



**BIOENERGETIKA.BIOMASSA ENERGIYASI//БИОЭНЕРГЕТИКА.
ЭНЕРГИЯ БИОМАССЫ//BIOENERGY. BIOMASS ENERGY.
PARABOLIK QUYOSH KONSENTRATORLI GELIPIROLIZ
QURILMASINING TEXNIK-IQTISODIY PARAMETRLARINI ASOSLASH**

Uzoqov G'.N., Almardanov H.A.

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi, O'zbekiston

Annotatsiya. Maqolada quyosh konsentratorli geliopiroлиз qurilmasining energetik va texnik-iqtisodiy samaradorligi hisoblangan va tahlil qilingan. Quyosh konsentratorli geliopiroлиз qurilmasi uchun ketadigan sarf-harajatlar (kapital, ekspluatatsiya va keltirilgan xarajatlar) va ularni hisoblash metodikasi keltirilgan. Namunaviy uylar va energiya ta'minotidan uzoqda joylashgan iste'molchilarning (dehqon va fermer xo'jaliklari) maishiy ehtiyojlari uchun ishlab chiqilgan geliopiroлиз qurilmasining yillik iqtisodiy samaradorligi aniqlangan. Maqolada ishlab chiqilgan parabolik quyosh konsentratorli kichik quvvatli geliopiroлиз qurilmasi asosida Qashqadaryo viloyati iqlim sharoitlarida yillik 900÷1000 kg biomassa yoki organik chiqindilarni geliotermik qayta ishlash orqali yiliga o'rtacha 300÷350 m³ gazsimon yoqilg'i, 350÷400 kg suyuq piroliz yoqilg'isi hamda 200÷300 kg qattiq muqobil yoqilg'ilar olish imkoniyati yaratilgan. O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida piroliz jarayonida quyosh konsentratorlaridan foydalanish orqali qurilmaning energiya samaradorligi 10÷12 % ga oshirilgan.

Tayanch so'zlar: geliopiroлиз qurilmasi, parabolik konsentrator, piroliz reaktori, biomassa energiyasi, issiqlik miqdori, quyosh radiatsiyasi, muqobil yoqilg'ilar.

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ГЕЛИОПИРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ С ПАРАБОЛИЧЕСКИМ
СОЛНЕЧНЫМ КОНЦЕНТРАТОРОМ**

Узаков Г.Н., Алмарданов Х.А.

Каршинский инженерно - экономический институт, Карши, Узбекистан

Аннотация. В работе представлена и проанализирована энергетическая и технико-экономическая эффективность geliopiroлизного устройства с солнечным параболическим концентратором. Представлены затраты (капитальные, эксплуатационные и себестоимость) на устройство geliopiroлиза с солнечным концентратором и методика их расчета. Определена годовая экономическая эффективность установки geliopiroлиза, разработанной для хозяйственных нужд типовых домов и потребителей, находящихся вдали от энергоснабжения (деханских и фермерских хозяйств). В статье отмечается, что помощью geliopiroлизной установки с параболическим солнечным концентратором можно получать в среднем 300-350 м³ газообразного, 350-400 кг жидкого и 200-300 кг твердого альтернативного топлива из 900-1000 кг биомассы или органических отходов в климатических условиях Кашкадарьинской области. В результате проведенных исследований энергоэффективность устройства увеличена на 10÷12% за счет использования солнечных концентраторов в процессе пиrolиза.

Ключевые слова: устройство geliopiroлиза, параболический концентратор, реактор пиrolиза, энергия биомассы, количество тепла, солнечная радиация, альтернативные виды топлива.





BASED ON THE TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS OF THE HELIOPYROLYSIS DEVICES WITH A PARABOLIC SOLAR CONCENTRATOR

Uzakov G.N., Almardanov X.A.

