
Energijos taupymas duonos kepimo pramonės įmonėse

**Vygandas Gaigalis,
Romualdas Škėma,
Feliksas Zinevičius**

*Lietuvos energetikos institutas,
Efektyvaus energijos naudojimo tyrimų
ir informacijos centras,
Breslaujos g. 3,
LT-3035 Kaunas*

Straipsnyje aprašomos Vakarų šalių duonos kepimo pramonės įmonėse taikomos energijos taupymo priemonės. Pagrindinis dėmesys atkreiptas į energijos generavimo technologijas, šilumos panaudojimą kepimo proceso metu, nuostolių su išskiriamomis dujomis mažinimą bei organizacines kepimo proceso priemones. Aprašytos duonos gamybos efektyvios pagalbinės technologijos, energijos nuostolių šaltiniai ir jų mažinimo galimybės, energijos valdymo ir aptarnavimo pagerinimai. Parodyti gamtinių dujų ir naujų krosnių naudojimo kepyklose technologiniai privalumai.

Raktažodžiai: energetika, duonos kepimo pramonės sektorius, energijos taupymo priemonės, efektyvios pagalbinės technologijos, gamtinių dujų ir naujų krosnių naudojimo privalumai

1. ĮVADAS

Atlikta Lietuvos duonos ir pyrago gaminių įmonių energijos efektyvumo analizė parodė, kad apie pusėje Lietuvos įmonių specifinės energijos sąnaudos didesnės 1,5–2,5 karto nei analogiškose Vakarų įmonėse, o tai rodo didelį energijos taupymo potencialą [1].

Straipsnyje pateikiamos Vakarų šalių energijos naudojimo efektyvumo didinimo ir pagalbinių technologijų taikymo kepimo pramonės sektoriuje rekomendacijos. Rekomendacijų tikslas – padidinti energijos naudojimo efektyvumą, pagerinti energijos valdymą ir sumažinti jos įtaką gamybos kainai. Tam pasiekti reikia išnagrinėti ne tik pagrindinius energiją vartojančius įrengimus, bet ir pagalbinius įrengimus bei aptarnavimo sferą. Pagalbiniai įrengimai turi mažas efektyvesnio energijos naudojimo galimybes, nepaisant to, kad bendras instaliuotas galiumas yra numanomo dydžio, nes jis išskirstytas daugeliui mažų variklių.

Elektros energijos kainų optimizavimas – tai jos taupymas įmonės elektros energijos sąskaitoje, tačiau tai nesąlygoja pačios pirminės energijos taupymo [2]. Elektros energijos tiekimo susitarimai ir jo tvarkaraštis kiekvienoje įmonėje turi būti reguliariai peržiūrimi ir aptariama jo tiekimo eiga. Kai kurie tvarkaraščio arba taikomų kainų nukrypimai ne visada aptinkami, kadangi jie neužfiksuoti tuo laiku, kai darbo arba gamybos sąlygos tiesiogiai veikia elektros energijos poreikių pokyčiai. Ir finansiškai tai nėra lengvai aptinkama.

Pagrindinis energijos šaltinis – kuras – buvo tiesiogiai naudojamas krosnyse ir garo generatoriuose. Dažniausiai buvo naudojamas naftinis kuras ir gamtinės dujos. Pastarosios daugiausia buvo naudojamos didesnių miestų gamyklose ir stambesnių kompanijų, turinčių geresnę priėjimą prie miesto dujų tiekimo tinklo.

Garas naudojamas netiesiogiai (t. y. ne kaip energijos šaltinis) fermentavimo kameros drėgnumo parametrui užtikrinti bei tešlai sudrėkinti krosnies įėjime. Periodinio veikimo krosnyse yra nuosava degimo kamera ir garo tiekimo sistema. Seni garo tinklai ir generuojanti įranga dauguma atvejų yra per dideli ir neefektyvūs.

Jeigu efektyvaus energijos vartojimo priemonės būtų taikomos naudojant pagalbines technologijas visame sektoriuje, būtų galima sutaupyti apytikriai 7,5% visų rūšių sektoriuje vartojamo kuro.

2. ENERGIJOS TAUPYMO PRIEMONĖS

1 lentelėje parodytos energijos sąnaudos, reikalingos 1000 kg duonos iškepti skirtingo tipo krosnyse priklausomai nuo naudojamos elektros ar šilumos energijos [2].

Pateiktuose skaičiavimuose neatsižvelgta į energiją, reikalingą krosniai sušildyti nuo paleidimo momento iki tol, kol bus pasiektos darbinės sąlygos, atitinkančios produkcijos apimtį.

1 lentelė. Duonos gamybos energijos sąnaudos skirtingo tipo krosnyse				
Krosnies tipas	Sąnaudos	Sąnaudų konstanta	Energijos rūšis	
			elektros	šilumos
Rotacinė lentyninė	Visa kepimo šiluma	–	340,0	340,0
	Karšto oro kontūras ir degimo kamera	0,09	30,6	30,6
	Garų gamyba	–	2,2	2,2
	Degimo dujos	0,32	–	108,8
	Šilumokaitis	0,02	–	6,8
	Kepimo kameros izoliacija	0,13	44,2	44,2
	Bendros šilumos sąnaudos term./t *		417,0	532,6
	Bendros šilumos sąnaudos kWh/t		484,9	
Kamerinė pakopinė	Visa kepimo šiluma	–	340,0	340,0
	Karšto oro kontūras ir degimo kamera	0,05	17,0	17,0
	Garų gamyba	–	2,2	2,2
	Degimo dujos	0,32	–	108,8
	Šilumokaitis	0,02	–	6,8
	Kepimo kameros izoliacija	0,05	17,0	17,0
	Bendros šilumos sąnaudos term./t		376,2	491,8
	Bendros šilumos sąnaudos kWh/t		437,4	
Nuolatinio veikimo tunelinė	Visa kepimo šiluma	–	340,0	340,0
	Karšto oro kontūras ir degimo kamera	0,09	30,6	30,6
	Garų gamyba	–	2,2	2,2
	Degimo dujos	0,32	–	108,8
	Šilumokaitis	0,02	6,80	6,8
	Kepimo kameros izoliacija	0,06	20,4	20,4
	Bendros šilumos sąnaudos term./t		400,0	508,8
	Bendros šilumos sąnaudos kWh/t		465,1	
* 1 term. = 10 ³ kcal.				

