dėl techninių priežasčių ir neracionalaus jų naudojimo neefektyviai vartojama elektros energija. Sutvarkius apšvietimo sistemą, elektros suvartojimą galima sumažinti 30 – 50%.

Darbo vietos apšvietimo kokybė turi didelę įtaką darbuotojų sveikatai, jų darbo našumui bei jo kokybei, darbo saugumui. Todėl energija paprastai netaupoma darbo vietų apšvietimo sąskaita. Taupyti siekiama, mažinant apšvietimo įrenginių lyginamąją galią, tobulinant jų technines charakteristikas ir mažinant jų darbo trukmę.

Kiekvienai darbo vietai priklausomai nuo darbo pobūdžio turi būti užtikrintas tam tikras minimalus apšvietimas. Jis priklauso nuo apšviečiamo paviršiaus paskirties. Minimalaus apšvietimo normas reglamentuoja „*Lietuvos higienos norma HN 98:2000*“, įsigaliojusi nuo 2000 m. gegužės 1 d. Patalpos apšviestumas matuojamas specialiu prietaisu – liuksmetru.

Daug energijos sutaupoma pakeičiant neefektyvias lempas, šviestuvus bei lempų paleidimo ir reguliavimo aparatus efektyvesniais. Įprastinė kaitinimo lempa pasižymi dideliais energijos nuostoliais. Į šviesą ji paverčia tik iki 5% naudojamos elektros energijos. Kiti 95% pavirsta į šilumą. Tokia lempa šviečia neilgai – 1000 valandų. Efektyvesnės yra halogeninės, o ypač efektyvios – dujų išlydžio lempos, kurios yra labai įvairių konstrukcijų ir įvairios paskirties.

Dideliu energetiniu efektyvumu ir plačiu pritaikymu pasižymi fluorescencinės lempos. Ypač paplitusios tiesaus vamzdelio formos fluorescencinės lempos, kiek mažiau – kompaktinės fluorescencinės. Jos veikia tokiu pačiu principu. Tačiau kompaktinės fluorescencinės lempos sukonstruotos taip, kad jas būtų galima panaudoti vietoj įprastinių kaitinimo lempų, nekeičiant pačių šviestuvų. Kompaktinės fluorescencinės lempos skleidžia penkis kartus daugiau šviesos, palyginti su įprastinėmis kaitinimo lempomis, o jos veikia 12–15 kartų ilgiau. Šio tipo lempos taupo iki 80% elektros energijos.

Gana efektyvios ir metalo halido lempos, ypač aukšto ir žemo slėgio natrio lempos. Jos apšviečia pramonines patalpas, miesto gatves, aikštes, transporto magistrales, uždaras teritorijas.

Visos dujų išlydžio lempos, įskaitant ir kompaktines fluorescencines, turi specialaus paleidimo ir srovės reguliavimo įtaisus. Tai paleidimo starteris ir elektromagnetinis droselis su geležies šerdimi, įjungtas nuosekliai į lempos srovės grandinę. Kadangi droselis pablogina grandinės galios koeficientą, tai šiam kompensuoti papildomai įjungiamas dar ir tam tikro talpio kondensatorius. Toks lempos valdymo aparatas padidina elektros energijos suvartojimą iki 25%, tuo blogindamas apšvietimo įrenginio bendrąjį energetinį efektyvumą. Fluorescencinėms, metalo halido ir aukšto slėgio gyvsidabrio lempoms sukurti gaminami mažų nuostolių ir aukšto dažnio elektroniniai balastai, kurie leidžia sumažinti energijos nuostolius iki 20%.

Lempos šviesos srautą ir jos naudojimo trukmę labai veikia elektros tinklo įtampos svyravimai. Jiems ypač jautrios kaitinimo lempos. Pavyzdžiui, įtampai padidėjus 5% , šviesos srautas padidėja 20%, bet lempos veikimo laikas sutrumpėja 50%. Įtampai sumažėjus žemiau vardinės reikšmės, gerokai sumažėja lempos šviesos srautas. Todėl būtina kontroliuoti įtampos lygį apšvietimo įrenginiuose ir jį reguliuoti.

Šviesos srautas mažėja tiek dėl natūralaus lempos senėjimo, tiek dėl lempos bei šviestuvo paviršiuje nusėdančių dulkių. Tas procesas ypač intensyvus gamybinėse patalpose. Šviesos srauto nuostolius galima sumažinti – reikia periodiškai valyti ir lempas, ir šviestuvus.

Priemonės apšvietimo sistemos efektyvumui didinti:

- maksimaliai išnaudoti dienos šviesą,
- lempas pakeisti efektyvesnėmis: kaitinimo lempas – kompaktinėmis fluorescencinėmis, 38 mm fluorescencines – 26 mm fluorescencinėmis, aukšto slėgio gyvsidabrinės MB ar MBTF – aukšto slėgio natrio SON arba aukšto slėgio gyvsidabrinėmis MBI,
- pakeisti šviestuvus efektyvesniais,
- fluorescencinių lempų indukcinis balastus pakeisti aukšto dažnio reguliavimo įrenginiais,
- įrengti automatinę apšviestumo kontrolę;
- vengti šviesos absorbcijos – sienas, lubas, grindis nudažyti šviesiomis spalvomis,
- periodiškai valyti lempas ir šviestuvus.

Apšvietimo sistemos patalpoje suvartota energija (kWh) yra lygi joje įrengtų šviestuvų galios ir šios šviesos naudojimo laiko sandaugai. Sistemos energiniam efektyvumui turi įtakos abu parametrai. Pirmiausia turi būti kruopščiai išanalizuota apšvietimo naudojimo trukmė ir sumažinta iki minimumo, maksimaliai išnaudojama dienos šviesą.

Apšvietimo sistemos suminis įrengtas galingumas yra lygus visų lempų galingumui, padaugintam iš lempų valdymo aparatų koeficiento. Šis koeficientas priklauso nuo lempų tipo:

- įprastinėms fluorescencinėms 1,25;
- didelio šviesos intensyvumo (SON, MH, MB) 1,10;
- kaitinimo 1,00;
- fluorescencinėms su aukšto dažnio srovės ribotuvais – pagal gamintojo nurodymus.

Apskaičiuavus įrengtą galingumą, surandamas lyginamasis galingumas (W/m^2), suminį patalpos apšvietimo galingumą, padalijus iš jos ploto. Surastas dydis palyginamas su teoriškai apskaičiuotu lyginamuoju galingumu, kurio reikia būtinam apšvietimui užtikrinti, ir su analogiškų objektų tuo pačiu parametru. Apšvietimo sistemos įrengtas lyginamasis galingumas priklauso ne tik nuo reikalaujamo patalpos apšvietimo, bet ir nuo daugelio kitų veiksnių: lempų ir jų valdymo aparatų, šviestuvų tipo ir jų pakabinimo aukščio, pačios patalpos sienų, lubų bei grindų spalvų.

Išorinis įmonės teritorijos apšvietimas

Įmonės teritorijos išorė apšviečiama įvairiais šviestuvais su kaitinimo ir dujų išlydžio lempomis. Tačiau daugumos jų techninės charakteristikos ir energetinis efektyvumas labai atsilieka nuo naujausių šiuolaikinių modelių. Dažniausiai naudojami šviestuvai su gyvsidabrio 250–400 W galios lempomis. Apšvietimo sistemų eksploatavimo praktika rodo, kad tą patį apšviestumo lygį galima išlaikyti turimus šviestuvus keičiant šviestuvais su 70 – 250 W galios natrio lempomis. Apšvietimo įrenginių lyginamoji galia tokio keitimo atveju sumažėja 1,67 karto. Sutaupoma apie 38% energijos.

Šviestuvų ir lempų keitimas tobulesniais – ne vienintelė išorinio apšvietimo energetinio efektyvumo didinimo priemonė. Daug energijos prarandama dėl netobulos ir neinformatyvios apšvietimo tinklo valdymo technikos, kuri pablogina esamos situacijos įvertinimą, tinkamo sprendimo priėmimą ir jo vykdymo kontrolę. Apšvietimo tinklų informacinio aprūpinimo ir valdymo kokybei pagerinti yra keletas alternatyvų.

Ventiliacija (ventiliatoriaus variklis)

Ventiliacijos įrenginiuose energija prarandama dviem kanalais. Pirmasis kanalas – tai šilumos energija, išmetama iš ventiliuojamos patalpos kartu su jos šiltu oru. Antrasis – tai elektros energijos nuostoliai ventiliatoriaus variklyje. Pirmojo kanalo energijos nuostoliai – tai specializuotų skyrių tema. Čia analizuojamos tik antrojo kanalo nuostolių atsiradimo priežastys.

Ventiliatoriaus variklio suvartojama energija proporcinga variklio galingumui ir jo darbo trukmei:

$$W = P \cdot T.$$

Savo ruožtu ventiliatoriaus variklio galingumas priklauso nuo ventiliavimo sistemos parametru:

$$P = \frac{Q \cdot h}{102 \cdot \eta},$$

Čia: Q – ventiliatoriaus našumas, m^3/s ;

h – ventiliatoriaus slėgis;

η – ventiliatoriaus naudingumo veikimo koeficientas.

Matematinės išraiškos rodo, kad papildomi energijos nuostoliai atsiras, jeigu:

- ventiliacijos sistemos darbo trukmė T bus didesnė, negu to reikalauja ventiliavimo sąlygos,
- ventiliacijos sistemos našumas Q bus didesnis, negu to reikalauja ventiliuojamos patalpos higieninės sąlygos,
- sistemos oro kanalų pasipriešinimas (nepakankamas skerspjūvis, užterštumas, daug posūkių ir įvairių alkūnių) h bus nepagrįstai didelis,
- pats ventiliatorius turi aukštą naudingo veikimo koeficientą η .

Elektros energijos suvartojimą ventiliacijos įrenginiuose galima sumažinti atitinkamai keičiant išvardytuosius sistemos parametrus.

Vandens siurbiai (siurblio variklis)

Vandens siurblio variklio darbas panašus į ventiliatoriaus variklio darbą. Suvartotas energijos kiekis proporcingas siurblio darbo trukmei, vandens pakėlimo aukščiui, pakelto vandens kiekiui, vamzdyno pasipriešinimui ir paties siurblio naudingo veikimo koeficientui.

Pagrindinė išlaidų vandeniui pakelti taupymo priemonė – tai vandens bokštus ir rezervuarus užpildyti, jeigu tai nesusiję su kokiais nors technologiniais apribojimais, tada, kai elektros energijos tarifai suteikia dideles energijos kainos nuolaidas (žr. 3 skyrių).

Minėtinos ir kitos priemonės:

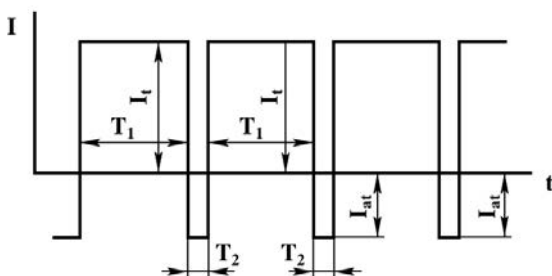
- tikrinti, kad nebūtų užsiteršę vandens paėmimo filtrai,
- tikrinti, kad nebūtų vandens nuostolių dėl vamzdynų nesandarumų,
- tikrinti, kad tvarkingai veiktų automatinis siurblio išjungimas, kai vandens lygis rezervuare pasiekia reikiamą lygį.

Taip pat labai svarbu, kad siurblio elektros variklio galingumas ir sukimosi dažnis atitiktų siurblio vardinius parametrus.

Vietinis elektrinis transportas

Įmonėse ypač paplitęs akumuliatorinis transportas (elektriniai vežimėliai, elektriniai krautuvai ir kt.), kuris vartoja nemažai elektros energijos. Šis transportas turi labai žemą η , kurį sąlygoja elektrocheminių akumuliatorių įkrovimo ir iškrovimo charakteristika. Rūgštinių akumuliatorių η gali būti pagerintas, taikant pagreintą įkrovimą kintamo ženklo srove (38 pav.). Rekomenduojami tiesioginės ir atgalinės srovės santykis ir jų tekėjimo trukmė: $I_t / I_{at} \approx 2$; $T_1 = 4 - 5$ s; $T_2 = 0.5 - 1$ s; $I_t = I_{2h\text{ išk.}} - 2$ valandų iškrovos srovė.

Naudojant tokį įkrovimo metodą, akumuliatoriaus η pagerėja 10%. Kartu tai leidžia sutaupyti 10% elektros energijos, kurią suvartoja elektrinis transportas.



38 pav. Akumuliatoriaus įkrovimo srovės kreivė:

I_t – tiesioginė srovė;

I_{at} – atgalinė srovė;

T_1, T_2 – srovės tekėjimo trukmė.

Elektros variklio, dirbančio technologiniame įrenginyje, bendrieji efektyvumo principai

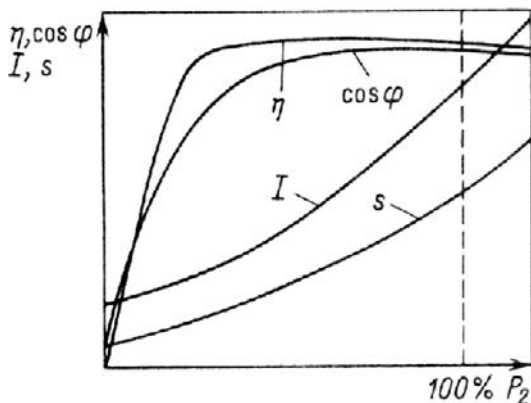
Pramonės technologiniuose įrenginiuose daugiausia dirba kintamosios srovės trifaziai asinchroniniai varikliai. Jų konstrukcija paprasta, jie yra patikimi ir pakankamai pigūs. Jų pagrindinės charakteristikos ir kartu efektyvumas priklauso nuo elektros energijos kokybės ir apkrauto laipsnio bei darbo režimo. Apkrovai sumažėjus žemiau 25% vardinės reikšmės, variklio efektyvumas staigiai krinta ir papildomų elektros energijos nuostolių santykis su naudingai atliekamu darbu sparčiai didėja (39 pav.).

Paanalizuosime keletą praktinių pavyzdžių. Siekiant įvertinti tokio variklio, o kartu ir technologinio įrenginio, kuriame dirba variklis, energijos vartojimo efektyvumą, pirmiausia reikia išmatuoti ir užfiksuoti variklio momentinių apkrovų kitimo darbo procese diagramą. Apkrovų diagramos vaizdžiai parodo apkrovos proceso pobūdį.

40 pav. pavaizduota medienos kapklės, dirbančios medžio plaušo gamybos technologinėje linijoje, apkrovos kitimo diagrama per 11 valandų.

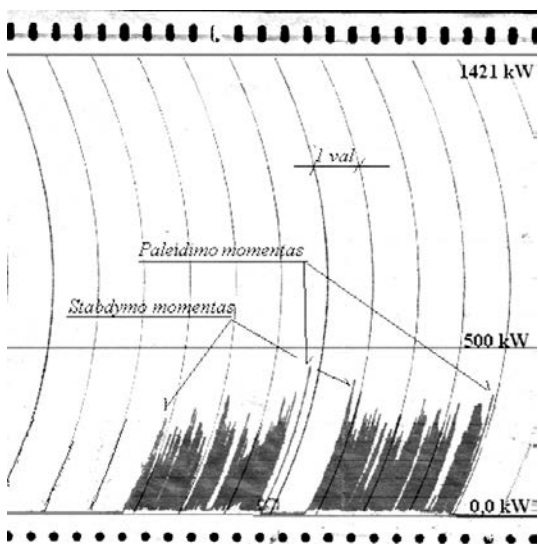
Apkrovos svyravimo amplitudė kinta nuo įrenginio tuščiosios eigos iki 150–300 kW, esant vardinei galiai 500 kW. Akivaizdu, kad kapklės apkrovos svyravimo dažnį ir jo amplitudę nulemia rąstų padavimo dažnis ir jų storis.

Kapklės dirba kaip tik nepalankiausiame energijos vartojimo efektyvumo požūrių apkrovų diapazone. Nuolatos kintant apkrovos dydžiui, nuolatos kinta ir variklio naudingo veikimo koeficientas.



39 pav. Asinchroninio variklio charakteristikų priklausomybė nuo santykinės apkrovos dydžio.

Vidutinė kapklės apkrova siekia 97,9 kW. Tokia apkrova atitinka kapklės (MRN-100) apkrautumą 18,1 %. Kai yra tokia apkrova asinchroninio variklio naudingo veikimo koeficientas sumažėja nuo vardinės reikšmės 92 % iki 60–65 %.

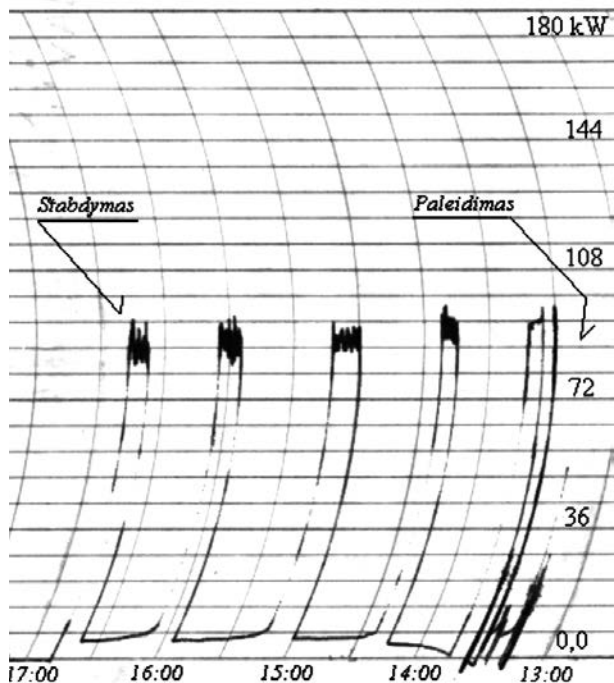


40 pav. Kapoklės Nr.3 apkrovos diagrama 2003 m. vasario 7 d. (500 kW – variklio paiekiamą vardinę galią, tačiau ji tesudaro 92% imamos iš tinklo vardinės galios – 540 kW).

Tai reiškia, kad kapoklėms dirbant tokiu režimu, lyginamasis elektros energijos suvartojimas padidėja 30%. Tiek pat padidėja ir išlaidos elektros energijai. Galima apskaičiuoti, kiek per metus padidėja išlaidoselektros energijai. Pagal esamą darbo režimą ir vidutinę perkamos elektros energijos kainą metinės išlaidos elektros energijai, palyginti su galimu optimaliu darbo režimu ir apkrova, gali siekti 14 272 Lt.

Kitas tokio įrenginio darbo padarinys – santykinis didelis reaktyviosios energijos poreikavimo padidėjimas. Nors reaktyvioji srovė jokio naudingo darbo neatlieka, tačiau ji papildomai apkrauna elektros linijas ir galios transformatorius ir sukuria juose papildomus aktyviosios energijos nuostolius, kurie sumuojasi prie bendro suvartotos elektros energijos kiekio.

Kitas pavyzdys – cirkuliacinio siurblio, veikiančio toje pačioje technologinėje linijoje, darbas. Siurblys veikia periodiniu režimu su pertraukomis tarp apkrovų, trunkančiomis 30–45 minučių.



41 pav. Cirkuliacinio siurblio apkrovos diagrama 2002 m. gegužės 23 d.

Nors šiuo atveju siurblio santykinės apkrovos dydis atitinka optimalios apkrovos dydį ir dėl jos variklio efektyvumas nesumažėja, tačiau tarpuose tarp apkrovų siurblys neišjungiamas ir dirba tuščiaja eiga, todėl padaro nuostolių. Šių nuostolių metinė piniginė išraiška bus lygi suminei tuščiosios eigos trukmei per metus, padaugintai iš vidutinės įmonės perkamos elektros energijos kainos.

6 GARO SISTEMOS

Ižanga

Technikoje naudojamoms įvairios šilumos perdavimo priemonės energijai transportuoti į reikalingas technologinio proceso vietas. Dažniausiai tam naudojamas vanduo arba vandens garai. Tai nulemia šios vandens savybės:

- vanduo yra dažniausiai randamas skystis žemėje ir todėl yra nebrangus ir prieinamas. Jis taip pat yra chemiškai stabilus ir nepavojingas sveikatai,
- vanduo garuoja, virsdamas garu, kai temperatūra kur kas žemesnė nei metalurginės katilų plieno atsparumo ribos,
- ir vanduo, ir garas yra geri šilumos kaupikliai, be to, vandeniui paversti garu taip pat sunaudojama daug šilumos, kurią vėliau galima panaudoti, todėl įrengimų dydžiai ir sąnaudos nėra per daug dideli,
- vanduo ir garas tiekia šilumą bet kokiam procesui, kondensuodamasis esant pastoviai temperatūrai ir su dideliu šilumos atidavimo koeficientu. Pastovi kondensacijos temperatūra išeliminuoja bet kokią temperatūros gradientą ant šilumos perdavimo paviršių.

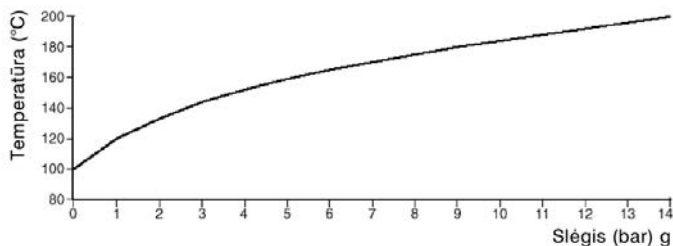
Garas gaunamas kaitinant vandenį. Esant atmosferiniam slėgiui užvirinti vieną kilogramą vandens reikia 419 kJ, šis šilumos kiekis yra vadinamas vandens entalpija. Kai slėgis aukštesnis, vandens entalpija didėja, kartu kyla ir vandens virimo temperatūra. Toliau kaitinamas verdantis vanduo virsta garu. Šilumos kiekis, kurio reikia norint išgarinti vieną kilogramą verdančio vandens, vadinamas garavimo entalpija. Galima pastebėti, kad išgarinimo entalpija yra gerokai didesnė nei vandens entalpija. Gauto garo turima sukauptą šiluminę energiją lygi vandens ir išgarinimo entalpijų sumai.

Slėgis barais	Temperatūra °C	Entalpija kJ/kg			Tūris m ³ /kg
		Vanduo h _f	Išgarinimas h _{fg}	Garas h _g	
0	100	419	2 257	2 676	1.673
1	120	506	2 201	2 707	0.881
2	134	562	2 163	2 725	0.603
3	144	605	2 133	2 738	0.461
4	152	671	2 108	2 749	0.374
5	159	641	2 086	2 757	0.315
6	165	697	2 066	2 763	0.272
7	170	721	2 048	2 769	0.240

Kalbant apie garą, paprastai vartojamos sąvokos *sotus* ir *perkaitintas* arba *sausas* ir *drėgnas* garas.

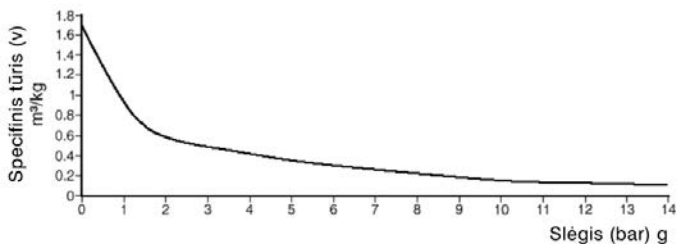
Ne visai išgarinus vandenį, gaunamas šlapias garas, kurį toliau kaitinant garas sausėja ir tampa sotus. Dar kaitinant gaunamas perkaitintas garas.

Sotaus garo slėgis ir temperatūra yra susiję netiesine priklausomybe (42 pav.)



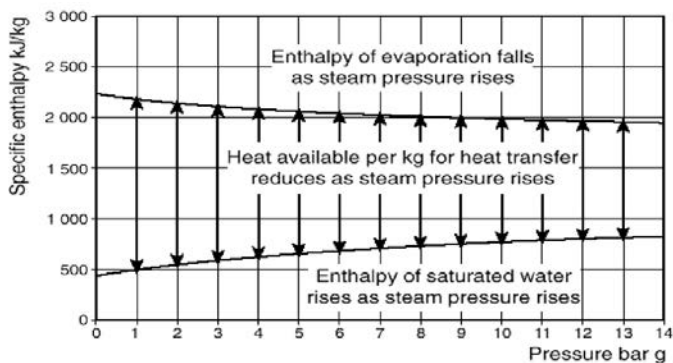
42 pav. Sotaus garo slėgio ir temperatūros priklausomybė.

Netiesine priklausomybe yra susiję ir garo slėgis bei specifinis tūris (43 pav.)



43 pav. Sotaus garo specifinio tūrio ir slėgio priklausomybė.

Dėl fizikinių procesų, vykstančių kaitinant ir garinant vandenį, gauname tokią garo slėgio ir specifinės entalpijos priklausomybę (44 pav.).



44 pav. Garo slėgio ir specifinės entalpijos priklausomybė.

Iš šio grafiko matome, kad didėjant slėgiui didėja vandens entalpija, tačiau išgarinimo ir kartu garo entalpija mažėja. Šios garo savybės lemia jo gamybos, transportavimo ir panaudojimo ypatybes. Pateiksime keletą pavyzdžių.

Pavyzdys Nr. 1

Palyginkime sauso sotaus garo pernešamą šilumą prie vienodo tūrinio debito ir greičio, bet prie skirtingų slėgių.

Conditions	steam at 2 bar g		steam at 6 bar g	
volumetric flowrate (\dot{V})	0.01	m ³ /s	0.01	m ³ /s
mass flowrate (per second) (\dot{m})	$\dot{V} / v = 0.01658$	kg/s	$\dot{V} / v = 0.03676$	kg/s
mass flowrate (per hour) (\dot{m})	60	kg/h	132	kg/h
velocity (C)	30	m/s	30	m/s
specific enthalpy (h_{tg})	2 163 (from table)	kJ/kg	2 066 (from table)	kJ/kg
specific volume (v)	0.603 (from table)	m ³ /kg	0.272 (from table)	m ³ /kg
enthalpy by volume (h_v)	3 587 (from table)	kJ/m ³	7 597 (from table)	kJ/m ³
heat supplied (\dot{Q})	$\dot{V} \times h_v = 36$	kW	$\dot{V} \times h_v = 76$	kW

Kaip matome, esant vienodam tūriniam debitui ir greičiui, gerokai skiriasi perduodamas šilumos kiekis.

Pavyzdys Nr. 2

Conditions	steam at 2 bar g		steam at 6 bar g	
heat supplied (\dot{Q})	100	kW	100	kW
enthalpy by volume (h_v)	3 587 (from table)	kJ/m ³	7 597 (from table)	kJ/m ³
volumetric flowrate (\dot{V})	$\dot{Q} / h_v = 0.02788$	m ³ /s	$\dot{Q} / h_v = 0.01316$	m ³ /s
specific enthalpy (h_{tg})	2 163 (from table)	kJ/kg	2 066 (from table)	kJ/kg
mass flowrate (\dot{m})	$\dot{Q} / h_{tg} = 0.0462$	kg/s	$\dot{Q} / h_{tg} = 0.0484$	kg/s
mass flowrate (\dot{m})	= 166	kg/h	= 174	kg/h
velocity (C)	$\dot{V} / c.s.a. = 57$	m/s	$\dot{V} / c.s.a. = 27$	m/s

Šiame pavyzdyje pateikiame skaičiavimus, koks sotaus sauso garo srauto greitis gaunamas perduodant tą patį šilumos kiekį.

Pateikti pavyzdžiai iliustruoja keletą efektyvaus garo transportavimo ir panaudojimo principų:

1. Patartina transportuoti kuo aukštesnio slėgio garą.
 - Tai leidžia naudoti mažesnio diametro vamzdynus ir sumažina pradinės investicijas į garo sistemos statybą.
 - Mažesnio skersmens vamzdynai turi mažesnę paviršiaus plotą, todėl sumažėja šilumos nuostoliai.
 - Kai aukštesnis slėgis, garo srauto greitis yra mažesnis, todėl mažėja slėgio nuostoliai vamzdyne, mažiau naudojama garo reguliavimo ir paskirstymo įranga. Dėl to pailgėja garo tiekimo sistemų tarnavimo laikas ir sumažėja eksploatacinės išlaidos.
2. Patartina naudoti kuo mažesnio slėgio garą.
 - Tokiu būdu dėl didesnės specifinės entalpijos galima gauti didesnę naudingą šilumos kiekį.

- Mažinant garo slėgį, pagerėja garo kokybė, nes šlapias garas, sumažinus slėgį, sausėja.
 - Šilumos mainų įrengimai gali būti žemesnės slėgio klasės, todėl jų įrengimo išlaidos sumažėja.
3. Būtina užtikrinti gerą garo tiekimo vamzdynų šiluminę izoliaciją.
 - Tokiu būdu sumažinamas šilumos, išspinduliuojamos į aplinką per vamzdžių sienelės, kiekis.
 - Sumažėja garo kondensacija ant vamzdžių sienelių, todėl garas išlieka sausesnis.
 4. Transportuoti ir naudoti reikia tik švarų ir sausą garą. Todėl naudojami purvo rinktuvai ir garo filtrai, įrengiami trasų drenavimo taškai ir garo separatoriai, oro išleidikliai.
 - Dėl didelių garo srauto greičių jame esantys svetimkūniai gali sugadinti garo sistemos įrangą.
 - Gare esančios priemaišos (oras, kondensatas, purvas ir kt.), sudaro kliūtis šilumos mainams ir tuo sumažina šilumos mainų įrenginių našumą.
 - Gare esantis kondensatas gali sukelti hidraulinius smūgius ir sugadinti technologinę įrangą bei sukelti avarijas.
 5. Rekomenduojama paduoti tiksliai tiek garo ir tokių parametrų, kiek reikia, į technologinį procesą.
 - Tam naudojama garo reguliavimo armatūra (elektriniai, pneumatiniai ir tiesioginio veikimo slėgio, srauto ir temperatūros reguliatoriai).

Garo tiekimas

Garas tiekiamas prie technologinių įrenginių magistraliniais vamzdynais ir atšakomis nuo garo kolektorių. Garo kolektoriai turėtų būti įrengiami kuo arčiau garo vartotojų, todėl patartina įrengti keletą garo kolektorių, kad atšakos į įrengimus būtų kuo trumpesnės.

Projektuojant magistralinius garo vamzdynus labai svarbu tinkamai parinkti jų skersmenis. Neteisingai parinkus vamzdynus, galimos dvi klaidos:

Per dideli vamzdžiai – tai:

- didesnės išlaidos,
- didesni šilumos nuostoliai,
- didesnis kondensato kiekis.

Per maži vamzdžiai – tai:

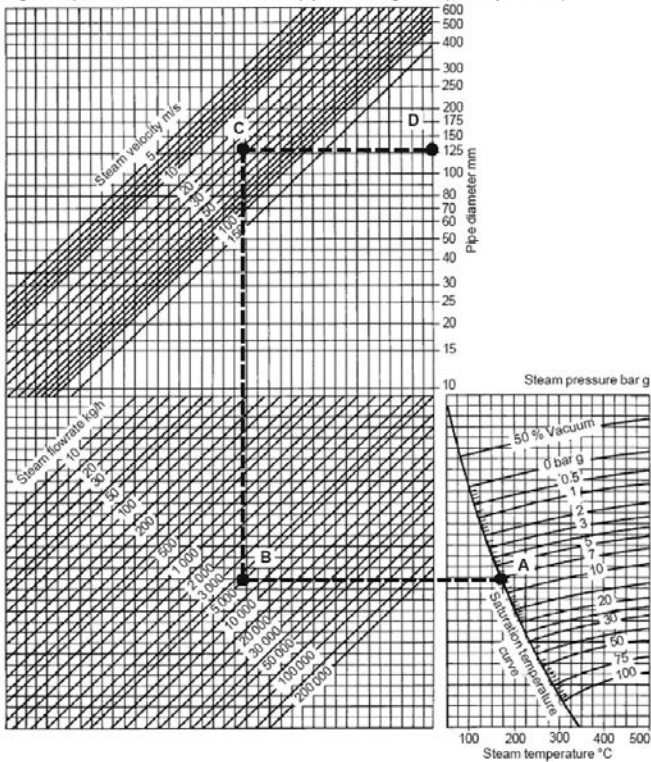
- žemesnis slėgis garo vartojimo vietose dėl didesnių nuostolių,
- nepakankamas garo kiekis,
- hidrauliniai smūgiai ir erozija,
- magistraliniai garo vamzdynai gali būti parenkami pagal garo srauto greitį ir slėgio nuostolius.