Karshi Engineering Economics Institute, Karshi, Uzbekistan

Abstract. The energy and technical-economic efficiency of the solar concentrator heliopyrolysis device is calculated and analyzed in the article. Costs (capital, operating and cost) for a solar concentrator heliopyrolysis device and their calculation methodology are presented. The annual economic efficiency of the heliopyrolysis device developed for the household needs of model houses and consumers located far from the energy supply (farmers and farms) has been determined. On the basis of the small-power heliopyrolysis device with a parabolic solar concentrator developed in the article, an average of 300÷350 m³ of gaseous fuel, 350÷400 kg of liquid and 200÷300 kg of solid alternative fuels have been created pyrolysis fuel per year is obtained through heliothermic processing of 900÷1000 kg of biomass or organic waste per year in the climatic conditions of Kashkadarya region. As a result of the conducted research, the energy efficiency of the device was increased by 10÷12% by using solar concentrators in the pyrolysis process.

Key words: heliopyrolysis device, parabolic concentrator, pyrolysis reactor, biomass energy, amount of heat, solar radiation, alternative fuels.

KIRISH

Hozirgi vaqtda tabiiy yoqilg‘i resurslaridan oqilona foydalanish va energiya tejamkorlikni ta‘minlash muhim vazifalardan hisoblanadi. Energiya resurslarini tejashda qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan samarali foydalanish muhim ahamiyatga ega. Qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan quyosh va biomassa energiyasining energetik potentsiali katta bo‘lib, ulardan amalda foydalanish energetik, ekologik va iqtisodiy jihatdan yuqori samara beradi [1].

Iste‘molchilarning har qaysi toifasi uchun gazning yillik sarfini inshootlarning gaz iste‘molchilarning rivojlanish istiqbollari e‘tiborga olgan holda hisob davrining oxiriga mo‘ljallab aniqlash kerak. Hisob davrining muddati ob‘ektlarning gaz iste‘molchilarning rivojlanish istiqbol rejaları asosida belgilanadi.

Tadqiqotning maqsadi parabolik quyosh konsentratorli geliopiroliz qurilmasining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini baholash va energiya samaradorligini asoslashdan iborat.

USLUB VA MATERIALLAR

Biomassadan muqobil yoqilg‘ilar olish uchun energetik va ekologik samarador parabolik quyosh konsentratorli geliopiroliz qurilmasi ishlab chiqildi [1-9]. Tadqiqot ishida yaratilgan va tadqiqot qilingan quyosh konsentratorli geliopiroliz qurilmasining energetik va texnik-iqtisodiy samaradorligi quyidagicha hisoblandi va tahlil qilindi.

Piroliz qurilmasini joriy etishda yillik iqtisodiy samara quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$E_{yil} = E_{en} + E_{ek} + E_{pir} \quad (1)$$

bu yerda E_{en} – yillik energiya samaradorlik, so‘m; E_{ek} – yillik ekologik samaradorlik, so‘m; E_{pir} – ananaviy piroliz qurilmalarida xususiy ehtiyoji uchun sarflanadigan energiya tejalishidan olinadigan foyda, so‘m.

Qurilmaning energiya samaradorligi piroliz jarayonida olingan muqobil (gazsimon, suyuq, qattiq) yoqilg‘ilar orqali aniqlanadi:

$$E_{en} = G_g \cdot C_{tg} + G_s \cdot C_{ps} + G_q \cdot C_{ak} \quad (2)$$

bu yerda, G_{gaz} – ishlab chiqarilgan gazsimon yoqilg‘ining yillik hajmi, m³/yil G_s, G_q – ishlab chiqarilgan suyuq va qattiq yoqilg‘ining yillik hajmlari, kg/yil; C_{tg} – tabiiy gaz uchun narx tarifi (ishlab chiqarish obektlari), $C_{tg} = 1500$ so‘m/m³ (2023 yil oktabr oyi narxida) [10]; C_{ps} – piroliz



suyuqligi uchun narx tarifi, $C_{ps} = 2500$ so‘m/kg (2023 yil avgust oyi narxida) [11]; C_{ak} – aktiv ko‘mir uchun narx tarifi, $C_{ak} = 25000$ so‘m/kg [12].