Energijos taupymo priemonės krosnims galėtų būti:

- energijos generavimo sistemose;
- panaudojant kepimo proceso šilumą;
- mažinant šilumos nuostolius su išskiriamomis dujomis;
- organizuojant vidinį kepimo procesą [3].

Šios priemonės taikomos visoms aprašytoms technologijoms.

Taupymas energijos generavimo technologijose

Energijos generavimo krosnyse technika daug kuo nesiskiria nuo tradicinės degiklių sistemos. Tačiau naujais laimėjimais šioje srityje taip pat gali būti panaudoti duonos ir pyrago gaminių pramonėje. Pagrindinis veiksnys, kuriuo ši technika gali būti valdoma, yra tiekiamo oro kiekis. Optimaliai sureguliuoti degikliai kepimo krosnyse dirba esant oro ir kuro santykiui nuo 1,05 iki 1,2.

Degikliai optimaliai sureguliuojami įrengiant šalinamų dujų kontrolinį vamzdį netoli degiklio, tiesiog prie šalinamų dujų išėjimo, dar prieš joms patekiant į kepimo krosnį. Ši priemonė užtikrina, kad

šalinamos dujos nebūtų sumaišytos su oru ir kad degikliai būtų valdomi tiksliai pagal šalinamų dujų analizės rezultatus. Taikant šią priemonę degimo efektyvumą galima padidinti iki 5%.

Energijos taupymas panaudojant kepimo proceso šilumą

Šilumos nuostoliai yra pagrindinis veiksnys, nusakantis kepimo procese panaudotos energijos efektyvumą. Pažymėtinos šešios energijos nuostolių rūšys: radiaciniai krosnies šilumos nuostoliai; šilumos praradimas su kepimo produktais; tunelinės nuolatinio veikimo krosnies transportinės linijos šilumos nuostoliai; vandens garų šilumos nuostoliai; šilumos su šalinamomis dujomis nuostoliai; slaptoji garavimo šiluma.

Pirmiausia šilumos nuostoliai gali būti sumažinti neleidžiant šilumai nutekėti nuo pačios krosnies, pavyzdžiui, ją izoliuojant, arba pakartotinai panaudojant (regeneruojant) šiuos šilumos nuostolius.

Radiaciniai šilumos nuostoliai gali būti sumažinti panaudojant šiuolaikines izoliacines medžiagas ir techniką. Daugiausia šilumos nuteka pro krosnies duris ir kepimo padų užsklandas. Perkant naujas krosnis reikėtų pasirinkti sistemas su gerai izoliuotomis durimis ir sandariomis užsklandomis. Nustatyta, kad būtų neekonomiška izoliuoti senų krosnių duris ir užsklandas. Krosnių korpusas ir paviršius paprastai jau būna izoliuotas taip, kad šilumos nuostoliai būtų minimalūs.

Šiluma su kepimo produktais ir nuo transportavimo paviršių gali būti panaudota tiksliai tiesiogiai šildant patalpas, su sąlyga, jei išorės temperatūra yra pakankamai žema. Tyrimai parodė, kad šilumą regeneruoti nuo tunelinės krosnies transporterio paviršių ekonomiškai apsimoka tik tuo atveju, jei transporterio temperatūra yra aukštesnė kaip 150°C. Šiuo atveju reikėtų atsižvelgti, ar kepimo procesas reikalauja transporterio ataušinimo ir ar po to nereikia

jo vėl sušildyti. Jei tai padaryti sudėtinga, turėtų būti taikomos efektyvesnės energijos taupymo priemonės. Transporteris turi praeiti visą tunelinės krosnies ilgį nuo pradžios iki galo izoliuotame kanale, kuriame oras cirkuliuoja priešinga transporterio judėjimo kryptimi. Taip oras įkaista ir gali būti panaudotas, pvz., degiklių pirminiam šildymui.

Kepimo proceso vandens garai taip pat turi tam tikrą šilumos kiekį, kuris gali būti regeneruotas pasitelkiant kondensavimo įrangą, t. y. šilumos rekuperatorių. Gautas karštas vanduo gali būti panaudotas, pvz., vandens arba šildymo sistemose.

Šilumos nuostolių su šalinamomis dujomis mažinimas

Didžiausi šilumos nuostoliai kepimo proceso metu būna su šalinamomis dujomis. Daugiapadės ir nuolatinio veikimo tunelinės krosnies energijos balansas parodytas 1 pav.

Abiem atvejais nuostoliai su šalinamomis dujomis yra daugiau kaip 35%.

Yra keletas būdų šiems nuostoliams sumažinti: oro, dalyvaujančio degimo procese, šildymas; šalinamų dujų kontrolė ir reguliavimas (įrengiant sklendes); šalinamų dujų šilumos regeneracija.