Trumpi magistraliniai vamzdynai ir atšakos dažniausiai parenkami pagal garo srauto greitį, nes nuostoliai juose yra pakankamai maži dėl trumpumo. Tokiu atveju galima naudotis sudarytomis lentelėmis (45 pav.) arba kreivių kombinacijomis (46 pav.).

Slėgis bar g	Greitis m/s	Nominalus vamzdžio dydis / Tikslus vidinis diametras										
		15 15,8	20 20,93	25 26,64	32 35,04	40 40,9	50 52,5	65 62,7	80 77,92	100 102,26	125 128,2	150 154,05
0,4	15	9	15	25	43	58	95	136	210	362	569	822
	25	14	25	41	71	97	159	227	350	603	948	1369
	40	23	40	66	113	154	254	363	561	965	1517	2191
0,7	15	10	18	29	51	69	114	163	251	433	681	983
	25	17	30	49	85	115	190	271	419	722	1135	1638
	40	28	48	78	136	185	304	434	671	1155	1815	2621
1	15	12	21	34	59	81	133	189	292	503	791	1142
	25	20	35	57	99	134	221	315	487	839	1319	1904
	40	32	56	91	158	215	354	505	779	1342	2110	3046
2	15	18	31	50	86	118	194	277	427	735	1156	1669
	25	29	51	83	144	196	323	461	712	1226	1927	2782
	40	47	82	133	230	314	517	737	1139	1961	3083	4451
3	15	23	40	65	113	154	254	362	559	962	1512	2183
	25	38	67	109	188	256	423	603	931	1603	2520	3639
	40	61	107	174	301	410	676	964	1490	2565	4032	5822
4	15	28	50	80	139	190	313	446	689	1186	1864	2691
	25	47	83	134	232	316	521	743	1148	1976	3106	4485
	40	75	132	215	371	506	833	1189	1836	3162	4970	7176
5	15	34	59	96	165	225	371	529	817	1408	2213	3195
	25	56	98	159	276	375	619	882	1362	2347	3688	5325
	40	90	157	255	441	601	990	1411	2180	3755	5901	8521
6	15	39	68	111	191	261	430	613	947	1631	2563	3700
	25	65	114	184	319	435	716	1022	1578	2718	4271	6167
	40	104	182	295	511	696	1146	1635	2525	4348	6834	9867
7	15	44	77	125	217	296	487	695	1073	1848	2904	4194
	25	74	129	209	362	493	812	1158	1788	3080	4841	6989
	40	118	206	334	579	788	1299	1853	2861	4928	7745	11183

45 pav. Garo vamzdinių parinkimo lentelė.

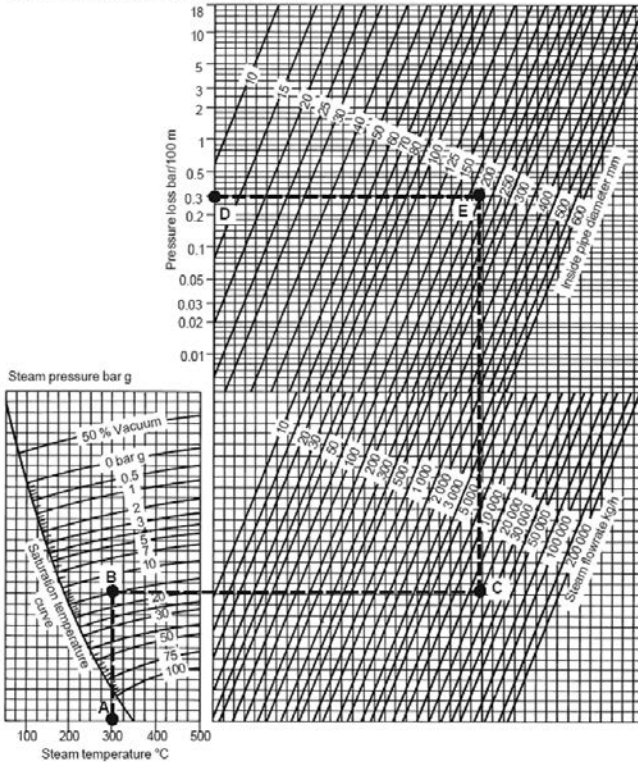
Fig. 6 Superheated and saturated steam pipeline sizing chart (velocity method)



46 pav. Garo vamzdynų parinkimo kreivių kombinacija (pagal greitį).

Parentant ilgus magistralinius vamzdynus arba ilgus atšakas, geriau remtis slėgio nuostolių metodu. Skaičiuojant pagal šį metodą, nusistatomi leistini nuostoliai vamzdyno atkarpoje, o vėliau skersmenys parenkami taip, kad visų vamzdyno elementų (alkūnių, susiaurėjimų, armatūros ir t.t.) sudaromi nuostoliai neviršytų nusistatyto dydžio. Lygių vamzdžio atkarpų skersmenims parinkti galima naudoti 47 pav. pateikiamą kreivių kombinaciją.

Fig. 7 Steam pipeline sizing chart (pressure drop method)

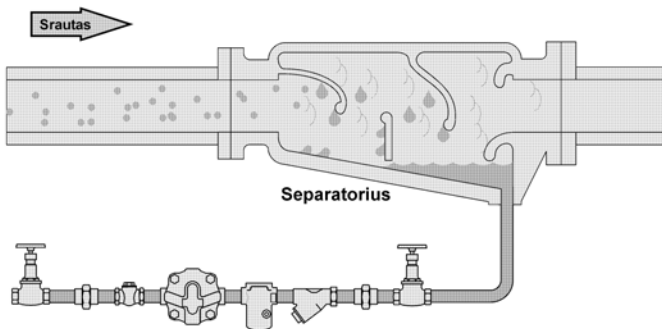


47 pav. Garo vamzdinių parinkimo kreivių kombinacija (slėgio nuostolių metodas).

Garų vamzdinių įrengimas

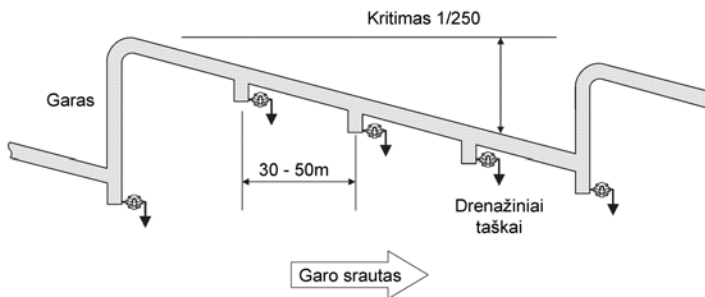
Įrengiant garo vamzdinius, būtina atsižvelgti į garo kaip terpės specifiką, todėl galima pateikti šias rekomendacijas:

- Po garo šaltinio rekomenduojama įrengti garo separatorius. Tokie separatoriai atskiria gare esančius kondensato lašelius ir garas lieka sausesnis. Separatoriaus įrengimo pavyzdys pateiktas 48 pav.



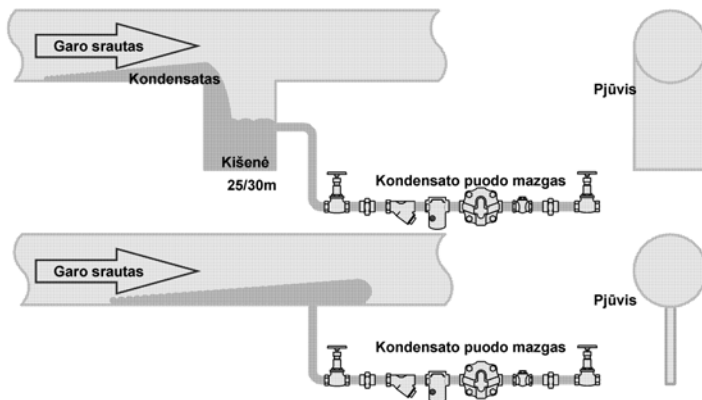
48 pav. Garo separatoriaus mazgas.

- Magistraliniuose vamzdynuose susidarantį kondensatą iš ten reikia pašalinti – įrengti vamzdynų drenavimo taškus. Jeigu taip nepadaro, nukenčia garo kokybė, jis tampa šlapias, o dideliu greičiu garo vamzdžiais judantis kondensatas gali sukelti hidraulinius smūgius ir eroziją. Rekomenduojamas trasų paklojimo pavyzdys pateiktas 49 pav.



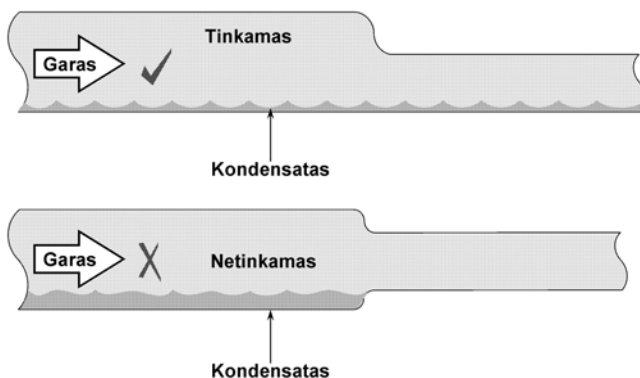
49 pav. Garo trasos įrengimo pavyzdys.

- Įrengiant trasų drenavimo taškus, būtina suformuoti kondensato kišenes, kad dideliu greičiu tekantis kondensatas, aplenkdamas drenažo tašką, neprabėgtų vamzdžiu tolyn. Tam paprastai daroma nominalaus vamzdžio skersmens kišenė, o plonesnis kondensato nuvedimo vamzdis jungiamas į ją aukščiau jos dugno, kad į kondensato puodą patektų kuo mažiau šiukšlių (50 pav.).



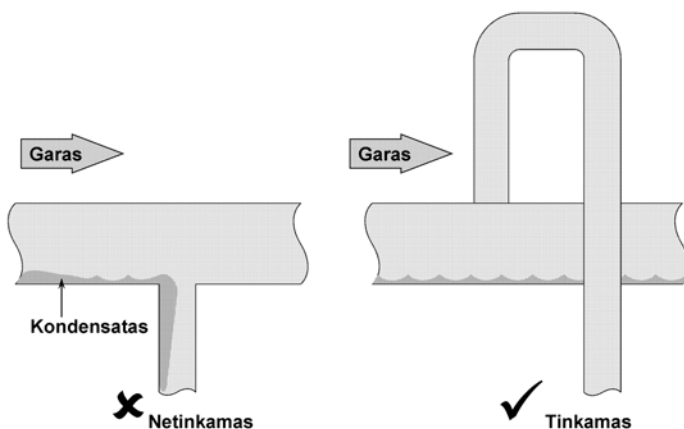
50 pav. Drenavimo taško įrengimo pavyzdys.

- Tiesiant garo vamzdynus, patartina naudoti ekscentrinį susiaurinimo intarpus, nes koncentriniai susiaurinimo intarpai sudaro sąlygas vamzdyje kauptis kondensatui (51 pav.).



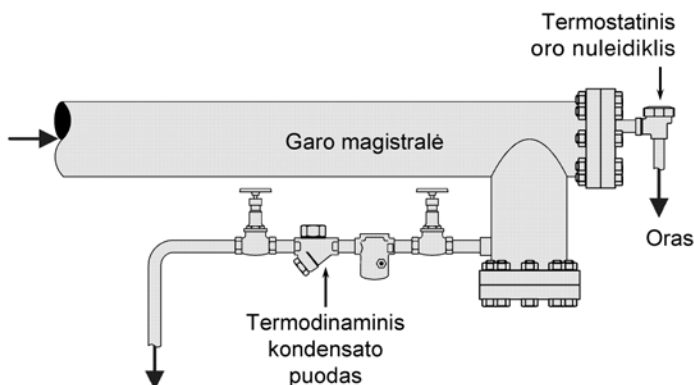
51 pav. Vamzdyno susiaurinimo įrengimas.

- Rekomenduojama montuojant mažesnio skersmens atšakas nuo magistralinių atšakų jungti prie viršutinės magistralės dalies, kad kondensatas negalėtų patekti į atšaką (52 pav.).



52 pav. Atšakos prijungimas prie magistralės.

- Garo magistralės gale rekomenduojama įrengti oro išleidimo mazgą, kad į vamzdynus patekęs oras galėtų išeiti ir nesudarytų kamščių, trukdančių cirkuliuoti garui (53 pav.).



53 pav. Oro išleidimo mazgo įrengimas.

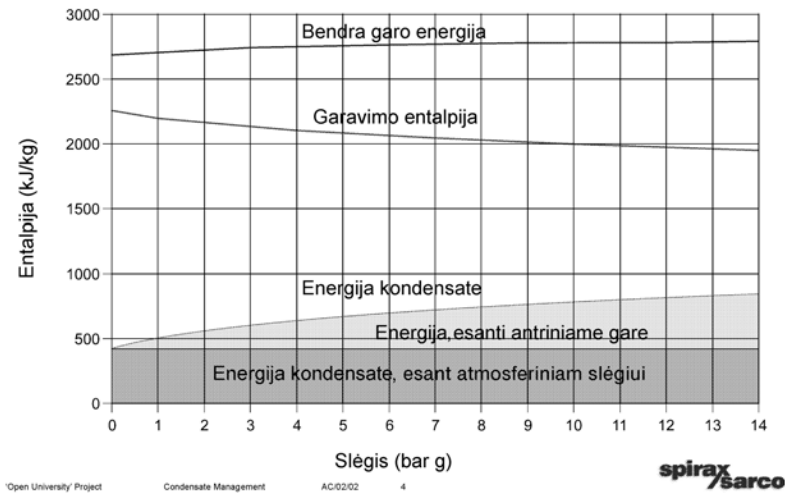
Kondensato grąžinimas

Veiksminga kondensato grąžinimo sistema, surenkanti karštą kondensatą iš garo vartotojų ir grąžinanti jį į katilinę, gali atsipirkti per gana trumpą laiką. Taip yra todėl, kad kondensatas yra vertingas energijos šaltinis. Grąžinant kondensatą,

sutaupomas chemiškai apdorotas katilo maitinimo vanduo, chemikalai bei šiluma, kurios reikia šaltam vandeniui pašildyti deaeratoriuje ar maitinimo bake.

Šis grafikas rodo energijos kiekį garė bei kondensate, esant įvairiems slėgiams:

Kondensato gražinimas



Open University Project

Condensate Management

AC/02/02

4

spirax/sarco

Be to, kuo mažiau kondensato gražinama, tuo mažesnis yra garinės katilinės našumas, nes daugiau garo sunaudojama deaeratoriuje, kad būtų pakelta šalto maitinimo vandens temperatūra.

Kondensatas paprastai yra distiliuotas vanduo, kuris neturi neištirpusių druskų. Todėl kuo daugiau kondensato gražinama, tuo mažesni garo katilo prapūtimai, o kartu prarandama mažiau šilumos, prapūtinėjant katilą.

Pagrindinės priežastys, dėl ko reikia gražinti kondensatą:

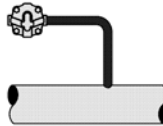
- mažiau sunaudojama vandens,
- sutaupoma kuro,
- sumažinami katilų prapūtimai – sumažėja energijos nuostoliai iš katilo,
- sutaupoma chemikalų.

Kondensato linijų tipai

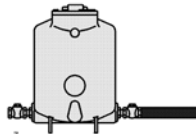
Linija iki kondensato puodo



Linija už kondensato puodo



Pakėlimo linijos po siurbliu



Open University Project

Condensate Management

AC/02/02

7

spirax/sarco

Pagrindiniai linijų tipai:

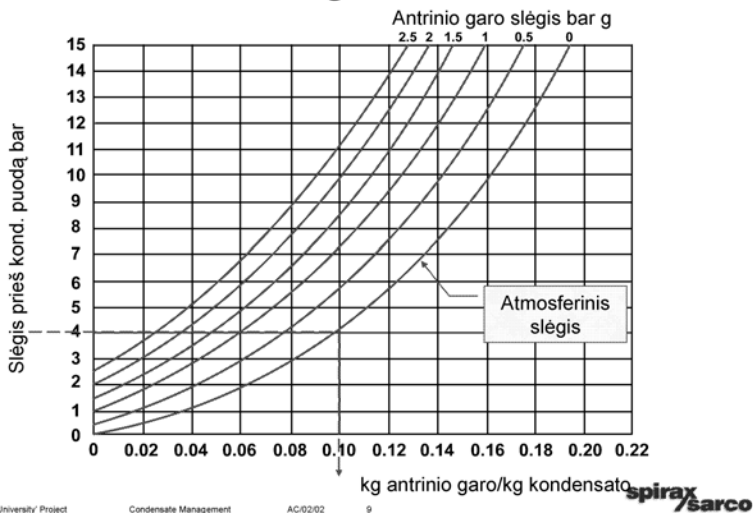
1. Linija iki kondensato puodo → skaičiuoti pagal kondensato kiekį.
2. Linija už kondensato puodo → skaičiuoti pagal antrinio garo kiekį.
3. Pakėlimo linijos po siurbliu → skaičiuoti pagal kondensato kiekį.

Antrinis garas

Antrinis garas – tai garas, susidarantis dėl slėgių skirtumo prieš kondensato puodą ir po kondensato puodo. Sotus vanduo, esant aukštesniam slėgiui, yra aukštesnės temperatūros, o, esant žemesniam slėgiui, ir temperatūra yra žemesnė. Dėl to atsiranda perteklinė temperatūra, kuri dalį kondensato paverčia antriniu garu.

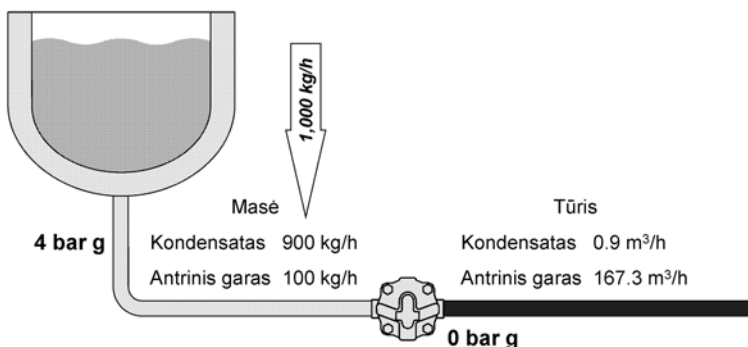
Pateiktame grafike galima matyti susidarančio antrinio garo kiekį:

Antrinio garo kreivės



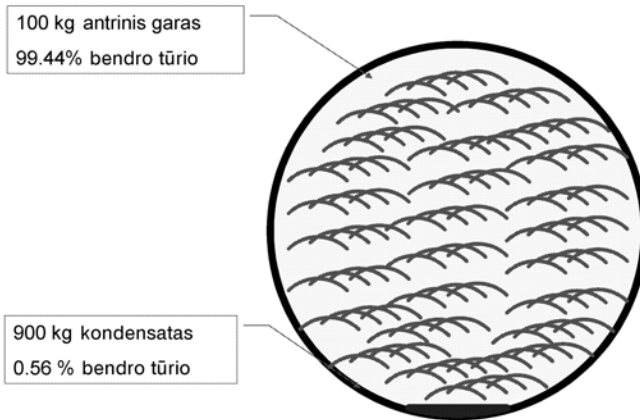
Pavyzdys:

Antrinio garo kiekis

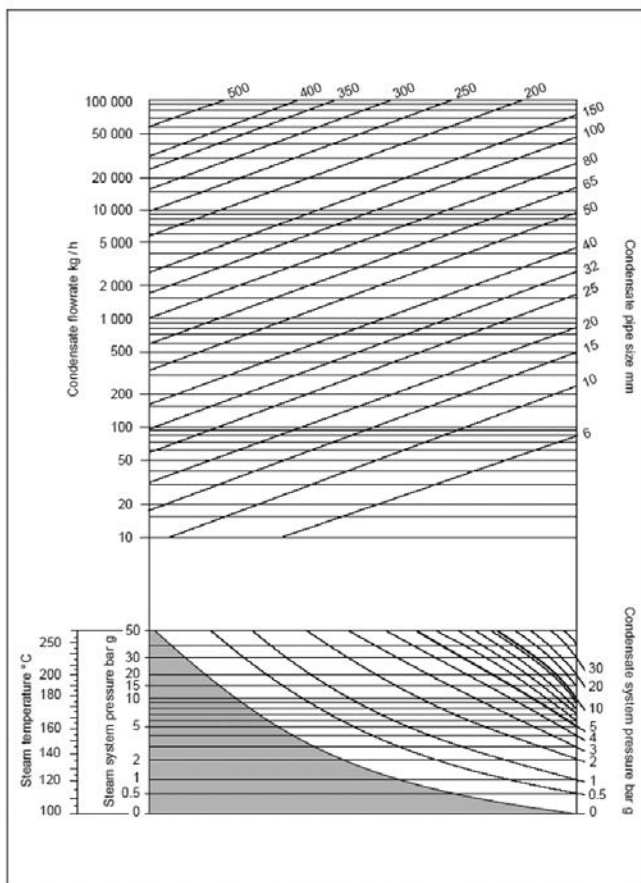


Nors antrinio garo kiekis yra gerokai mažesnis, palyginti su kondensatu, jis užima pagrindinę kondensato linijos dalį:

Antrinio garo kiekis vamzdyne



Kondensato linijos, kuriose yra antrinio garo, yra parenkamos, naudojantis šia diagrama:

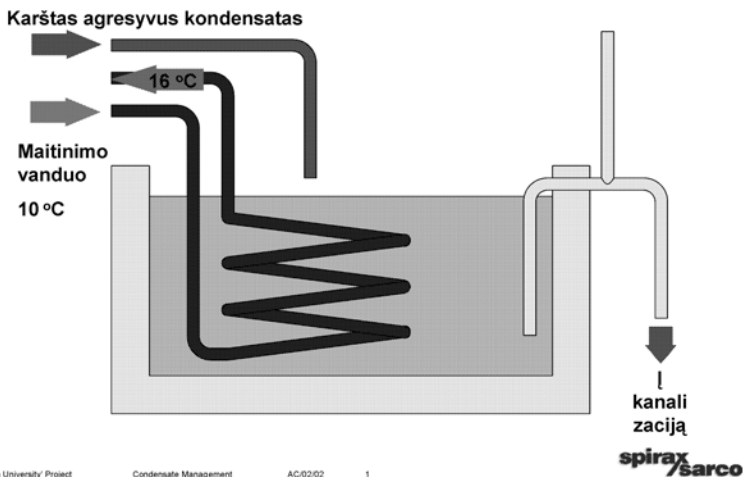


spray / **sarco**

Kartais gamyboje garas turi tiesioginį kontaktą su technologiniais produktais, todėl kondensatas būna užterštas ir jo negalima grąžinti. Tokiu atveju yra svarbu sutaupyti dalį energijos – atšaldyti užterštą kondensatą, t. y. susigrąžinti dalį jo šilumos.

Pati paprasčiausia schema – užterštas kondensatas surenkamas į vonią, kurioje per spiralę pašildomas šaltas maitinimo vanduo:

Užteršto kondensato utilizacija



Open University Project

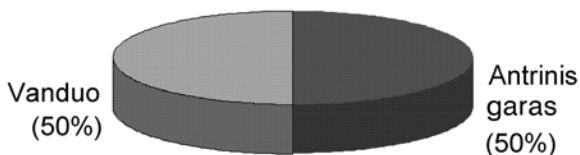
Condensate Management

AC/02/02

1

Tačiau čia šiluma paimama tik iš kondensato, o visiškai nepaimama iš antrinio garo. Paprastai kondensato vamzdyne esantis antrinis garas turi apie 50% energijos, taigi tai yra nemaža dalis, kurią tikrai verta taupyti.

Apytikslis energijos kiekis antriniame gare



Open University Project

Condensate Management

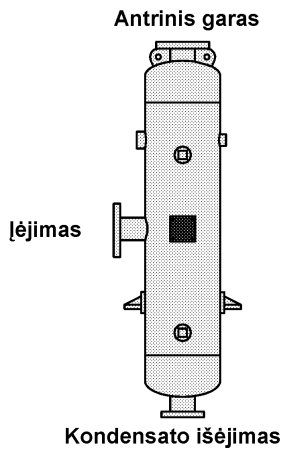
AC/02/02

3

spirax / sarco

Antrinis garas gali būti atskiriamas naudojant separatorius (išsiplėtimo indus):

Antrinio garo gražinimas



Open University Project

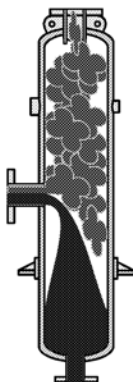
Condensate Management

AC/02/02

23

spirax
sarco

Antrinio garo gražinimas



Open University Project

Condensate Management

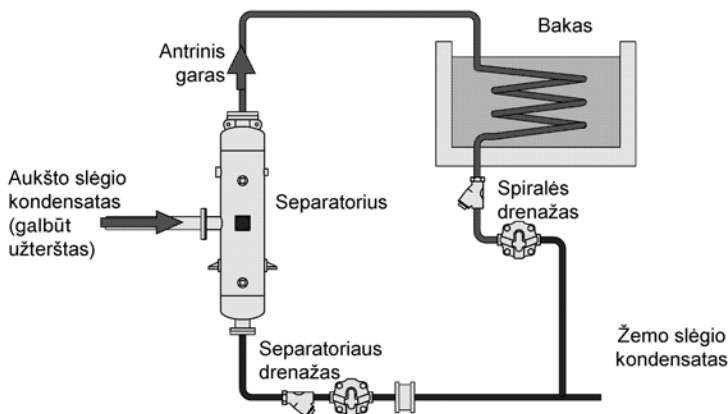
AC/02/02

24

spirax
sarco

Paprasta antrinio garo atskyrimo bei panaudojimo schema:

Šilumos gražinimas iš užteršto karšto kondensato



Open University Project

Condensate Management

AC/02/02

22

spirax
/sarco

Antrinis garas taip pat gali būti panaudojamas ir gamyboje, jeigu yra tenkinamos šios sąlygos:

Sąlygos, kad panaudot antrinį garą

- Pakankamas kondensato kiekis.
- Žemo slėgio garo panaudojimas.
- Panaudojimo vietos turi būti arti aukšto slėgio kondensato.

Open University Project

Condensate Management

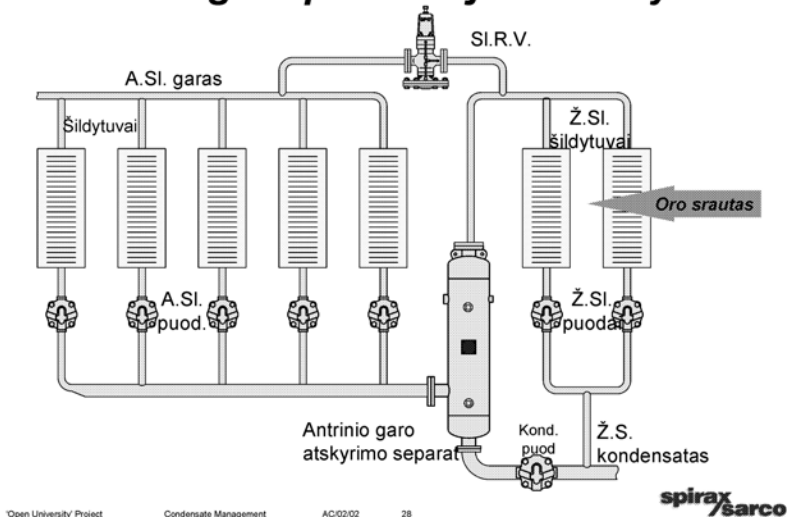
AC/02/02

26

spirax
/sarco

Paprastas pavyzdys – kai susidaręs antrinis garas iškart atskiriamas ir panaudojamas oro šildytuvuose:

Antrinio garo panaudojimas šildymui



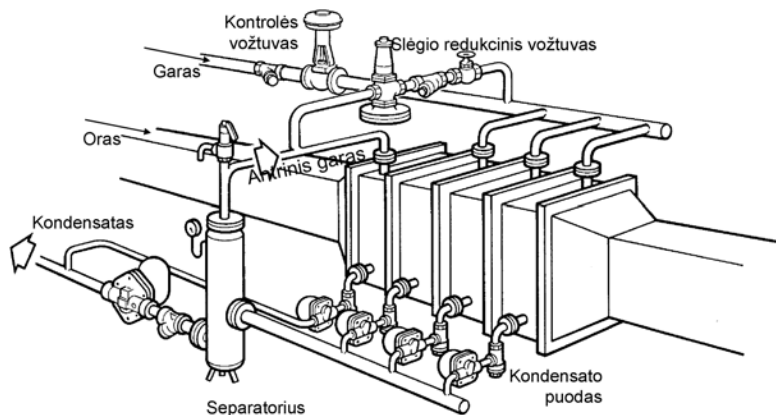
Open University Project

Condensate Management

AC/02/02

28

Antrinio garo panaudojimas šildymui



Open University Project

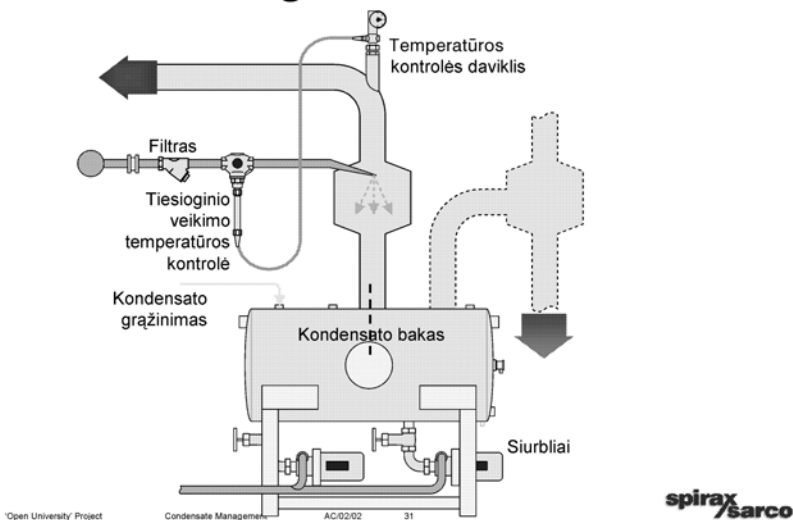
Condensate Management

AC/02/02

27

Gražinant karštą kondensatą (su antriniu garu) į atmosferinį kondensato baką, paprastai visas antrinis garas išeina per stogą. Dalį šilumos galima susigrąžinti kondensuojant išeinantį antrinį garą:

Antrinio garo kondensavimas

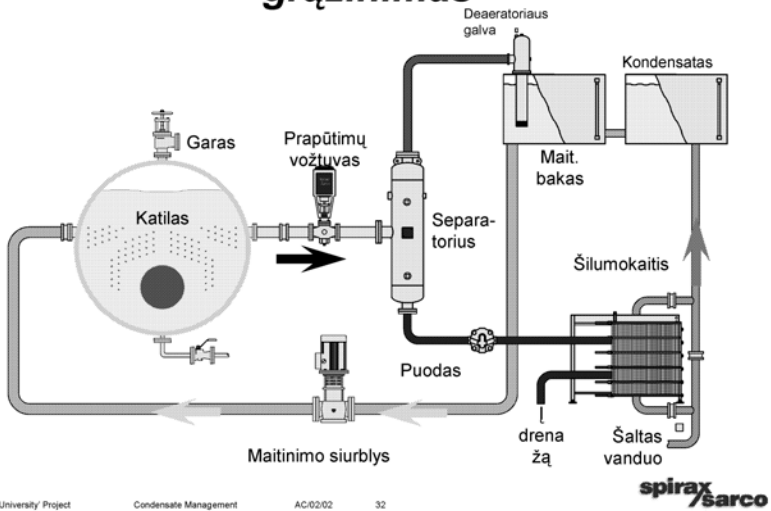


Nemažai šilumos (iki 80%!) galima susigrąžinti iš katilų prapūtimų. Tokiu atveju prapūtimus siūloma nuvesti ne į prapūtimų baką ar šulinį, o į separatorių. Jame išsiskyręs antrinis garas gali būti nuvestas tiesiai į deaeratorių maitinimo vandeniui pašildyti. Čia sutaupoma apie 50% šilumos. Karštas kondensatas iš separatoriaus gali būti atšaldomas šaltu vandeniu, panaudojant plokštelinį šilumokaitį. Čia galima sutaupyti dar apie 30% šilumos.

Paprastai tokia sistema atsiperka per 0,3–4 metus, tai priklauso nuo katilinės našumo bei prapūtimų kiekio.