Odatda biomassa pirolizi jarayonida qurilmalarining xususiy ehtiyoji uchun dastlab issiqlik yoki elektr energiyasi sarflanadi. Parabolik quyosh konsentratorli geliopiroliz qurilmasida esa piroliz jarayoni quyosh energiyasi yordamida amalga oshiriladi. Natijada, qurilmaning xususiy ehtiyoji uchun sarflanadigan energiya esa foydaga qoladi. Qurilmaga quyosh konsentratorlarini qo‘llash orqali olinadigan yillik foydali energiya quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$E_{pir} = \frac{Q_{sarf.yil}^x}{Q_{tg}^i} \cdot C_{tg} \quad (3)$$

bu yerda, $Q_{sarf.yil}^x$ – qurilmaga xususiy ehtiyoji uchun sarflangan yillik energiya, MJ/yil $Q_{sarf.yil}^x = 2351$ MJ/yil; Q_{tg}^i – tabiiy gazning quyi yonish issiqligi, $Q_{tg}^i = 36,1$ MJ/kg [13].

Piroliz gazining quyi yonish issiqligi Q_q^{yo} , kJ/m³, qiymati uning tarkibini hisobga olgan holda quyidagi Mendeleyev formulasi yordamida aniqlanadi [14]:

$$Q_q^{yo} = 127CO + 108H_2 + 358CH_4 + 591C_2H_6 + 911C_3H_8 + 234H_2S \quad (4)$$

bu yerda, 127, 108, 358, 591, 911, 234 - mos ravishda korbonat angidrid, vodorod, metan, etan, propan, vodorod sulfidining 1% quruq qismining quyi yonish issiqliklari qiymati.

Piroliz jarayonida daraxt opilkasidan ajralib chiqqan gazsimon yoqilg‘ining tarkibi Gazoanalizator KM9206 Quintox (O₂-CO-NO-CO₂) yordamida aniqlandi (1-jadval).

1-jadval

Piroliz gazi tarkibi

Komponentlar	Hajmiy tarkibi, %
Karbonat angidrid (CO)	27,6
Vodorod (H ₂)	4,2
Metan (CH ₄)	50-60
Etan (C ₂ H ₆)	4,85
Propan (C ₃ H ₈)	1,15
Vodorod sulfid (H ₂ S)	2,2

Piroliz suyuqligining quyi yonish issiqligi qiymati uning tarkibini hisobga olgan holda quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi [14]:

$$Q_q^i = 338C + 1025H - 108(O - S) - 25W^i, \quad \text{kJ/kg} \quad (5)$$

bu yerda, 338; 1025; 108 - mos ravishda uglerod, vodorod va kislorodning 1% quruq qismining quyi kaloriyali qiymati.

Piroliz jarayonida daraxt opilkasidan ajralib chiqqan suyuq yoqilg‘ining tarkibi MINIDIS ADXPERT asbobi yordamida aniqlandi va natijalar 2-jadvalda keltirildi.

2-jadval

Piroliz suyuqligi tarkibi (biomassa)

Komponentlar	Hajmiy tarkibi, %
Uglerod (C)	66
Vodorod (H)	7,59
Azot (N)	0,06
Kislorod (O)	26,26
Oltinugurt (S)	-

Ekologik samaradorlik havo ifloslanishini ya‘ni CO₂ gazlarini kamaytirish orqali erishiladi. Xar hil yoqilg‘ilar uchun CO₂ emissiyasini hisoblash quyidagi formula yordamida aniqlanadi [15]:

$$E_{ek} = M \cdot K_1 \cdot Q_q^i \cdot K_2 \cdot 44/12 \quad (6)$$

bu yerda, E_{ek} – yillik CO₂ chiqindilari chiqish miqdori (tonna/yil); M – yoqilg‘ining yillik sarfi, tonna/yil; K_1 – yoqilg‘i tarkibidagi uglerod oksidlanish koeffitsiyenti (yoqilgan uglerod ulushini ko‘rsatadi) (4.7-jadval); Q_q^i – yoqilg‘ining quyi yonish issiqligi, MJ/kg (4.7-jadval); K_2 – uglerod





midori, kg/mJ; 44/12 - uglerodni karbonat angidridga aylantirish usuli (molekulyar og'irliklar, mos ravishda: uglerod - 12 g/mol, O₂=2x16=32 g/mol, CO₂ = 44 g/mol).