Šviežio, šalto oro tiekimui į krosnį reguliuoti degimo kameroje turi būti įrengtos oro sklendės, leidžiančios gerokai sumažinti šilumos nuostolius. Tokios sklendės įrengtos beveik visose ES naudojamose krosnyse.

Svarbi šilumos nuostolių kepimo krosnyse mažinimo priemonė yra šalinamų dujų užsklendimas. Pažangios sistemos yra su automatiškai valdoma užsklendimo įranga. Sklendės turi būti gerai izoliuotos, o užsklendimo mechanizmas – veikti efektyviai. Pavyzdžiui, sklendė, kuri atidaryta tik 20%,

gali sutaupyti 4 kartus daugiau energijos, palyginti su sklende, kuri atidaryta 70%. Įrengiant šalinamų dujų sklendes jau esamose krosnyse, reikia atkreipti dėmesį į tai, kad kai kuriose krosnyse šiek tiek dujų turi būti šalinama net ir tada, kai sklendės būna uždarytos.

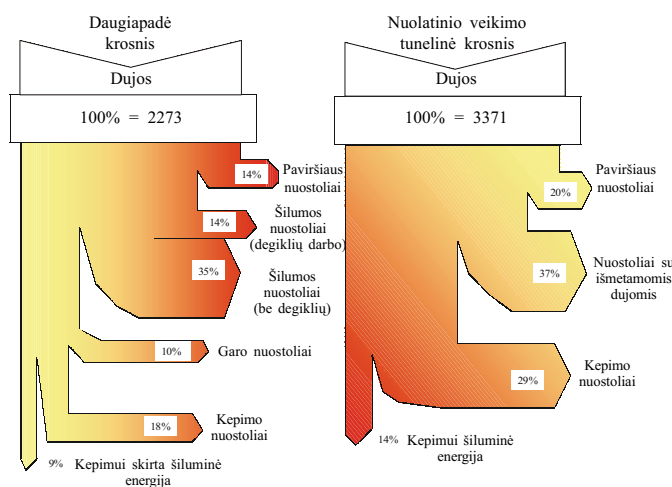
Šalinamų dujų šilumos regeneracija yra labai efektyvi šilumos taupymo priemonė, kai šalinamų dujų temperatūra – 300°C ir daugiau. Šalinamas dujas reikia praleisti pro šilumos rekuperatorių. Gautas karštas vanduo panaudojamas šildymo reikalams arba šilto vandens gamybai. Kita pritaikymo galimybė – šalinamas dujas panaudoti kitų krosnių tiekiamam orui šildyti. Tai dažniausiai taikoma dalinio duonos apkepimo krosnyse, kada šalinamos dujos panaudojamos nuolatinio veikimo tunelinėms krosnims šildyti.

Šilumos regeneravimo galimybes limituoja: nuišančių nuo degiklių dujų temperatūra (t_1); išeinančių iš kamino dujų temperatūra (t_2), kurios techninė riba sąlygojama korozijos atsiradimu (rūgšties rasos taškas).

Šalinamų dujų šilumos regeneracijos galimybes, naudojant dujinį ir skystą kurą, nurodytos 2 lentelėje.

2 lentelė. Šilumos regeneracijos galimybės, naudojant dujinį ir skystą kurą

Skystas kuras	Šilumos regeneracija negalima	Galima regeneracija, kai $t_2 > 170^\circ\text{C}$	Reikalingi regeneracijos tyrimai		
	Galima šilumos regeneracija gaminant karštą vandenį	Tradicinė regeneracija			
Dujos	0°C	200°C	250°C	300°C	500°C



1 pav. Daugiapadės krosnies ir nuolatinio veikimo tunelinės krosnies energijos balansas

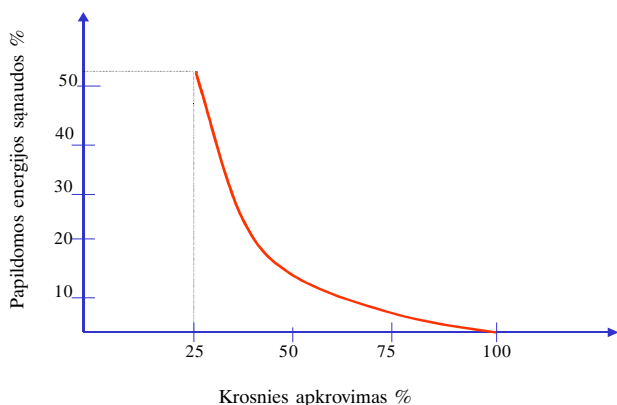
Organizacinės energijos taupymo priemonės

Organizacinės energijos taupymo priemonės yra labai svarbios, nes nereikalauja didelių investicijų bei leidžia sutaupyti daug energijos ir lėšų.

Pažymėtinos dvi pagrindinės priemonės: krosnies apkrovimo gerinimas; reguliarius krosnies ir įrangos aptarnavimas.

Gerinant krosnies apkrovimą įkaišinėse ir nuolatinio veikimo tunelinėse krosnyse, galima gerokai sutaupyti energijos, kadangi turi būti šildoma visa krosnis nepriklausomai nuo to, ar ji apkrauta 100%, ar tik 25%. Papildomų energijos sąnaudų priklausomybė nuo krosnies apkrovos parodyta 2 pav.