Tipinė schema:

Nuolatinio prapūtimo šilumos grąžinimas



Open University Project

Condensate Management

AC/02/02

32

7 KOGENERACIJOS TAIKYMO LIETUVOS PRAMONĖS ĮMONĖSE ASPEKTAI

Elektros energijos kainos Lietuvoje

Čia aptarsime elektros energijos savikaina Lietuvoje (neįskaitant paskirstymo, tiekimo, pelno).

Vienu metu Lietuvoje gali veikti keletas elektrinių, turinčių visai skirtingą sąnaudų struktūrą. 1998 m. elektros energijos gamybos savikaina Ignalinos AE buvo 5,90 ct/kWh, Lietuvos elektrinėje - 11,34 ct/lcVWh, Vilniaus TE - 9,96 ct/kWh, Kauno TE - 13,75 ct/kWh, Kruonio HAE - 13,76 ct/kWh, Kauno HE - 1,0 ct/TtWh.

Vartotojai Lietuvoje:

1998 m. Lietuvoje buvo 1 317 615 elektros energijos vartotojų, iš jų:

- 2100 pramonės įmonių (gamyklų, akcinių bendrovių, gaminančių įvairią produkciją);
- 6070 gamybinių žemės ūkio vartotojų;
- 3025 biudžetinės organizacijos (ligoninės, mokyklos, vaikų darželiai, įvairios valstybės valdymo organizacijos, valstybinės įstaigos);
- 25 970 įvairių kitų vartotojų (parduotuvių, restoranų, viešbučių, turgų, kioskų);
- 1 280 450 buities vartotojų (gyvenamųjų namų, butų, garažų bendrijų, kolektyvinių sodų).

Visi Lietuvos Respublikos vartotojai per paskutinius metus vidutiniškai suvartojo apie 7 mlrd. kWh elektros energijos per metus (šiek tiek daugiau nei už 1 mlrd. litų). Iš jų gyventojai suvartoja apie 1,7 mlrd. kWh (300 mln. Lt).

Centralizuoto šilumos tiekimo kainos

Svarbiausios centralizuoto šilumos tiekimo problemos – šilumos nuostoliai trasose ir vamzdynai, kurie naudojami jau apie 16 metų. Siekiant užtikrinti normalų vamzdynų darbą, kasmet reikėtų pakeisti 4–5 proc. jų bendro ilgio. Kadangi trūksta lėšų, vamzdynų pakeičiama gerokai mažiau, todėl didėja šilumos nuostoliai tinkluose.

Šilumos tiekimo sektoriuje yra nemažai ekonominių ir techninių problemų. Jos gali būti veiksmingai sprendžiamos tik kartu su bendra viso energetikos sektoriaus strategija. Sprendžiant Lietuvos vartotojų aprūpinimo šiluma problemą, techninės politikos srityje reikėtų laikytis šių pagrindinių strateginių nuostatų:

1. Centralizuotose šilumos tiekimo sistemose, kuriose naudojamos gamtinės dujos, turi būti laipsniškai įrengiamos termofikacinės elektrinės, galinčios gaminti elektros energiją, kurios kaina būtų konkurencinga Ignalinos AE gaminamos elektros kainai.

2. Ten, kur susidaro daug degių atliekų, jos, ekonomiškai pagrindus, pirmiausia turi būti naudojamos šilumai gaminti. Tai mažintų kuro importą ir padėtų išspręsti atliekų saugojimo problemą. Turi būti įvertintos galimybės jas naudoti kombinuotai šilumos ir elektros gamybai.
3. Visose šilumos tiekimo sektoriaus grandyse būtina įrengti apskaitos prietaisus tiksliam šilumos gamybos, perdavimo ir skirstymo nuostolių bei galutiniam vartotojui patiekto šilumos kiekiui nustatyti. Tai turėtų pakeisti šilumos vartotojų elgseną.
4. Nuosekliai modernizuoti šilumos tiekimo sistemas, sudaryti vartotojams galimybę savo nuožiūra reguliuoti šilumos kiekį.
5. Skatinti esamų centralizuoto šilumos tiekimo sistemų modernizavimą ir ekonomiškai pagrįsti šildymo būdo bei naudojamo kuro parinkimą.

Valdymo ir kainodaros politikos srityje pagrindinės nuostatos turėtų būti tokios:

1. Nepaisant šilumos tiekimo sistemų nuosavybės formų, pagrindinis veiklos efektyvumo rodiklis ir pelno šaltinis turi būti ne energijos gamybos didinimas, o nuostolių mažinimas ir suteiktų paslaugų kokybė.
2. Skatinti energetinių paslaugų įmonių kūrimąsi.
3. Sudaryti sąlygas, kad patys vartotojai būtų suinteresuoti tobulinti šilumos ūkį ir galėtų daryti įtaką jo techninei bei ekonominei politikai.
4. Šilumos kainų politika ir kainodaros sistema turi skatinti šilumos ūkio modernizavimo procesą.
5. Pirmiausia nustatyti termofikacinių elektrinių gaminamos energijos kainodaros principus ir elektros energijos pirkimo iš jų tvarką.

Smulkūs vartotojai, esantys atokiau nuo dujotiekių ir šilumos tiekimo sistemų, jei jų prisijungimas prie šių sistemų ekonomiškai nepagrindžiamas, atsižvelgiant į vietos sąlygas, naudos:

- naftos produktus,
- malkas, medienos atliekas ir durpes,
- akmens anglis,
- elektros energiją.

Centralizuotas planinis ūkis, monopolinė šilumos tiekėjų padėtis, realių ekonomikos dėsnių ir konkurencijos nebuvimas sukūrė esamą techninę ir ekonominę situaciją, kurią reikia keisti, norint taupyti energiją ir lėšas, turėti komfortą ir švaresnę aplinką.

Gamtinių dujų kainos

Naudojamo kuro rūšį daugiausia nulemia jo kaina bei vykdoma šalies energetikos politika. Gamtinės dujos, kaip viena pirminės ir galutinės energijos rūšių, gana plačiai naudojamos daugelyje Europos šalių. Gamtinės dujas naudoja ir gyventojai, ir pramonė, ir energetikos sektorius. Bendras jų sunaudojimas Europos Sąjungos šalyse nuolat didėja.

Lietuvoje gamtinių dujų realizavimas labai sumažėjęs. 1991 m. buvo realizuota 6,01 mlrd. m³ dujų, o 1993 m. – 1,80 mlrd. m³, 1995 m. - 1,23 mlrd. m³, o 1999 m. – 1,12

mlrd. m³. Tokiam dideliui dujų realizavimo nuosmukiui turėjo įtakos vykstantys pokyčiai pramonės ir žemės ūkio struktūroje, taip pat sumažėjusi iš Rusijos įvežamo mazuto kaina (1998/1999 m. žiemą ji buvo sumažėjusi iki 200 Lt/t). Eelektrinėse bei katilinėse deginamas mazutas, nes jis pigesnis, todėl mažesnės gamybos išlaidos, mažesnis ir tarifas vartotojams už pagamintą produktą.

Visoje Europoje jau keletą metų mazuto sunaudojimas nors ir nelabai sparčiai, bet pastebimai mažėja. To priežastys – dideli Europos šalyse išmetamų teršalų mokesčiai, kurie mazuto kainą suvienodina su gamtinių dujų kaina ir verčia ją mažiau naudoti. Atsižvelgiant į jau Lietuvoje sukurtas dujų tiekimo technines priemones bei aplinkosaugos reikalavimus, gamtinės dujos yra perspektyviausia organinio kuro rūšis. Dėl narystės ES, keliami gerokai griežtesni reikalavimai, kurie turėtų paskatinti vartotojus rinktis ekologiškai švarų kurą – dujas. Pereinant prie gamtinių dujų kūrenimo, nereikalingos investicijos, nes visos elektrinės, deginančios mazutą, gali deginti ir dujas.

Energetikos balanse gamtinėms dujoms skiriama daug dėmesio ir prognozuojama, kad jų sunaudojimas ateityje sudarys apie 40–45% visų šalies energetinių poreikių. Manoma, kad jau per artimiausius 5 metus šalyje gamtinių dujų bus sunaudojama 30% daugiau. Gamtinių dujų realizavimo mastus tikimasi didinti plečiant paskirstomojo tinklo statybą, sudarant galimybes prisijungti naujiems dujų vartotojams.

Gamtinių dujų naudojimo Lietuvoje šiuo metu neriboja ir artimiausiu neribos jų tiekimo galimybės. Labiausiai tikėtina, kad per artimiausius 5–10 metų dujos bus tiekiamos tik iš Rusijos.

Gamtinės dujos Lietuvos gyventojams tiekiamos iš Baltarusijos pusės magistraliniu dujotiekiu (skersmuo – 1200 mm) Minskas–Vilnius, kurio projektinis pajėgumas – iki 12 mlrd. m³ per metus. Todėl yra galimybių tiekti į šalį dar daugiau dujų. Lietuvoje šiuo metu veikiančios dujų skirstymo stotys (jų yra 51) nėra labai apkrautos.

Šiuo metu ruošiami Generalinė dujų tiekimo schema (iki 2015 m.). Schemoje bus atlikta esamų dujotiekių pajėgumo analizė, pagrįstos naujų dujotiekių tiesybos bei galimi alternatyvaus dujų tiekimo variantai. Bus išnagrinėti du dujų sunaudojimo šalyje iki 2015 m. variantai: uždarius Ignalinos AE ir ją eksploatuojant iki projekcinio darbo pabaigos. Atominis kuras sudaro apie 80% visų šalies elektros energijos gamybos energinių išteklių, todėl uždarius Ignalinos AE gamtinės dujos taptų strateginiu kuru.

Vartotojams, kurių kuro poreikis nedidelis, rekomenduojama kaip ekologišką kuro rūšį naudoti suskystintas dujas. Suskystintų dujų tiekimo patikimumui užtikrinti galima diegti pažangias technologijas bei sukaupti suskystintų dujų atsargas, už kurias atsakingos jas tiekiančios ir importuojančios įmonės.

Projektų įvertinimo metodai

Projektams įvertinti ir sprendimams priimti naudojami šie metodai:

1. Atsipirkimo laikas (Payback).
2. Grynoji esamoji vertė (NPV – Net Present Value).
3. Vidinė pelno norma (IRR – Regular Internal Rate of Return).
4. Projekto balansas.

Atsipirkimo laikas

Atsipirkimo laikas – tai laikas, per kurį gaunamos grynosios įplaukos iš investicijų ir padengiamos investicijai skirtos išlaidos. Šis metodas parodo santykinį investicinio pasiūlymo patrauklumą. Šiuo metodu apskaičiuotas atsipirkimo laikas yra apytikris, nes pinigų srautai čia nediskontuojami.

Atsipirkimo laikas skaičiuojamas taip:

$$n = \frac{K}{CF};$$

čia:

n – atsipirkimo laikas (metais);

K – kapitalo investicijos (Lt);

CF – pinigų srautai (Lt).

Kuo trumpesnis atsipirkimo laikas, tuo projektas geresnis.

Remtis atsipirkimo laiko kriterijumi lengva, tačiau jis turi du trūkumus:

- neatsižvelgia į pinigų srautus po investicijų atsipirkimo laiko,
- neįvertina laiko veiksnio, todėl pinigų vertė nesikeičia.

Dėl minėtų trūkumų buvo sukurta diskontuota pinigų srauto metodika, pagal kurią įvertinama laiko įtaka pinigų srautams.

Diskontavimas – tai mokėjimas arba būsimųjų pinigų srautų esamosios vertės radimo procesas.

Svarbiausi diskontuotų pinigų srautų metodai – grynoji esamoji vertė ir vidinė pelno norma.

Grynosios esamosios vertės metodas

Grynosios esamosios vertės metodu projektai įvertinami, skaičiuojant visų būsimųjų grynujų pinigų srautų, diskontuotų pagal ribines kapitalo išlaidas, esamąją vertę. Šių diskontuotų pinigų srautų suma yra projekto esamoji vertė (NPV).

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} = \sum_{t=0}^n CF_t \times PVIF_{k,n};$$

čia:

CF_t – pinigų srautai (Lt);

k – diskonto norma (%);

PVIF_{k,n} – esamosios vertės perskaičiavimo koeficientas.

Projekto grynoji esamoji vertė kinta priklausomai nuo naudojamos diskonto normos. Kuo aukštesnė diskonto norma, tuo mažesnė yra grynoji esamoji vertė. Iš principo projektas yra priimtinas, esant atitinkamai diskonto normai, jeigu grynoji esamoji vertė yra teigiamą:

NPV > 0, priimtinas variantas.

NPV < 0, atmestinas variantas.

NPV = 0, ribinis variantas.

Vidinės pelno normos metodas

Investiciniai projektai vidinės pelno normos metodu įvertinami pagal investicijų į turą pelno normą. Ji apskaičiuojama surandant tokią diskonto normą, kuriai esant būsimųjų įplaukų esamoji vertė tampa lygi projekto būsimųjų išlaidų esamajai vertei:

$$NPV = 0 = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t};$$

čia:

CF_t – pinigų srautai (Lt);

IRR – vidinė pelno norma (%).

Kai skaičiavimo rezultatai rodo, kad $NPV=0$, panaudotas analitinis metodas leidžia papildomai nustatyti, kad esant tam tikrai diskonto normai projektas atsipirks, t. y. bus sugrąžintas panaudotas kapitalas, bet be jokio antpelnio.

Įplaukų vidaus normą galima apibrėžti kaip diskonto normą, kuri sulygina išlaidų ir įplaukų srautų dabartines vertes. Diskonto normą galima koreguoti, kol grynoji esamoji vertė prilygs 0.

Įplaukų vidaus norma nustatoma interpoliacijos būdu. Aritmetinis interpoliacijos būdas, panaudojant dvi diskonto normas: vieną teigiamai grynosios esamosios vertės reikšmei gauti, o kitą – neigiamai reikšmei išvesti, yra toks:

$$IRR = k_1 + \left[(k_2 - k_1) \times \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \right];$$

čia:

k_1 – žemesnė diskonto norma;

k_2 – aukštesnė diskonto norma;

NPV_1 – grynoji esamoji vertė esant žemesnei diskonto normai;

NPV_2 – grynoji esamoji vertė esant aukštesnei diskonto normai.

Jei $IRR >$ už kontrolinę diskonto normą, projektas priimtinas.

Jei $IRR <$ už kontrolinę diskonto normą, projektas atmestinas.

Jei $IRR =$ kontrolinei diskonto normai, gaunamas ribinis variantas.

Projekto balansas

Projekto balanse pateikiami pinigų srautams ekvivalentiški nuostoliai ar pelnas kaip laiko funkcija. Projekto balanso diagrama parodo, koks grynujų pinigų kiekis yra susietas su duotu investiciniu projektu kiekvieno laiko momentu per projekto gyvavimo trukmę.

Projekto balanso diagramoje parodomas keturios svarbiausios investicijų charakteristikos: investicijų būsimoji vertė, diskontuotas atsipirkimo laikas, nustolių rizika bei galimas pelnas. Čia pateikiama projekto balanso diagrama:



Projekto balanso diagrama

Projekto balansas kiekvienu laiko momentu (T), kai duota diskonto arba palūkanų norma (k) ir pinigų srautas (CF_t) apskaičiuojamas taip:

$$PB(k)_T = \sum_{t=0}^T CF_t (1+k)^{T-t} ;$$

čia: T = 0, 1, 2, ..., n.

Išvada. Investicinių projektų ekonominio efektyvumo įvertinimo metodai yra tarpusavyje ekvivalentiški, nes teisingai naudojant leidžia nuosekliai parinkti tas pačias alternatyvas.

Alternatyvaus aprūpinimo elektra ir šiluma parinkimas vienoje iš Lietuvos pramonės įmonių

Lietuvos pramonės įmonė, siekdama atpiginti elektros ir šilumos energijos tiekimą, nusprendė gaminti vietoje pastatytoje jėgainėje elektrą ir šilumą.

Šiluminės ir elektros energijos gamybai įmonėje naujai statomame pastate įrengta kogeneracinė jėgainė, generuojanti elektros energiją vidaus degimo varikliais, kaip kurą naudojanti gamtines dujas. Sumontuoti du kogeneratoriai su šilumokaičiais ir vienas 1,45 MW vandens šildymo katilas. Planuojamas pajėgumas – 2,35 MW elektros ir 2,85 MW šiluminės energijos. Termofikacinis vanduo šildomas išmetamais karštais deginiais. Pašildytas karštas vanduo buitiniams reikmėms akumuliuojamas dviejose po 50 m³ talpos talpyklose šiluminiame punkte. Numatoma, kad elektros energija (5664,7 MWh) bus naudojama įmonės reikmėms ir tiekiamą į miesto energetinę sistemą.

Metinės gamtinių dujų sąnaudos kogeneratoriuose – 2,0 mln. nm³, vandens šildymo katile – 228 tūkst. nm³.

Pagrindiniai techniniai ekonominiai rodikliai pateikiami šioje lentelėje.

Techniniai ekonominiai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.	Rodiklis
1.	Jėginės galios galingumas		
	a) elektrinis	MW	2,34
	b) šilumos	MW	4,3
2.	Energijos gamyba		
	a) elektros	MWh	5664
	b) šilumos	MWh	8795
3.	Metinė kogeneratorių darbo trukmė	val.	4821
4.	Gamtinių dujų suvartojimas		
	a) kogeneratoriuose	nm ³ /h nm ³ /met	766 2,031x10 ⁶
	b) katile	nm ³ /h nm ³ /met	180 0,2283x10 ⁶
5.	Vandens pareikalavimas	m ³ /h	3
		m ³ /parą	8,4
		m ³ /metus	1210
6.	Nuotėkos	m ³ /parą	0,4
		m ³ /metus	60
7.	Jėginės pastato rodikliai		
	a) plotas	m ²	252,81
	b) kubatūra	m ²	1810,0
8.	Planuojamas sklypo plotas	m ²	1380

Šilumos gamyba

Šiuo metu įmonė šilumą yra aprūpinama iš miesto šilumos tinklų bei iš esamos garo katilinės. Šiluma naudojama šildymo ir vėdinimo, karšto vandens gamybai ir lauko darbininkų drabužiams džiovinti. Iš miesto tinklų tiekiamas termofikacinis 150/70°C vanduo. Karštas vanduo visai įmonei ruošiamas garu BK-1 korpuse įrengtoje akumuliacinėje boilerinėje. Bendras akumuliatorių tūris – 105 m³. Karštas vanduo tiekiamas be recirkuliacijos, todėl ne visuomet yra palaikoma reikiama karšto vandens temperatūra. Šilumos ir vandentiekio įvadų mazgai, siurbiai, boileriai ir šilumos paskirstymo vartotojams mazgai yra atskirame įgilintame centriniame kontrolinės pastate.

Siekiant sumažinti centralizuotai tiekiamos šilumos ir elektros kainą yra numatyta prie centrinės kontrolinės įrengti naują jėgainę su dviem kogeneraciniais įrenginiais ir vienu vandens šildymo katilu. Karštas vanduo bus ruošiamas centralizuotai naujoje jėgainėje ir kaupiamas dviejuose slėginiuose po 50 m³ talpos bakuose-akumuliatoriuose, statomuose centrinės kontrolinės patalpose. Centrinės kontrolinės įrenginiai, išskyrus vandentiekio įvadą, bus demontuojami, pastato įgilinimas užpilamas. Karšto vandens ruošimo įrengimai parinkti su 20% atsarga. Ateityje numatoma jėgainę išplėsti – pastatyti kogeneracinius įrengimus ir vieną 50 m³ talpos karšto vandens baką-akumuliatorių.

Pramonino rajono šilumos pareikalavimas šildymui ir vėdinimui parodytas šioje lentelėje:

Šilumos pareikalavimas									
Obj. Nr.	Statinio pavadinimas	Maksimalus valandinis šilumos pareikalavimas kW				Metinis šilumos suvartojimas MWh			
		Šildymui	Vėdinimui	Oro užuolaidoms	Viso:	Šildymui	Vėdinimui	Oro užuolaidoms	Viso:
01	Elektros šilumos jėgainė	52	-	-	52	-	-	-	-
02	Centrinė kontrolinė	115	37	144	296	250	54	145	449
03	Buitinis korpusas Nr.1 (BK-1)	750	150	-	900	1633	235	-	1868
04	Buitinis korpusas Nr.2 (BK-2)	710	380	-	1090	1546	594	-	2140
05	Cechų blokas (CH) Nr.1	-	-	440	440	-	-	874	874
IŠ VISO:		1575	567	584	2726	3429	883	1019	5331

Patikriname, ar kogeneratoriai tinkami šilumos gamybai pagal apskaičiuotus ir numatytus šilumos pareikalavimus. Jėgainės šiluminis apkrovimas žiemą, esant skaičiuotinai lauko temperatūrai (-20°C), sudarys –

$$2,726 \cdot 1,06 + 1,0 \cdot 1,2 \approx 4,1 \text{ MW},$$

čia: 1,06 – šilumos nuostoliai šilumos tinkluose;

1,0 – vidutinis šilumos pareikalavimas karštam vandeniui pašildyti.

Šilumos sunaudojimas į generatorius pučiamam orui pašildyti dėl didelio šilumos išsiskyrimo į aplinką nuo kogeneratorių (apie 400 kW) nevertinamas. Reikalingas vandens šildymo katilo galingumas apskaičiuojamas taip:

$4,1 - 2 \times 1,428 = 1,244 \text{ MW}$. Šilumos gamybai be kogeneratorių numatome vieną 1,45 MW galingumo vandens šildymo katilą.

Šilumos gamybos technologiją sudaro:

- šilumos gamyba dvejuose kogeneratoriuose ir vandens šildymo katilė;
- šilumos tiekimo į šilumos tinklus sistema;
- vandens nuostolių šilumos tinkluose ir vidaus sistemoje papildymas;
- papildymo vandens paruošimas;
- karšto vandens tiekimas.

Į šilumos tinklus atiduodamas maksimalus šiluminis galingumas – $2,726 \cdot 1,06 = 2,89 \text{ MW}$, vidutinis šilumos pareikalavimas karštam vandeniui paruošti – 1,0 MW. Termofikaciniam vandeniui paskirstyti katilinėje yra numatyti kolektorai. Šildymo ir vėdinimo sistemos hidrauliniai pasipriešinimai sudaro 25 m.v.st., palaikomas slėgis grįžtamojo termofikacinio vandens kolektoriuje priklauso nuo šildomų pastatų aukščio ir yra 2 barų. Temperatūrinis termofikacinio vandens tiekimo grafikas – $90/70^{\circ}\text{C}$. Nominalus šilumos generatorių našumas – $2 \cdot 1,428 + 1,45 = 4,3 \text{ MW}$.

Maksimalus cirkuliuojančio termofikacinio vandens kiekis pagal apkrovimą – $D_{t.v.} = (2,89 + 1,0) \cdot 0,86 \cdot 10^3 / (90 - 70) = 167,3 \text{ m}^3/\text{h}$, pagal šilumos generatorių galingumą – $D_{t.v.}^1 = (4,3 \cdot 0,86 \cdot 10^3) / (90 - 70) = 185 \text{ m}^3/\text{h}$. Termofikacinio vandens cirkuliacijai priimame tris (vienas atsarginis) siurblius ($D = 90 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 25 \text{ m.v.st.}$, $N = 15 \text{ kW}$) su dviem įtampos dažnio keitikliais.

Kogeneratoriaus atiduodamas šiluminis galingumas pagal poreikius yra programuojamas. Cirkuliuojančio per ekonomazerį vandens kiekis priklauso nuo užduoto šiluminio galingumo ir yra reguliuojamas vožtuvu su el. pavara, palaikant pastovią ($t = 90^{\circ}\text{C}$) vandens temperatūrą po ekonomazerio. Energijos apskaitai kiekvienam kogeneratoriui numatomos gaminamos šilumos ir elektros skaitikliai. Į kogeneratorių minimali paduodamo vandens temperatūra yra 50°C , o iš šilumos tinklų gražinamo vandens temperatūra $40\text{--}70^{\circ}\text{C}$. Paduodamo į kogeneratorių vandens temperatūrai palaikyti yra numatoma vandens recirkuliacija.

Cirkuliuojančio vandens kiekis per kogeneratorių:

$$D_K = (1,428 \cdot 0,86 \cdot 10^3) / (90 - 50) = 30,7 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Recirkuliacinio vandens kiekis:

$$D_R = 30,7 \cdot ((50 - 40) / (90 - 40)) = 6,1 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Kogeneratoriaus vandens recirkuliacijai priimame vieną siurblių $D = 9 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 9 \text{ m.v.st.}$, $N = 0,65 \text{ kW}$ su įtampos dažnio keitikliu.

Numatomas $1,45 \text{ MW}$ galingumo katilas. Katilas į statybos aikštelę pristatomas be degiklio ir atjungiamosios armatūros. Skirtas termofikaciniam vandeniui pašildyti. Kuras – gamtinės dujos. Vandens cirkuliacija priverstinė. Darbinis slėgis – 4 barai, ištekančio vandens temperatūra – iki 120°C . Katilas komplektuojamas su moduliaciniu $400\text{--}2200 \text{ kW}$ galingumo degikliu dujų kurui. Iš katilo išrūkstančių dūmų slėgis – atmosferinis. Oras degimo procesui imamas iš patalpos. Gamtinių dujų sunaudojimas katile sudarys:

$$B = (1,45 \cdot 0,86 \cdot 10^6) / (8000 \cdot 0,92) = 175 \text{ nm}^3/\text{h}.$$

Pro dūmtraukį išrūkstančių dūmų kiekis:

$$V_d = 175 \cdot (10,68 + (1,15 - 1) \cdot 9,52) \cdot ((273 + 190) / 273) = 3594 \text{ m}^3/\text{h} (1 \text{ m}^3/\text{s}).$$

Į katilą paduodamo vandens temperatūra – 70°C . Iš tinklų gražinamo termofikacinio vandens temperatūra pereinamoju laikotarpiu apie 40°C . Į katilą paduodamo vandens temperatūrai pakelti yra numatomas recirkuliacinis siurblys, kurio našumas turi sudaryti:

$G = 62,4 \cdot ((70 - 40) / (90 - 40)) = 37,4 \text{ m}^3/\text{h}$, čia $62,4$ – per katilą cirkuliuojančio vandens kiekis, jam dirbant nominaliu našumu – $G_K = (1,45 \cdot 0,86 \cdot 10^3) / (90 - 70) = 62,4 \text{ m}^3/\text{h}$. Recirkuliacijai priimame vieną siurblių ($D = 37 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 4 \text{ m.v.st.}$, $N = 0,75 \text{ kW}$).

Karšto vandens paruošimas

Vartotojams numatomas centralizuotas karšto vandens tiekimas iš jėgainėje ir centrinėje kontrolinėje įrengtos boilerinės. Maksimalus karšto vandens suvartojimas – $34,8 \text{ m}^3/\text{h}$. Vasarą, ruošiant karštą vandenį, dirbs vandens šildymo katilas arba kogeneratorius. Jų atiduodamą vidutinį šiluminį galingumą su nedidele atsarga priimame 1 MW . Piko metu ($16.00\text{--}21.00 \text{ val.}$) karšto vandens sunaudojimas, įvertinant 20% procentų perspektyvą, sudarys: $(17,9 + 34,8 + 20,6 + 26,4 + 23,5 + 12,6) \cdot 1,2 \approx 163 \text{ m}^3$. Per šias piko valandas šildytuve bus paruošiama $G_p = (1,0 \cdot 6,0 \cdot 10^3 \cdot 0,98) / ((60 - 5) \cdot 1,163) = 91,9 \text{ m}^3$ karšto vandens. Reikia tokio minimalaus bakų-akumuliatorių tūrio – $163\text{--}91,9 = 71,1 \text{ m}^3$. Karšto vandens akumuliacijai priimame du bakus-akumulatorius po 50 m^3 ir numatome vietą trečiam (atsarginiam) akumuliatoriui. Akumulatoriai slėginiai. Karštas vanduo vartotojams paduodamas vandentiekio slėgiu, be papildomų siurblių. Vanduo

bakuose-akumuliatoriuose šildomas cirkuliaciniu kontūru (bakas-akumuliatorius, cirkuliacinis siurblys, šildytuvai, bakas-akumuliatorius). Kontūro hidrauliniai pasipriešinimai – 20 m.v.st. Reikia tokio siurblio našumo:

$$D_s = (1,0 \cdot 0,86 \cdot 10^3) / 25 = 35 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Cirkuliaciniam kontūrai priimame du (vienas atsarginis) ($D = 35 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 22 \text{ m.v.st.}$, $N = 4 \text{ kW}$) siurblius. Hidrauliniai vandens, tiekimo vartotojams, kontūro pasipriešinimai – 20 m.v.st. Recirkuliacinio vandens kiekis kontūre turi sudaryti apie 25% maksimalaus arba – $34,8 \cdot 0,25 = 8,7 \text{ m}^3/\text{h}$. Karšto vandens recirkuliacijai priimame du (vienas atsarginis) ($D = 10 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 20 \text{ m.v.st.}$, $N = 2,2 \text{ kW}$) vertikalius išpildymo siurblius su dažnio keitikliu. Termofikacinio vandens sunaudojimas karšto vandens pradiniam pašildymui: $D_{l.v.}^1 = (1,0 \cdot 0,86 \cdot 10^3) / (90 - 60) = 28,7 \text{ m}^3/\text{h}$, galutiniam: $D_{l.v.}^2 = (1,0 \cdot 0,86 \cdot 10^3) / (90 - 75) = 57,3 \text{ m}^3/\text{h}$.

Karštas vanduo ruošiamas pamažu šildant šaltą neminkštintą vandentiekio vandenį. Vanduo šildomas pirmiausia iki $60 \div 65^\circ\text{C}$ akumuliatoriuje Nr.1. Jam sušilus, cirkuliacinė sistema automatiškai perjungiamas akumuliatoriui Nr.2 šildyti. Jeigu akumuliatoriaus Nr.2 šildymo metu vandens temperatūra akumuliatoriuje Nr.1 dėl jo naudojimo ir recirkuliacijos nukrito iki 50°C , automatiškai yra perjungiamas šildymas akumuliatoriui Nr.1, nežiūrint į tai kad vanduo akumuliatoriuje Nr.2 nesušildytas iki reikiamos temperatūros. Taip dirbant pakaitomis sušildomi abu akumuliatoriai ir užtikrinama vartotojams paduodamo vandens temperatūra. Šildant vandenį cirkuliacine sistema, sumažinamas momentinis imamos šilumos galingumas. Mūsų projekte jį sudaro 1,0 MW. Tuo atveju šilumos generatoriai ilgesnį laiką dirba beveik pastoviu režimu, yra išnaudojami laikotarpiai, kai karšto vandens suvartojimas yra nedidelis. Už šildytuvo šildomo vandens temperatūra yra $70 \div 75^\circ\text{C}$. Rezervuarai papildomi vandeniu naudojant slėgį, jis paduodamas į akumuliatoriaus Nr.2 galą. Jei pastarasis remontuojamas, vanduo paduodamas į akumuliatoriaus Nr.1 galą. Akumuliatoriuje vanduo susimaišo su pašildytu vandeniu ir palaiptinui per atidarytas sklendes teka į akumuliatorių Nr.1, kuriame jis šildomas iki galutinės temperatūros. Vartotojams paduodamo vandens temperatūra ir slėgis rodomi dispečerinėje. Vasarą dirbantys cirkuliacinio vandens siurbliai įjungia arba išjungia vandens šildymo katilą arba kogeneratorių. Karšto vandens tiekimą geriausiai užtikrina nuosekliai sujungtų akumuliatorių darbas. Galima dirbti ir su atskirais akumuliatoriais. Abu akumuliatoriai veikia vandens šildymo ir šilumos akumuliacinio režimuose. Cirkuliacinių siurblių K-17 darbas nepriklauso nuo vandens sunaudojimo. Jis priklauso tik nuo vandens temperatūros akumuliatoriuose. Jie pradeda dirbti vandens temperatūrai bet kuriame akumuliatoriuje nukritus žemiau 50°C . Akumuliatorių perjungimo procesas visiškai automatizuotas. Sušildžius vandenį, siurbliai automatiškai išjungiami abiejuose akumuliatoriuose.