Yoqilg'ilarning quyi yonish issiqligi, uglerod oksidlanish koeffitsiyenti va uglerod miqdorlari 3-jadvalda keltirildi.

3-jadval

Yoqilg'i turi	Yoqilg'ilarning quyi yonish issiqligi Q_q^l , MJ/kg	Yoqilg'i tarkibidagi uglerod oksidlanish koeffitsiyenti K_1	Uglerod miqdori K_2 , kg/mJ
Benzin	44,21	0,995	19,13
Koks	24,01	0,99	24,89
Tabiiy gaz	34,78	0,995	15,04

Biomassani va organik chiqindilarni qayta ishlashda geliopiroliz qurilmasini qurish uchun kapital xarajatlar K_{kap} quyidagicha tuzib olinadi:

$$K_{kap} = K_{qur.} + K_{boshq.} \quad (7)$$

$K_{qur.}$ – geliopiroliz qurilmasini qurish uchun sarflanadigan kapital xarajatlar, so'm;
 $K_{boshq.}$ – boshqa xarajatlar, so'm.

Geliopiroliz qurilmasini ishlatish uchun yillik ekspluatatsion xarajatlar quyidagilar bilan belgilanadi:

$$X_{eks} = X_r + X_{el.en} + X_{ish.x.} + X_{xom.ash} + X_{suv} \quad (8)$$

X_r – qurilmaning remont xarajatlari (0,08 dan K_{kap} gacha), so'm; $X_{el.en}$ – istemol qilingan elektr energiya xarajatlari, so'm; $X_{ish.x.}$ – ishchi xodim uchun oylik ish xaqi to'lovi, so'm; $X_{xom.ash}$ – xom ashyo narxi, so'm; X_{suv} – ishlatiladigan suv sarfi uchun to'lov, so'm.

Bizga ma'lumki, piroliz qurilmalarining muqobil taqqoslanadigan variantlari bir-biridan kapital va ekspluatatsiya xarajatlari bilan farq qiladi. Bunday hollarda keltirilgan xarajatlar miqdori minimal bo'lgan variantlarni tanlash maqsadga muvofiqdir. Keltirilgan xarajatlar quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi [16,17]:

$$P_{kel} = X_{eks} + E_{kap} \cdot K_{kap} \quad (9)$$

bu yerda, X_{eks} – ekspluatatsiya (ishlatish) xarajatlari, so'm; $E_{kap} = 0,15$ kapital (qurish) xarajatlarning normativ koeffitsiyenti; K_{kap} – keltirilgan kapital (qurish) xarajatlari, so'm.

Aholi yashash turar-joy binolarini maishiy ehtiyojlari uchun ishlab chiqilgan geliopiroliz qurilmasining iqtisodiy samaradorligi yillik foydalanish xarajatlarini hisobga olgan holda aniqlanadi:

$$Y_{sam} = E_{yil} - X_{eks} \quad (10)$$

Qurilmani o'z-o'zini qoplash muddati quyidagicha aniqlanadi:

$$Z_{qop} = \frac{P_{kel}}{Y_{sam}} \quad (11)$$

NATIJALAR VA MUNOZARA

Quyosh konsentratorli geliopiroliz qurilmasini qurish uchun ketadigan sarf-xarajatlar 4-jadvalda keltirildi.