Kaip matyti, esant 25% krosnies apkrovimui, energijos sunaudojama 50% daugiau. Laiku aptarnaujant ir valant krosnis, įrengimus taip pat



2 pav. Krosnies apkrovos optimizavimas

galima gauti nemažai naudos, kadangi nustatytai temperatūrai nešvariose krosnyse pasiekti reikia sunaudoti gerokai daugiau energijos negu švariose. Iškraunant krosnis taip pat reikia kontroliuoti, kad būtų atviros tik tos durys ir sklendės, pro kurias iškraunama. Taip prarandama mažiau išspinduliuojamos į aplinką šilumos. Po pakrovimo ar iškrovimo sklendės būtina nedelsiant uždaryti.

Didesnis metinių patikrinimų ir profilaktinių aptarnavimų skaičius pagerina įrengimų darbą ir leidžia efektyviau panaudoti energiją.

Taupant energiją reikėtų reguliariai tikrinti įrengimų šilumos izoliaciją, panaudojant kontaktinius termometrus arba infraraudonojo spinduliavimo termografus. Be to, pažeistas arba nepakankamai izoliuotas vietas reikia nedelsiant sutvarkyti.

Gera vamzdinių ir įrangos izoliacija sąlygoja sienelės temperatūrą bei suvartotos energijos išlaidas.

Nuostoliai, kurių reikia vengti, gerinant valdymą ir aptarnavimą: šilumos, suspausto oro ir vandens nutekėjimai; neteisingas degiklių suregulavimas; nepakankama arba pažeista šiluminė izoliacija; neapkrautų įrengimų darbas.

Ekonominis įvertinimas

Aprašytų priemonių ekonominis įvertinimas labai priklauso nuo pačios duonos, pyrago gaminių įmonės ir nuo su ja susietų kepimo sąlygų. Įvairiose kepyklose atlikti tyrimai parodė, kad bet kurioje duonos ir pyrago gaminių įmonėje gali būti realizuotos šios bendros energijos taupymo priemonės, kurių atsipirkimo laikas trumpesnis kaip vieneri metai: į degimo kamerą patenkančio oro užsklendimas; šalinamų dujų užsklendimas; šalinamų dujų kontrolė.

Kitų priemonių ekonominis įvertinimas turėtų būti analizuojamas kiekvienoje kepykloje atskirai, atsižvelgus į esamą padėtį.

Energijos taupymo priemonės kepyklų sektoriuje bei jų efektyvumas gali būti pademonstruoti didelės Bavarijos (Vokietija) kepyklos pavyzdžiu.

Šios pramoninės kepyklos (50 darbuotojų) duonos produkcijos išeiga – 15400 t/met. Energijos poreikis šioje kepykloje buvo tenkinamas tokiais nešėjais, kaip elektra, skystu kuru ir daugiausia gamtinėmis dujomis. Kepyklos energijos suvartojimas – 15000 MWh/met., o metinė CO₂ emisija – 3600 t.

Svarbiausi energiją vartojantys įrengimai kepykloje buvo: 12 daugiapadžių krosnių, 2 nuolatinio veikimo tunelinės krosnys, 10 vokiškų akmeninių krosnių, 2 dalinio apkepimo krosnys, senos duonos perdūrimo įrengimai, mirkymo įrengimai, 2 žemo slėgio garo generatoriai. Vartojamo kuro energijos sąnaudos pateiktos 3 lentelėje.

3 lentelė. Bavarijos pramoninės kepyklos energijos sąnaudos (MWh/met.)

Elektros energija	Naftos kuras	Gamtinės dujos	Bendros sąnaudos
1430	2126	11035	14591

Priimtos energijos taupymo priemonės.

Buvo atlikta kepyklos energetinio ūkio analizė nustatyti galimam energijos sutaupymui technologiniu ir vartotojo atžvilgiu. Analizės rezultatai buvo panaudoti diegiant šias energijos taupymo priemones:

– Daugiapadės krosnys.

Daugiapadėse krosnyse buvo įrengtos automatiškai reguliuojamos sklendės šalinamų dujų nuostoliams sumažinti, ypač išjungus degiklius. Šalinamų dujų nuostoliai taip pat buvo sumažinti instaliavus oro srauto sklendes ir palaikant optimalų kuro ir oro santykį ne didesnę kaip 2,5.

– Nuolatinio veikimo tunelinės krosnys.

Nuolatinio veikimo tunelinės krosnys buvo aprūpintos dujų/oro santykio valdymo sistema, kad būtų palaikoma pastovi šio santykio reikšmė 1,5.

– Dalinio apkepimo krosnys.

Dalinio apkepimo krosnių šilumai, kuri prarandama su šalinamomis dujomis, regeneruoti buvo įrengtas šalinamų dujų šilumos boileris. Todėl buvo mažiau išnaudojami esami garo boileriai ir sumažintos energijos sąnaudos.

– Senos duonos perdūrimo įrengimai.

Senos duonos perdūrimo įrangoje instaliavus šilumokaičius, galima pašildyti išdžioviną orą.

– Mirkymo įrengimai.

Mirkymo įrengimuose įrengta valdymo sistema leidžia sumažinti šilumos nuostolius dėl neapkrauto įrangos darbo.

