

Skalūnų alyvos, modifikuotos akmens anglių dulkėmis, panaudojimo įvertinimas

Edvardas Miliukas

*Termoizoliacijos institutas,
Linkmenų g. 28,
LT-2567 Vilnius*

Nijolė Vegytė

*Vilniaus Gedimino technikos
universitetas,
Saulėtekio al. 11,
LT-2054 Vilnius*

Nagrinėjama šiluminės energijos savikainos mažinimo rajoninėse katilinėse, naudojantiose šilumos gamybai brangią skysto kuro rūšį – iš Estijos Respublikos importuojamą skalūnų alyvą, problema. Problemą siūloma spręsti panaudojant skysto kuro ir akmens anglių dulkių mišinį. Pateikti tokių modifikuotų kuro mišinių eksploatacinių savybių (klampumo, takumo bei stabilumo) ir deginimo eksperimentinių tyrimų rezultatai. Padarytas analitinis modifikuotų kuro mišinių panaudojimo ekonominis ir ekologinis įvertinimas.

Raktažodžiai: šiluminė energija, skalūnų alyva, akmens anglis, mazutas, dūmų dujos, teršalai, šiluminės energijos savikaina

1. ĮVADAS

Pasaulio energijos šaltinių struktūra 1996 m. buvo: nafta – 39%, anglis – 25%, gamtinės dujos – 22%, atominė energija – 6%, hidro- ir kitos energijos rūšys – 8% [1]. Atskirų energijos išteklių poreikiai gana skirtingi. Naftos ir jos produktų suvartojimas pasaulyje nuolat didėja. Tuo tarpu akmens anglių suvartojimas pastaraisiais dešimtmečiais dėl sugriežtintų gamtosaugos reikalavimų šiek tiek mažėja [1], nors jų kaina, palyginti su naftos produktų kaina, yra kelis kartus mažesnė.

Šiluminės energijos gamyboje plačiai naudojamas naftos produktas – mazutas. Nuolat didėjant naftos ir jos produktų kainoms, šiluminės energijos kaina taip pat auga. Todėl įvairiose pasaulio šalyse atliekami energetikoje ir metalurgijoje skysto kuro ir smulkiai maltų anglių mišinių panaudojimo bandymai. Tokie bandymai buvo atliekami buvusioje Tarybų Sąjungoje [2, 3], Vokietijoje [4], Anglijoje ir kitur. Buvo nustatyta, kad anglies–vandens–mazuto emulsijų naudojimo energetikoje ir metalurgijoje perspektyva gera. Tokio modifikuoto kuro degimo fakelas pasižymi geresnėmis savybėmis, o tai sudaro galimybes gauti kuro ekonomiją [2].

Lietuvos kai kuriose mažo galingumo šiluminėse jėgainėse dėl objektyvių priežasčių (sandėliavimas, pašildymas ir kt.) yra naudojamas kuras – skalūnų alyva. Šis kuras apie 2 kartus brangesnis už mazutą. Sprendžiant šiluminės energijos savikainos mažinimo problemą, ieškota būdų dalį skalūnų alyvos pakeisti pigesniu kuru – akmens anglimis. Šiame darbe analizuojama tokio modifikuoto kuro (MK) – skalūnų

alyvos ir akmens anglių mišinio panaudojimo katiluose galimybės, kartu atliekant šio kuro ekonominį ir ekologinį įvertinimą.

2. MODIFIKUOTO KURO SAVYBIŲ TYRIMAS

Modifikuoto kuro mišiniam (emulsijoms-suspensijoms) gauti buvo naudojama Estijos skalūnų alyva ir Kuzbaso akmens anglis. Mazutas buvo pridedamas siekiant pagerinti modifikuoto kuro stabilumą ir tepamąsias savybes. Tirtos kuro rūšių charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.

Kuro mišinių pavyzdžiai buvo ruošiami instituto „Termoizoliacija“ eksperimentinėje bazėje, panaudojant greitaeigę maišyklę ($n = 28000$ aps./min.).

1 lentelė. Modifikuoto kuro mišinių sudėtinių dalių charakteristika

Kuro charakteristika	Kuro rūšis		
	skalūnų alyva	akmens anglis	mazutas
Markė	–	SSOM	M-100
Kaloringumas Q_d^d (kcal/kg)	9874	6800–6900	9300
Peleningumas %	0,01	12,5...14,0	0,15
Drėgmė %	0,1	8,5...9,0	2,5
Sieros kiekis %	0,7	0,3	2,3
Lakiosios medžiagos %	–	22	–
Frakcija mm	–	13...50	–
Kaina Lt/t	890	195	410

Iš pradžių gabalinės anglys buvo sutrupintos žiauriniu trupintuvu į <10 mm dydžio frakcijas. Smulkiai sumalta dezintegratoriumi DESI-15. Sumaltų anglių granulometriją tokia:

- 100% <1500 μm;
- 92% <80 μm;
- 15% <40 μm.