Energių išteklių sunaudojimas

Metinis karšto vandens sunaudojimas, įvertinant 20% perspektyvą, sudarys 56 310 m^3 /metus. Žiemą per parą dėl žemesnės vandentiekio vandens temperatūros, karšto vandens bus suvartojama 10% daugiau negu vasarą. Karšto vandens sunaudojimas sudarys:

$$\text{žiema} - D_{KV}^Z = (56310 \cdot 191 \cdot 1,1) / 365 = 32\,413 \text{ m}^3/\text{žiema};$$

$$\text{vasarą} - D_{KV}^V = 56310 - 32413 = 23\,897 \text{ m}^3/\text{vasarą}.$$

Šilumos suvartojimas karšto vandens gamybai:

$$\text{žiema} - Q_{KV}^Z = (32413 * (55 - 5) * 1,06) / 1000 = 1718 \text{ Gcal/žiema};$$

$$\text{vasarą} - Q_{KV}^V = (23897 * (55 - 15) * 1,03) / 1000 = 985 \text{ Gcal/vasarą}.$$

Šilumos suvartojimas šildymo ir vėdinimo poreikiams:

$$Q_{\text{šV}} = 5331 * 1,06 = 5651 \text{ MWh}.$$

Žiemą dirbs kogeneratoriai ir vandens šildymo katilas, vasarą daugiausia dirbs vandens šildymo katilas. Šilumos gamyba jėgainėje žiemą:

$$Q_Z = 5651 + 1718 * 1,163 = 7649 \text{ MWh}.$$

Apie 10% šilumos žiemą bus pagaminama vandens šildymo katile ir tai sudarys:

$$Q_{V\text{ŠK}}^m = 7649 * 0,1 = 765 \text{ MWh}.$$

Metinė šilumos gamyba vandens šildymo katile:

$$Q_{V\text{ŠK}}^m = 765 + 985 * 1,163 = 1911 \text{ MWh}.$$

Metinė šilumos gamyba kogeneratoriuose:

$$Q_K^m = 7649 - 765 = 6884 \text{ MWh}.$$

Metinė kogeneratoriaus darbo trukmė pagal šilumos gamybą:

$$T = 6884 / 1,428 = 4821 \text{ h}.$$

Gamtinių dujų sunaudojimas kogeneratoriuose:

$$B_K^m = 4821 * 383 * 1,1 = 2,031 * 10^6 \text{ nm}^3/\text{metus}.$$

čia: 1,1 – kogeneratoriaus ne viso šiluminio apkrovimo koeficientas, įvertinantis laikotarpį, kai dalis dūmų yra praleidžiama per ekonomaizerio apvedimo vožtuvą.

Gamtinių dujų sunaudojimas vandens šildymo katile:

$$B_{V\text{ŠK}}^m = (1911 * 0,86 * 10^6) / (8000 * 0,9) = 0,2283 * 10^6 \text{ nm}^3/\text{metus}.$$

Elektros energijos gamyba (čia neįtraukta elektros energija, gaminama be šilumos gamybos)

$$N = 4821 * 1,175 = 5664,7 \text{ MWh}.$$

Metinis chemiškai suminkštinto vandens sunaudojimas:

$$G_m = 191 * 7,2 + 174 * 7,2 * 0,3 = 1751 \text{ m}^3/\text{metus}.$$

Vandens suvartojimas minkštinimo saviems reikalams:

$$D_{vr} = (150 * 250) / 1000 + (191 * 380) / (7 * 1000) + (174 * 380) / (1000 * 7 * 3) = 51 \text{ m}^3/\text{metus}.$$

Dujų tiekimas

Jėgainėje numatomi du dujų kogeneraciniai įrenginiai CHP bei vienas 1,5 MW našumo vandens šildymo katilas. Kogeneratorius sunaudoja 383 nm³/h dujų.

Vandens šildymo katilas komplektuojamas su 0,4–2,2 MW galingumo dujų degikliu. Katilas sunaudoja 180 nm³/h dujų.

Bendrai jėgainės sunaudoja 946 nm³/h dujų. Į jėgainę nuo esamo vidutinio slėgio dujotiekio įvado į įmonę atvedamas 3 barų slėgio dujotiekis. Įvade numatomas dujų komercinės apskaitos ir slėgio reguliavimo įrenginys.

Elektros tinklas

Projektuojamoje jėgainėje numatoma įrengti du dujomis kūrenamus šilumos ir elektros gamybos generatorius (kogeneratorius) bei 1,45 MW galios vandens

šildymo katilų. Kogeneratoriaus šiluminė galia 1428 kW, elektrinė galia 1456 kVA. Pagaminta energija bus naudojama įmonės poreikiams. Perteklinė elektros energija galės būti perduodama į elektros tinklus.

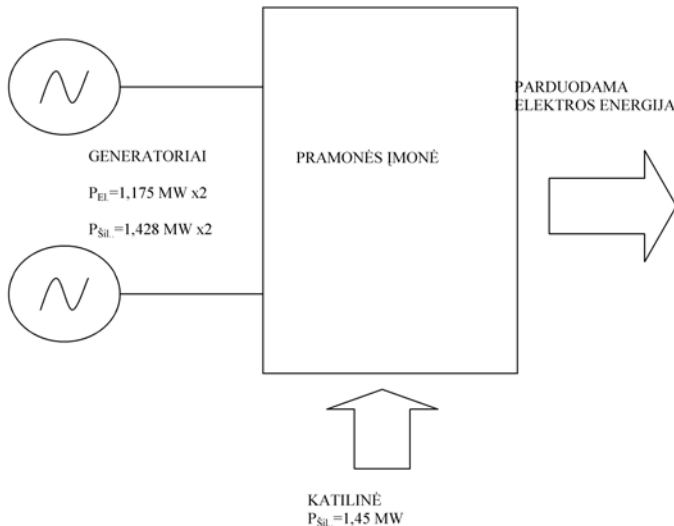
Elektros generatoriai yra trifaziai, vardinė įtampa – 400 V 50 Hz. Generatorių komplekte yra spinta su apsauginiu automatiniu jungikliu, sinchronizavimo ir kitais reikiamais valdymo bei apsaugų prietaisais. Į įmonės tinklą arba energetinę sistemą generatoriai dirbs per 0,4/6 kV įtampos 1600 kVA galios transformatorius, įrengiamus jėgainės pastate atskirose kamerose su alyvos rinktuvais, jeigu įvyktų avarija.

Projektuojama uždaroje patalpoje 6 kV skirstykla, kuri kabelinėmis linijomis sujungiama su 110/6 kV TP abonentine 6 kV skirstykla ir esančia cechų bloko Nr.1 6 kV skirstykla. 6kV kabelių skerspjūvis $2 \times (3 \times 185) \text{ mm}^2$ parinktas kaip analogiškas esančių įmonės linijų skerspjūviui dėl skirstyklų sužiedinimo galimybės. Kabelinės 6 kV linijos tiesiamos tranšėjose, cechų bloko Nr.1 patalpose ant kabelių konstrukcijų, centrinės kontrolinės stogu ant konstrukcijų.

Jėgainės saviems reikalams imtuvai yra siurbliai, šildymo ir vėdinimo įrenginiai, operatyvinės grandinės ir kt. Savų reikalų imtuvų skaičiuojamoji reikiamoji galia yra 110 kW. Jiems prijungti montuojamas dviejų sekcijų 0,4 kV skirstomasis skydas uždaroje patalpoje.

Ekonominis projekto pagrindimas

Projekto principinė schema



Šių ekonominių skaičiavimų tikslas yra atlikti išlaidų, apimties ir pelno analizę. Įvertiname projekte numatytas pajamas ir išlaidas, kartu ir atsipirkimo laiką, produkcijos išlaidas ir maksimalią paskolos palūkanų normą, kad projektas nebūtų

nuostolingas. Kartu galime spręsti apie projekto, t. y. individualios elektrinės statybą, naudingumą pramonės įmonei.

Norint ekonomiškai pagrįsti projektą, reikia žinoti pirminius techninius ekonominius duomenis bei pirmines investicijas. Tačiau ekonominiai ir techniniai veiksniai ateityje gali keistis ir nėra tiksliai apibrėžiami. Visa tai yra įvertinama skaičiuojant.

Pramonės įmonės aprūpinimo energija principinė schema

Šiluma įmonei nekainuos, o elektros energija, kada apkrova bus mažesnė, galės būti perduodama į miesto elektros tinklus.

Projekto ekonominius skaičiavimus atliksime remdamiesi atsipirkimo laiko kriterijumi ir projekto balanso diagrama.

Įmonė, neturinti savo elektrinės, elektros energiją perka iš miesto elektros tinklų už 0,044 EUR/kWh, šilumą už 0,024 EUR/kWh. Pastčius elektrinę, įdomu pažiūrėti, kaip keisis jos atsiperkamumas, esant skirtingoms energijos pirkimo kainoms. Duomenys, kuriais bus remamasi skaičiuojant, pateikti lentelėse.

Projekto investicijos

Investicijų suma iš viso	1 404 150	EUR
Finansavimas iš įmonės lėšų %	0%	
Finansavimas iš įmonės lėšų	0	EUR
Paskola	1 404 150	EUR
Paskolos terminas	5	metai
Palūkanų norma	7,5%	
Metinis paskolos mokėjimas	347 056	EUR/metus
kurį sudaro:		
Paskolos mokėjimas	280 830	EUR/metus
Palūkanų mokėjimas	66 226	EUR/metus

Įmonė visą projektui reikalingą pinigų sumą 5 metams su 7% palūkanomis skolinsi iš banko.

Techniniai duomenys

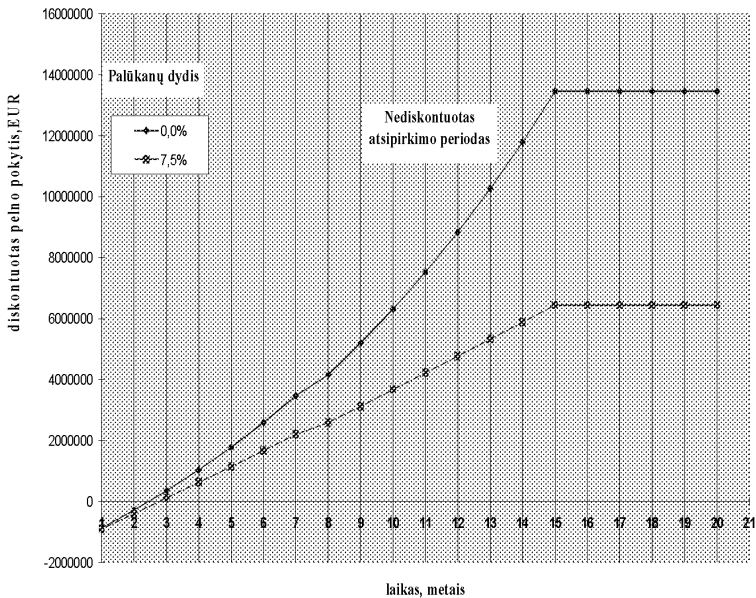
Jėgainės suvartojama energija	5 112	kW
Jėgainės elektrinis našumas	2 096	kW
Jėgainės šiluminis našumas	2 614	kW
Alyvos sunaudojimas	0,0004	l/elektros kWh
Alyvos kiekis	740	l
Biodujų naudojimas procentais	0%	
Garų gamyba	0	kg/h
Kondensato nuostoliai procentais	0%	
Darbo valandos per metus	8 000	h/metus
Darbo h/metus su šilumine apkrova	3 600	h/metus
Darbo valandos iki II tipo remonto	20 000	h
Darbo valandos iki I tipo remonto	40 000	h
Darbo valandos iki kapitalinio remonto	60 000	h
Veikimo trukmė	120 000	h

Projekto atsipirkimo laikas, kai elektros kaina 0,044 EUR/kWh

Atsipirkimo laikas pateikiamas grafiškai ir diagrama kerta laiko ašį 5–6 metais. Diskontuotas atsipirkimo laikas yra laikas, per kurį investicijų išlaidos atlyginamos iš projekto gaunamo uždarbio. Diskontuotas reiškia, kad skaičiuojama su kapitalo verte (palūkanų norma). Nediskontuotas atsipirkimas apibrėžia situaciją, kai projektą finansuoja jėgainės savininkas ir skaičiuojama be kapitalo vertės.

Jeigu elektra būtų perkama už 0,06 EUR/kWh, tada projekto balanso diagrama būtų tokia:

Diskontuotas atsipirkimo periodas



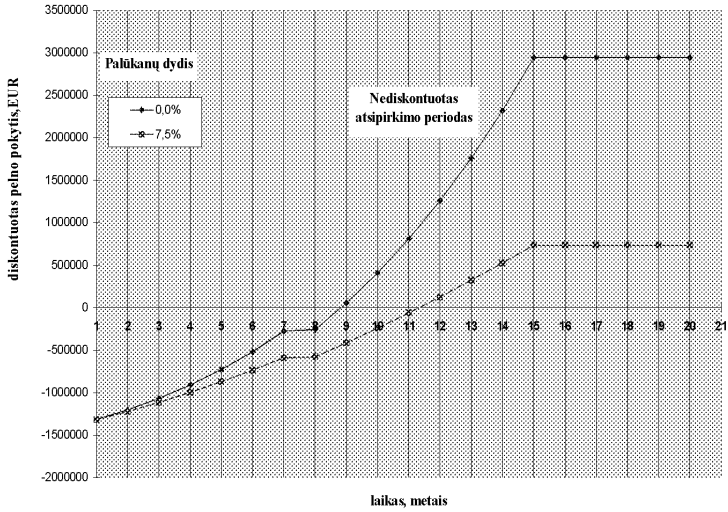
Projekto atsipirkimo laikas, kai elektros kaina 0,06 EUR/kWh

Šiuo atveju projektas atsiperka antrais–trečiais metais. Todėl labai svarbu skaičiuojant numatyti elektros ir šilumos kainą ateityje: kiekvienais metais elektros kaina padidės 7 proc. ir kuo labiau ji kils, tuo greičiau projektas atsipirks ir duos didesnį pelną.

Šiuo metu mūsų elektrinė naudoja vieną pigiausių kuro rūšių – gamtines dujas.

Tačiau kainai padidėjus iki 0,17 EUR/m³ projektas atsipirks tik vienuoliktais–dvyliktais metais. Skaičiuodami numatome, kad kiekvienais metais dujos pabrangs 5%. Perkamos elektros kaina lieka 0,044 EUR/kWh.

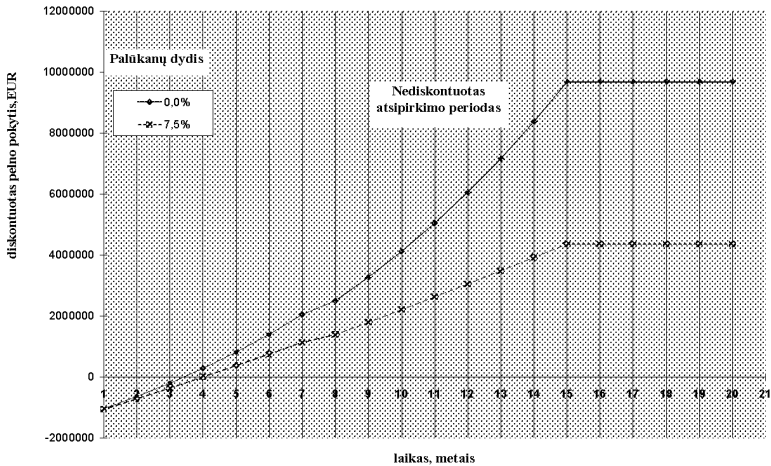
Diskontuotas atsipirkimo periodas



Projekto atsipirkimo laikas, kai gamtinių dujų kaina 0,17 EUR/m³

Tačiau taip nebūna, kad kylant dujų kainai elektros kaina lieka ta pati. Kaip keisis projekto atsipirkimo laikas, kai dujos kainuos 0,17 EUR/m³, o elektra – 0,06 EUR/kWh, galime pamatyti šiame grafike:

Diskontuotas atsipirkimo periodas



Projekto atsipirkimo laikas, kai gamtinių dujų kaina 0,17 EUR/m³, o elektros kaina 0,06 EUR/kWh

Remiantis dabartinėmis energijos kainoms ir darant prielaidą, kad elektros energija kiekvienais metais brangs 7 proc., šiluma – 5 proc., o palūkanų norma – 7,5 proc., kogeneracinė elektrinė atsipirks per penkerius metus. Jeigu elektra brangs labiau negu dujos, projektas atsipirks dar greičiau. Tai rodo, kad elektrinė tikrai naudinga pramonės įmonei, kaip viena iš galimų jos aprūpinimo energija alternatyvų.

8 ŠALTO VANDENS PARUOŠIMO SISTEMOS

Trumpa technologijos ir jos paskirties apžvalga

Vandens naudojimo pramonėje mastai

1996 m. Lietuvos statistikos metraštis nurodo, kad šalyje gamybos reikalams per metus iš vandens šaltinių paimama 4148,6 mln. m³ vandens. Apie 100 mln. m³ to vandens – požeminis, kitas – paviršinis. Be to, paskutiniaisiais metais buvo sunaudojama 229,6 mln. m³ apytakinio vandens. Beje, apytakinio vandens naudojimas tolydžio mažėjo: jeigu teigsime, kad 1992 m. buvo sunaudota 100% apytakinio vandens, tada 1993 m. sunaudota 86,9% apytakinio vandens, 1994 m. – 84,3%, 1995 m. – 66,7%.

Daugiausia vandens sunaudojama energijos gamybai: elektros energijos gamybai per metus reikia 3716,2 mln. m³ vandens, šiluminės energijos gamybai – 124,3 mln. m³ vandens.

Visa kita pramonė per metus sunaudoja 308,1 mln. m³ vandens, iš jo apie 30 mln. m³ – geriamojo. Daugiausia vandens per metus sunaudoja: tekstilės pramonė – 118,6 mln. m³, chemijos pramonė – 76,9 mln. m³, naftos pramonė – 23,0 mln. m³, cukraus gamyba – 17,5 mln. m³, mėsos pramonė – 17,8 mln. m³, pieno pramonė – 9,7 mln. m³.

Apie 70% vandens sunaudoja aušinimui, 15–20% – ekstrahavimui ir 10–15% – plovimui bei gabenimui.

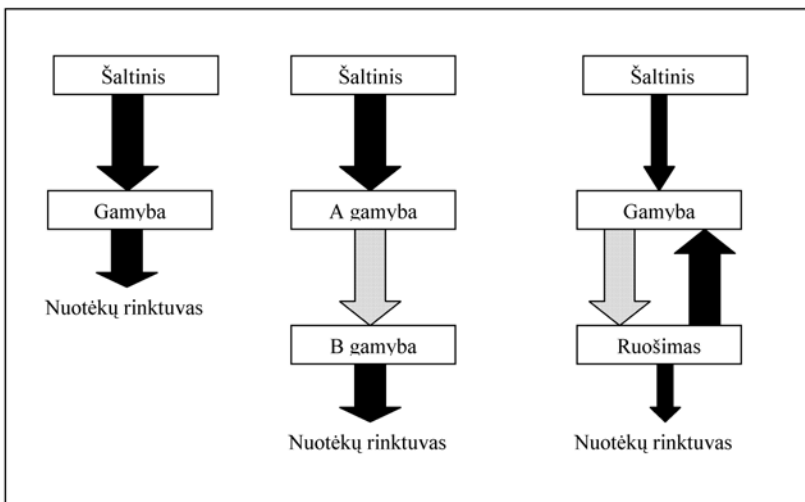
Principinės pramoninių vandentiekių schemos, jų energinis imlumas

Pramoninį vandentiekį sudaro: imtuvas (kai vanduo imamas iš gamtinio telkinio), ruošykla (kai šaltinio vanduo netenkina technologinių reikalavimų arba ruošiamasi naudoti jau vartotą vandenį), tiekтуvas (siurblinė, vandenbokštis), vamzdynas ir rezervuarai (kai reikia sukaupti vandens atsargas). Vandens šaltinis – gamtinis telkinys (paviršinis, požeminis) arba komunalinis vandentiekis.

Lietuvos pramonė per metus apsirūpina vandeniu taip:

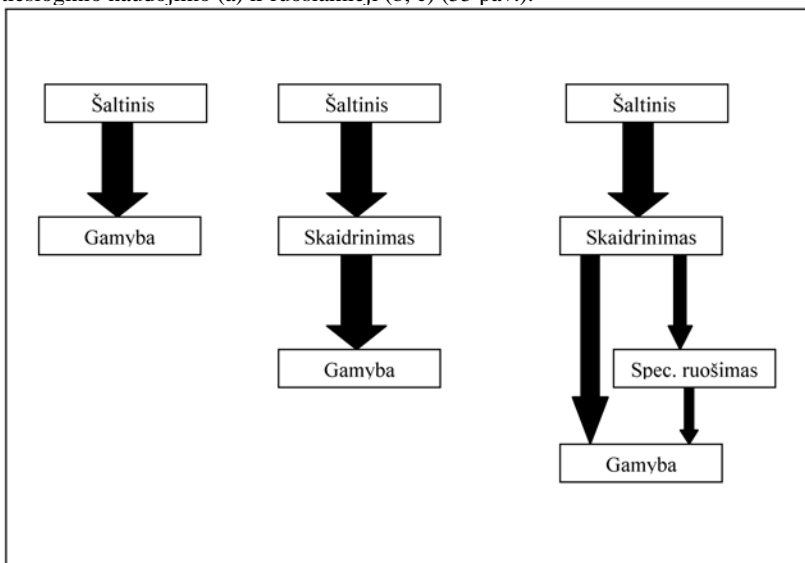
- 30 mln. m³ perka iš miestų vandentiekių,
- 200 mln. m³ perka iš komunalinių pramoninių vandentiekių,
- 3918,6 mln. m³ paima iš vandens šaltinių pati,
- 229,6 mln. m³ sunaudoja apytakinio vandens.

Pramoniniai vandentiekiai pagal paimto vandens *naudojimo kartotinumą* būna trejopi: vienkartinio (54 pav.,a), kartotinio (b) ir apytakiniai (daugkartinio) naudojimo (c).



54 pav. Vandentiekų tipai pagal naudojimo kartotinumą.

Pramoniniai vandentiekiai pagal šaltinio vandens *tinkamumą naudojimui* būna: tiesioginio naudojimo (a) ir ruošiamieji (b, c) (55 pav.).



55 pav. Vandentiekų tipai pagal vandens tinkamumą naudojimui.

Miestų vandentiekiai, patiekdami 1 m³ vandens, sunaudoja 1,02–1,41 kWh elektros energijos, komunaliniai pramoniniai vandentiekiai – 0,6–0,8 kWh, apytakinis vanduo reikalauja 0,3–0,5 kWh/m³, vieną kartą naudojamas vanduo – 0,2–0,4 kWh/m³. Kai tenka vandenį ruošti, energijos sąnaudos gamybiniam vandeniui tiekti dar padidėja 0,1–0,4 kWh/m³. Apskritai Lietuvos pramonės apsirūpinimas vandeniu (atsižvelgiant į šaltinių struktūrą) reikalauja apie 0,5 kWh energijos 1m³ sunaudoto vandens.

Energijos srautai ir nuostoliai

Energijos sąnaudos vandeniui tiekti ir ruošti vienkartinio, kartotinio naudojimo ir apytakinėse schemose

Šalto vandens tiekimo sistemose energijos reikia:

1. Vandeniui iš šaltinio paimti.
2. Vandeniui paruošti (skaidrinti, minkštinti, šalinti druskas, aušinti ir pan.).
3. Vandeniui tiekti į vartojimo vietą.
4. Reikiamam vandens slėgiui sukurti.

Visais atvejais energija vandeniui perduodama siurbliais. Energijos sąnaudas galima apskaičiuoti taip:

$$E = 0.00272 \frac{QtH}{\eta} k_{ruoš}, \text{ kWh},$$

čia: Q - vandens debitas (m³/h); t – vandens tiekimo trukmė (h); H – vandens kėlimo, slėgio ar slėgio nuostolių aukštis vandens tiekimo sistemos elementuose (m v.st.); η – siurbliavimo agregato energinio naudingumo koeficientas; $k_{ruoš}$ – koeficientas, įvertinantis energijos sąnaudas pagalbinuose ruošyklų įrenginiuose.

Sumuojantieji vandens apskaitos debitmačiai rodo per tam tikrą laiką sunaudotą vandens tūrį (Qt), todėl apskaičiuojant energijos sąnaudas pagal jų rodmenis nebereikia daugiklio t .

Vandens kėlimo iš šaltinio aukštis (įskaitant slėgio nuostolių aukštį) priklauso nuo šaltinio rūšies: imamą paviršinį vandenį reikia kelti 10–15 m v.st., požeminį – 30–200 m v.st. Perkamas komunalinio vandentiekio vanduo patiekiamas 40–60 m v.st. slėgio. Vandeniui skaidrinti, minkštinti prireikia 2–6 m v.st., druskoms šalinti – 6–12 m v.st. (membranine technologija – 50–300 m v.st.), aušinti – 10–15 m v.st. slėgio aukščio. Vandeniui tiekti į vartojimo vietą prireikia 0,3–0,7 m v.st./100 m vamzdyno ilgio. Naudojimui paprastai užtenka 5–15 m v.st. slėgio aukščio.

Vandens ruošyklose energija dar naudojama pagalbiniais darbams: reagentų tirpalams ruošti ir tiekti, ruošimo įrenginiams regeneruoti, išskirtoms iš vandens priemaišoms apdoroti. Reikia imti tokį ją įvertinančio koeficiento $k_{ruoš}$ dydį: skaidrinant be reagentų ar aušinant – 1.05, skaidrinant arba minkštinant su reagentais – 1.1, minkštinant jonitais – 1.2, šalinant druskas – 1.3. Vandens tiekimo darbams taikomas koeficientas $k_{ruoš} = 1$.

Energinis vandentiekio tipų palyginimas pateiktas šioje lentelėje.

Energijos kiekis kWh, tenkantis 1000 m³ panaudoto vandens.

Vanduo	Vienkartinio naudojimo	Kartotinio naudojimo	Apytakinis
Paviršinis	65–130	55–108	62–125
Požeminis	140–850	115–685	70–200
Komunalinis	energijos perteklius 130–160	energijos perteklius 100–120	40–95

Ruošiant vandenį, energijos sąnaudos padidėja 10–60 kWh/1000 m³.

Energijos nuostoliai dėl neracionalaus vandens naudojimo

Vandens naudojimo neracionalumas pasireiškia keleriopai:

1. Naudojamas energiška imlesnis vanduo ten, kur gamybos technologija leidžia naudoti mažiau imlų, pvz., naudojamas giliųjų sluoksnių požeminis vanduo ten, kur galima naudoti paviršinį (taip gali būti prarandama iki 600–700 kWh/1000 m³). Paprastai per daug energijos turi komunaliniais vandentiekiais tiekiamas vanduo. Kadangi ją sunaudoti praktiškai neįmanoma, naudojant šį vandenį netiesiogiai netenkama 100–160 kWh/1000 m³.
2. Ten, kur gamybos technologija leidžia, netaikomi energiška naudingesni vandentiekio tipai: kartotinio naudojimo (kaip matyti 1 lentelėje, pakartotinai naudojant 20% vandens, net mažiausiai imlaus – paviršinio – vandens, galima sutaupyti 10–20 kWh/1000 m³), apytakiniai (juose energiška apsimoka ir komunalinių vandentiekių vanduo – 1 lentelėje imta, kad papildoma 10% naudojamo vandens).
3. Veikia neoptimalūs pagal darbo sąlygas siurbliai (siurblys, kurio naudingumo koeficientas 5% mažesnis už optimalų, vartoja 6–7% daugiau energijos, 10% mažesnis – 12–15% daugiau).
4. Siurblių veikimas nesuderintas su vandens naudojimu (automatizuoti, su reguliuojama pavara siurbliai sunaudoja 5–15% mažiau energijos).
5. Nėra atskiriems technologiniams procesams naudojamo vandens apskaitos arba ji nepakankamai išplėta, vandens naudojimas neautomatizuotas, ėmimo čiaupai nepritaikyti taupiai naudoti vandenį, darbuotojai neskatinami taupyti vandenį (sutvarkius šią sritį, galima sunaudoti 10–15% mažiau vandens).
6. Nenaudojami netradiciniai vandens šaltiniai: valytos nuotėkos, lietaus nuotėkos, karjerų vanduo. Jų vanduo gali būti (dėl palankaus išsidėstymo vartotojo atžvilgiu) energiška ir ekonomiškai (nereikia mokėti kaip už gamtinį vandenį) naudingas.
7. Įmonės vandentiekis per daug centralizuotas, tiekiantis vandenį visiems technologiniams procesams; naudingesnis būtų suskirstytas į vietines apytakines sistemas atskiriems technologiniams procesams.
8. Įmonės vandentiekis nesandarus, todėl 10–15% ar net daugiau vandens prarandama.

Su nuotėkomis išmetama energija

Vandentiekis neatskiriama susijęs su nuotakynu – tik panaudotas vanduo tampa nuotėkomis (tik keli procentai gamybai panaudoto vandens išgaruoja į aplinką ar virsta gaminiu). Todėl, kad gerai būtų panaudotas vanduo, būtina tinkamai įrengti nuotakyną.

1. Nuotėkų šalinimo sistema turi būti daugialypė, sujungta su vietiniais vandens apytakos ciklais (žr. poskyrio „Energijos nuostoliai dėl neracionalaus vandens naudojimo“ 7 punktą), kad dalis vandens, užuot ją pakartotinai panaudojus, nesusimaišytų su užterštomis nuotėkomis ir neprarastų savo vertės.
2. Papaprastai dalis vandens naudojama pašildyta, todėl nuotėkų temperatūra visada būna aukštesnė už gamtinio vandens temperatūrą: vasarą 4–6°C, žiemą 12–15°C. Taigi su kiekvienu 1000 m³ nuotėkų be naudos išmetama mažiausiai 5800 kWh šiluminės energijos.
3. Apytakinio aušinamojo vandentiekio nutraukiama iš gamybos šiluma aušintuvuose perduodama aplinkai. Vandens temperatūra pažeminama 6–12°C ir, aušinant kiekvieną 1000 m³ vandens, be naudos į aplinką išmetama vidutiniškai 10000 kWh šiluminės energijos.

Kiek energijos sunaudojama aprūpinant įvairias pramonės šakas vandeniui

Įvairiose pramonės šakose vartojamo vandens energinis imlumas ir suminis apytikris (šio dydžio statistikos nėra) metinis energijos kiekis, kurio reikia apsirūpinti vandeniui, pateikti šioje lentelėje.

Energija, reikalinga pagrindinėms Lietuvos pramonės šakoms aprūpinti vandeniui

Pramonės šaka	Naudojamo vandens energetinis imlumas kWh/1000m ³	Metinis energijos kiekis GWh
Elektros energijos gamyba	62-130	356,7
Šiluminės energijos gamyba	70-140	13,0
Tekstilės pramonė	105-860	57,5
Chemijos pramonė	63-128	7,3
Naftos pramonė	69-131	2,3
Cukraus gamyba	70-230	2,6
Mėsos pramonė	90-392	4,3
Pieno pramonė	82-320	1,9
Kita pramonė	90-410	11,2

Iš viso 456,8

Į ką reikėtų atsižvelgti diegiant energijos efektyvumo priemones

Savitasis vandens sunaudojimas

Bendras kurios nors pramonės šakos įmonės sunaudoto vandens kiekis priklauso ne tik nuo gaminių pobūdžio, gamavimo technologijos, įrenginių tipo, bet ir nuo gaminių kiekio, todėl nepakankamai nusako vandens naudojimo taupumą ir neleidžia vertinti kelių tos šakos įmonių gamybos organizuotumo.

Tam tikslui geriau tinka savitasis vandens sunaudojimas – sunaudoto vandens kiekis, tenkantis pagamintos produkcijos ar suteiktų paslaugų kiekio vienetui. Paprastai kuo jis mažesnis, tuo mažiau įmonė, apsirūpindama vandeniu, sunaudoja energijos.

Vandens sunaudojimo koeficientas

Pateiktas vartoti vanduo yra tam tikrų, energijos reikalingų procesų (ėmimas iš šaltinio, gabenimas iki įmonės, ruošimas) produktas, todėl svarbu, kad jis būtų kuo išsamiau naudojamas ir kuo mažiau jo kaip nebetinkamo naudoti išleidžiama. Naudojimo išsamumas nusakomas vandens sunaudojimo koeficientu – santykinė nepatekusio į nuotėkas (t. y. įmonėje sunaudoto: virtusio gaminiams, išgaravusio ar pan.), iš šaltinio paimto vandens dalimi. Daugiau vandens sunaudojantys vandentiekiai yra energiška taupesni.

Naudojamo vandens savybės

Kiekvienas technologinis procesas kelia tam tikrus reikalavimus tiekiamo vandens savybėms. Antra vertus, kiekvienos kokybės vandens gavybai ir ruošimui sunaudojami skirtingi energijos kiekiai. Todėl sprendžiant apie šalto vandens tiekimo sistemų energetinį veiksmingumą būtina sužinoti daugiausiai vandens naudojančių procesų technologinius reikalavimus tiekiamam vandeniui ir naudojamo vandens savybes. Svarbu išsiaiškinti, ar nenaudojamas energiška imlesnis (kitai sakant – švaresnis) vanduo ten, kur gamybos technologija leidžia naudoti ne tokį imlų.