4 lentelė. Energijos sąnaudų ir CO₂ emisijos sumažinimas, taikant energijos taupymo priemones

Įrengimai	Energijos sąnaudos (MWh/met.)		Sąnaudų sumažinimas (%)	CO ₂ emisijos sumažinimas (t/met.)
	standartinės	sumažintos		
Daugiapadės krosnys	2273	1769	22	101
Nuolatinio veikimo tunelinės krosnys	3371	2676	21	140
Senos akmeninės krosnys	2501	2501	–	–
Dalinio apkepimo krosnys	2579	264	12	63
Senos duonos perdirbimo įranga	628	286	54	73
Mirkymo įrengimai su garo generatoriumi	150	110	27	8
Žemo slėgio garo generatorius	1113	798	28	63
Iš viso:	12615	10404	18	448

– krosnies degiklių, šilumokaičių, garo ir kondensato vamzdynų aptarnavimas laiku;

– kepimo krosnių, fermentavimo patalpų bei šilumą tiekiančių vamzdžių geras izoliavimas;

– naudojamos elektros energijos ir jos kainos nuolatinė kontrolė.

Pastaroji priemonė tik optimizuoja energijos kainą, tinkamiau panaudojant tiekiamą energiją. Kitos priemonės mažina energijos suvartojimą ir didina jos panaudojimo efektyvumą. Energijos nuostolių šaltiniai ir jų mažinimo galimybės nurodytos 5 lentelėje.

4 lentelėje parodytas energijos sąnaudų ir CO₂ emisijos sumažinimas, taikant energijos taupymo priemones.

Įdiegus šioje kepykloje aprašytiems įrengimams energijos taupymo priemones, energijos suvartojimą galima sumažinti iki 18%, o išskiriamo CO₂ kiekį – iki 450 t/met.

3. DUONOS GAMYBOS EFEKTYVIOS PAGALBINĖS TECHNOLOGIJOS

Duonos gamybos efektyvios pagalbinės technologijos – tai priemonės, padedančios efektyviau panaudoti energiją, sumažinti energijos išlaidas, gerinti jos valdymą, teisingai eksploatuoti bei prižiūrėti [4].

Pažymėtinos šios energijos vartojimo efektyvumą didinančios priemonės:

- krosnies gamybinio pajėgumo panaudojimo optimizavimas;
- gamybinių pasitarimų, leidžiančių sumažinti prastovas, organizavimas;
- perteklinės krosnies šilumos rekuperacija ar recirkuliacija;
- reguliarus tikrinimas bei degiklių degimo intensyvumo reguliavimas (garo generatorių bei termoalyvinių šildytuvų);
- temperatūros ir drėgmės kepimo krosnyse bei fermentavimo patalpose kontrolė ir reguliavimas;

5 lentelė. Energijos taupymas duonos kepimo krosnyse

Nuostolių šaltinis	Mažinimo galimybės
Per aukšta šalinamų dujų temperatūra	Šildyti į degimo kamerą tiekiamą orą. Vandens šildymas. Kuro šildymas.
Blogas degimas	Sureguliuoti degiklius.
Per aukšta sienelės temperatūra	Gerinti izoliaciją.
Oro nuotėkiai	Gerinti krosnies sandarumą.
Darbas su pertrūkiais	Užprogramuoti krosnies panaudojimą minimizuojant prastovas. Automatinis pakrovimas ir iškrovimas.
Blogas darbas	Automatizuoti krosnies darbą. Tinkamai instruktuoti operatorius.
Nelauktos prastovos	Numatyti profilaktinį aptarnavimą.

Degimo proceso reguliavimas ir valdymas

Svarbu palaikyti minimalų tiekiamo į degimo kamerą oro kiekį, kartu kontroliuojant, kad neatsirastų visiškai nesudegusių komponentų. Šios priemonės turėtų būti taikomos kepant bet kurios rūšies duoną. Svarbiausias uždavinys būtų palaikyti atitinkamą trauką dūmų šalinimo kamine. Degimas turėtų vykti esant nedideliame oro pertekliui, ne didesniame kaip 10% – skystam kurui ir 5% – gamtinėms dujoms. Esant bet kuriam kiekiui, didesniame už rekomenduojamą, atsirastų tokių nepageidaujamų reiškinų, kaip šilumos nuostolių su šalinamomis dujomis padidėjimas bei liepsnos temperatūros sumažėjimas.

Šiuo atžvilgiu gerai būtų aprūpinti įmonę šalinamų dujų analizatoriais, matuojančiais dujų sudėtį bei

„Bacharacho“ skalės Nr.	Degimo apibūdinimas	Pelenų kiekis
1	Puikus	Nedidelis.
2	Geras	Nedidelis. Nežymus dūmų temperatūros sumažėjimas.
3	Vidutinis	Didesnis. Kartą per metus reikia valyti.
4	Blogas	Ribotas. Reikia dažnai valyti.
5	Labai blogas	Didelis. Labai sunkūs pelenai.

temperatūrą. Garų temperatūra informuoja apie paviršiaus užterštumo laipsnį ir parodo, kada reikia valyti krosnį. Taip pat reikia stebėti, kad dūmų temperatūra nenukristų žemiau nustatyto minimumo.

Priklausomai nuo naudojamo kuro, turi būti įvertinta rūgštaus lietaus ar kondensato susidarymo galimybė:

- procentinis O₂ ar CO₂ kiekis šalinamose dujose informuoja apie oro kiekį, sunaudotą degimo kameroje, ir parodo, kokie degikliai yra gerai sureguliuoti ir kuriuos dar reikia papildomai reguliuoti;

- priklausomai nuo kuro rūšies, nesudegusių dujų ir kietų dalelių kiekis (%) teikia informaciją apie tokius reiškinius, kaip netinkamas išpurškimas, ne-

teisingas liepsnos paviršius, blogas oro ir kuro mišinys ir kt., rodančius degiklių suregulavimo būtinybę.