4-jadval

Quyosh konsentratorli geliopiroliz qurilmasi uchun ketadigan sarf-xarajatlar (kapital xarajatlar)

Material nomi	Miqdori	Birlik tovar narxi (so'm)	Jami (so'm)
Reaktor (0,003 m ³)	1 dona	90 000	90 000
Metall korpus	1 dona	200 000	200 000
Ko'zgu shishi oyna	2,5 m ²	120 000	300 000
Germetik DAYSON GERMETIK	4 dona	30 000	120 000
Kondensator	1 dona	154 000	154 000



Gazgolder	1 dona	80 000	80 000
Suyuq yoqilg'i uchun idish (1 l)	2 dona	15 000	30 000
Gaz sarfini hisoblash qurilmasi	1 dona	180 000	180 000
Metall karkas	2 metr	10 000	20 000
Metall quvur 25 mm	1 metr	25 000	25 000
Elektrod	1 kg	15 000	15 000
Sement	150 kg	900	135 000
Qum	300 kg	100	30 000
Shag'al	200 kg	200	40 000
Harorat o'lchov asbobi (Bimetalik termometr Pakkens ø100mm.)	1	120 000	120 000
Elektr nasos	1	200 000	200 000
Montaj ishlari uchun materiallar (shrup, bolt, izolenta va h.k.)	1	100 000	50 000
Boshqa harajatlar	-	300 000	200 000
Jami	-	-	2 009 000

Namunaviy uylar va energiya ta'minotidan uzoqda joylashgan fermer xo'jaliklarining maishiy ehtiyojlari uchun ishlab chiqilgan geliopirofiz qurilmasining yillik iqtisodiy samaradorligi 5-jadvalda keltirildi.

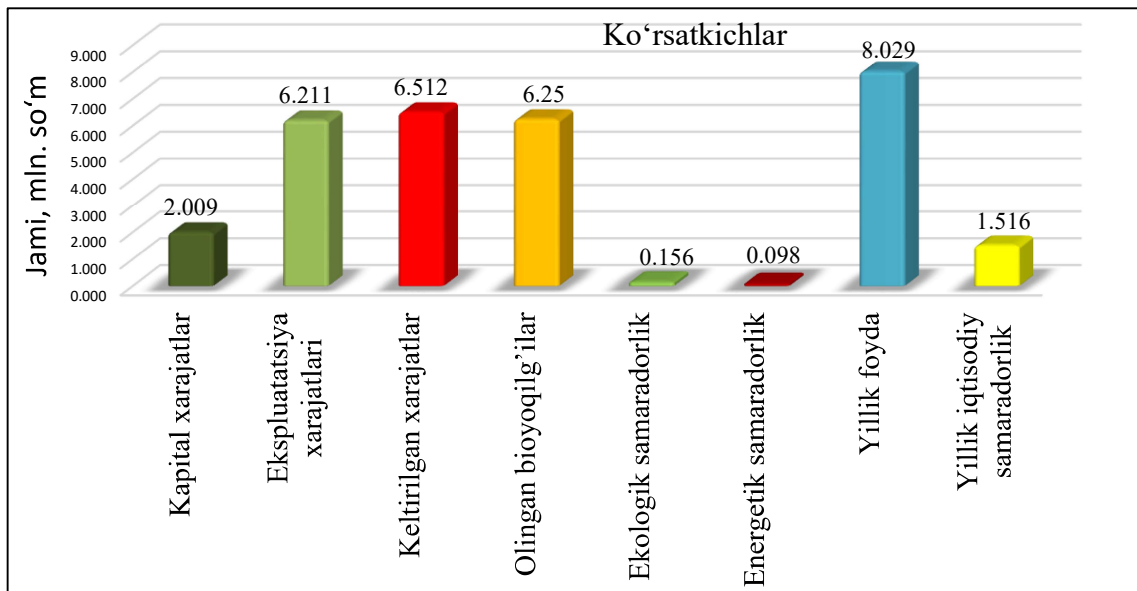
5-jadval

Yillik iqtisodiy samaradorlik (2023 yil bahosi bo'yicha)