Var. Nr.	Skalūnų alyva %	Akmens anglys %	Mazutas M100 %	H ₂ O %	O _{ž MK} ^d kcal/kg	O _{ž MK} ^d / O _{ž SK} ^d
1	60	40	–	–	8640	1,23
2	50	50	–	–	8340	1,19
3	40	50	10	10	8270	1,18
4	30	50	20	10	8200	1,17

O_{ž SK}^d = 7000 kcal/kg (sąlyginio kuro šiluminė vertė).

Var. Nr.	Modifikuoto kuro komponentės svoris %			Temperatūra °C	$\frac{\tau_{MK}^f}{\tau_M^{80}}$ *	Nusėdimo laikas h
1	60	40	–	+20	0,8	4,5
2	50	50	–	+20	1,1	5,2
3	40	50	10	+80	1,2	16
4	30	50	20	+80	1,5	22

*τ – skysčio ištekėjimo laikas s.

Pagal bandymų rezultatus tolimesniems bandymams buvo atrinkti keturi modifikuoto kuro (MK) variantai (2 lentelė).

Modifikuoto kuro klampumui nustatyti tradicinio metodo (dėl akmens anglių dalelių) nebuvo galima pritaikyti. Todėl kuro mišinių klampumui įvertinti buvo pasirinktas lyginamasis metodas, t. y. lyginant tam tikro kiekio modifikuoto kuro ištekėjimo per 5 mm skersmens angą laiką su to paties kiekio mazuto M100, pašildyto iki +80°C, ištekėjimo laiku. Skalūnų alyvos ir anglių dulkių mišiniai (1 ir 2 variantai) buvo bandomi be pašildymo, t. y. +18°C temperatūroje. Kuro mišiniai su mazuto priedu (3 ir 4 variantai) buvo bandomi pašildant iki +80°C (3 lentelė).

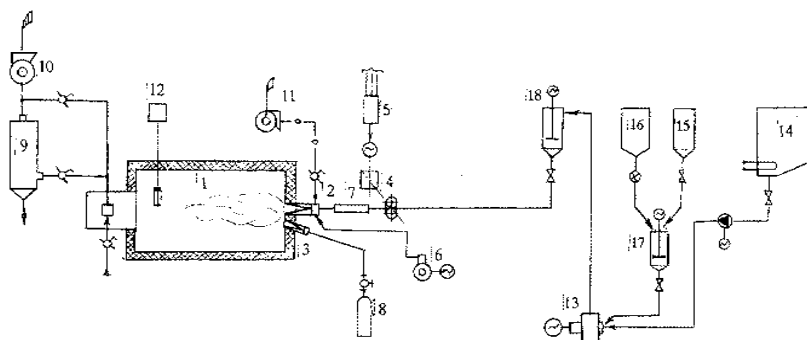
Modifikuoto kuro mišinių stabilumui įvertinti buvo matuojamas anglių dalelių nusėdimo laikas. Šis laikas buvo nustatomas matuojant anglių dalelių koncentracijos kitimą mišinyje pagal indo aukštį. Matavimai buvo atliekami esant mišinio temperatūrai, artimai kambario temperatūrai. Matavimų rezultatai (3 lentelė) rodo, kad paruošti modifikuoto kuro mišiniai nėra stabilūs. Anglių dalelės laikui bėgant nusėda ant indo dugno. Stabilesni modifikuoto kuro mišiniai su mazuto priedu. Taigi modifikuoto kuro mišiniai su akmens anglių dulkėmis negali būti ilgai sandėliuojami – juos būtina sunaudoti po paruošimo.

3. MODIFIKUOTO KURO EKSPERIMENTINIS DEGINIMAS

Paruoštų modifikuoto kuro mišinių eksperimentinis deginimas buvo atliktas instituto eksperimentinėje pakuroje (pav.).

Įrenginio našumas – 25 kg/h. Eksperimentinį įrenginį sudaro 0,8 m³ tūrio degimo kamera (1) su aukšto slėgio oriniu degikliu (2), dozuojanti kuro tiekimo sistema (4, 5), modifikuoto kuro paruošimo mazgas (13, 14, 15, 16) ir dūmų pašalinimo sistema (9, 10) su rankoviniu valymo filtru.