Degimo produktų analizė paprastai apibūdinama kokybiniu „Bacharacho“ indeksu (6 lentelė).

„Bacharacho“ skalės kokybinis indeksas turi būti nuo 1 iki 2 ir jokių būdų ne didesnis už antrą lygį. Ši kontrolės priemonė įpareigoja koreguoti degiklio suregulavimą, reguliariai jį valyti, kad būtų galima optimizuoti energijos sąnaudas. Ši priemonė leidžia sutaupyti nuo 1 iki 4% kuro, o kai kuriais atvejais net ir daugiau. Matavimo ir reguliavimo išlaidos yra palyginti nedidelės. Taigi šios priemonės yra labai veiksmingos.

Energijos valdymo ir aptarnavimo galimi pagerinimai pateikti 7 lentelėje.

Elektros įrangos priežiūra

Gamybos ir aptarnavimo mechanizmai turi nedidelės energijos taupymo galimybes. Tačiau apskritai, dėl didelio mažų variklių skaičiaus, tai gali sudaryti nemažą viso instaliuoto galingumo dalį. Bet kuris energijos taupymas mažinant nedidelių variklių ir šildymo elementų krosnyse ir fermentavimo patalpose naudojimą bei aptarnavimą yra ribotas.

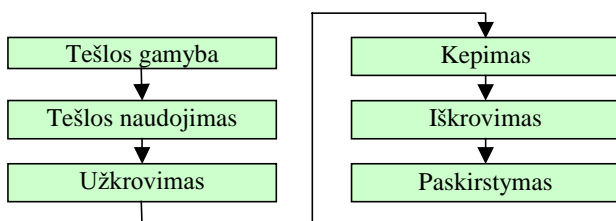
Suspaustas oras daugiausia naudojamas stambesnėse pramoninėse duonos ir pyrago gaminių įmonėse, turinčiose automatinio valdymo ir transportavimo mechanizmus, pavyzdžiui, patuštinančius miltų saugojimo bokštus. Smulkesnės įmonės tam tikslui dažniausiai naudoja juostinius transporterius. Elek-

Priemonė	Efektas	Priemonės efektyvumas
Energijos parametrų kontrolė (dūmų temperatūra, O ₂ , CO ₂ , CO).	Galimybė kontroliuoti degiklių švarumą ir suregulavimą.	Mažos investicijos. Didelė nauda. Atsipirkimo laikas < 1 metai.
Katilo vandens pokyčių kontrolė ir korektyva.	Apsaugo įrangos darbą. Mažina valymus (mažesni energijos nuostoliai). Garo kokybės ir saugumo pagerinimas.	Reikalinga. Didelė energetinė nauda.
Šilumos mainų paviršiaus reguliar. valymas.	Geresnis šilumos perdavimas. Geresnis energijos panaudojimas.	Didelė nauda. Atsipirkimo laikas < 0,5 metų.
Kuro pakeitimas (į gamtinių dujų).	Didesnis energijos efektyvumas. Aplinkosauga.	Nauda turi būti įvertinta kiekvienu atveju atskirai.
Dūmų šilumos rekuperacija (ekonomaizeris).	Šilumos regeneravimas.	Maža ir vidutinė nauda. Vidutinė kaina. Atsipirkimo laikas < 3 metai.
Vamzdinių izoliavimas.	Nuostolių sumažinimas.	Mažos investicijos. Atsipirkimo laikas < 2 metai.
Kondensato rekuperacija.	Gerina energijos naudojimą. Maitinamojo vandens regeneravimas.	Vidutinės investicijos. Atsipirkimo laikas < 2 metai.
Degiklių ir įrangos reguliavimas.	Didesnė darbo sauga ir energijos naudojimo efektyvumas.	Mažos investicijos. Atsipirkimo laikas < 0,5 metų.

tros energijos sąnaudos, transportuojant miltus suspaustu oru, nėra labai didelės, tačiau būtina reguliariai tikrinti oro kompresorių darbą, remontuoti nutekėjimus, užtikrinti gerą oro paėmimą ir valdymą. Naudojant juostinius transporterius, reikia prižiūrėti velenus, gumines juostas, pavaras bei variklius.

Įrengimų ir procesų automatizavimas

Racionalaus kepimo technologijos, kepimo procesų automatizavimas ir jų kontrolė šiais laikais yra pasiekiami kiekvienam kepimo technikos gamintojui. Kadangi automatizavimo technologijos yra modulinės, kiekviena duonos ir pyrago gaminių įmonė gali racionaliai panaudoti šiuos procesus pagal savo reikmes. 3 pav. parodyta, kur kepyklose gali būti panaudoti automatizavimo įrengimai.



3 pav. Medžiagų srautas kepyklose

Medžiagų srautą kepyklose reguliuojanti technika yra: transporteriai, sukamieji stalai, slankiojantys mechanizmai, kėlimo platformos ir konvejeriai ir kt.

Paprastai gamintojai siūlo kartu instaliuoti automatizavimo įrengimus ir kompiuterinę valdymo įrangą – „Kompiuteriu valdoma kepykla“ (KVK). Šių technologijų pagrindas – baziniai modeliai, kurie gali būti modifikuojami pagal kepyklos poreikius.