Vandentiekio tipas ir vandens šaltinis

Energinių požūrių gamybiniai vandentiekiai nelygiaverčiai, todėl auditui svarbus vandentiekio tipas ir iš kokie šaltinio siurbiamas vanduo. Taip pat turi būti panagrinėtos valytų nuotėkų ar kitokių valstybiniams gamtos ištekliams nepriskiriamų vandens šaltinių panaudojimo galimybės, lietaus nuotėkų kiekis įmonės teritorijoje.

Svarbios ir kitos technologinės vandentiekio ypatybės: vandens tiekimo daugiausiai vandens naudojančioms procesams ir nuotėkų surinkimo iš jų schemas, vietiniai apytakiniai ciklai ir jų įrengimo galimybės.

Vandens tiekimo siurblių valdymas, naudingumo koeficientas

Reikia išsiaiškinti įmonėje vandenį tiekiančių siurblių valdymą (rankinis, automatinis pastovus, automatinis reguliuojamas), siurblių darbo parametrų (našumo, slėgio, veikimo trukmės, vartojamos energijos) apskaitą.

Vandenį tiekiančių siurblių energinis veiksmingumas nusakomas naudingumo koeficientu – vandeniui perteiktos ir siurblio variklio sunaudotos energijos santykiu.

Kuo naudingumo koeficientas artimesnis vienetui, tuo veiksmingiau naudojama energija vandeniui tiekti. Mažesnis kaip 0,5 naudingumo koeficientas laikomas blogu, didesnis kaip 0,8 – labai geru.

Nuotėkų temperatūra

Su nuotėkomis išleidžiamai šiluminei energijai apskaičiuoti reikia žinoti vidutines sezonines (vasaros, žiemos ir pereinamųjų laikotarpių) išleidžiamų iš įmonės nuotėkų ir šilto apytakinio vandens temperatūras.

Sutaupytos energijos apskaičiavimas

Savitojo vandens sunaudojimo apskaičiavimas

Jei įmonė per tam tikrą laiką (pvz., mėnesį) sunaudojo vandens tūrį (Q_v ppr. m^3) ir per tą patį laiką pagamino kokios nors produkcijos ar suteikė paslaugų (G) kiekį (įmonėje naudojamais produkcijos ar paslaugų vienetais), tai savitasis vandens sunaudojimas yra dalmuo: Q/G , m^3/vnt . Jis apskaičiuojamas kiekvienam įmonės barui, kiekvienai vandens naudojimo grupei (technologijai, pagalbiniam reikalams, buitiniams reikmėms) ir kiekvienam vandens šaltiniui (nuosavam, apytakiniam, komunaliniam vandentiekiui) atskirai.

Vandens sunaudojimo koeficiento apskaičiavimas

Jei įmonė per tam tikrą laiką (pvz., mėnesį) iš šaltinio paėmė vandens tūrį (Q_v ppr. m^3) ir per tą patį laiką išleido nuotėkų tūrį (Q_n), tai vandens sunaudojimo koeficientas (t. y. santykinis vandens ir nuotėkų tūrių skirtumas) yra dalmuo: $(Q_v - Q_n)/Q_v$. Vienkartinio naudojimo vandentiekiuose jis lygus nuliui ar net mažesnis už jį (kai nuotėkas papildo žaliavose buvęs skystis), apytakinuose visada teigiamas. Vandens sunaudojimas laikytinas labai geru, kai sunaudojimo koeficientas didesnis už nurodytąjį lentelėje.

Siurblio naudingumo koeficiento apskaičiavimas

Šis dydis tiesiogiai nematuojamas ir turi būti apskaičiuotas. Siurblio, siurblinės ar visos vandens tiekimo sistemos energinio naudingumo koeficientas apskaičiuojamas taip:

$$\eta = 0.00272 \frac{QtH}{E},$$

čia: Q – siurblio našumas ar sistemos vandens debitas (m^3/h); t – siurblio veikimo ar vandens tiekimo trukmė (h); H – siurblio ar vandens tiekimo sistemos slėgio aukštis (m v.st.); E – per tam tikrą laiką (t valandų) vandeniui tiekti suvartota elektros energija (kWh). Sumuojantieji vandens apskaitos debitačiai rodo per tam tikrą laiką suvartotą vandens tūrį (Qt), todėl apskaičiuojant naudingumo koeficientą

pagal jų rodmenis nebereikia daugiklio t . Energijos kiekis turi būti imamas lygiai per tą patį, kaip ir debitmačio rodmenys, laikotarpį, o slėgio aukštis – vidutinis.

Nuotėkų eksergetinio potencialo apskaičiavimas

Eksergetinis nuotėkų potencialas $E_{nuot} = 1,16 \sum Q_i \Delta T_i$, kWh, čia: Q_i – nuotėkų tūris per tam tikrą, temperatūriškai būdingą, laikotarpį (vasarą, žiemą ir pan.) (m^3); ΔT_i – nuotėkų ir gamtinio vandens temperatūrų skirtumas (K); i – būdingųjų periodų skaičius.

Šio potencialo panaudojimas pats reikalauja energijos, todėl praktiškai galima atgauti tik apie pusę šio potencialo.

Vandens ir energijos taupymo priemonės bei sutaupomos energijos apskaičiavimas

1. Nevartoti požeminio vandens tiems technologiniams procesams, kuriems nereikia (pagal sanitarinius reikalavimus) geriamojo vandens. Pakeitus požeminį vandenį paviršiniu (arba lietaus) galima sutaupyti energijos: $E_{pav} = \Delta E_{em} Q_{em} - E_r Q_r$, kWh,

čia: ΔE_{em} – imant paviršinį vandenį (vietoj požeminio) sutaupomas

lyginamasis energijos kiekis (kWh/1000 m^3), apytikriai $\Delta E_{em} = (h_{pož} - 10) 3,8$ kWh/1000 m^3 , čia: $h_{pož}$ – požeminio vandens slūgsojimo gylis, o keičiant paviršiniu komunalinio vandentiekio vandenį $\Delta E_{em} = 100...160$ kWh/1000 m^3 ; Q_{em} – imamo vandens tūris 1000 m^3 ; E_r – vandeniui skaidrinti (jei negalima tiekti natūralaus paviršinio vandens) reikalingas lyginamasis energijos kiekis (kWh/1000 m^3), apytikriai nuo 10 iki 30 kWh/1000 m^3 ; Q_r – vandens, kurį reikėtų ruošti (dėl nepakankamo skaidrumo) tūris, 1000 m^3 .

2. Kur technologiniai reikalavimai vandens kokybei leidžia, naudoti kituose procesuose panaudotą vandenį. Taip galima sutaupyti energijos: $E_{krt} = \Delta E_{krt} Q_{krt}$, kWh, čia: ΔE_{krt} – lyginamasis sutaupomos energijos kiekis (kWh/1000 m^3), jei naudojamas paviršinis vanduo, apytikriai $\Delta E_{krt} = 50$ kWh/1000 m^3 , jei požeminis ar komunalinis – $\Delta E_{krt} = 100$ kWh/1000 m^3 ; Q_{krt} – pakartotinai naudojamo vandens tūris (1000 m^3).
3. Kur užtenka nesudėtingo grąžinamo vandens ruošimo (aušinimo ar nusodinimo) arba kur naudojamas energiškausiai imlus vanduo, įrengti vietinius apytakinius vandentiekus. Taip galima sutaupyti energijos: $E_{ap} = \Delta E_{ap} Q_{ap}$, kWh, čia: ΔE_{ap} – lyginamasis sutaupomos energijos kiekis (kWh/1000 m^3), naudojant paviršinį vandenį, apytikriai $\Delta E_{ap} = 5$ kWh/1000 m^3 , vartojant požeminį vandenį –

$\Delta E_{cp} = (h_{poz} - 10) 3,4 \text{ kWh}/1000 \text{ m}^3$, čia: h_{pot} – požeminio vandens slūgsojimo gylis, naudojant komunalinio vandentiekio vandenį – $\Delta E_{cp} = 140...220 \text{ kWh}/1000 \text{ m}^3$.

4. Padidinti siurblių (pakeisti naujais) naudingumo koeficientą. Taip

galima sutaupyti energijos: $E_{\eta} = 0,00272 Q t H \left(\frac{1}{\eta} - \frac{1}{\eta_{opt}} \right)$,

kWh, čia: Q – siurblio našumas (m^3/h); t – siurblio veikimo trukmė (h); H – siurblio slėgio aukštis (m v.st.); η – esamo siurblio naudingumo koeficientas (jo apskaičiavimą žr. aukščiau); η_{opt} – gamybinio vandens tiekimo sąlygoms optimalaus siurblio naudingumo koeficientas. Sumuojamieji vandens apskaitos debitmačiai rodo per tam tikrą laiką sunaudotą vandens tūrį (Qt), todėl apskaičiuojant sutaupomą energiją pagal jų rodmenis nebereikia daugiklio t . Energijos kiekis turi būti imamas lygiai per tą patį, kaip ir debitmačio rodmenys, laikotarpį, o slėgio aukštis vidutinis.

5. Automatizuoti gamybinio vandentiekio siurblių veikimą ir jį priderinti prie vandens naudojimo kaitos. Taip galima sutaupyti

energijos mažiausiai: $E_{aut} = 0,194 Q H$, kWh, čia: Q – per tam tikrą laiką siurblio patiekiamas vandens tūris (1000 m^3); H – vidutinis siurblio slėgis (m v.st.).

6. Automatizuoti vandens tiekimą į technologinius aparatus, o esant rankiniam tiekimui – įrengti automatiškai užsidarančius (ppr. uždarus) čiaupus. Taip sutaupomą energijos kiekį galima apskaičiuoti pagal 5 punktą nurodytą formulę, tik čia Q ir H – technologinio aparato ar proceso naudojamo vandens kiekis ir slėgio aukštis.

7. Panaudoti valytas kitų įmonių ar miesto nuotėkas (kur tai patogų) bei įmonės teritorijoje iškrentančių kritulių vandenį (ypač paranku surinkti ir panaudoti lietaus vandenį nuo stogų). Sutaupomą energijos kiekį galima apskaičiuoti pagal 1 punkte nurodytą formulę, tik reikia imti atitinkamą Q_{em} reikšmę. Renkant kritulių (ar tik lietaus) vandenį, per metus susidarantis vandens kiekis apskaičiuojamas taip: $Q_{em} = Q_{krit}/1000$, taigi: $Q_{krit} = 10 H \psi A k$, m^3 , čia: H – vidutinis metinis kritulių (ar tik lietaus) sluoksnio aukštis šioje vietovėje (mm) (Lietuvos hidrometeorologijos valdybos duomenimis); ψ – paviršinio nuotėkio koeficientas: stogų – 0,9, visos teritorijos – 0,4; A – paviršiaus, kurio krituliai renkami, plotas (ha); k – koeficientas, įvertinantis dalies sniego išvežimą iš įmonės teritorijos: jei išvežama, $k = 0,85$, jei nevežama ar naudojamas tik lietaus vanduo, $k = 1$.

8. Pašalinti įmonės vandentiekio tinklo nesandarumus ir sumažinti vandens ruošimo procesuose prarandamą vandens kiekį. Sumažinus ištėkius galima sutaupyti energijos: $E_{išt} = 3,8 \Delta Q H$, kWh, čia:

ΔQ – mažinant išteklius per tam tikrą laiką sutaupomo vandens tūris (1000 m³); H – vidutinis vandens slėgio tinkle aukštis (m v.st.).

- Įrengus šiluminius siurblius, panaudoti eksergetinį nuotėkų potencialą (žr. Nuotėkų eksergetinio potencialo apskaičiavimas). Šio potencialo panaudojimas pats reikalauja energijos, todėl praktiškai galima atgauti tik apie pusę šio potencialo.

Kiti svarbūs aspektai

Gamybiniams ir vandens ruošimo procesams vartojamo vandens kiekio apskaitos būklė

Siekiant taupyti vandenį būtina matuoti ne tik visos įmonės bei jos struktūrinių padalinių vandens sąnaudas, bet ir atskiriems gamybos barams, technologiniams aparatams bei procesams sunaudojamą vandens kiekį. Nuolat turėtų būti matuojama (reikia įrengti vandens skaitiklius, geriausia – registruojančiuosius, kad būtų galima naudojimą sugretinti su technologiniais pokyčiais, ir manometrus) bent 70–80% gamybos procesams naudojamo vandens. Kitos gamybinio vandens sąnaudos gali būti periodiškai nustatinėjamos matuojant kilnojamaisiais debitmačiais arba tūriniu būdu. Tikrinant šalto vandens tiekimo sistemų energetinį veiksmingumą būtina pasidomėti atskiriems technologiniams procesams naudojamo vandens apskaitos išplėtojimu.

Vandens tiekimui naudojamos elektros energijos apskaitos būklė

Tikrinant šalto vandens tiekimo sistemų energetinį veiksmingumą, būtina pasidomėti gamybinio vandens tiekimui vartojamos elektros energijos apskaitos išplėtojimu. Nuolat turėtų būti matuojama (įrengti elektros skaitikliai) pagrindinių vandens siurblių (tiekiamųjų, apytakinių) naudojama elektros energija. Tiesiogiai nematuojamos vandens tiekimui naudojamos energijos taupymas yra deklaratyvus.

Optimalūs sprendimai

Pramonės šaka	Gaminų mato vienetas	Savitasis vandens vartojimas m ³ /vnt		Vandens sunaudojimo koeficientas	
		Geras	Prastas	Geras	Prastas
Elektros energijos gamyba	MWh	70	200	0.75	0.05
Šiluminės energijos gamyba	MWh	2.5	6.4	0.65	0.05
Tekstilės pramonė	t	350	2500	0.30	0.03
Chemijos pramonė (bendr.)	t	6	115	0.60	0.10
Chemijos pramonė (azoto)	t	310	970	0.80	0.25
Naftos pramonė	t	4	60	0.65	0.15
Cukraus gamyba	t	7	120	0.50	0.10
Mėsos pramonė	t	40	95	0.15	0.05
Pieno pramonė	t	7	65	0.60	0.07

Rekomendacijos technologijoms ir energijos srutams įvertinti

Informacijos rinkimas

Bendroji informacija apie įmonės vandens ūkį pateikta „Gamtos išteklių naudojimo leidimo“ I ir II dalyse bei LR Aplinkos ministerijai pateikiamose valstybinės statistikos ataskaitose „Vanduo“. Smulki informacija, kurios reikia energetiniam vandens tiekimo auditui, laikoma įmonės vadovybės gamybos, energetikos bei mechanikos padalinuose.

Vandens naudojimas pasižymi sezoniškumu, todėl duomenys apie jį turi apimti ne mažiau kaip metus. Geriausia būtų imti kelerių metų duomenis ir, sugrupavus juos metų laikais, nustatyti sezoninius vidurkius.

Kontroliniai matavimai

Patikrinti ar išmatuoti momentinius įmonės naudojamo vandens (kiekvieno šaltinio ar apytakinio vandentiekio atskirai) energinius parametrus: debitą, slėgį, temperatūrą.

Patikrinti ar nustatyti (jei nėra atskiros vandens apskaitos) momentinį imlesnių procesų savitąjį vandens sunaudojimą, matuojant naudojamo vandens kiekį ir kartu sekant gaminamos produkcijos kiekį.

Patikrinti ar išmatuoti (jei nėra atskiros vandens parametrų ir energijos apskaitos) momentinius vandenį tiekiančių (taip pat ir apytakinių) siurblių energinius parametrus: debitą, slėgį, elektros sąnaudas.

Išmatuoti ištėkius iš vandentiekio tinklo. Įmonei (ar jos struktūriniam padaliniiui) neveikiant pasekti (bent valandą) vandens skaitiklių rodmenis: jų skirtumas per stebėjimo trukmę ir bus ieškomasis ištėkių dydis. Tuo metu reikėtų pereiti per tiriamą barą ir vizualiai įsitikinti, ar nėra atsitiktinių ištėkių pro čiaupus.

Išmatuoti iš vandeninių (vandens imlių) technologinių procesų ištekančių nuotėkų temperatūrą.

Vandens debitui matuoti naudotini kilnojantieji debitmačiai arba žinomos talpos indai ir chronometrai. Matuoti reikėtų ne trumpiau kaip 30 sek. Slėgiui matuoti, naudotini manometrai su padalos verte ne stambesne kaip 0,2 baro (2 m v.st.) ar 20 kPa. Elektros sąnaudos matuotinos vatmetrais, pritaikytais prie elektros tiekimo schemas, arba kilnojamaisiais elektros srovės parametrų matavimo prietaisais.

Technologijų vertinimas pagal vandens tiekimo energinį imlumą

Pagal sezoninius ir momentinį (tikrinant audito metu) vandens naudojimą gamybai ir vandeniui tiekti sunaudojamą energiją (įskaitant perkamo vandens potencinę energiją) apskaičiuoti vandens energinį imlumą, palyginti jį su lentelėje pateiktu atitinkamos pramonės šakos vandens energiniu imlumu ir pagal tai apskritai spręsti apie tikrinamos įmonės technologiją šiuo atžvilgiu. Išsamiau bei smulkiau vertinti vandens tiekimo gamybai technologinį taupumą galima tik panagrinėjus 4 skyrelyje išvardytų vandens ir energijos taupymo priemonių įgyvendinimo galimybes ir veiksmingumą.

Rekomenduojamų energijos taupymo priemonių ir technologijos patobulinimų sąrašas

1. Vandens tiekimo schemos tobulinimas: vartoti mažiau energiškai imlų vandens šaltinį; nevirtoti technologiniams procesams aukštesnės, negu technologiškai būtina, kokybės vandens; vandentiekį decentralizuoti, priderinti prie technologinių linijų ir technologijos grandžių; vandenį technologiniams procesams tiekti automatizuotais ir savaime užsidarančiais čiaupais.
2. Vandens ir vandeniui tiekti naudojamos energijos apskaitos plėtimas: kiekvienam, ypač vandeningesniai, technologiniam procesui vanduo turi būti tiekiamas pro skaitiklį; turi būti matuojama kiekvienos vandens tiekimo ar apytakinių siurblių grupės (arba siurblio) naudojama energija, siurbliuojamas vandens kiekis ir slėgis.
3. Vandens išnaudojimo gerinimas: plėsti vandens apytaką ir kartotini naudojamą.
4. Siurblių naudingumo koeficiento kėlimas: ne rečiau kaip du kartus per metus nustatyti naudingumo koeficiento reikšmę ir pasirodžius kad esamų siurblių ji bent 5 punktais (šimtosiomis vieneto dalimis) prastesnė už tos pačios paskirties naujų siurblių keisti juos naujais.
5. Nuotėkų energijos panaudojimas: įrengti šiluminius siurblius šiltų nuotėkų energijai utilizuoti.

Aplinkosauginiai aspektai

Gamtinis vanduo yra valstybės nuosavybė ir už jo naudojimą imamas mokeskis. Daugiausia mokama už požeminio vandens naudojimą (už buitiniams reikmėms skirtą – 3 ct/m³, gamybinėms – 7 ct/m³), mažiau už paviršinį (už pramonei (išskyrus Panevėžį) skirtą) – 0,5 ct/m³, o energetikai (išskyrus hidroenergetiką ir atominę energetiką) – 0,05 ct/m³. Šie mokesčiai įskaityti į vandens, perkamo iš komunalinių vandentiekų, kainą. Neapmokestinamas įmonės teritorijoje surinktas lietaus vanduo ir nuotėkos.

Taigi mokesčiai verčia:

1. Gamybai vartoti paviršinį, o ne požeminį vandenį.
2. Kuo mažiau vandens imti iš šaltinių (įskaitant komunalinius vandentiekius).
3. Kuo geriau sunaudoti paimtą vandenį, t. y. naudoti jį keletą kartų.
4. Naudoti neapmokestinamą, t. y. lietaus ar nutekamąjį, vandenį.
5. Taupant žalią vandenį, mažėja gamtinių vandenų tarša ir atitinkami mokesčiai.

Už išleidžiamas nuotėkas taip pat reikia mokėti. Mokesčio dydis priklauso nuo jose esančių medžiagų pavojingumo aplinkai klasės ir kiekio. Žinoma, tai atskiro audito tema, tačiau reikia pabrėžti, kad tarp vandens tiekimo ir nuotėkų ištekimo yra glaudus ryšys: kuo veiksmingiau eksploatuojamas vandentiekis, tuo mažiau teršalų ištekinama su nuotėkomis.

Naudotos literatūros sąrašas, normos ir standartai, nutarimai ir kita auditoriams reikalinga medžiaga

Lietuvos Respublikos mokesčių už valstybinius gamtos išteklius įstatymas, 1991-03-21, Nr. I-1163.

Lietuvos Respublikos Vyriausybės 1995-10-10 nutarimas Nr. 1320 „Dėl mokesčių už valstybinius gamtos išteklius“.

„Mokesčių už valstybinius gamtos išteklius įstatymo taikymo instrukcija“, patvirtinta Lietuvos Respublikos Aplinkos apsaugos ministro ir Lietuvos Respublikos Finansų ministro 1996-10-24 įsakymu Nr. 155/96.

Lietuvos Respublikos mokesčių už aplinkos teršimą įstatymas, 1991-04-02, Nr. I-1188.

„Mokesčių už aplinkos teršimą įstatymo taikymo instrukcija“, patvirtinta Lietuvos Respublikos Aplinkos apsaugos departamento generalinio direktoriaus ir Lietuvos Respublikos Finansų ministro 1994-01-11.

Lietuvos Respublikos mokesčių už aplinkos teršimą įstatymo pakeitimo įstatymas (projektas), 1998 m. lapkritis.

Gamtos išteklių naudojimo leidimų išdavimo ir gamtos išteklių naudojimo limitų bei išleidžiamų į aplinką teršalų normatyvų nustatymo taisyklės LAND 31-98 (projektas), Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija.

Lietuvos Respublikos vandens įstatymas, 1997-11-21, Nr. VIII-474.

Paviršinių (lietaus) nuotekų kanalizavimo ir išleidimo normatyvų nustatymo, mokesčio už taršą taikymo ir laboratorinės kontrolės vykdymo taisyklės LAND 3-95, Lietuvos Respublikos Aplinkos apsaugos departamentas.

Lietuvos klimato žinynas. Krituliai. Lietuvos hidrometeorologijos valdyba, Lietuvos hidrometeorologijos centras, Vilnius, 1991.

9 ANTRINĖS ŠILUMOS PANAUDOJIMAS (I DALIS)

Šilumos siurblių naudojimo centralizuoto šilumos tiekimo sistemoje termodinaminė esmė

Ieškant organinio kuro alternatyvos, iki šiol Lietuvoje nagrinėtos tik atsinaujinančių energijos išteklių (vėjo, saulės, biodujų, geoterminio vandens ir t. t.) naudojimo galimybės ir neskiria reikiamo dėmesio atliekiniams energijos ištekliams, susidarantiems Lietuvos pramonės įmonėse, vandenvals įrenginiuose ir kt., kurių šilumą būtų patogu pasisavinti šilumos siurbliais.

Šilumos siurblių naudojimas, ypač centralizuotam šilumos tiekimui miestuose, termodinaminio požiūriu yra gerokai pranašesnis už rajoninių katilinių naudojimą. Reikia prisiminti, kad bet kurioje techninėje sistemoje realūs termodinaminiai procesai atliekami veikiant supančiai aplinkai. Sistemos energijos techninę vertę nulemia tik ta sistemos energijos dalis, kuri gali būti paversta darbu. Ši energijos dalis vadinama eksergija, o kita energijos dalis, kuri negali būti paversta darbu – anergija.

Esant pastoviai temperatūrai $T(T > T_{ap})$ šilumos srautas (q), jo eksergija (e_q) ir anergija (a_q) susiję tokia priklausomybe:

$$q = e_q + a_q ; \quad (1)$$

$$e_q = q(T - T_{ap}) / T = q \tau_e ; \quad (2)$$

$$a_q = q T_{ap} / T = q (1 - \tau_e) . \quad (3)$$

Reiškinys $(T - T_{ap}) / T = \tau_e$ vadinamas eksergine temperatūra. Jis nustato bet kurios techninės sistemos eksergijos dalį.

Panagrinėkime du atvejus: šilumos tiekimą iš rajoninės katilinės ir iš šilumos siurblių kompresorinės.

Rajoninėje katilinėje deginant kurą gaunami dūmai, kurių temperatūra 1000°C . Kūrykloje išsiskyrusi šiluma per šildymo paviršius, šilumokaičius perduodama termofikaciniam vandeniui, kurį pašildo iki 90°C . Šis šilumos trasomis patenka į patalpų šildymo sistemos radiatorius, kur galiausiai šiluma atiduodama patalpos orui, kurio temperatūra siekia 18°C .

Tokios techninės sistemos ekserginė temperatūra $\tau_e = 0,77$. Tai reiškia, kad šios techninės sistemos energijos techninė vertė labai aukšta – jos eksergija 77%, ją galima būtų versti į kitas energijos rūšis (mechaninę ar elektros energiją) arba atlikti darbą. Kita šios techninės sistemos energijos dalis – anergija sudaro tik 23%.

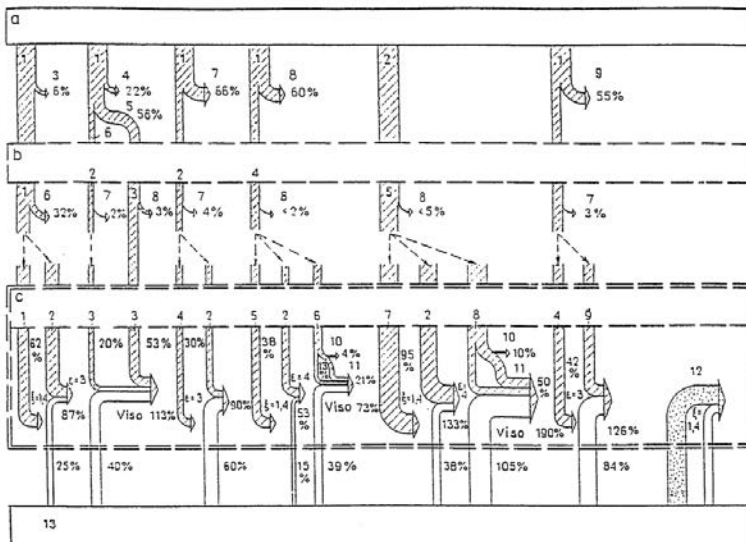
Naudojant šilumos siurblius, 18°C patalpų oro temperatūra pasiekama visai kitu principu. Šilumos siurblys iš žemos temperatūros šilumos šaltinio paima 2/3 šilumos ir, naudodamas 1/3 elektrinės arba mechaninės energijos, t. y. atlikdamas darbą, pakelia termofikacinio vandens temperatūrą šilumokaityje iki 90°C .

Termofikacinis vanduo šilumą perneša į patalpų šildymo sistemos radiatorius, kur šiluma atiduodama patalpos orui, kurio temperatūra 18°C.

Šios techninės sistemos dalies (šilumokaitis – patalpos oras) ekserginė temperatūra $\tau_e = 0,20$. Tai reiškia, kad šios techninės sistemos energijos techninė vertė nedidelė – jos eksergija tik 20%. Šioje sistemoje gerokai daugiau menkavertės šilumos – net 80%.

Kadangi centralizuotai tiekiant šilumą reikia daug menkavertės energiniu požiūriu šilumos, tai šilumos siurbliu pagaminta šiluma tiek termodinaminio, tiek ekologinio aspekto ir netgi ekonominiu aspektu yra daug naudingesnė nei šiluma, pagaminta deginant kurą rajoninėse katilinėse.

Šilumos siurblio energinį efektyvumą įvertina šilumos transformacijos koeficientas. Kadangi šis koeficientas visada yra didesnis už vieneta, tai šilumos tiekimas šilumos siurbliu visada ekonomišknesnis už tiesioginį kaitinimą elektra, o jeigu šilumos siurblio transformacijos koeficientas $\phi > 2,5$, tai šilumos siurblys ekonomišknesnis ir už tiesioginį kuro deginimą.



56 pav. Energijos transformacijos laipsniai ir įvairių šildymo sistemų pirminės energijos panaudojimo koeficientai.

a – pirminė energija (anglys, gamtinės dujos): 1 – anglis; 2 – gamtinės dujos; 3 - nuostoliai keitikliuose; 4 – ŠEC, nuostoliai (atidurbęs garas) 22%, 5 – šilumos tiekimas, 56%; 6 – elektros energija, 22%, 7 – kondensacinė elektros stotis, nuostoliai keitikliuose 66%, 8 – nuostoliai keitikliuose, 60%; 9 – dujų garinės sistemos nuostoliai elektros stoties keitikliuose, 55%;

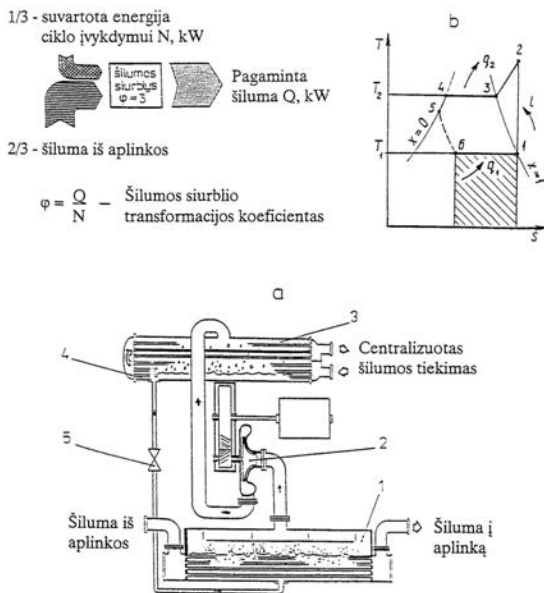
b – energija komunalinėms reikmėms: 1 – anglis, 2 – elektros energija, 3 – centralizuotas šilumos tiekimas, 4 – miesto dujos, 5 – gamtinės dujos, 6 – nuostoliai vartotojo keitikliuose, 7 – nuostoliai tinkluose, 8 – transportavimo nuostoliai;

c – naudinga energija (patalpoms šildyti): 1 – tiesioginis šildymas anglimis, 2 – absorbcinis šilumos siurblys, 3 – kompresorinis šilumos siurblys + centralizuotas šilumos tiekimas, 4 – tiesioginis elektrinis šildymas, 5 – šildymas miesto dujomis, 6 – miesto dujos + kompresorinis šilumos siurblys, 7 – šildymas gamtinėmis dujomis, tiesioginis, absorbcinis šilumos siurblys, 8 – gamtinės dujos + kompresorinis šilumos siurblys, 9 – kompresorinis šilumos siurblys, 10 – nuostoliai dujiniuose varikliuose, 11 – atidirbusi šiluma, 12 – absorbcinio šilumos siurblio variklis su atidirbusia aukštos temperatūros šiluma, 13 – atliekinių ir atsinaujinančių energijos išteklių šiluma.

Šildymo sistemos su šilumos siurbliais visada turi didesnę pirminės energijos panaudojimo koeficientą, negu šildymo sistemos be jų. Kad dabartinis tiesioginis kuro deginimas katilinėse termodinaminio požiūriu galutinai išsisėmė, patvirtina ir įvairių šildymo sistemų pirminės energijos panaudojimo koeficientai, parodyti 56 paveiksle [1]. Čia matome, kad didelę dalį šildymo sistemos (įskaitant šilumos gamybą ir perdavimą) šiluminiame balanse užima atliekinių ir atsinaujinančių energijos išteklių šilumos panaudojimas (56 pav. 13 poz.).

Šilumos siurblio ciklas

Termodinaminis procesas, vykstantis šilumos siurblio įrenginyje (57 pav., a) iš esmės niekuo nesiskiria nuo šaldymo ciklo. T – S diagramoje pavaizduotas šilumos siurblio veikimo ciklas (57 pav. b).



57 pav. Šilumos siurblys: a) principinė schema, b) termodinaminis ciklas: 1 – garintuvas, 2 – kompresorius, 3 – kondensatorius, 4 – peršaldytuvas, 5 – droseliavimo ventilis, T_1 – garinimo temperatūra, T_2 – kondensacijos temperatūra.