Kurui išpurkšti buvo panaudotas aukšto slėgio orinis purkštuvus (2). Oras (6 kg/cm² slėgio) išpurški-



Pav. Modifikuoto kuro paruošimo ir deginimo eksperimentinio įrenginio principinė schema. 1 – degimo kamera, 2 – degiklis, 3 – budintis dujinis degiklis; 4 – dozuojančio siurblio blokas, 5 – dažnio keitiklis, 6 – oro kompresorius; 7 – elektrinis šildytuvas, 8 – suskystintų dujų balionas, 9 – filtras; 10 – dūmsiurbis, 11 – orpūtė, 12 – dūmų dujų analizatorius, 13 – emulgatorius, 14 – mazuto talpa, 15 – skalūnų alyvos talpa, 16 – maltų anglių talpa, 17 – el. maišyklė, 18 – modifikuoto kuro talpa

mui buvo tiekiamas iš stūmoklinio kompresoriaus (6). Modifikuoto kuro mišiniai buvo deginami nepašildyti (1 ir 2 variantai), pašildžius iki +80°C (3 ir 4 variantai). Kuro išpurškimo kokybė ir degimas buvo patenkinamas, tačiau palaispniui pastebėtas progresuojantis kuro tiekimo sutrikimas dėl anglių dalelių kaupimosi purkštuvu kanaluose. Ilgalaikio stabilus degimo nepasiekta. Tai rodo, kad šio tipo modifikuoto kuro mišiniams deginti negali būti panaudoti purkštuvai su sudėtingais kanalais, reguliuojant našumą droseliavimo principu. Galima daryti išvadą, kad vokiečių firmos „Weishaupt“ L8Z/2 ir suomių firmos „Oilon“ KP-201H katilų degikliai negali būti panaudoti. Mūsų nuomone, tam reikalui geriausiai tiktų rotaciniai degikliai su specialia kuro tiekimo schema.

Nustatyta, kad modifikuoto kuro ir anglių dulkių mišinių degimo fakelas yra 35–40% ilgesnis nei gryno mazuto M100 degimo fakelas. Tai susiję su lėtesniu anglių dalelių, palyginus su gryno mazuto lašelių, degimu.

4. MODIFIKUOTO KURO NAUDOJIMO EKOLOGINIS ĮVERTINIMAS

Modifikuoto kuro naudojimo ekologinis įvertinimas buvo atliekamas pagal literatūroje [2, 5, 7] pateiktas formules. Apskaičiuota dūmų dujų kiekis sudeginus kilogramą modifikuoto kuro, SO₂ ir pelenų kiekiai dūmų dujose (4 lentelė).

Skaičiavimų rezultatai rodo, kad modifikuoto kuro panaudojimas susijęs su teršalų dūmų dujose kiekio padidėjimu. Pelenų kiekis ypač padidėja dėl akmens anglių panaudojimo, nes jų peleningumas 12–14%. SO₂ koncentracija dūmų dujose labiau didėja naudojant modifikuotą kurą su mazuto M100 priedu, kurio sieringumas 2,3%. Tačiau visais atvejais SO₂ koncentracija nėra didesnė už leistinas normas [6]. Pelenų koncentracija dūmų dujose visais atvejais didesnė už leistinas normas, todėl dūmus būtina valyti filtrais (išvaloma ne mažiau kaip 98%). Analizuojant apskaičiuotą išskiriamą į atmosferą teršalų

kiekį ir lyginant jį su leistinomis normomis, nurodytomis normatyviniame dokumente LAND-12-98, reikia atsižvelgti į to dokumento 4.3 nuostatą, kurioje nurodoma, kad tuo pačiu metu deginant daugiau negu vienos rūšies kurą kiekvieno teršalo didžiausia leidžiama koncentracija išskiriamose dujose kontroliuojama pagal tą kuro rūšį, kuriai nustatyta didesnė koncentracija.

5. MODIFIKUOTO KURO PANAUDOJIMO ŠILUMINĖS ENERGIJOS GAMYBOJE EKONOMINIS ĮVERTINIMAS

Modifikuoto kuro panaudojimo ekonominis efektyvumas įvertintas skaičiuojant šilumos, pagamintos naudojant skalūnų alyvą (SA) ir modifikuotą kurą (MK), savikainų skirtumą. Skaičiavimai atlikti 4 MW katilinės atveju. Išlaidos, susijusios su MK paruošimu ir panaudojimu, įtrauktos į jo kainą. Modifikuoto kuro kaina apskaičiuota pagal formulę:

$$K_{MK} = 0,01 (a \cdot K_{SA} + b \cdot K_A + c \cdot K_M) + I_{AM} + I_K + I_D + I_T + I_{MP} \text{ (Lt/t);}$$