4. GAMTINIŲ DUJŲ NAUDOJIMAS KEPYKLOSE

Pastaruoju metu, esant smarkiai išplėtotai gamtinių dujų paskirstymo sistemai, daugelyje ES šalių duonos ir pyrago gaminių įmonėse yra galimybė panaudoti gamtines dujas kaip kurą. Dujų privalumai palyginti su kitomis kuro rūšimis [5]:

- greitas temperatūros pakėlimas kepimo įrangoje;
- sureguliuojama optimaliai temperatūrinei kreivei galimybė, esant nuolatiniam krosnies valdymui ir kontrolei;
- paprastas ir greitas dujų tiekimo instaliavimas įmonėje;
- reliatyviai nedidelės išlaidos, palyginti su kitomis kuro rūšimis ir ypač su elektros energija;
- galimybė panaudoti neišnaudotą šilumą kitoms įmonės reikmėms (panaudojant šilumokačius);

– korozijos eliminavimas generatoriuose ir degikliuose (gamtinių dujų sudėtyje nėra sieros ir kitų reagentų);

– labai mažas degimo produkto liekanų ir kitų nepageidaujamų teršalų kiekis;

– gamtinės dujos iš suvartoto energijos kiekio vienetu duoda kur kas mažesnę teršalų emisiją į atmosferą, palyginti su bet kuriuo kitu kepyklose panaudotu kuru;

– mažesnės įrengimų priežiūros problemos.

Pakeičiant naudojamą kepyklose kurą į gamtines dujas, reikia atkreipti dėmesį į šiuos reikalavimus:

– palyginimą su naudoto kuro galimybėmis;

– buvusios instaliacijos apibūdinimą (atgyvenęs saugojimo būdas ir kuro paruošimo sistema, priežiūros reikalingumas ir įtaka aplinkai);

– galimybę tuo pačiu metu tiekti ir naudoti kitą turimą kurą;

– naudojamo kuro kainų palyginimą.

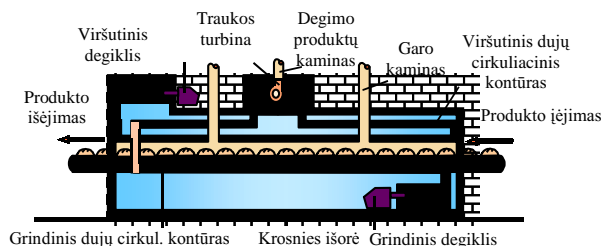
Gamtinėmis dujomis kūrenamos krosnys

Naudojant gamtines dujas kaip kurą, yra galimybė panaudoti naujos kartos tunelines krosnis. Jos būna dviejų rūšių (4 pav.):

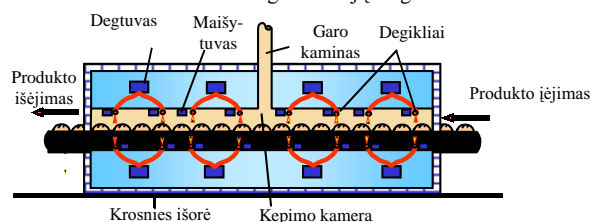
Termociklinės tunelinės krosnys

Šios rūšies krosnys yra gaminamos moduluose su keliais atskirais degikliais kiekvienam moduliui, temperatūros valdymu kiekvienoje zonoje ir nepriklausomu reguliavimu tiek viršutinėje, tiek apatinėje krosnies dalyse. Norint išvengti temperatūros svyravimų, naudojami moduliniai vienliepsniai arba dviliepsniai degikliai. Jei panaudoti monoblokiniai degikliai, kiekviena „krosnis“ turi atskirą degiklį. Dujos keliauja vamzdžių grupėmis, išdėstytomis po visą modulį. Tuo pačiu metu šie vamzdžiai šildo kepimo kameros radiatorius.

Termociklinė tunelinė krosnis su monoblokinais degikliais



Tunelinė krosnis su tiesioginiais dujų degikliais



4 pav. Naujo tipo gamtinėmis dujomis kūrenamos tunelinės krosnys

Tiesioginio šildymo tunelinės krosnys.

Tiesioginio šildymo sistemos (jeigu yra galimybė jas panaudoti) duoda didesnę produkcijos išėigą, kadangi gaminys gauna šilumą tiesiogiai be jokių nuostolių. Tačiau tam reikia nepriklausomai valdomų išilgai visos krosnies didesnio skaičiaus degiklių. Šiuo atveju svarbu, kad tokio tipo krosnyse nebūtų naudojamas naftinis kuras.

Kuro bei oro mišinio santykį ir vykstančius degimo procesus apibūdina fizikinės sąlygos. Nuo šių sąlygų priklauso kameroje nesudegusių degimo produktų kiekis. Naudojant dujinį kurą, labai sumažėja kuro tiekimo linijų priežiūra, kuro suvartojimas ir supaprastėja šilumos regeneracinių sistemų įrengimas.

Gamtinių dujų panaudojimas krosnyse sumažina valdymo išlaidas 5–10%, palyginti su skysto kuro krosnimis. Kai kuriais atvejais, pavyzdžiui, gaminant forminę duoną, tiesioginis dujų panaudojimas leidžia sutaupyti net iki 30% energijos, labai padidinant gamybą ir supaprastinant kitų, pažangesnių, technologijų panaudojimą.

Skysto kuro katilo pertvarkymas į gamtinių dujų katilą

Gamtinių dujų panaudojimas supaprastina šilumos regeneraciją nuo šalinamų dujų ir pašalina rūgštinės korozijos problemas.

Panagrinėkime atvejį, kai katilas gamina 5 tonas garo per valandą, esant 8 kg/cm² slėgiui ir 4000 darbo val./met. Katilas rekonstruojamas į naudojančią gamtines dujas.