T/r	Ko'rsatkichlar	Belgilanishi	O'lchov birligi	Jami
1	Kapital xarajatlar	K	so'm	2 009 000
2	Ekspluatatsiya xarajatlari	X_{eks}	so'm	6 211 000
3	Keltirilgan xarajatlar	P_{kel}	so'm	6 512 350
4	Olingan bioyoqilg'ilarning energetik samaradorligi:			
	- gaz (pirogaz)	G_{gaz}^{yil}	so'm	
	- suyuq (piroliz suyuqligi)	G_{suy}^{yil}	so'm	525 000
	- qattiq (aktiv ko'mir)	G_{qat}^{yil}	so'm	1 000 000
				6 250 000
5	Ekologik samaradorlik	E_{ek}	so'm	156 325
6	Xususiy ehtiyojdan tejalgan foyda	E_{pir}	so'm	97 500
7	Yillik foyda	E_{yil}	so'm	8 028 825
8	Qurilmani o'z-o'zini qoplash muddati	Z_{qop}	yil	4,3
9	Yillik iqtisodiy samaradorlik	Y_{sam}	so'm	1 516 475

QKGQ ning yillik iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari 1-rasmda keltirildi.





1-rasm. QKGQ yillik iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlarini baholash diagrammasi.

Qurilmaning energiya samaradorlik ko'rsatkichi, uning FIK bilan aniqlanadi:

$$\eta_{pq} = \frac{\Sigma Q_{ol}^y - Q_{sarf.yil}^x}{\Sigma Q_{ol}^y} \quad (11)$$

ΣQ_{ol}^y –qurilmada yilida olingan issiqlik energiyasi, MJ.

$Q_{sarf.yil}^x$ –qurilmaga xususiy ehtiyoji uchun sarflangan yillik energiya.

Ananaviy va quyosh konsentratorli geliopirroliz qurilmalari ko'rsatkichlarining qiyosiy tahlili 6-jadvalda keltirildi.

6-jadval

Piroliz qurilmalari ko'rsatkichlarining qiyosiy tahlili

T/r	Asosiy ko'rsatkichlar	Belgila nishi	O'lchov birligi	Piroliz qurilmalari	
				PQ (konsentrator siz)	QPK PQ (konsentratorli)
1	Reaktor hajmi	V_r	m^3	0,003	0,003
2	Yuklangan xom ashyo massasi (1 yilda)	m_b	kg	1000	1000
3	Harorat rejimi	t_p	$^{\circ}C$	350÷500	350÷500
4	Jarayon davomiyligi	τ	minut/ 1 sikl	200	200
5	Xususiy ehtiyoji uchun energiya sarfi:				
	issiqlik energiyasi.....	Q^{xe}	MJ/yil	2340	-
	elektr energiyasi.....	N_{el}	$kVt \cdot soat/yil$	45,6	45,6
6	Ishlab chiqarilgan foydali energiya miqdori	W_{en}	MJ/yil	19352	21862
7	FIK	η	-	82	94

Olib borilgan ilmiy-tadqiqotlar va bajarilgan texnik-iqtisodiy hisoblar natijalari tahlili shuni ko'rsatadiki, piroliz qurilmalariga quyosh konsentratorlarini qo'llanilishi natijasida qurilmaning energiya samaradorligi 10÷12 % ga oshirildi. Quyosh konsentratorli geliopirroliz qurilmasi yordamida bir yilda 1 tonna mahsulotni qayta ishlash orqali 300÷350 m^3 (525,0 ming so'm) gazsimon yoqilg'i, 350÷400 kg (1,0 million so'm) piroliz suyuqligi hamda 300÷200 kg (6,25 million so'm) qattiq aktiv ko'mir olish mumkinligi aniqlandi.