čia *a*, *b*, *c* – kuro komponentų (skalūnų alyvos, akmens anglių ir mazuto) dalys % (1 lentelė); *K_{SA}* (890 Lt/t) – skalūnų alyvos, *K_A* (195 Lt/t) – akmens anglių, *K_M* (410 Lt/t) – mazuto M100 kainos; *I_{AM}* – išlaidos anglims smulkinti Lt/t; *I_K* – amortizacinių atskaitymų (11%) išlaidos Lt/t_(MK); *I_D* – išlaidos papildomam darbo užmokesčiui Lt/t_(MK); *I_T* – išlaidos už papildomą teršalų išskyrimą Lt/t_(MK); *I_{T(MK)}* = *I_{T(SO₂)}* + *I_{T(P)}* – išlaidos už SO₂ ir papildomą pelenų išskyrimą Lt/t_(MK); *I_{MP}* – išlaidos mazutui šildyti Lt/t_(MK).

MK variantų kainų skaičiavimo rezultatai pateikti 5 lentelėje.

Šiluminės energijos savikaina apskaičiuota tarus, kad pridėtinės išlaidos (šilumos tiekėjų asociacijos duomenimis) sudaro 61%:

$$S = (1 + \frac{61}{100}) \frac{K_{MK}}{Q_{Z(MK)}^d} \cdot 10^3 \text{ (Lt/Gcal);}$$

4 lentelė. SO₂ ir pelenų kiekiai dūmų dujose sudeginus 1 kg modifikuoto kuro

MK varianto Nr.	1	2	3	4
Dūmų dujų kiekis	12,9	12,4	12,2	12,0
<i>V_{d(MK)}</i> nm ³ /kg				
SO ₂ kiekis dūmų dujose	837	806	1082	1367
<i>g_{SO2}</i> mg/nm ³				
Pelenų kiekis dūmų dujose	4036	5246	5343	5444
<i>g_A</i> mg/nm ³				
Pelenų kiekis dūmų dujose po filtravimo	81	105	107	109
<i>g'_A</i> mg/nm ³ (išvalius 98%)				

5 lentelė. Modifikuoto kuro variantų kainos

MK variantas	1	2	3	4
<i>I_{AM}</i> Lt/t _(MK)	3,08	3,85	3,85	3,85
<i>I_K</i> Lt/t _(MK)	102,04	98,70	97,99	97,06
<i>I_D</i> Lt/t _(MK)	50,01	48,38	47,67	47,21
<i>I_{T(SO2)}</i> Lt/t _(MK)	-0,20	-0,30	0,58	1,46
<i>I_{T(P)}</i> Lt/t _(MK)	9,60	11,93	11,98	12,03
<i>I_T</i> Lt/t _(MK)	9,40	11,63	12,56	13,49
<i>I_{MP}</i> Lt/t _(MK)	0	0	1,02	20,4
<i>K_{MK}</i> Lt/t _(MK)	776,53	705,06	657,59	610,15

čia $K_{(MK)}$ (Lt/t) – MK kaina (5 lentelė), $Q_{Z(MK)}^d$ (kcal/kg) – MK kaloringumas (1 lentelė).

Šiluminės energijos savikainos mažinimas, naudojant modifikuotą kurą vietoj skalūnų alyvos, apskaičiuotas pagal formulę:

$$E_{Gcal} = S_{SA} - S_{MK} \text{ (Lt/Gcal);}$$

čia S_{SA} – šiluminės energijos savikaina, naudojant skalūnų alyvą, Lt/t_{SA}; S_{MK} – šiluminės energijos savikaina, naudojant modifikuotą kurą, Lt/t_{MK}.

Šiluminės energijos savikainos metinė ekonomija, pakeitus skalūnų alyvą modifikuotu kuru, apskaičiuota pagal formulę:

$$E_A = 0,86 \cdot \Sigma Q_A \cdot E_{Gcal} \text{ (Lt/aps.);}$$

čia ΣQ – metinė šiluminės energijos gamyba 6700 MWh.

Papildomų kapitalinių įdėjimų dėl akmens anglių paruošimo, mazuto šildymo atsipirkimo laikas apskaičiuotas pagal formulę:

$$T = \frac{\Sigma I_k}{E_A} \text{ (metų);}$$

čia ΣI_k – papildomi kapitaliniai įdėjimai 630000 Lt.