Dujų šilumos nuostoliai prieš rekonstravimą buvo 211 cal./val.; po rekonstravimo ir įrengus ekonomizerį, šie nuostoliai sumažėja iki 92 cal./val., t. y. sutaupoma 149 cal./val. Esant kainai 2,75 Pta/cal sutaupoma 7839 ECU/met. Reikalingos investicijos – 14970 ECU. Taigi atsipirkimo laikas yra 2 metai.

Jei reikėtų pakeisti katilą, šiek tiek pagerinant jo konstrukciją, investicijos būtų 36500 ECU. Šiuo atveju atsipirkimo laikas būtų priimtinas ne visoms įmonėms.

Pertvarkymas į dujinį kurą duoda ir kitų privalumų: sumažėja perteklinio oro kiekis degimo kameroje; nereikia šildyti naftinio kuro; sumažėja aptarnavimo ir skysto kuro pumpavimo išlaidos.

Energijos perdavimo šilumokaičiuose gerinimas

Energijos perdavimo šilumokaičiuose pagerinimo būdai nurodyti 8 lentelėje.

8 lentelė. Energijos perdavimo šilumokaičiuose pagerinimas	
Nuostolių priežastys	Galimas pagerinimas
Nešvarūs šilumos mainų paviršiai (mažėja šilumos perdavimo koeficientas ir auga reikalingos energijos kiekis).	Rūpestingai valyti mechanizmus darbo metu ir juos išjungus.
Aukšta sienelės temperatūra.	Pagerinti izoliaciją.
Korozija dėl teršiančių fluidų kondensacijos ant šilumos mainų paviršiaus.	Rūpestingai kontroliuoti abiejų fluidų įėjimo ir išėjimo temperatūras.
Mažesnis už projekcinį šilumos srautas šilumokaityje.	Integruoti mechanizmą į kitus proceso elementus, pašalinant esamus apribojimus.
Didesnis negu reikia šildymas arba šaldymas.	Automatiškai reguliuoti šilumos nešėjo debitą ir temperatūrą.

5. IŠVADOS

1. Energijos sąnaudų (elektros, šilumos) priklausomybė nuo kepimo krosnies tipo parodė, kad energijos sąnaudos yra mažiausios kamerinėse krosnyse, po kurių seka nuolatinio veikimo tunelinės ir rotacinės krosnys.

2. Kepyklos energijos generavimo sistemose įdiegtus energijos taupymo priemones, panaudojant kepimo proceso šilumą, mažinant energijos nuostolius su šalinamomis dujomis bei organizuojant vidinį kepimo procesą, energijos suvartojimą kepykloje galima sumažinti iki 18%, o išskiriamo CO₂ kiekį – iki 12%.

3. Išnagrinėtos duonos gamybos efektyvios pagalbinės technologijos, pažymint energijos nuostolių šaltinius ir jų mažinimo galimybes, energijos perdavimo šilumokaičiuose pagerinimus bei energijos valdymo ir aptarnavimo patobulinimus.

4. Naudojant gamtinėmis dujomis kūrenamas kepimo krosnis galima sutaupyti iki 30% energijos, padidėja gamyba, supaprastėja kitų, pažangesnių, technologijų naudojimas, valdymo išlaidos sumažėja 5–10%.

Gauta
2001 10 10

Literatūra

1. Gaigalis V., Škėma R. Energijos suvartojimas Lietuvos pramonėje ir taupymo galimybės // Energetika. 2000. Nr. 4. P. 61–72.
2. Study on Energy Efficiency in the Bakery Sector in Spain // Thermie programme action. IDEA Madrid, 1998.
3. New Technologies in Bread making in the European Union // Thermie programme. Promotion of energy efficiency in the industrial bakery sector. IDEA. May 1998.

4. Energy Efficiency in the Industrial Bakery Sector // Thermie programme action. IDEA Madrid, 1998.
5. Maxi brochure: "Energy Efficiency in the Industrial Bakery Sector"// Promotion of energy efficiency in the industrial bakery sector. IDEA. April 1998.

Vygandas Gaigalis, Romualdas Škėma, Feliksas Zinevičius

ENERGY SAVING MEASURES IN BREAD BAKING INDUSTRY ENTERPRISES

S u m m a r y

Energy-saving measures in industrial bread baking of Western countries are presented. Main attention is directed to energy generating technologies, heat use in the baking process, reducing exhaust gas losses, organizational measures within the baking process. Efficient horizontal technologies in bread manufacture are described. Sources of energy losses, possibilities for their reduction, and improvements on energy management and maintenance are analyzed. Technological advantages of natural gas compared to other alternative fuel are summarized and new types of natural gas ovens are shown.

Key words: energetic, industrial bread-making, energy saving measures, efficient horizontal technologies, advantages of natural gas and new ovens

**Вигандас Гайгалис, Ромуальдас Шкема,
Феликсас Зинявичюс**

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЮ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р е з ю м е

В статье анализируются применяемые в хлебопекарной промышленности стран Запада мероприятия по энергосбережениям. Основное внимание уделяется энергогенерирующим технологиям, использованию теплоты процесса выпечки, снижению теплотерь с выбросными газами, а также организационным мероприятиям. Описаны энергоэффективные вспомогательные технологии хлебопроизводства, источники энергозатрат и возможности их снижения, усовершенствование энергоуправления и сферы обслуживания. Показаны преимущества использования в хлебопекарнях природного газа, а также новых печей.

Ключевые слова: энергетика, хлебопекарная промышленность, энергосберегающие мероприятия, энергоэффективные вспомогательные технологии, преимущества использования природного газа и новых печей