Šiame cikle, kai garintuve slėgis ir temperatūra nekinta, garinant darbo agentą (6–1), iš žemos temperatūros šilumos šaltinio paimama šiluma (q_1). Kompresoriuje darbo agento garai, atliekant darbą (l), suslegiami (1–2), tada pakyla jų slėgis ir temperatūra. Iš kompresoriaus darbo agentas patenka į kondensatorių ir peršaldytuvą, kuriuose darbo agentas ataušinamas (2–3), kondensuojamas (3–4) ir peršaldomas (4–5). Šiluma (q_2) šiuose procesuose atiduodama šildymo sistemos vandeniui. Paskui skystas darbo agentas ventilyje droseliuojamas (5–6), t. y. jo slėgis sumažinamas iki slėgio, esančio garintuve. Toliau ciklas kartojasi.

Šiluminio siurblio cikle, atliekant darbą (l), iš žemos temperatūros šilumos šaltinio (aplinkos, nuotėkų ir t. t.) paimama šiluma (q_1) ir atiduodama ($q_2 = l + q_1$) aukštesnės temperatūros šaltiniui – šildymo sistemai. Tokiu būdu šildymo sistema gauna ne tik šilumą, paimtą iš žemos temperatūros šilumos šaltinio, bet ir tą šilumą, kuri tolygi sunaudotam darbui.

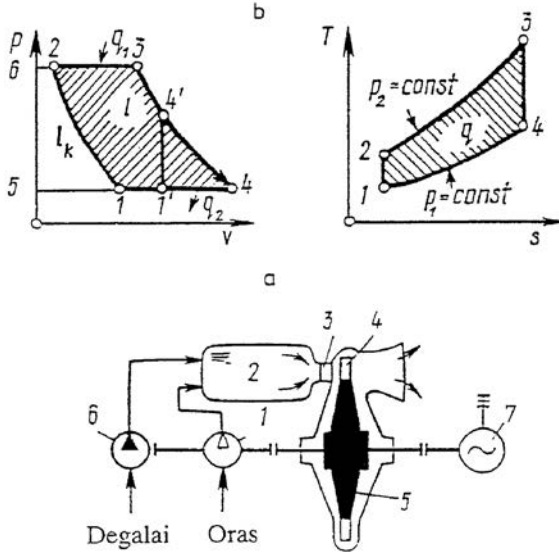
Šilumos siurblio svarbiausia charakteristika yra šilumos transformacijos koeficientas (φ). Jis parodo, kiek kartų šilumos kiekis, pagamintas įrenginyje, didesnis už darbą, sunaudotą ciklo įvykdyti.

Šilumos siurblio veiksminguma galima padidinti – jam sukti vietoj elektros energijos naudoti mechaninę vidaus degimo ir dyzelinių variklių energiją ir papildomai utilizuoti šių variklių aušinimo sistemų šilumą. Dujų turbinos taip pat gali sukti šilumos siurblius tiesiogiai perduodamos mechaninę energiją arba šilumos

siurblių elektros varikliams gali būti tiekiamas dujų turbinų generatoriais pagaminta elektros energija.

Dujų turbinų ciklai

Didelis stūmoklinių vidaus degimo variklių trūkumas yra tas, kad cilindre dujos negali išsiplėsti iki atmosferos slėgio, dėl to prarandama dalis galimo plėtimosi darbo (plotas 4' 4 1', 58 pav., b).



58 pav. Dujų turbina: a) izobarinio degimo dujų turbinos principinė schema, b) izobarinio degimo dujų turbinos ciklas.

Iki atmosferos slėgio degimo produktai išsiplečia rotaciniuose varikliuose - turbinose, kuriose stūmoklio slankiojamasis judesys pakeistas sukamoju rotoriaus judesiu, todėl turbinos greitai, jų vienutinė galia gerokai didesnė už stūmoklinių variklių.

Darbo kūnas – specialiose degimo kamerose gautos aukšto slėgio dujos. Turbinų tūpose dujos plečiasi, jų slėgis verčiamas į greitį. Dideliu greičiu dujos teka darbo menčių kreiviniiais kanalais, kuriuose srauto kinetinė energija naudojama turbinos rotoriumi sukti. Rotoriaus judesys perduodamas elektros generatoriui ar kitam varomam mechanizmui.

Kaip ir vidaus degimo varikliuose, degimas gali būti izochorinis ir izobarinis, todėl galimi du turbinų ciklai. Plačiausiai naudojamas izobarinio degimo ciklas. Principinė dujų turbinos įrenginio schema parodyta 58 pav., a.

Turbokompresorius (1) išsiurbia orą, suslegia jį ir tiekia į degimo kamerą (2). Į ją degalų siurbliu (6) išsiurbiami ir purkštuvu įpurškiami skysti degalai (arba

gamtinės dujos). Degimo procesas vyksta izobariškai, gautos aukšto slėgio dujos plečiasi tūtoje (3) ir dideliu greičiu teka į darbo menčių kanalus (4), ten sukuria mechaninį darbą (pastumia mentes ir pasuka rotorius (5)) ir išmetamos į atmosferą. Mechaninis darbas elektros generatoriuje (7) paverčiamas elektros energija. Dalis mechaninio darbo naudojama degalų siurbliui (6) ir turbokompresoriui (1) varyti.

Izobarinio degimo dujų turbinos teorinis ciklas pavaizduotas 58 pav., b. Ciklą sudaro šie procesai: 1–2 adiabatinis oro suslėgimas turbokompresoriuje, jame sunaudojamas darbas vaizduojamas plotu 2156; 2–3 – izobarinis degimas, jo metu darbo kūnas gauna šilumą (q_1); 3–4 – adiabatinis degimo produktų plėtimasis, jo metu sukuriamas techninis darbas, vaizduojamas plotu 3456; 4–1 – izobarinis šilumos (q_2) atidavimas aplinkai.

Ekonominės prielaidos šilumos siurbliams naudoti centralizuoto šilumos tiekimo sistemose

Pastaraisiais metais pasaulinės energetinės ir ekologinės problemos paskatino masiškai diegti šilumos siurblius. Pagrindiniai šilumos siurblių naudojimo privalumai, palyginti su šilumos gamyba tradicinėse katilinėse, elektriniu šildymu ir kt., yra šie: šilumos siurbLIAI įgalina pasisavinti žemos temperatūros energijos išteklių šilumą, taupo organinį kurą, mažina atmosferos taršą.

Lyginant šilumos gamybą elektra varomais šilumos siurbLIAIS su bet kuriuo kitu alternatyviu šilumos gamybos būdu, kasmetines taupomas lėšas organiniam kurui įsigyti skaičiuojamos pagal [2] formulę:

$$\Delta L = L_a [1 - (K_e / K_k) (\eta_a / \varphi)] \quad (4)$$

- L_a - lėšos organiniam kurui (alternatyvios šilumos gamybos atveju) (Lt);
- K_e - elektros energijos kaina (Lt/kWh);
- K_k - organinio kuro kaina (kuro kiekis, vertinamas pagal jo kalingumą) (Lt/ kWh);
- η_a - alternatyvaus šilumos gamybos būdo įrangos (garo katilo, vandens šildymo katilo ir t.t.) naudingo veikimo koeficientas;
- φ - šilumos siurblio transformacijos koeficientas.

Šilumą gaminant katilinėse, η_a kinta nuo 0,8 iki 0,9, šilumos siurblių φ kinta nuo 2,5 iki 6, tai priklauso nuo žemos temperatūros potencialo šilumos šaltinio.

Lėšų organiniam kurui įsigyti ekonomija ir šilumos siurblių atsipirkimo laikas labai priklauso nuo K_e/K_k santykio. Pasaulinė šilumos siurblių diegimo praktika rodo, kad norint gauti priimtina šilumos siurblių atsipirkimo laiką, reikia, kad šis kainų santykis K_e/K_k būtų <3. Vokietijoje ir Švedijoje šis kainų santykis daug mažesnis.

Buvusioje Sovietų Sąjungoje šis tarifų santykis siekė 10, tačiau tai nieko bendro neturėjo su realiomis išlaidomis kurui ir elektros energijos gamybai, o buvo paremtas socialistiniu planavimu ir valdžios sprendimais. Lietuvai tapus nepriklausoma ir pradėjus gyventi rinkos sąlygomis, iškart pabrango kuras ir kartu pradėjo kilti elektros energijos ir šilumos tarifai. Atsirado galimybių kaip ir visame

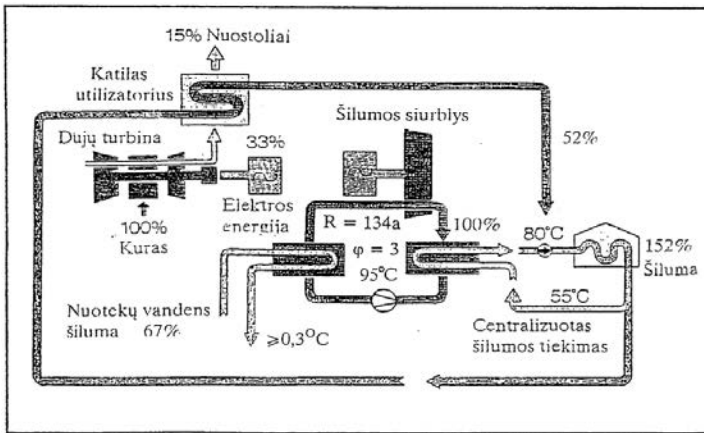
Vakarų pasaulyje šilumos siurbliais pasisavinti antrinių ir atsinaujinančių energijos išteklių šilumą, kartu mažinti importuojamo kuro kiekius.

Deja, šiomis galimybėmis nebuvo pasinaudota. Valstybinė energetikos išteklių kainų ir energetinės veiklos kontrolės komisija 1997 m. liepos 18 d. priimtu nutarimu Nr. 12 „Dėl akcinės bendrovės „Lietuvos energija“ elektros energijos kainos“ nustatė naują vidutinę AB „Lietuvos energija“ tiekiamos energijos kainą 15,9 ct/kWh ir patvirtino pagal šią vidutinę kainą apskaičiuotus elektros energijos tarifus įvairiems elektros energijos vartotojams.

Vartotojams, gaunantiems elektros energiją iš žemesnės kaip 110 kV, bet ne žemesnės kaip 6 kV įtamos elektros tinklų (dideli elektra varomi šilumos siurbliai kaip tik ir papuola į šią vartotojų kategoriją), vienkainis tarifas (šilumos siurbliai dirba ištisą parą) yra 16,1 ct/kWh (be PVM).

Esant tokiai elektros energijos kainai, santykis K_e/K_k išauga iki 4 (naudojant gamtines dujas) ir šilumos siurbliai (veiksminga kuro taupymo įranga!) tapo neekonomiški, palyginti su rajoninėmis katilinėmis.

Ekonominiu požiūriu verta dėmesio šilumos siurblio ir dujų turbinos su katilu utilizatoriumi jungimo schema, ypač kai elektros energijos ir kuro kainų santykis didesnis už tris. Todėl Lietuvoje būtina šilumos siurblių diegimo sąlyga tampa jų bendras darbas kartu su dujų turbinomis. Ši sąlyga nebūtina, jei šilumos siurbliams – atliekinę šilumą pasisavinančiai priemonei – elektros energija būtų gaunama nors atsipirkimo laikui pigesniu tarifu (pvz., 10,0 ct/kWh).



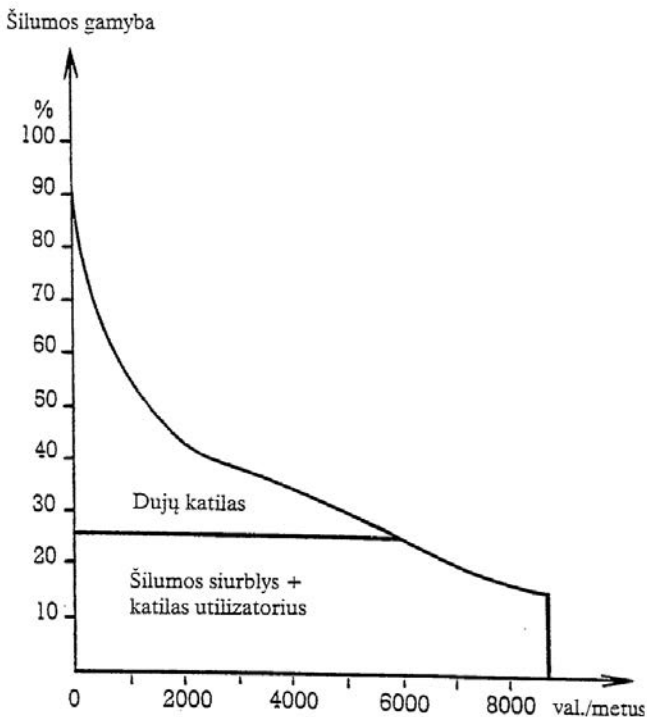
59 pav. Šilumos siurblio ir dujų turbinos modulio principinė schema.

Kaip parodyta 59 pav. gamtinės dujos deginamos dujų turbinoje, kurioje kuro cheminė energija paverčiama mechanine energija, dujų turbina suka generatorių, kuris gamina elektros energiją. Dūmai iš dujų turbinos praeina katilą utilizatorių, kuriame gaminamas karštas vanduo. Pagaminta elektros energija naudojama sukti šilumos siurblio variklį.

Šilumos siurblio garintuve žemos temperatūros šilumos šaltinio šiluma garina darbo agentą (134a), kurio garus suslėgdamas turbokompresorius įkaitina iki 95°C.

Šiuos perkaitintus garus aušina grįžtamas centralizuoto šilumos tiekimo sistemos vanduo, kuris įkaista iki 80–90°C. Į termofikacinio vandens liniją paduodamas ir katilė utilizatoriuje pašildytas vanduo.

Antra būtina sąlyga ta, kad šis modulis dirbtų visa apkrova ištisus metus, „dengdamas“ metinį centralizuotai tiekiamos šilumos poreikį (pvz., mieste) maždaug 20–25% (žr. 60 pav.).



60 pav. Tipinis metinis centralizuotai tiekiamos šilumos kiekio poreikis mieste.

Vakarų valstybėse įdiegti šilumos siurbliai jau šiandien ne tik gerokai sumažino įvežamo skysto kuro kiekį, bet ir įgalino vyriausybės sumažinti CO₂ išmetimą į atmosferą iki 2005 metams planuoto lygio.

Tačiau tai savaime neįvyko. Daug anksčiau, nei šilumos siurbliai įsitvirtino energetinėje rinkoje, Vokietijoje buvo įkurta iniciatyvinė draugija „Šilumos siurbliai“, kuri šią energiją taupančią priemonę „įtvirtino“ visuomenės sąmonėje, pateikdama jai plačią informacinę medžiagą apie jų veikimo principus bei ekonominę ir ekologinę naudą [3].

Švedijoje apie 12 metų buvo aiškinama šilumos siurblių diegimo naudą, kol pirmieji stambūs šilumos siurbliai ėmė šalyje veikti.

Šilumos siurbLIAI centralizuoto šilumos tiekimo sistemose

Duomenys apie Šiaurės Europos šalių centralizuoto šilumos tiekimo sistemas pateikti darbe [4]. Šių šalių teritorijos plotas 1,3 mln. km², jose gyveno (devintojo dešimtmečio pabaigoje) 23 mln. gyventojų. Apie 45% gyvenamųjų butų šiose šalyse gavo šilumą (87 TWh) iš centralizuotų šilumos tiekimo sistemų. Atskirose šalyse šie rodikliai yra tokie: Danijoje – 41%, 23 TWh; Suomijoje – 44%, 22 TWh; Islandijoje – 8,1%, 4,8 TWh; Norvegijoje – 2%, 0,9 TWh; Švedijoje – 67%, 36 TWh.

Danijoje iki 2000 m. buvo planuota 40% padidinti centralizuotai šildomų butų skaičių. Suomijoje iš 5 mln. gyventojų 2 mln. aprūpinti centralizuotai tiekiamą šilumą. Norvegijos energetikos pagrindas – hidroelektrinės, tad tik devintajame dešimtmetyje buvo pastatytos dvi didelės šiluminės elektros stotys ir keletas mažų. 1987 m. priimtas įstatymas įpareigoja visus arti centralizuotų šilumos tinklų statomus pastatus jungti prie jų.

Europos šalių patirtimi pasisavinant vandenvažių įrenginių ir pramonės įmonių nuotėkų, jūros vandens ir apytakinių aušinimo sistemų vandens šilumą šilumos siurbLIAIS domimasi ir Japonijoje. [Šia patirtimi vertėtų pasidomėti ir Lietuvos specialistams.]. Straipsnyje [5] nagrinėjama Norvegijos, Švedijos, Vokietijos, Suomijos, Danijos, Prancūzijos patirtis.

Ypatingas atliekinės šilumos šaltinis yra miestų vandenvažių įrenginių nuotėkų šiluma. Nuotėkų temperatūra per metus kinta nuo 7 iki 18°C. Be to, ypač didžiuosiuose miestuose, tai koncentruoti žemos temperatūros potencialo šilumos ištekliai, kurių debitas yra daug didesnis, palyginti su bet kurioje pramonės įmonėje (išskyrus chemijos pramonėje) susidarancius atliekinės šilumos išteklius.

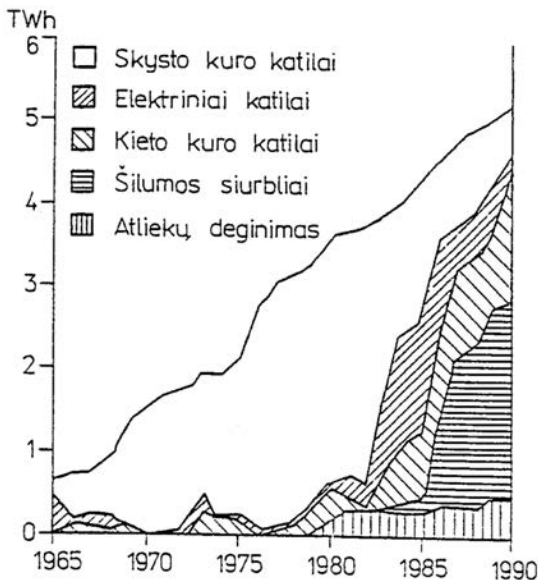
Nuotėkų šilumai panaudoti skirti darbai [6-9]. Straipsnyje [6] nagrinėjami techniniai ir ekonominiai nuotėkų šilumos panaudojimo centralizuoto šilumos tiekimo sistemose aspektai. Atkreipiamas dėmesys į tokias problemas kaip šilumokaičių paviršių užteršimas nuosėdomis, nuotėkų vandens korozinis poveikis šildymo paviršiams ir pan. Pateikiami nuotėkų vandens šilumos panaudojimo pavyzdžiai Tokijuje (Japonijoje). Nutekamųjų (buitinių) vandenų šilumos panaudojimo ekonominiai ir technologiniai aspektai nagrinėjami straipsnyje [7].

Daugeliu atvejų nagrinėjamos galimybės panaudoti vandenvažių įrenginių nuotėkų vandens šilumą po biologinio vandens valymo įrenginių, kur švariausios nuotėkos. Darbe [8] nagrinėjamas Ciuricho (Šveicarija) vandenvažio atvejis: iškart po mechaninio valymo įrenginių statomas tarpinis šilumokaitis, kuriame nuotėkomis pašildytas švarus vanduo (pašilęs 4–8°C) paduodamas į šilumos siurblio garintuvą. Pagrindinis reikalavimas toks, kad nuotėkos neturi būti atšaldomos žemiau kaip 8°C, nes žemesnė temperatūra gali sutrikdyti biologinio valymo įrenginių darbą.

Didžiausią patirtį naudojant stambius šilumos siurblius centralizuoto šilumos (ir net šalčio!) tiekimo sistemose sukauė Švedija.

Švedijoje 1970–1983 m. vidutiniam metiniam nacionaliniam produktui didėjęs 1,3%, energijos sunaudota 16,4% mažiau. Ieškota į aplinką šalinamų vandenų, ventiliacijos oro, dūmų šilumos optimalių utilizacijos būdų; kurti efektyvūs šilumokaičiai, šilumos siurbLIAI ir kt. [9]. 1990 m. Stokholme apie 40% centralizuotai gaminamos šilumos jau buvo gaminama šilumos siurbLIAIS (žr. 61 pav.) [10].

1982–1990 m. Švedijoje ABB koncerno pastangomis pastatyta 50 didelių šilumos siurblių, kurie naudoja įvairius žemos temperatūros potencialo šilumos šaltinius, centralizuotai šilumai tiekti (bendra šiluminė galia – 854 MW) (žr. lentelę).



61 pav. Stokholmo centralizuoto šilumos tiekimo struktūra 1965–1990 m.

Švedijos patirtis diegiant šilumos siurblius centralizuoto šilumos tiekimo sistemoje

Šilumos šaltinis	Šilumos siurblių kompresorinių šiluminė galia MW	Procentai nuo visos šilumos siurblių kompresorinių šiluminės galios	Šilumos siurblių naudojama šiluminė galia MW	Šilumos siurblių vidutinis šilumos transformacijos koeficientas φ
1. Nuotėkų vanduo	558,5	65,4	171,0	3,27
2. Jūros vanduo	166,0	19,4	57,0	2,91
3. Geoterminis vanduo	47,0	5,5	13,8	3,40
4. Ežerų vanduo	39,0	4,6	13,2	2,96
5. Pramonės įmonių apytakinių aušinimo sistemų ir nuotėkų vanduo	38,5	4,5	11,2	3,45
6. Grunto vanduo	5,0	0,6	1,8	2,80
Iš viso	854,0	100,0	268,0	-

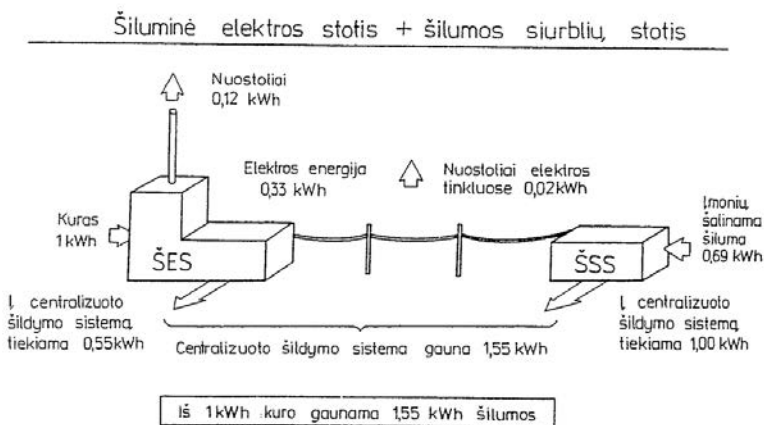
Iš pateiktų duomenų matyti, kad labiausiai rūpintasi, kaip naudoti vandens valymo įrenginių nuotėkų šilumą (65,4% visos įrengtų šilumos siurblių šiluminės galios). Geriausią vidutinį šilumos transformacijos koeficientą ($\varphi= 3,45$) turi

pramonės įmonių apytakinių vandens aušinimo sistemų šilumą naudojantys šilumos siurbliai. Švedijoje pramonės įmonėse įdiegtos pažangios technologijos ir į aplinką šalinami nedideli šilumos kiekiai, todėl įrengtos tik kelios tokios šilumos siurblių kompresorinės (4,5% visos įrengtų šilumos siurblių šiluminės galios). Panašiai įrengta (5,5%) ir geoterminio vandens šilumą naudojančių šilumos siurblių ($\varphi = 3,4$) bei ežerų (4,6%) vandens šilumą naudojančių šilumos siurblių ($\varphi \approx 3,0$). Šiek tiek daugiau (19,4%) įrengta šilumos siurblių, naudojančių jūros vandens šilumą ($\varphi \approx 3,0$).

Švedų duomenimis, šilumos siurblių kompresorinės, kurios naudoja vandens valymo įrenginių nuotėkų bei pramonės įmonių apytakinių vandens aušinimo sistemų vandens šilumą, atsiperka maždaug per 5 m., o šilumos siurblių kompresorinės, naudojančios geoterminio vandens šilumą, dėl brangesnės įrangos ir būtinumo gręžti giluminius gręžinius atsiperka daugiau kaip per 10 m.

Naudojant šilumos siurblius, taupomas organinis kuras, mažiau teršiama aplinka. Švedijoje naudojant žemos temperatūros šilumos šaltinius – nuotėkų, jūros, ežerų, geoterminius, grunto bei pramonės įmonių apytakinių vandens aušinimo sistemų vandens šilumą, kaip minėta, įdiegta 50 stambių šilumos siurblių, kurių bendra šiluminė galia yra 854 MW. Jie naudoja 268 MW elektrinės galios, pakeičia 600 000 m³ skysto kuro, deginamo katilinėse, todėl sumažėja aplinkos tarša: sieros oksidų – 10000, NO_x – 3500, anglies dioksido – 1 600 000, vanadžio ir nikelio – 100 t/m.

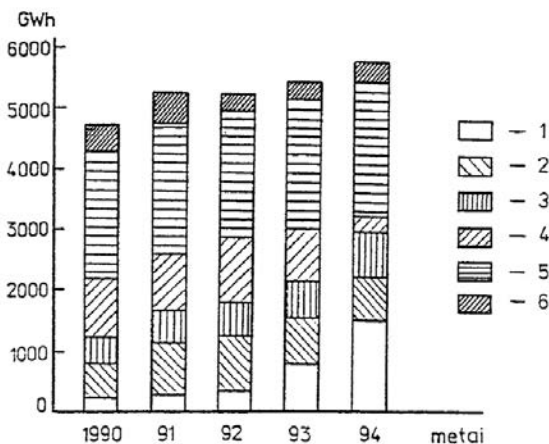
Pirminio kuro panaudojimo centralizuotai tiekiamai šilumai gaminti, sujungiant termofikacinę elektrinę su šilumos siurblių kompresorine, principinė schema parodyta 62 pav.



62 pav. Pirminio kuro efektyvaus panaudojimo schema.

Matyti, kad centralizuotai tiekiamos šilumos kiekis, ją gaminant termofikacinėje elektrinėje ir šilumos siurblių kompresorinėje, kurios šilumos transformacijos koeficientas $\varphi = 3$, išauga nuo 0,55 iki 1,55 kWh, nes panaudojamas

ne tik pirminis kuras (1 kWh), bet ir atliekiniai ar atsinaujinantys energijos išteklių (0,69 kWh). Kaip nurodyta [11], Stokholme 1990 m. instaliuota šilumos siurblių šiluminė galia buvo 320, 1992 m. – 391, o 1993 m. – 421 MW, arba 12,4% įvairių šilumą generuojančių įrengimų instaliuotos galios. Tačiau 1994 m. centralizuotai tiekiamos šilumos balanse šilumos siurbliais pagamintos šilumos kiekis sudarė 37,7% viso centralizuotai tiekiamos šilumos kiekio (63 pav.). Tai rodo, kad Švedijoje šilumos siurbliai laikomi veiksminga ir svarbia centralizuotai tiekiamos šilumos gamybos priemone.



63 pav. Stokholmo centralizuoto šilumos tiekimo šaltiniai ir metinė šilumos gamyba. 1 – skystas kuras, 2 – akmens anglis, 3 – biokuras ir šiukšlės, 4 – elektriniai katilai, 5 – šilumos siurbliai, 6 – šilumos pirkimas iš užmiesčio katilinių.

Valstybės parama diegiant šilumos siurblius užsienyje

Šiuo metu išsivysčiusiose pasaulio valstybėse (Vokietijoje, Austrijoje, Švedijoje ir kt.) šilumos siurbliai jau užkariauja jiems tinkamą rinkos dalį ne tik termodinamine, ekonomine, bet ir ekologine prasme.

Eidami į XXI a., būsime priversti mažinti pirminės energijos sunaudojimą bei išmetamų teršalų kiekį.

Veiksmingas energijos naudojimas, arba trumpiau tariant kuro taupymas, yra valstybės uždavinys. Visame pasaulyje yra skatinamas naujų, energiją taupančių technologijų (tarp jų ir šilumos siurblių) kūrimas ir diegimas

1990 m. Jungtinių Tautų Organizacija priėmė gamtos saugos programą, kurioje numatytos priemonės mažinti dujų, skatinančių šiltnamio efektą, išmetimą. Kiekviena šalis numatė savo terminus, pvz., Italija priėmė programą 20% sumažinti CO₂ išmetimą iki 2010 m., Švedija įsipareigojo iki 2000 m. stabilizuoti CO₂ išmetimą (ir numatė baudas už CO₂ išmetimą), Danija – 20% sumažinti CO₂ išmetimą iki 2005 m. (kartu 60% sumažinti pirminio kuro suvartojimą iki 2030 m.),

Vokietija – iki 2005 m. CO₂ išmetimą sumažins 25%, Anglija stabilizuos CO₂ išmetimą 2000–2010 ms. Japonijoje įsteigtas 50 mln. JAV dolerių fondas ir priimtas CO₂ išmetimo mažinimo planas 60-čiai metų. Olandija įsipareigojo CO₂ išmetimą iki 2000 m. sumažinti 25% [12].

1993 m. Europos Sąjungos Komisijos mokslo generalinė direkcija priėmė kompleksinę šilumos siurblių diegimo programą, kuria firmų-gamintojų duomenų banką [13].

Dešimtojo dešimtmečio pradžioje Šveicarijoje veikė 30 000 šilumos siurblių. Šioje šalyje, vykdant programą „Energija 2000“, buvo numatyta iki 2000 m. padidinti veikiančių šilumos siurblių kiekį iki 1 300 000 vnt. Šilumos siurblių kokybei gerinti Šveicarijoje įkurtas šilumos siurblių bandymų centras [14].

Projekte „Energija 2000“, siekiant mažinti energijos sąnaudas, numatyta renovuoti pastatus, naudoti naujus tarifus šilumai ir elektros energijai. Šveicarijos federalinė valdžia, energetinis ūkis ir pramonė šiam tikslui įgyvendinti skiria 750 mln. šveicariškų frankų, tarp jų 54 mln. šveicariškų frankų šilumos siurbliams [15].

Firma KELAG (Austrija) šilumos siurblių savininkams leidžia rinktis tinkamiausią iš trijų elektros energijos tarifų ir dvejiems metams suteikia nemokamus kreditus bendrai 100 tūkstančių austriškų šilingų sumai [16]. Dešimtojo dešimtmečio pradžioje Austrijoje kasmet būdavo sumontuojama 90 tūkst. naujų šildymo sistemų. Numatoma naujai rengiamose šildymo sistemose 5% padidinti šilumos siurblių dalį [17].

1995 m. pastatams šildyti, karštam vandeniui tiekti ir technologinei šilumai Norvegijos pramonė sunaudojo 40 TWh elektros energijos ir 10 TWh skysto kuro. Šalyje bandyta įvertinti energetinio sektoriaus efektyvumo padidinimo ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo galimybes iki 2000 m. Diegiant šilumos siurblius galima būtų pagaminti 20 TWh šilumos, sutaupyti 7 TWh elektros energijos ir 2,2 mln. t/metus sumažinti CO₂ išmetimą. Šie rezultatai gali būti pasiekti per 5–10 m. Norvegijos vyriausybė 1976–1996 m. mokslo tiriamiesiems ir projektavimo darbams šilumos siurblių srityje išleido apie 40–50 mln. kronų. Šalyje kasmet pastatoma 1200–1500 šilumos siurblių; kapitalinės lėšos jiems įrengti siekia apie 250 mln. kronų [18].

Labai rimtai į netradicinę energetiką žiūri Ukrainos vyriausybė. Jau projektuojamos ir statomos 8 vėjo jėgainės. Vyriausybės 1994 m. nutarimu planuota iš nebiudžetinių fondų pastatyti iki 100 MW galios vėjo jėgainių. Tikėtasi šilumos siurblių 100 MW instaliuotą galią pasiekti 2000 m., o 2010 m. ši galia sieks 1800 MW [19].

Rusija 1996 m. priėmė Federalinį energijos taupymo įstatymą, kuriame numatomas platus energijos taupymo programų finansavimas. Pažymėtina tai, kad energetiniams įrenginiams, tarp jų ir šilumos siurbliams, kurie naudoja atsinaujinančių energijos išteklių šilumą ir kurie įtraukti į energijos taupymo programas, turi būti taikoma tokia elektros energijos kaina, kad šie įrenginiai atsipirktų per laiką, kurį nustatys regioninės energetinės komisijos [20].

Remiantis minėtu Federaliniu energijos taupymo įstatymu Rusijos Altajaus krašte parengta regioninė energetikos vystymo programa iki 2010 m. Programoje numatyta ir netradicinės energetikos plėtra: biodujų gamyba gyvulininkystės kompleksuose, paukščių fermose, vandenvalos įrenginiuose; šilumos gamyba panaudojant medienos perdirbimo pramonės atliekas ir šilumos siurblius [21].