XULOSA

Hisoblashlar natijasida parabolik quyosh konsentratorli geliopiroлиз qurilmasining yillik iqtisodiy samaradorligi 1516475 soʻmni tashkil etdi. Qurilmaga ketgan barcha harajatlarni hisobga olib, oʻz-oʻzini qoplash muddati 4,3 yil ekanligi aniqlandi. Ishlab chiqilgan parabolik quyosh konsentratorli geliopiroлиз qurilmasi asosida 100 ta namunaviy uylar va markazlashgan energiya taʼminotidan uzoqda joylashgan isteʼmolchilarning (dehqon va fermer xoʻjaliklari) maishiy ehtiyojlarida olingan muqobil yoqilgʻilardan foydalanish natijasida yillik 140÷150 mln. soʻm iqtisodiy samaradorlikka erishish mumkinligi ilmiy asoslandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR ROʻYXATI

1. Uzakov G.N., Novik A.V., Davlonov X.A., Almardanov X.A., Chuliev S.E. Heat and Material Balance of Heliopyrolysis Device. ENERGETIKA. Proceedings of CIS higher education institutions and power engineering associations. 2023; 66(1):57-65.
2. Uzakov, G.N., Almardanov, X.A., Kodirov, I.N., Aliyarova, L.A. Studying the temperature regime of the heliopyrolysis device reactor. E3S Web of Conferences, 2023, 411, 01040 DOI: 10.1051/e3sconf/202341101040
3. X. Davlonov, Study on heat and material balance of heliopyrolysis device, AIP Conference Proceedings, 2686, 020023 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0111855>
4. Almardanov, H. and Chuliyev, S. 2022. Biomassadan geliopiroлиз usulida yoqilgʻi olish tajriba qurilmasining parametrlarini asoslash. Innovatsion texnologiyalar. 1, 4 (Nov. 2022), 92–96.
5. Алмарданов Х.А., Хатамов И.А. Тураев З.Б., Юсупов Р.Э., Эшонкулов М.Н., Жовлиев С.М., Применение солнечных концентраторов для приема альтернативного топлива через устройство гелиопиролиза //Universum: технические науки. – 2021, Март. –№. 3(84). С. 8-11.
6. Давлонов Х.А., Алмарданов Х.А., Гадоев С.А., Шаймарданов И.З. Исследование теплового режима процесса гелиопиролиза биомассы // Универсум: технические науки: электрон. научн. журн. 2021. 4(85) 5-8 ст. <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11550>
7. Sh.B. Imomov, X.A. Alimardonov. Heat mode solar heating systems based on flat reflectors, sets on the north side of the building. Молодой ученый, 2015, 335-336 ст.
8. Т. Я. Хамраев, Х. А. Алмарданов. Режим работы установок для получения биогаза из сельскохозяйственных отходов. Молодой ученый. — 2020. — № 25 (315). — С. 49-52.
9. Davlonov X.A., Almardanov H.A., Toshboyev A.R., Umirov F.B. Method of Thermal Processing of Biomass With Heliopyrolysis Device. 2021, International Journal of Human Computing Studies, 3(2), 149-151.
10. Oʻzbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2023-yil 15-sentabrdagi “Yoqilgʻi energetika sohasida bozor mexanizmlarini joriy etishning qoʻshimcha chora tadbirlari toʻgʻrisida”gi 475–sonli qarori.
11. <http://old.uzex.uz/files/uploads/28-08-2023-31-08-2023-%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82-%D1%83%D0%B7%D0%B1.pdf>
12. <https://www.prom.uz/ads/aktivirovannyu-ugol-ag3/>
13. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. – 258 с.
14. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 278 с.
15. Методика расчета выбросов парниковых газов (CO2-эквивалента) <https://sro150.ru/index.php/metodiki/371-metodika-rascheta-vybrosov-parnikovykh-gazov>
16. Методические рекомендации по технологическому проектированию теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады. РД-АПК 1.10.09.01-14. –Москва. 2014. – 109 с.
17. X. A Davlonov, X. A. Almardanov, and I. A. Khatamov. "A program for modeling and calculating the exergic balance of a heliopyrolysis device to obtain alternative fuels from biomass." No DGU 10337 (2021).