Šiluminės energijos savikainos, naudojant modifikuotą kurą, ekonomijos, metinės ekonomijos, kapitalinių įdėjimų atsipirkimo laiko skaičiavimo rezultatai pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Modifikuoto kuro šiluminės energijos savikaina, metinė ekonomija, kapitalinių įdėjimų atsipirkimo laikas				
MK variantas	1	2	3	4
S_{MK} Lt/Gcal	144,7	136,11	128,02	119,80
E_{Gcal} Lt/Gcal	0,42	9,01	17,1	25,32
E_A Lt/A	2420	51916	98530	145894
T(met.)	260	12,1	6,4	4,3

Skaičiavimo rezultatai parodė, kad mažo galingumo šiluminėse jėgainėse, kuriose naudojamas kuras – skalūnų alyva, ekonomiškai apsimoka jį modifikuoti akmens anglių dulkėmis (anglių kiekis $\geq 50\%$).

6. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Visi tyrinėti modifikuoto kuro mišiniai yra nepakankamai stabilūs, todėl negali būti ilgai sandėliuojami.

2. Modifikuotas kuras su mazuto priedu (3 ir 4 variantai) pasižymi geresnėmis eksploatacinėmis sa-

vybėmis (didesniu stabilumu, geresnėmis tepimo sa-

vybėmis).
3. Atsižvelgiant į modifikuoto kuro savybes, jam deginti gali būti naudojami rotacinio tipo degikliai su kuro tiekimu, naudojant krumpļiaratinį siurbį su reguliuojama lėtaeige elektros pavara.

4. Modifikuotas kuras, vertinant ekologiniu požiūriu, peleningesnis (iki 7%) nei skalūnų alyva, todėl naudojant šį kurą šiluminės energijos gamyboje būtini dūmų valymo įrengimai.

5. Modifikuoto kuro panaudojimas šiluminės energijos gamyboje, pagal ekonominio efektyvumo skaičiavimus, duoda galimybę sumažinti šilumos savikainą iki 18%, palyginus su šilumos, pagamintos naudojant vien skalūnų alyvą, savikaina.

Gauta
2002 02 15

Literatūra

- Kugelevičius I., Kuprys A. Naftos rinkos tyrimai // Energetika. 2000. Nr. 2. P. 49.
- Леваневский В. С., Сметанников Б. Н., Иванов В. М., Делягин Г. И. Предварительные результаты сжигания углеводомазутных смесей на опытно-промышленной установке // Горение дисперсных топливных систем. Москва: Наука, 1996.
- Корнев В. К., Борисов Ю. С. Исследование свойств углемазутных смесей (Чермет информация). Техническая информация. 1967. Сер. 4. Инф. № 2.
- Meier zu Kocker H., Hüning R. Brenstoff-Chemie. 1966. T. 47, Nr. 14.
- Равич М. Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов. Москва: Наука, 1966.
- Teršalų didžiausios leidžiamos koncentracijos stacionarių degimo šaltinių išmetamosiose dujose. LAND-12-98. Vilnius, 1998.
- Lietuvos Respublikos mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas. Vilnius, 1999 05 13. Nr. VIII-1183.

Edvardas Miliukas, Nijolė Vegytė

ESTIMATION OF SHALE OIL FUEL MODIFIED BY COAL DUST FOR SMALL BOILERS

S u m m a r y

The problem of reduction of the cost of heat energy for small boiler-houses that use such an expensive liquid fuel as shale oil imported from Estonia is of great importance. The results of experimental and analytical studies of application of light fuel-shale oil modified by coal dust are presented. It was established that application of mixtures of shale oil with a significant cheaper coal dust up to 50% for heat energy production enables to reduce the cost of heat energy by 18% in spite of great investments for coal milling and flue gases cleaning.

Key words: heat energy, shale oil, coal dust masout, flue gases, pollution, cutting of production costs

Эдвардас Милюкас, Ниёле Вегите

**ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ СЛАНЦЕВОГО
МАСЛА, МОДИФИЦИРОВАННОГО
УГОЛЬНОЙ ПЫЛЬЮ, В КОТЛАХ МАЛОЙ
МОЩНОСТИ**

Резюме

Анализируется проблема понижения себестоимости тепловой энергии в котлах малой мощности, для

которых используется дорогое топливо – сланцевое масло, импортируемое из Эстонии. Предлагается эту проблему решать, модифицируя сланцевое масло угольной пылью. Проанализировано применение нескольких возможных вариантов смесей модифицированного топлива, дается экологическая и экономическая оценка их применения.

Ключевые слова: теплоэнергия, сланцевое масло, мазут, угольная пыль, дымовой газ, вредные выбросы, себестоимость теплоэнергии