Miunchene (Vokietija) įsikūrusi šilumos siurblių rėmėjų iniciatyvinė bendrija IWP (Initiativkreis Wärmepumpe) savo svarbiausiu uždaviniu iškėlė masinį šilumos tiekimo šilumos siurbliais projektų rėmimą. Ši bendrija dirba kartu su informaciniu centru ir nuolatos informuoja visuomenę apie šiuos projektus. Šios bendrijos pastangomis visi šilumos siurblių gamintojai buvo priversti priimti vienodus techninius reikalavimus bei garantijas [22].

Šilumos siurblių ir šaldymo technikos informacinis centras, kurį finansuoja Vokietijos federalinė mokslo tyrimų ir technologijų ministerija, paskelbė duomenis apie 90 sėkmingai eksploatuojamų šilumos siurblių. Šis informacinis centras kasmet pateikia informaciją visuomenei apie didžiules šilumos siurblių galimybes taupant energiją ir gamtos saugoje [23, 24].

1995–1997 m. Vokietijos vyriausybė 100 mln. markių parėmė atsinaujinančių ir atliekinių energijos šaltinių panaudojimo projektus. Ši programa skirta saulės kolektoriams, šilumos siurbliams ir biodujų gavybai panaudoti [25].

Vokietijos federalinė mokslo tyrimų ir technologijų ministerija pastaruosius du dešimtmečius rėmė šilumos siurblių technologijos plėtrą:

1. 28 elektra varomų šilumos siurblių projektus (tam skirta 43 mln. Vokietijos markių).
2. 25 tyrimo projektus su absorbciniais šilumos siurbliais (skatinimo suma – 18,5 mln. Vokietijos markių).
3. 18 projektų šilumos siurblių panaudojimo artimam ir tolimam šilumos tiekimui išbandyti (rėmimo fondas – 26 mln. Vokietijos markių).
4. 16 projektų šilumos siurblių ir šilumos transformatorių panaudojimo galimybės parodyti pramoniniame sektoriuje (finansinio skatinimo suma – 16,6 mln. Vokietijos markių).

Šių projektų finansavimas rodo, kokį didelį dėmesį Vokietijos vyriausybė skiria šilumos siurblių technologijai plėsti ir diegti, žinodama, kad šiai technologijai priklauso ateities šilumos bei šalčio tiekimas [26].

Klaipėdos miesto vandens valymo įrenginių nuotėkų šilumos panaudojimas šilumos siurbliais

Klaipėdos m. pietinėje pusėje šalia Šilutės plento, nutolę nuo Klaipėdos rytinės rajoninės katilinės apie 6 km, šiuo metu veikia mechaniniai ir greta baigiami statyti nauji biologinio vandens valymo įrenginiai. Statomuose įrenginiuose numatytas projektinis nuotėkų debitas – 120 000 m³/parą, nuotėkų temperatūra vasarą sieks 18°C, o žiemą nekris žemiau kaip 10°C. Dabar veikiančių mechanizmų vandens valymo įrenginių debitas yra apie 80 000 m³/parą.

Užteršti miesto kanalizacijos vandenys iš siurblinės dviem 1,2 m skersmens vamzdžiais paduodami į vandens valymo įrengimus. Šie slėginiai vamzdžiai pakloti 1,5 m gilyje. Išvalytos nuotėkos savitaka gelžbetoniniu kanalu, kurio skerspjūvis 2,0×1,8 m, išleidžiami į Kuršių marias. Iš valymo įrenginių išeinantis nuotėkų kanalas apie 2 km paklotas po žeme ir, tik kertant Smeltės upę, jis iškeltas ir apipiltas žemių pylimu. Tiek slėginė kanalizacijos, tiek savitakinė nuotėkų linijos ties Jūreivių prospektu kerta šilumos tinklų pietinę centralizuoto šildymo sistemos trasą. Klaipėdos m. savivaldybės specialistų nuomone, ši vieta yra labai patogi šilumos siurblių kompresorinės statybai, nes tai sutaupyta nemažas lėšų 6 km

šilumos trasai (nuo vandenvaivio įrenginių iki Rytinės RK) pakloti. Mūsų nuomone šiuo klausimu yra kita.

Dabar veikiančių ir naujai statomų biologinių vandens valymo įrenginių faktinis nuotėkų debitas (apie 80 000 m³/parą) leidžia šilumos siurblių kompresorinėje sumontuoti vieną HPC-600 ir du HPC-300 šilumos siurblius. Jų elektros variklių galia atitinkamai 9 MW ir 2,3 MW. Dirbdami ištisus metus jie sunaudotų [(2 × 2300 kW) + 9000 kW] × 8760 h = 1,19 · 10⁸ kWh elektros energijos. Vidutinis transformacijos koeficientas $\varphi = 3,27$. Kapitalinės lėšos projektui įgyvendinti siektų 65 mln. Lt. Įgyvendinus šį projektą, būtų sutaupoma 53,28 mln. m³ gamtinių dujų už 20,07 mln. Lt.

Deja, 1997 m. liepos 18 d. nutarimu Nr. 12 „Dėl AB „Lietuvos energija“ elektros energijos kainų“ Valstybinė energijos išteklių kainų ir energetinės veiklos kontrolės komisija šilumos siurbliams pakėlė elektros energijos kainą iki 16,1 ct/kWh.

Kaip matome iš lentelėje pateiktų duomenų, šilumos siurbliai, naudojantys elektros energiją tarifu 16,1 ct/kWh, nebegali konkuruoti su rajonine katiline, deginančia gamtines dujas. Tai patvirtina ir anksčiau pateikta formulė (4):

$$K_{e1}/K_{k1} = 0,161/0,04 = 4,0;$$

$$K_{e2}/K_{k1} = 0,125/0,04 = 3,11;$$

$$K_{e3}/K_{k1} = 0,07/0,04 = 1,74.$$

Lentelėje pateiktas šilumos siurblių kompresorinės atsipirkimo laikas, priklausomai nuo to, koku tarifu mokame už elektros energiją – 16,1, 12,5 ar 7,0 ct/kWh, susidarytų 35, 10,7 ir 5,15 metai. Tokiu būdu matome, kad norint naudoti elektra varomą šilumos siurblių, reikia gauti leidimą jam taikyti elektros energijos tarifą, mažesnę už 12,5 ct/kWh.

Vilniaus miesto vandens valymo įrenginių nuotėkų šilumos panaudojimas šilumos siurbliais

Šiuo metu greta Vilniaus elektrinės Nr. 3 (VE-3) pradėjo veikti miesto biologiniai nuotėkų valymo įrenginiai. Projektinis nuotėkų debitas – apie 180 000 m³/parą (7500 m³/h), nuotėkų temperatūra per metus – 10÷18°C. Toks žemos temperatūros šilumos šaltinis sudaro galimybę įrengti VE-3 švedų gamybos šilumos siurblių kompresorinę su 3 po 30 MW šiluminės galios HPC-600 šilumos siurbliais, kuriais iš nuotėkų vandens į miesto šilumos tinklus būtų galima tiekti apie 76 Gcal/h šilumos termofikaciniu iki 95°C temperatūros vandeniu.

Remiantis vandenvals projektiniu nuotėkų debitu, atliktų skaičiavimų rezultatai pateikti lentelėje.

Būtinis lėšos šiam projektui įgyvendinti sudarytų 100 mln. Lt. Jei elektros energija kainuotų 16,1 ct/kWh, projektas neatsipirktų, jei – 7,0 ct/kWh, tai atsipirkimo laikas – 4,66 metų.

Katilinėje, norint pagaminti 773420,4 MWh šilumos per metus, tektų sudeginti (Vilniaus ŠT 1996 m. sutartinio kuro norma buvo 165,61 kg s.k./Gcal) 80 387 t mazuto arba 95 765 tūkst. m³ gamtinių dujų. Jei deginamo mazuto sieringumas būtų 2,5%, į atmosferą būtų išmesta apie 4067 t sieros anhidrido, 340 t azoto oksidų, 17 t vanadžio pentoksido ir t. t. Naudojant šilumos siurblius, minėti teršalai nebūtų išmesti į atmosferą.

9 pav. pateikti duomenys apie Vilniaus elektrinių ir šilumos tinklų vartotojams centralizuotai kas mėnesį tiekiamą šilumą 1997 m.

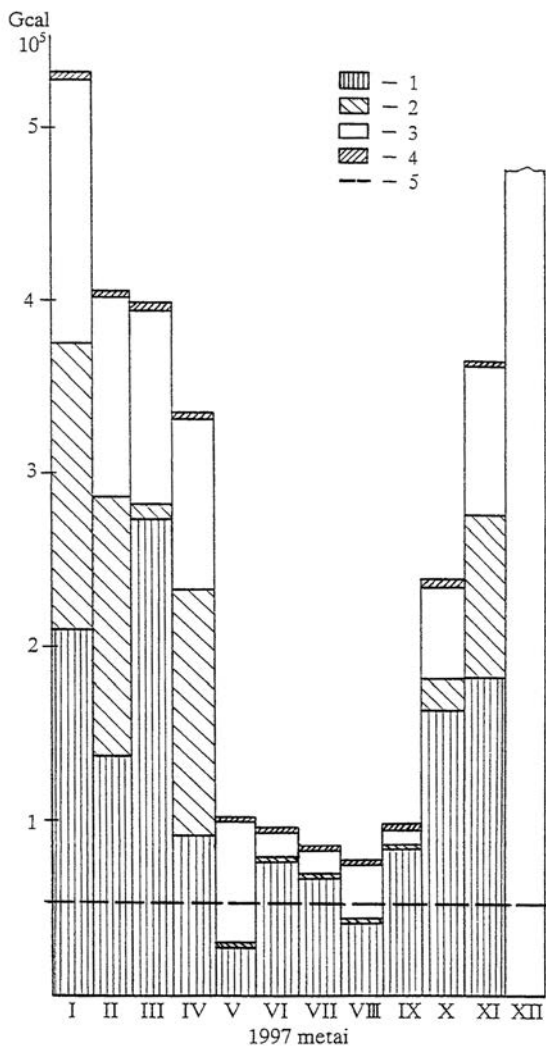
Matome, kad Vilniaus m. vartotojų centralizuotai tiekiamo karšto vandens poreikis (bazinis poreikis per ištikus metus) siekia ≈120 Gcal/h. Tad, netgi išnaudojant projektinį vandenvals nuotėkų debitą, vien tik šilumos siurbliais negalima patenkinti Vilniaus miesto centralizuotai tiekiamo karšto vandens poreikio. Trūkstamą šilumos kiekį (~120 Gcal/h – ~76 Gcal/h = ~44 Gcal/h) tektų tiekti iš VE-3 ar VE-2.

Dirbant paaiškėjo, kad realus nuotėkų debitas šiuo metu yra apie 100 000 m³/parą. Tačiau nuotėkų debito trūkumą nešildymo sezono metu galima kompensuoti Neries upės vandeniu, o šildymo sezono metu – VE-3 garo turbinų kondensatorių aušinimo sistemos vandeniu. Toks žemos temperatūros šilumos šaltinis sudaro galimybę įrengti VE-3 švedų gamybos šilumos siurblių kompresorinę su 3 po 30 MW šiluminės galios HPC-600 šilumos siurbliais, kuriais iš nuotėkų vandens į miesto šilumos tinklus būtų galima tiekti apie 77,3 Gcal/h šilumos termofikaciniu 95°C temperatūros vandeniu. Vidutinis šilumos transformacijos koeficientas būtų φ = 3,33.

**Pagaminta šilumos Q=773420,4 MWh
Ivertinus 1996 m. Vilniaus ŠT nuostolius šilumos tinkluose 13,49% vartotojams realizuota 669086 MWh**

Šilumos kaina ct/kWh	Vartotojų išlaidos šilumai mln. Lt	Vilniaus ŠT pelnas, kai elektros energijos kaina 16,1 ct/kWh 7,0 ct/kWh	Atsipirkimo trukmė, kai elektros energijos kaina 16,1 ct/kWh 7,0 ct/kWh		Katalinė mazutas	gamt.dujos 376 Lt/1000 m ³
			neatsiperka	metais		
9,88	66,106	-0,061	21,463	4,66	280 Lt/t	
Šilumos gamintojo išlaidos		Iki atsipirkimo, mln. Lt				
- šilumos siurblių sunaudotai elektros energijai		38,080	16,556	-		
- eksploatacijai		1,200	1,200	-		
- amortizacijai	4%	4,000	4,000	-	sudegina: 80387 t	
- darbo užmokesčiui (936 Lt/mėn. 15 žm.)		0,168	0,168	-	užmoka: 22,508	
- soc. draudimo mokesčiams		0,051	0,051	-		
- mokesčiams (gamtos tarša, žemės, kelių ir kiti)	Primaime	0,200	0,200	--		
- palūkanoms už kreditus	7%	7,000	7,000	-		
<i>Viso:</i>		50,699	29,175	-		
Pagamintos šilumos kaina	ct/kWh	6,56	3,77	-		
Šilumos tinklų aptarnavimo išlaidos	ct/kWh	2,00	2,00	-		
	mln. Lt	15,468	15,468	-		
Iš viso:	mln. Lt	66,167	44,643	-		
Realizuojamos šilumos kaina (vertiname 13,49% šilumos nuostolius tinkluose)	ct/kWh	9,89	6,67	-	10,70	10,70

Pastabos: Šilumos siurblių kompresorinėje montuojami trys šilumos siurbliai HPC-600. Kiekvieno šilumos siurblio elektros variklio galia - 9 MW. Dirbdami ištiesus metus jie sunaudotų $(3 \times 9000 \text{ kW} \times 8760 \text{ h}) = 2,3652 \cdot 10^8 \text{ kWh}$ elektros energijos. Vidutinis šilumos transformacijos koeficientas $\phi = 3,27$. Kapitalinės lėšos projekta įgyvendinti - 100 mln. Lt. Projektinis Vilniaus m. vandenvaltos pajėgumas 180000 m³/parą nuotėkų vandens, kurio temperatūra 10 - 18 °C. 1996 m. Vilniaus ŠT realizuotos šilumos kaina 124,43 Lt/Gcal=10,70 ct/kWh.



64 pav. Vilniaus elektros ir šilumos tinklų centralizuotai tiekios šilumos kiekiai. 1 – iš VE-2, 2 – iš VE-3, 3 – iš ŠT rajoninių katilinių termofikaciniu vandeniu, 4 – iš ŠT rajoninių katilinių garu, 5 – tiek šilumos siurblių kompresorinė galėtų tiekti šilumos.

Išvados

Būtinios sąlygos, siekiant diegti šilumos siurblius:

1. Turi būti tinkamas atliekinės energijos šaltinis (apytakinį aušinimo sistemų vanduo, vandenvaivų įrenginių nuotėkos po biologinio valymo įrenginių ir t. t.).
2. Turi būti šilumos siurblių kompresoriuje pagamintos šilumos vartotojas (pageidautina ištisis metus).
3. Reikia turėti šilumos siurblius, kurių techninės galimybės leistų naudoti atliekinės energijos šaltinių šilumą ir patenkinti šilumos vartotojų poreikius.
4. Siekiant normalaus projekto atsipirkimo laiko, būtina suderinti lengvatinį šilumos siurblių naudojamos elektros energijos tarifą, t. y. būtina įvykdyti šią sąlygą: $K_w/K_k < 3,0$.
5. Būtinias visuomenės (ir šilumos gamintojų, ir vartotojų) švietimas apie šilumos siurblių tiekiamą naudą.

Literatūra

1. Хайнрин Г., Найорк Х., Нестлер В. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения. – М., Строиздат, 1985. -351 с.
2. Кальнинь И. М. Перспективы развития тепловых насосов // Холодильная техника. – 1994. № 1. – С. 4–8,
3. Niehoister K. Wiedervoll da! // Energiewirtschaftliche Tagesfragen /71997. – N 7. – S. 2–3.
4. Laursen F., Fogllklou P., Rosenberg M., Talsi M. Le marketing du chauffage urbain clans les pays nordiques // Réseaux et chaleur: Magazine international des réseaux de chaleur et de la geothermie. – 1991. – N 11. – P. 25–34.
5. Janase Tadao. Централизованное теплоснабжение с утилизацией сбросового тепла в странах Европы // Ненрэ Кекайси. Journal of the Fuel Society of Japan. - 1991. – Vol. 70, N 2. – P. 125–132.
6. Yamada Haruo. Системы, работающие с использованием сточных вод очистных станций // Journal of the Fuel Society of Japan. – 1991. – Vol. 70, N2 2. – P. 133–139.
7. Narita K., Moekawa T. Energy Recycling system for urban waste heat // Energy and Build. – 1991. – T. 61, N 1–2. – P. 553–560.
8. Peyer Werner. Die Gemeinde Zeil nutzt Kanalisationsabwarme // Schweiz. Techn. Z. – 1991. – Bd. 88, N 6. – S. 27–29.
9. Schulz V. Rationale Energieanwendung in Schweden // Energieanwendung. – 1990. – Bd. 39, N 8. – S. 262–265.
10. Kjell Darin. Energy management in the residential and comercial sector // Energy Management. From Power Producters to Energy Consumers / Published by Swed Power AE in corporation with the Swedish State Power Board. – 1991. – P. 139–167.
11. Stockholm Energi AB, Annual Report 1994 /7 Stockholm, 1995. – P. 41.
12. K.ruse H., Blanchard M. Nouvelles solutions pour les compresseurs et les cycles frigorffiques aux problemes des economies de l'energie et du remplacement des CFS // Revue Générale du Froid. – 1991. – Vol. 81, N 8. – P. 77–87.

13. Die Wärmepumpe in Europa // Ki. Klima-Kalte-Heizung. – 1993. – Bd. 21, N 12. – S. IV.
14. Schweizer Testzentrum für Wärmepumpen // oZE: Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaftl. – 1993. – Bd. 46, N 5. – S. A99A100.
15. Wärmepumpen in Sieben Jahren /7 öZE: Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft. – 1993. – Bd. 46, N 5. – S. 274.
16. Erster Kärntner Wärmepumpentag mit Rekordbeteiligung // OZE: Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft. – 1993. Bd. 46, N 5. – S. 274.
17. Fünf Prozent Angepeilt // österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft. – 1993. – Bd. 46, N 5. – S. 275.
18. Stene J., Eggen G. Energieeffektivisering med varmepumperstatus og muligheter /7/ Nor. VVS. – 1996. – Bd. 39, N 4. – S. 25–28.
19. Шулга В.Г. Основі напрями та результати робіт Міненерго України щодо розвитку НВДЕ // Тези доповіді. 5 Наук.-практ. КОНФ. з натанне розвитку й впровадження и технол. Техн. Викорастання нетрадицно і відновлюваних вжерел енергії. АР Крим 2–9 Вересня, 1996. – Київ, 1996.
20. Федеральный закон „Об энергоснабжении“ // Промышленная энергетикф. – 1997. N 8. – С. 4–7.
21. Коновалов В.В. Проблемы алтайской энергетики / Теплоэнергетика. – 1996. – N 2. – С. 2–3.
22. Die Sonnenheizung – Em Initiativkreis macht sich Stark für die Wärmepumpe // Elektrowarme International Ausg. A. – 1994. – Bd. 52, N 2. – S. 90–91.
23. Beispielsammlung ausgeführter Wärmepumpen /7 Brennstoff Wärme-Kraft. – 1993. – Bd. 45, N 3. – S. 85.
24. Beispielsammlung ausgeführter Wärmepumpen /7 HLH: Zeitschrift für Heizung, Lüftung, Klimatechnik, Haustechnik. – 1993. – Bd. 44, N 3. – S. 177.
25. Forderung der Nutzung erneuerbarer Energien /7/ HK: Holz-und Kunststoffverarb. – 1995. – Bd. 30, N 12. – S. 15–18.
26. Lawitzka H. Renaissance der Wärmepumpe II Energiewirtschaftliche Tagesfragen. – 1997. – N 7. – S. 4–6.
27. Vilniaus ir Klaipėdos vandens valymo stočių nuotėkų šilumos įsisavinimas šilumos siurbliais ir šių darbų techninis ekonominis įvertinimas /7 Kaunas, LEI. – 1997. – 53 p. Mokslinio darbo ataskaita. Užsakovas – Ūkio ministerija. (Darbo vadovas – K. Marcinauskas).

Būtinai žinoti Vyriausybės, ministerijų ir kt. organizacijų įstatymai bei normatyviniai aktai:

1. Lietuvos Respublikos įstatymas dėl Marselio protokolo dėl medžiagų, ardančių ozono sluoksnį, Londono ir Kopenhagos papildymų bei pataisų ratifikavimo. 1997 m. gruodžio 9 d. Nr. VIII-572, „Valstybės žinios“ 1998 m. Nr. 23.
2. Lietuvos Respublikos energetikos įstatymas. 1995 m. kovo 28 d. Nr. I-828 su vėlesniais papildymais.
3. Valstybinės energetikos išteklių kainų ir energetinės veiklos kontrolės komisijos 1997 m. liepos 18 d. nutarimas Nr. 12 „Dėl akcinės bendrovės „Lietuvos energija“ elektros energijos kainos“, „Valstybės žinios“ 1997 m. Nr. 70 su vėlesniais papildymais.
4. Valstybinės energetikos išteklių kainų ir energetinės veiklos kontrolės komisijos 1997 m. liepos mėn 22-28 d. nutarimai Nr. 13–19 „Dėl centralizuotos šilumos energijos ir karšto vandens kainų ...“, „Valstybės žinios“ 1997 m. Nr. 72 ir vėlesni analogiški šių nutarimų papildymai bei nauji nutarimai.
5. Šilumos energijos apskaitos taisyklės. Lietuvos Respublikos Energetikos ministerija, Vilnius, 1994 m.
6. Valstybinės energetikos išteklių kainų ir energetinės veiklos kontrolės komisijos 1997 m. kovo 27 d. nutarimas Nr. 6 „Dėl centralizuotos šilumos kainos nustatymo laikinosios metodikos patvirtinimo“, „Valstybės žinios“ 1997 m. Nr. 32.
7. Lietuvos Respublikos Aplinkos apsaugos ministerijos 1998 m. rugpjūčio 6 d. įsakymas Nr. 141 „Dėl organizacinio tvarkomojo statybos techninio reglamento STR 1.05.04:1998 „Statinio statybos pagrindimas“ patvirtinimo“.

Atliekinių energijos išteklių šilumos panaudojimo galimybės įvairių pramonės šakų įmonėse

Japonų duomenimis, iki 65% sunaudotos pirminės energijos šalinama į aplinką su šiltu oru, vandeniu ar dūmais [1]. Straipsnyje argumentuotai grindžiama būtinybė panaudoti pramonės įmonėse ir buitiniame sektoriuje į aplinką šalinamą šilumą, nes ji didina didžiųjų miestų atmosferos temperatūrą, palyginti su miestų apylinkėmis. Pateikiamos šalinamos į aplinką šilumos racionalios utilizacijos ir veiksmingų utilizacijos sistemų sukūrimo prielaidos. Aprašytos sistemos su šilumos siurbliais ir šilumos akumuliatoriais, skirtos ne tik aukštos temperatūros, bet ir žemos temperatūros energijos išteklių šilumai utilizuoti. Pateikiama energijos kaskadinės utilizacijos koncepcija.

Kitame japonų darbe [2] pateikiamas Tokijo žemėlapis, kuriame nagrinėjamos galimybės panaudoti įvairius į aplinką šalinamos šilumos išteklius ir panaudoti juos centralizuotam šilumos tiekimui. Skaičiuojant įvertinamas šilumos šaltinio temperatūrinis potencialas, atstumas nuo šilumos vartotojų, išskiriamos šilumos kiekio kitimas per tam tikrą laiką ir pan.

Įvertinus į aplinką šalinamos šilumos panaudojimo technines galimybes, nustatyta, kad panaudota į aplinką šalinama šiluma šiluminėse elektros stotyse sudarytų 33% bendrojo planuojamo panaudoti šilumos kiekio; vandens valymo įrenginiuose – 42%; šiukšles deginančiose katilinėse – 13,1%; didelėse šaldymo mašinose – 3,9%; transformatorinėse pastotėse – 2,1%; metro – 4,6%; požeminių elektros kabelių išskiriama šiluma – 1%.

Panaudojus didelę dalį į aplinką šalinamos šilumos, galima patenkinti iki 47% metinio šilumos poreikio Tokijo (Japonija) mieste. Be to, efektyviau panaudoti atliekinius energijos išteklius būtų galima „gaminant“ ne tik šilumą, bet ir šaltį.

Į aplinką su dūmais šalinamos šilumos utilizacija (remiantis užsienio šalių patirtimi)

Į aplinką su dūmais šalinama šiluma pagal dūmų temperatūrą skirstoma [3] į tris grupes: aukštos temperatūros (dūmų temperatūra daugiau kaip 650°C), vidutinės temperatūros (dūmų temperatūra 232–650 °C), žemos temperatūros (dūmų temperatūra mažesnė negu 232°C). Siūloma žemos temperatūros šilumos utilizacijos sistema, kurioje panaudojama dūmuose esančių vandens garų kondensacijos šiluma. Nurodoma, kad ypač svarbu panaudoti žemos temperatūros energijos išteklius metalurgijos pramonėje, nes ji dešimtojo dešimtmečio pradžioje sunaudodavo daugiau nei 12% viso buvusioje SSSR iškasamo kuro ir beveik 20% visos gamintos elektros energijos.

Darbe [4] analizuojama įvairių šalių patirtis utilizuojant metalurgijos pramonės įmonėse į aplinką šalinamą šilumą. Pateikiami duomenys apie šilumokaitį, kuriame išmetami dūmai šildo iki 600 °C paduodamą šaltą orą arba dujinį kurą iki 400 °C. Šilumos rekuperacijos koeficientas tokia šilumokaityje siekia 70%.

Milžiniški šilumos kiekiai šalinami į aplinką ir plytų, keraminių gaminių degimo krosnyse, gaminant cementą.

Straipsnyje [5] išnagrinėti šešių pagrindinių tipų tunelinių krosnių konstrukciniai savitumai ir energiniai balansai. Visų krosnių našumas vienodas – 125 t plytų/parą, visose deginamos gamtinės dujos. Nagrinėjami šilumos utilizacijos tiek krosnies įkrovos aušimo dalyje, tiek iš pačių išeinančių dūmų variantai. Parodoma, kad, naudojant šilumos rekuperaciją, galima tikėtis sutaupyti 6250 kWh/parą.

Darbe [6] pateikiamos formulės kaip skaičiuoti šilumos ekonomiją, gautą panaudojant pramoninių krosnių išmetamų dūmų šilumą. Pramoninėse krosnyse šilumos nuostoliai su išmetamais dūmais siekia 40–60%. Rekuperaciniame šilumokaityje išmetamais dūmais pašildant į krosnį paduodamą orą 300–700 °C, šilumos nuostoliai sumažėja 15–45%. Taip pat nurodoma, kad galima šildyti ne tik orą, bet ir dujinį kurą.

Straipsnyje [7] nagrinėjami šilumos nuostoliai portlandcemenčio gamyboje. Nurodoma, kad didžiausi šilumos nuostoliai yra su išdegta darbine mase, su išmetamais dūmais, radiaciniai šilumos nuostoliai per krosnies sienes ir kt. Dalį šių šilumos nuostolių galima sumažinti ar panaudoti, tuo padidinant visos krosnies darbo efektyvumą.

Kompleksas, susidedantis iš šilumos akumuliatorių su kieta įkrova bei oro turbino su kompresoriumi ir generatoriumi, siūlomas [8] utilizuoti stiklo lydymo, keraminių dirbinių degimo pramoninėse krosnyse susidarančių dūmų šiluma. Iš krosnies išeinantys dūmai (1000°C) šildo akumuliatorių įkrovą, kartu apsivalydami nuo dulkių. Šviežias oras (350°C) iš kompresoriaus pučiamas į šilumos akumuliatorių, kur pašyla iki 950°C ir toliau patenka į turbiną. Turbinoje atidirbęs oras (450°C) sumaišomas su atšalusiais (po šilumos akumuliatorių) iki 380°C dūmais ir vėl paduodamas į krosnies kūryklą. Keli šilumos akumuliatoriai (veikiantys periodiškai) užtikrina nepertraukiamą turbino darbą.

Aštuntajame-devintajame dešimtmetyje Vokietijoje daugiau kaip 600 stiklo lydymo krosnių įrengti regeneratyviniai keraminiai šilumokaičiai. Šilumokaičio šildymo ir aušinimo ciklų trukmė – 20 min. Regeneratyviniai šilumokaičiai į technologinį procesą grąžina iki 70% išrūkstančių dūmų šilumos. Darbe [9] pateikiami eksperimentiniai duomenys, kurie rodo, kad šilumokaičių gamybai naudojant keraminius elementus su banguotu (vietoj lygaus) paviršiumi galima padidinti šilumokaičio naudingo veikimo koeficientą arba sumažinti šilumokaičio masę 17%.

Viena iš pasiteisinsusių priemonių panaudojant iš stiklo lydymo krosnių išrūkstančių dūmų šilumą yra katilai-utilizatoriai. Jų atsipirkimo laikas yra mažiausias, kai užtikrinamas nepertraukiamas (per metų) juose gaminamo garo panaudojimas elektros energijos, suspausto oro ir t. t. gamybai. Šiais atvejais katilai-utilizatoriai atsiperka per 1,5–2 metus. Katilų-utilizatorių diegimo stiklo pramonėje problemos nagrinėjamos keliuose darbuose [10–12 ir kt.].

Darbe [10] pateiktos kelios skirtingos katilų-utilizatorių jungimo į dūmų taką sistemos, daug dėmesio skirta dulkių, šlako sluoksnio ant katilų-utilizatorių šildymo paviršių susidarymo ir jų valymo problemoms.

Straipsnyje [11] nurodoma, jog nors prie daugumos stiklo lydymo krosnių įrengti regeneratyviniai ar rekuperaciniai oro šildytuvai, išrūkstančių dūmų temperatūra išlieka aukšta (300–700 °C) ir šilumos nuostoliai siekia 18–30%. Šią šilumą panaudoti galima tik katilais-utilizatoriais. Dar devintojo dešimtmečio

pradžioje Ukrainoje buvo sukonstruotas modulinio tipo termosifoninis katilas-utilizatorius Jis ypatingas tuo, kad jo šildymo paviršių modulis yra dūmų sraute ir paviršius valant nuo nuosėdų periodiškai išimamas iš dūmų tako. Katile utilizuota šiluma panaudota Kijevo stiklo gamykloje ruošiant karštą vandenį. Vieno 100 kW galios modulio įdiegimas leido sutaupyti iki 40 tūkst. m³ gamtinių dujų per metus.

Horizontalaus katilo-utilizatoriaus Г-1030I eksploatacijos patirtis Boro m. stiklo fabrike nagrinėjama straipsnyje [12]. Nurodoma, kad tokių katilų-utilizatorių panaudojimas kompensavo 18–19% šilumos poreikio fabriko ir gyvenvietės pastatams šildyti. Be to, gerokai sumažinta aplinkos tarša azoto oksidais ir dulkėmis.

Atskira problema – tai iš garo ar vandens šildymo katilų išrūkstančių dūmų šilumos panaudojimas. Didesniose energiniuose katiluose dažniausiai įrengti ekonomaizeriai, oro šildytuvai ir išrūkstančių dūmų temperatūra siekia 120–130°C, t. y. ji yra tik truputį aukštesnė už galimą rasos taško temperatūrą. Tuo tarpu mažesniuose (E-1/9 ar VK tipo) katiluose tik retais atvejais įrengti ekonomaizeriai ir išrūkstančių dūmų temperatūra siekia 300–350°C. Visų pirma tokiuose katiluose būtina įrengti ekonomaizerius. Tačiau, ypač deginant sieringą mazutą, iškyla ekonomaizerių ilgaamžiškumo problema, nes dėl iš dūmų besikondensuojančių sieros junginių paspartėja ekonomaizerių šildymo paviršių korozija.

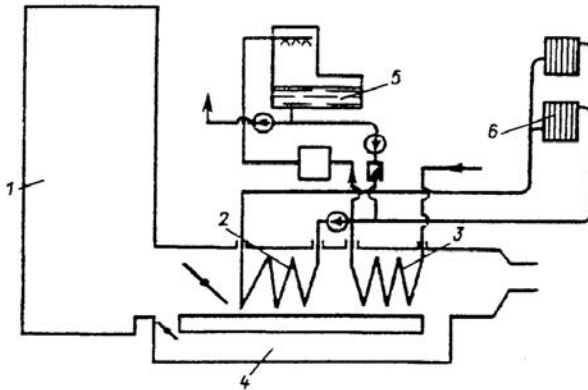
Straipsnyje [13] išnagrinėti daugialipsnių grafitinių šilumokaičių pritaikymo ypatumai utilizuojant vandens šildymo katilų, kuriuose deginamos dujos ar mazutas, išmetamų dūmų šilumą. Grafitiniai šilumokaičiai leidžia sumažinti išmetamų dujų temperatūrą žemiau rasos taško, leidžia sumažinti NO_x ir SO₂ išmetimą į aplinką, sumažinti šilumos nuostolius su išrūkstančiais dūmais ir sutaupyti iki 30% deginamo kuro. Priklausomai nuo katilo galios, grafitinių šilumokaičių atsipirkimo laikas siekia nuo 2 iki 6 metų.

Vienas iš būdų kaip geriau išnaudoti garo katile deginamo kuro šilumą – tai išeinančių dūmų šilumos utilizacija, atšaldant dūmus žemiau rasos taško temperatūros.

Ypač veiksminga naudoti kondensacinius šilumos utilizatorius deginant gamtines dujas, nes dūmuose būna padidėjusi vandens garų koncentracija, o gaunamo kondensato kokybė tokia, kad po deaeracijos (pašalinus kondensate ištirpusias CO₂ ir O₂) jis gali būti panaudotas kaip katilo maitinimo vanduo.

Šiuolaikiniuose energiniuose katiluose šilumos nuostoliai su išrūkstančiais dūmais (q₂) įvertina tik fizinę dūmų šilumą ir sudaro 4–5%, o katilo naudingo veikimo koeficientas siekia 92–93%. Pagal galiojančią normatyvinę katilų šiluminio skaičiavimo metodiką, vandens garų, susidarančių degant dujų komponentėms, kurių sudėtyje yra vandenilis, šilumą neatsižvelgiama. Tuo tarpu, skaičiuojant pagal kuro žemutinį kaloringumą, šilumos nuostoliai su išmetamais vandens garais siekia 10,6%, t. y. dvigubai didesni nei nuostoliai įvertinus vien tik dūmų fizinę šilumą. Utilizuojant nors dalį vandens garų šilumos, galima būtų gerokai padidinti bendrą katilo naudingo veikimo koeficientą.

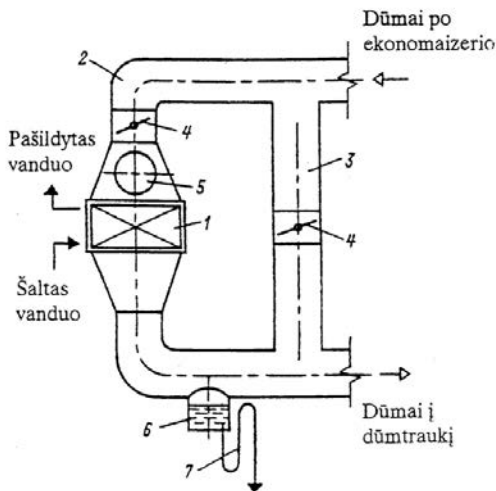
Veiksmingiausia kondensaciniuose šilumos utilizatoriuose šildyti šaltą katilo maitinimo vandenį, tačiau dažnesni atvejai, kai katilui reikalingo maitinimo vandens kiekio neužtenka „perimti“ visą išrūkstančių dūmų šilumą. Tada kondensaciniuose šilumos utilizatoriuose verta šildyti centralizuoto šilumos tiekimo sistemos grįžtamos linijos vandenį (65 pav.) [14].



65 pav. Kondensacinio šilumos utilizatoriaus principinė schema: 1 – katilas, 2, 3 – šildymo sistemos ir katilo maitinimo vandens šilumokaičiai kondensaciniame šilumos utilizatoriuje, 4 – dūmų apvedimo kanalas, 5 – deaeratorius, 6 – centralizuoto šilumos tiekimo sistema.

Naudojant kondensacinius šilumos utilizatorius mažėja dūmų temperatūra ir vandens garų kiekis dūmų take ir kamine. Kad kaminu (labai brangiu statiniu) būtų galima ilgai naudotis, būtina jame išvengti vandens garų kondensacijos. Todėl kamino sienų vidinio paviršiaus temperatūra turi būti aukštesnė nei rasos taško temperatūra. Naudojami įvairūs būdai po kondensacinio šilumos utilizatoriaus atšalusiams dūmams pašildyti: a) dūmai sumaišomi su dūmais, kurie nėjo per kondensacinį šilumos utilizatorių, b) dūmai pašildomi šilumokaityje, c) dūmai sumaišomi su šiltu oru, paimtu iš oro šildytuvų.

Straipsnyje [15] aprašomi Uljanovsko (Rusija) ŠEC-3 sumontuoto kondensacinio šilumos utilizatoriaus darbo tyrimų rezultatai. Įrenginio schema pateikta 66 pav. Utilizatoriui įrengti panaudotas bimetalinis kaloriferis KCK-4-11-02XĖ3 (šildomas paviršius – 114,5 m²). Jame pašildomas šaltas vanduo. Per utilizatorių praleidžiama 80% po ekonomizaizerio išrūkstančių dūmų kiekio. Garo katilui dirbant nominaliu režimu (10 t/h garo), kondensacinio utilizatoriaus šiluminė galia siekia 0,52–0,58 MW. Papildoma ekonomija gauta kondensuojant dūmuose esančią drėgmę (420–460 kg/h), esant 43–47°C temperatūrai, ir sumažinant dūmsiurblių naudojamą elektrinę galią 0,38 kW. NO_x kiekis išrūkstančiuose dūmuose sumažėja 28–31%.



66 pav. 1 – kaloriferis, 2 – Ø500 mm dūmų kanalas, 3 – Ø500 mm apėjimo kanalas, 4 – reguliavimo sklendės, 5 – anga kaloriferio paviršiams valyti, 6 – kondensato rinktuvas, 7 – hidroužtvara.

Atliekinės energijos išteklių (dūmų) šilumos potencialas Lietuvos pramonės įmonėse 1996 m.

Darbe [16] išanalizuoti 275 įmonių duomenys apie jose 1996 m. susidariusius atliekinės energijos išteklius – apytakinių aušinimo sistemų vandenį, degimo produktus, ventiliacijos sistemų išmetamą orą, kanalizuojamą vandenį ir į katilines negražinamą garo kondensatą. Tirtose įmonėse į aplinką buvo pašalinta 4580266,5 Gcal/m šilumos, tai atitinka 654323,8 t. s. k.

Su degimo produktais (dūmais) į aplinką pašalinta 1010343,5 Gcal/m., tai atitinka 144334,8 t. s. k. ir sudarė 22,06 % viso į aplinką pašalinto šilumos kiekio.

Su dūmais į aplinką daugiausia šilumos buvo pašalinta aštuoniose chemijos ir vaistų pramonės įmonėse – 497716,0 Gcal/m., t. y. 49,26% viso nagrinėtose įmonėse su dūmais pašalinto šilumos kiekio (1010343,5 Gcal/m.). Daugiausia šilumos pašalinta AB „Mažeikių nafta“ – 329010,0 Gcal/m., t. y. 32,56% visose įmonėse su dūmais pašalinto šilumos kiekio arba 66,1% tik chemijos ir vaistų pramonės įmonėse į aplinką pašalinto šilumos kiekio.

Antroje vietoje – AB „Lifosa“ – 105320,0 Gcal/m., t. y. 10,42% visose nagrinėtose įmonėse su dūmais pašalinto šilumos kiekio, arba 21,16% tik chemijos ir vaistų pramonės įmonėse į aplinką pašalinto šilumos kiekio.

Trečioje vietoje – AB „Achema“ – 62153,0 Gcal/m., t. y. 6,15% visose nagrinėtose įmonėse su dūmais pašalinto šilumos kiekio, arba 12,49% tik chemijos ir vaistų pramonės įmonėse į aplinką pašalinto šilumos kiekio.

Tad trijose chemijos gamyklose 1996 m. su dūmais į aplinką pašalinta 496483,0 Gcal/m., t. y. 49,14% visose nagrinėtose įmonėse su dūmais pašalinto šilumos kiekio, arba 99,75% tik chemijos ir vaistų pramonės įmonėse į aplinką pašalinto šilumos kiekio.

Statybos pramonės įmonėse su dūmais į aplinką buvo pašalinta taip pat daug šilumos – 236113,5 Gcal/m., t. y. 23,37% viso nagrinėtose įmonėse pašalinto šilumos kiekio (1010343,5 Gcal/m.). Daugiausia šilumos pašalinta AB „Akmenės cementas“ – 138360,0 Gcal/m., t. y. 13,69% visose nagrinėtose įmonėse su dūmais pašalinto šilumos kiekio, arba 58,60% tik statybos pramonės įmonėse į aplinką pašalinto šilumos kiekio.

Kitose statybos pramonės įmonėse į aplinką buvo šalinami gerokai mažesni šilumos kiekiai nei AB „Akmenės cementas“.

Taip pat nemažai šilumos – 164764,0 Gcal/m., t. y. 16,31% visose nagrinėtose įmonėse pašalinto šilumos kiekio (1010343,5 Gcal/m.) – pašalinta su dūmais maisto pramonės įmonėse Daugiausia šilumos pašalinta AB „Klaipėdos maistas“ – 59791,0 Gcal/m., t. y. 5,92% visose nagrinėtose įmonėse su dūmais pašalinto šilumos kiekio, arba 36,29% tik maisto pramonės įmonėse į aplinką pašalinto šilumos kiekio.

Tuo tarpu tekstilės ir avalynės, medžio apdirbimo ir baldų, metalo apdirbimo, mašinų gamybos ir kt. pramonės įmonėse su dūmais į aplinką buvo šalinami gerokai mažesni šilumos kiekiai. Tarp šių pramonės šakų įmonių daugiausia šilumos su dūmais į aplinką šalino: AB „Grigiškės“ (12213,5 Gcal/m.), AB „Lietuvos dujos“ firma „Dujiniai įrenginiai“ (12033,0 Gcal/m.), AB „Beržas“ (9774,9 Gcal/m.), AB „Ekranas“ (9130,7 Gcal/m.).

Kaip jau minėta skyriuje A, užsienio šalių patirtis rodo, kad techniškai įmanoma panaudoti iki 50–60% šilumos, išmetamos su dūmais. Bet tai priklauso nuo deginamo kuro rūšies. Minėti procentai tinka dujinio kuro (dūmuose mažai sieros junginių, daug vandens garų) atveju, tuo tarpu deginant mazutą dūmų šilumos utilizacijos galimybės gerokai mažesnės. Tad apie dūmų šilumos panaudojimą realu galvoti stiklo, cemento gamybos įmonėse, kur išmetami kelių šimtų laipsnių temperatūros dūmai, arba energiniuose didesniuose katiluose. Šiuo atveju investavus lėšas būtų gaunamas „apčiuopiamas“ efektas, nors, kaip rodo užsienio šalių patirtis, ir smulkesniuose objektuose galima sėkmingai utilizuoti išmetamų dūmų šilumą.

Literatūra

1. Takao Kashiwagi. Present status and prospects for unexploited energy utilization // Нэнра Кекайси. Journal of the Fuel Society of Japan. – 1991. – Vol. 70, N 2. – P. 108–116.
2. Sadohara Satoru, Ojima Toshio. Study on heat source for district heating in Tokyo: [Pap.] // 4th Tnt. Conf. “Urban Climate, Plann. And Build”. – Kyoto, Nov. 6–11, 1989; Pt. 3 Energy and Build. – 1991. – Vol. 16, N 1–2. – P. 571–575.
3. Гуриев В.М., Моссин И.И., Система утилизации теплоты отходов газов от энергетических установок // Казанский авиационный институт. – Казань, 1992. – С. 14–18.
4. Gaba Aurel. Consideratii asupra recuperarii c aldurii fizice a gazelor arse evacuate din cuptoarele adinci // Energetica. – 1990. – Vol. 38, N 3–4. – S. 100–102.
5. Junge K. Warmerhckgewinnung aus dem Abgaserganzung oder Ersatz für den Kuhlzonenvverbund (Teil 2)/I Ziegelind. Tnt. – 1990. – Bd. 43, N 7–8. – S. 392–400.
6. Farkas K. Energieeinsparung durch Abgaswärmenutzung in Tndustrieofen II Publ. Techn. Univ. Heavy Tnd. B (HU). – 1989. – Bd. 37, N 2–3. – S. 13 1–146.
7. Wilson Jes. Back to basi // Rock Prod. – 1990. – T. 93, N 10. – P. 30–37.
8. Richarts F. Verfahren zur Nutzung von Hochtemperaturabwärme // H. Krantz GmbH Energieplanung – N 39315827. – 1991.
9. Zanoti A., Vidil R., Garenne D., Krings A. WarmeÜbertragung in Regeneratoren – Grundsatzliche Studien für em Konzept mit Gittersteinen neuer Form // Sprechsaal. – 1991. – Bd. 124, N 5. – S. 321–326.
10. Ильяшенко И.С., Попов О.П., Смулянсий И.Б., Гурцев А.Ф. Эксплуатация котлов-утилизаторов за стекловаренными печами // Стекло и Керамика. – 1986. – It 1. – С. 4–5.
11. Пиноро Л.С., Олабин В.М. и др. Утилизация теплоты теплоты отходов газов стекловаренных печей // Стекло и Керамика. – 1984. – It 4. – С. 10–11.
12. Ильяшенко И.С. и др. Опыт эксплуатация и анализ работы котлов-утилизаторов // Стекло и Керамика. – 1992. – It 9. – С. 2–4.
13. Graphit-Warmeаustauscher im Schwimmbad: Korrosionsprobleme durch aggressive Halogenverbindungen bei der Abgaswannerrückgewinnung ausgeschlossen // HLH: Zeitschrift für Heizung, Luftung, Klimatechnik, Haustechnik. – 1990. Bd. 41, N 5. – S. 447–448, 451.
14. Вухаркин Е.Н. Обеспечение надежных условий эксплуатации газоотводящего тракта в котельных // Теплоэнергетика. – 1997. – N 9. – С. 29–34.
15. Кудинов А.А., АНТОНОВ В.А., Алексеев Ю.Н. Анализ эффективности применения конденсационного теплоутилизатора за котлом DE-10-14ГМ // Пром. энергетика. – 1997. – It 8. – С. 8–10.
16. Antrinių energijos šaltinių pramonės, statybinių medžiagų ir žemės ūkio produkcijos perdavimo įmonėse įvėtinimo ir jų panaudojimo galimybių programos parengimas. Mokslinio darbo ataskaita / Darbo vadovas E. Bubelis // LET, Kaunas, 1997. 111 p.

10 ANTRINĖS ŠILUMOS PANAUDOJIMAS (II DALIS)

Šilumos srutai šalinami iš atskirų Lietuvos pramonės įmonių, statybos organizacijų

Apklausus 347 įmones ir organizacijas, apibendrinti 341 įmonės duomenys.
Pirmiausia nustatyti sunaudoto kuro atskirose pramonės šakose dydžiai.

Kuro sąnaudos atskirose pramonės šakose 1996 m. (tonomis sutartinio kuro).

Pramonės šaka	Gamtinės dujos	Mazutas	Krosnių kuras	Akmens anglis	Medžio atliekos	Kitokios rūšies
Maisto pramonė	318791,9	104635,2	42497,0	5993,3	1447,8	5405,0
Statybos ir statybinių medžiagų	1224756,4	205892,6	836,9	2538,3	2146,2	27557,0
Tekstilės ir avalynės	22110,7	22496,8	354,2	3041,1	-	430,7
Medžio apdirbimo ir baldų	60569,9	8849,5	362,1	6870,5	5082,9	17709,1
Metalo apdirbimo, mašinų gamybos ir kitų pramonės įmonių	79794,3	7658,3	17,3	48,9	49,8	4218,2
Chemijos ir vaistų pramonė	1090536,4	167655,1	38,9	102,9	12,0	-
Iš viso	2796561,6	517187,5	44106,4	18595,0	8765,7	55320,0
%	81,29	15,03	1,28	0,54	0,25	1,61

Tai duomenys iš 219 įmonių. 122 įmonės ima garą ir termofikacinį vandenį iš elektrinių, katilinių ar naudoja elektros energiją.

Daugiausiai dujų sudeginama statybos įmonėse 1224756,4 t.s.k. (43,8%) sudeginamų Lietuvoje dujų. Daugiausiai gamtinių dujų sudegina AB „Akmenės cementas“ (971750 t.s.k.), AB „Aleksotas“ (stiklo fabrikas) (186.438.0 t.s.k.), AB „Panevėžio stiklas“ (35786.8 t.s.k.). Šiose trijose įmonėse sudeginama 97,5% visų šios pramonės šakos sudeginamų dujų.

Chemijos ir vaistų pramonės įmonės sudegina 1090536,4 t.s.k. Daugiausia sudegina AB „Achema“ (889640,0 t.s.k.), AB „Mažeikių nafta“ (199899,9 t.s.k.). Tai sudaro 99,9% šios pramonės šakos sudeginamų dujų.

Maisto pramonės įmonės sudegino 318791,9 t.s.k. dujų, t. y. 11,4%. Daugiausia sudegina AB „Klaipėdos maistas“ (182850,0 t.s.k.), AB „Vilniaus grūdai“ (64400,0 t.s.k.). Šiose dviejose įmonėse sudeginama 77,56% šios pramonės šakos dujų.

Daugiausia mazuto sudegina AB „Akmenės cementas“ (147816,0 t.s.k.), AB „Simega“ (16078,3 t.s.k.), AB „Ventos statybinės medžiagos“ (11531,3 t.s.k.). Tai sudaro 82,2% viso mazuto kiekio, sudeginamo šioje pramonės šakoje.

Antroje vietoje – maisto pramonės įmonės 104635,2 t.s.k. (20,23%) viso kiekio. Daugiausia mazuto sudegina AB „Anykščių vynas“ (16933,2 t.s.k.), AB „Marijampolės cukrus“ (15883,8 t.s.k.), AB „Kėdainių cukrus“ (15783,6 t.s.k.), AB

„Marijampolės pieno konservai“ (12588,9 t.s.k.). Iš viso šiose įmonėse sudeginta 58,5% šioje pramonės šakoje sudeginto mazuto.

Dujos ir mazutas sudarė 96,3% viso sudeginto kuro. Daugiausia krosnių kuro sudegino AB „Biržų konservai“ (37440,0 t.s.k.), akmenis anglių – AB „Pabradės kartono fabrikas“ (6707,6 t.s.k.).

Malkas degino 65 įmonės. Daugiausiai malkų sudegino – AB „Šilutės baldai“ (2504,1 t.s.k.), pjuvenų – AB „Beržas“ (6171,4 t.s.k.).

Į aplinką šalinamos šilumos srautai

Daugiausia šilumos šalinama apytakinėmis aušinimo sistemomis 2349565,6 Gcal/m., arba 51,29% į aplinką šalinamos šilumos.

Su degimo produktais į aplinką šalinama 1010343,5 Gcal/m., arba 12,5% šalinamo šilumos kiekio..

Su kanalizuojamu šiltu vandeniu į aplinką šalinama 572457,3 Gcal/m., tai sudaro 10,98%.

Su ventiliacijos sistemomis šalinamu oru šalinama 502748,0 Gcal/m., tai sudaro 10,98% šalinamo šilumos kiekio.

Šilumos šalinimas apytakinėmis sistemomis

Daugiausiai šilumos apytakinėmis sistemomis šalina AB „Achema“ – 1043550 Gcal/m., tai sudaro 44,4% šalinamos šilumos. AB „Lifosa“ šalino 453050,0 Gcal/m., t.y. 19,28%, AB „Mažeikių nafta“ – 133641,0 Gcal/m. Šios trys įmonės pašalino 69,38% viso šalinamos šilumos kiekio. 130 Gcal/h iš „Achemos“ galima būtų panaudoti Kauno m. karštam vandeniui ruošti. Tam būtina sumontuoti 35 km ilgio šilumos trasą. Savo sistemose AB „Achema“ teišnaudoja 10% šios šalinamos šilumos.

AB „Lifosa“ įgyvendina sieros rūgšties ceche išsiskiriančios šilumos utilizacijos projektą, todėl apie 20 Gcal/h šilumos kaip karštas vanduo 1998 m. žiemą perduodama į Kėdainių miesto šilumos tiekimo tinklus.

Maisto pramonės įmonėse šalinama apie 406124,6 Gcal/m. šilumos su apytakinėmis sistemomis. Tai sudaro 17,28% visos šalinamos šilumos.

Daugiausia šilumos šalina AB „Marijampolės pieno konservai“ – 43861,8 Gcal/m., t. y. 1,87% viso šilumos kiekio, AB „Panevėžio cukrus“ – 25022 Gcal/m., AB „Gliukozė“ – 21477 Gcal/m. ir t. t.

Iš metalų apdirbimo, mašinų gamybos pramonės įmonių daugiausia šilumos šalina AB „Ekranas“ – 49754,0 Gcal/m.

Iš lengvosios pramonės įmonių daugiausia šilumos šalina AB „Dirbtinis pluoštas“ – 39157,0 Gcal/m., AB „Alytaus tekstilė“ – 34939,4 Gcal/m., AB „Drobė“ 21649,4 Gcal/m.

Šiluma, šalinama su degimo produktais

Daugiausia šilumos su degimo produktais šalina chemijos ir vaistų pramonės įmonės – 497716 Gcal/m., arba 49,26% visų nagrinėtų pramonės įmonių. Daugiausia šilumos šalina AB „Mažeikių nafta“ – 329010,0 Gcal/m., t. y. 32,56%

viso šalinamo kiekio. Antroji – AB „Lifosa“ – 105320,0 Gcal/m., t. y. 10,42%. Trečioji – AB „Achema“ 62153,0 Gcal/m., t. y. 6,15%. Daugiausia šilumos su degimo produktais iš statybinių medžiagų pramonės įmonių šalina AB „Akmenės cementas“ – 138360,0 Gcal/m. – 13,69%. Iš maisto pramonės įmonių daugiausia šilumos šalina AB „Klaipėdos maistas“ 56791,0 Gcal/m. Iš lengvosios pramonės įmonių daugiausiai – 12213,5 Gcal/m. – šilumos šalina AB „Grigiškės“. AB „Lietuvos dujos“ firma „Dujiniai įrenginiai“ pašalina 12033,0 Gcal/m., AB „Beržas“ – 9774,9 Gcal/m., AB „Ekranas“ – 9130,7 Gcal/m.

Į aplinką šalinamos šilumos kiekis su vėdinimo sistemų šalinamu oru

Daugiausia šilumos šalinama iš maisto pramonės įmonių – 184160,8 Gcal/m., t. y. 36,6% viso šalinamo šilumos kiekio. AB „Kaišiadorių paukštynas“ šalina šilumos daugiausiai – 97111,0 Gcal/m., arba 19,32%, antrasis – AB „Vilniaus paukštynas“ – 31237,0 Gcal/m. (6,21%).

Iš lengvosios pramonės įmonių daugiausia šilumos su oru šalina AB „Alytaus tekstilė“ – 94579,0 Gcal/m., t. y. 18,81% viso šalinamos šilumos kiekio. Antrasis – AB „Vernitas“ – 20125,0 Gcal/m. (4,0%).

Iš statybinių medžiagų įmonių – AB „Ekranas“ – 47303,0 Gcal/m., AB „Baltik Vairas“ – 25284,0 Gcal/m., AB „Klaipėdos mediena“ – 18747,0 Gcal/m., AB „Medienos plaušas“ – 18144,6 Gcal/m.

Į aplinką šalinamos šilumos kiekis su šiltu kanalizuojamu vandeniu

Daugiausia šilumos šalina chemijos ir vaistų pramonės įmonės – 238742,8 Gcal/m. (41,7% viso kiekio). Daugiausia su kanalizuojamu vandeniu šilumos šalina AB „Mažeikių nafta“ – 234590,0 Gcal/m., arba apie 41% visos nagrinėtos šilumos.

Iš maisto pramonės įmonių – AB „Sema“ – 24976,0 Gcal/m. (4,36%).

Iš lengvosios pramonės įmonių daugiausia šilumos su kanalizuojamu vandeniu šalina AB „Drobė“ – 19648,0 Gcal/m., AB „Alytaus tekstilė“ – 19578,0 Gcal/m., AB „Vakarų laivų remontas“ – 35734,0 Gcal/m., AB „Kauno popieriaus fabrikas“ – 19055,0 Gcal/m.

Šilumos nuostoliai su negražinamu kondensatu

Daugiausia šilumos su negražinamu kondensatu šalina chemijos ir vaistų pramonės įmonės – 76276,0 Gcal/m., t. y. 52,55% visų nagrinėtų įmonių nuostolių. Pagrindiniai nuostoliai tenka AB „Mažeikių nafta“ – 56745,0 Gcal/m., t. y. 39,09%.

Iš maisto pramonės įmonių daugiausia šilumos netenka AB „Marijampolės pieno konservai“ – 4787,7 Gcal/m.

Antrinių šilumos išteklių, šalinamų iš atskirų pramonės šakų, duomenys

Pramonės šaka	Mato vienetas	Su šalinamu kondensatu	Su šilto vandeniui į kanalizaciją	Su ventiliacijos sistemomis šalinamu oru	Su šalinamais degimo produktais	Apytakinės ausinimo sistemos	Iš viso
Maisto (115 įmonių)	Gcal/metus	33661,0	130494,1	184160,8	164764,0	406124,6	919204,5
	t.s.k.	4808,7	18642,0	26308,7	23537,7	58017,8	131314,9
	t.n.e.	3366,1	13049,4	18416,1	16476,4	40612,5	91920,4
	%	3,66	14,2	20,4	17,92	44,18	100
Statybos (65 įmonės)	Gcal/metus	9372,8	1097,8	1543,4	236113,5	51750,1	299877,6
	t.s.k.	1339,0	156,8	220,5	33730,5	7392,9	42839,7
	t.n.e.	937,3	109,8	154,3	23611,4	5175,0	29987,8
	%	3,12	0,37	0,51	78,74	17,26	100
Tekstilės ir avalynės (31 įmonė)	Gcal/metus	19343,1	112634,8	148936,4	15335,3	103875,3	400124,9
	t.s.k.	2763,3	16090,7	21276,6	2190,8	14839,3	57160,7
	t.n.e.	1934,3	11263,5	14893,7	1533,5	10387,5	40012,5
	%	4,84	28,15	37,22	3,83	25,96	100
Medžio apdirbimo ir baldų (28 įmonės)	Gcal/metus	2852,8	32602,7	71118,3	60485,1	32123,2	199182,1
	t.s.k.	407,6	4657,5	10159,8	8640,7	4589,0	28454,6
	t.n.e.	285,3	3260,3	7111,8	6048,5	3212,3	19918,2
	%	1,43	16,37	35,7	30,37	16,3	100
Metalų apdirbimo, mašinų gamybos (24 įmonės)	Gcal/metus	3646,4	56885,1	72594,3	35928,7	100980,8	270035,3
	t.s.k.	520,9	8126,4	10370,6	5132,7	14425,8	38576,4
	t.n.e.	364,6	5688,5	7259,4	3592,9	10098,1	27003,5
	%	1,35	21,07	26,88	13,30	37,4	100
Chemijos ir vaistų (12 įmonių)	Gcal/metus	76276,0	238742,8	24394,8	497716,9	1654711,6	2491842,1
	t.s.k.	10896,5	34106,1	3485,0	71102,4	286387,4	355977,4
	t.n.e.	7627,6	23874,3	2439,5	49771,7	165471,1	249184,2
	%	3,06	9,58	0,98	19,97	66,41	100,0
Iš viso (275 įmonės)	Gcal/metus	145152,1	572457,3	502748,0	1010343,5	2349565,6	4580266,5
	t.s.k.	20736,0	81779,6	71821,2	144334,8	335652,2	654323,8
	t.n.e.	14515,2	57245,7	50274,8	101034,4	234956,6	458026,7
	%	3,17	12,50	10,98	22,06	51,29	100

Pasiūlymai šioms šilumos nuostoliams išnaudoti

1. Realiausia karštą vandenį iš apytakinių sistemų panaudoti šilumokaičiuose karštam vandeniui ruošti buities ir komunaliniams poreikiams, pastatų šildyti. Tikslinga diegti šilumos siurblius.
2. Su degimo produktais 50–60% šalinamos šilumos galima utilizuoti įrengiant katilus-utilizatorius, vandens šildytuvus (ekonomaizerius), šilumokaičius.
3. Iš su vėdinimo sistemomis šalinamo oro galima utilizuoti 30–50% šilumos, tam reikia įrengti rekuperatorius, regenerorius, o kur galima – taikyti recirkuliaciją.
4. Iš kanalizuojamo vandens šilumą galima būtų „atimti“, tam reikia įrengti šilumos siurblius.
5. Negrąžinamą kondensatą galima panaudoti karštam vandeniui ruošti šilumokaičiuose, šildymo ir vėdinimo sistemose – kaip šilumnešį, baseinuose, technologiniuose įrengimuose – pavyzdžiui maisto pramonės rezervams, kubilams, saugykloms, patalpoms plauti.

Įdiegus konkrečius pasiūlymus galima būtų sutaupyti apie 0,5 mln. t.s.k.

Siekiant nustatyti antrinių šilumos išteklių panaudojimo galimybes, reikia žinoti jų pagrindines charakteristikas:

1. Šalinamo oro, vandens, degimo produktų, kondensato ar apytakinio vandens temperatūrą:
 - jeigu ši temperatūra aukštesnė kaip 100°C, turime aukšto šilumos potencialo antrinius šilumos išteklius;
 - jeigu ši temperatūra 30–100°C – žemo šilumos potencialo antrinius šilumos išteklius.
2. Šalinamo oro, vandens, degimo produktų, kondensato užterštumą:
 - dulkėmis;
 - siera ar kitais cheminiais junginiais;
 - mechaninėmis priemaišomis (suodžiais, pelenais);
 - kvapais, aerozoliais;
 - agresyviomis (sprogiomis) medžiagomis ar skysčiais.
3. Šalinamo oro, vandens, degimo produktų kondensato ir apytakinio vandens kiekius.
4. Jų išsiskyrimo vietą ir panaudojimo galimybes.

Žinant šiuos parametrus reikia sudaryti jų panaudojimo galimybių projektą. Tam siūlau panaudoti mano knygoje „Šilumos taupymas veikiančiose pramonės įmonėse, administracijos, komunaliniuose ir visuomeniniuose pastatuose“ šilumos balansą, kuriuo galima nustatyti šilumos poreikius šildymui, vėdinimui, karštam vandeniui ruošti, vartų oro užtvarams.

Remiantis knygoje išdėstytais pasiūlymais, pirmiausia reikia mažinti šilumos poreikius pastatams šildyti ir vėdinti. Tam būtina:

5. Sandarinti arba keisti langus, mažinti jų plotą arba įrengti šilumą atspindinčias plėveles.
6. Mažinti vienaukščių gamybos patalpų aukštį – įrengti tarpines lubas.
7. Atsisakyti stoglangių arba juos apšiltinti.
8. Atsisakyti deflektorių, stoginių ventiliatorių, vėdinimo šachtų (ypač paukštidėse) – organizuoti centralizuotą oro nusiurbimo sistemą ir jos šilumą panaudoti regeneratoriuose tiekiamam orui šildyti.
9. Pastatuose, ypač nedarbo metu, žeminti oro temperatūrą – išjungti tiekiamosios ir šalinamosios ventiliacijos sistemas.
10. Numatyti fasadinį šildymo sistemų reguliavimą, atsižvelgiant į patalpų orientaciją pasaulio šalių atžvilgiu.
11. Atsisakyti elevatorinių šilumos punktų, vietoj jų įrengti šilumokaičius.

Antriniam šilumos ištekliams racionaliai panaudoti siūloma panaudoti:

- šilumokaičius vanduo – vanduo;
- šilumokaičius oras – oras;
- šilumokaičius degimo produktai – vanduo;
- šilumokaičius degimo produktai – oras;
- šilumokaičius vanduo – oras.

Šiuo metu AB „Kauno šilas“ įdiegta šalinamo kondensato panaudojimo pastatams šildyti sistema. AB „Silva“ ir AB „Koton“ įdiegta centralizuota šilto oro

nusiurbimo sistema nuo mezgimo mašinų ir jo panaudojimas ventiliacijos kameroje tiekiamam orui šildyti. Tarpinės lubos įrengtos AB „Inkaro avalynė“ siuvimo ceche, autoservise „Vista“ Marijampolėje.

AB „Minkomedis“ įrengta pjuvenomis kūrenama vietinė katilinė, aprūpinanti šiluma medienos džiovyklas ir tiekianti šilumą administracijos pastatui.