

UO‘K 669.002.68

PARABOLIK KONSENTRATORLI GELIOMPIROLIZ QURILMASINING HARORAT REJIMINI TADQIQ QILISH**Almardanov Hamidulla Abdig‘aniyevich** – katta o‘qituvchi, e-mail: hamid_8191@gmail.com

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O‘zbekiston

***Annotatsiya.** Maqolada parabolik quyosh kontsentratori yordamida biomassa va uglevodorodli chiqindilarni geliopiroлиз jarayonining harorat rejimlari eksperimental o‘rganilgan. Tajribalar uchun eksperimental parabolik kontsentratori geliopiroлиз qurilmasi yaratilgan va uning geometrik, konstruktiv va issiqlik-texnik xarakteristikalari asoslangan. Shuningdek tajribalar 100÷870 °C harorat oralig‘ida polietelin plyonka pirolizida o‘tkazilgan. Turli harorat qiymatlari geliopiroлиз qurilmasi reaktorining xarakterli nuqtalarida olingan. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, Qarshi shahri sharoitida organik chiqindilar va biomassa pirolizi uchun kerakli bo‘lgan 300÷500 °C haroratni parabolik kontsentratori yordamida hosil qilish mumkinligi aniqlangan.*

***Kalit so‘zlar:** geliopiroлиз, parabolik kontsentratori, reaktor, organik chiqindi, issiqlik miqdori, muqobil yoqilg‘i, harorat, quyosh radiatsiyasi.*

УДК 669.002.68

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГЕЛИОПИРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ С ПАРАБОЛИЧЕСКИМ КОНЦЕНТРАТОРОМ**Алмарданов Хамидулла Абдиганиевич** – старший преподаватель,
e-mail: hamid_8191@gmail.com

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

***Аннотация.** Статья посвящена к экспериментальному исследованию температурного режима процесса geliopiroлиза биомассы и углеводородсодержащих отходов с применением параболического солнечного концентратора. Разработана экспериментальная geliopiroлизная установка с параболическим солнечным концентратором и обоснованы его геометрические, конструктивные и теплотехнические характеристики. Экспериментально исследовано температурное поле цилиндрического реактора при пиrolизе полимерных отходов в интервале температуры 100÷870 °C. Получены температурные значения в характерных точках реактора geliopiroлизной установки. Эксперименты показывают, что в условиях города Карши можно создать режим 300÷500 °C с применением параболического концентратора, достаточный для пиrolиза органических отходов и биомассы.*

***Ключевые слова:** geliopiroлиз, концентратор, пиrolизный реактор, количество тепла, концентрация, альтернативное топливо, температура.*

UDC 669.002.68

STUDY OF THE TEMPERATURE REGIME OF THE HELIOPYROLYSIS DEVICE WITH A PARABOLIC CONCENTRATOR**Almardanov Xamidulla Abdiganievich** – Senior lecturer, e-mail: hamid_8191@gmail.com

Karshi Engineering-Economics Institute, Karshi city, Uzbekistan

***Abstract.** The article is devoted to an experimental study of the temperature regime of the process of heliopyrolysis of biomass and hydrocarbon-containing wastes using a parabolic solar concentrator. An experimental heliopyrolysis plant with a parabolic solar concentrator has been developed and its geometric, design and thermal characteristics have been substantiated. The temperature field of a cylindrical reactor during the pyrolysis of polymeric wastes in the temperature range of 100÷870 °C was experimentally investigated. The temperature values are obtained at the*

characteristic points of the reactor of the heliopyrolysis plant. Experiments show that in the conditions of the city of Karshi it is possible to create a regime of 300÷500 °C using a parabolic concentrator, sufficient for the pyrolysis of organic waste and biomass.

Key words: *heliopyrolysis, concentrator, pyrolysis reactor, amount of heat, solar radiation, concentration, alternative fuel, temperature.*

Kirish

Jahonda energetika sohasida iste'molchilarni xavfsiz va barqaror energiya bilan ta'minlashda muqobil energiya manbalaridan foydalanish, energiya balansini deversifikatsiyalash va ushbu sohada ekologik talablarga rioya qilish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda mamlakatimizda qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish orqali ishlab chiqarish xarajatlari va mahsulot tannaxsida energiya sarfini kamaytirish alohida e'tibor qaratilmoqda. Jahon amaliyotida quyosh energiyasidan binolarni yoritish, isitish, havoni sovutish, shamollatish, issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarish maqsadida foydalanish yo'lga qo'yilgan [1, 2, 3]. Quyosh energiyasidan foydalangan holda biomassadan yoqilg'i va energiya ishlab chiqarish birinchi navbatda qishloq aholi turar joylari, fermer xo'jaliklari va yakka tartibdagi uylar shaklida avtonom va uzoq masofada joylashgan energiya iste'molchilarini qiziqtiradi. Shu sababli yoqilg'i, issiqlik va elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun o'simlik biomassasini qayta ishlash asosan qishloq aholisini, ayniqsa, yoqilg'i-energiya resurslari yetishmaydigan hududlarni energiya bilan ta'minlash muhim vazifa hisoblanadi.

So'nggi yillarda biomassadan muqobil yoqilg'i olishda piroliz qurilmasidan foydalanish bo'yicha olib borilgan ilmiy-tadqiqotlar ushbu sohada ahamiyatli darajadagi nazariy va amaliy natijalarga erishilganligidan dalolat beradi. Hozirgi kunda xorijlik olimlar tomonidan piroliz jarayonida quyosh konsentratorlaridan foydalanish bo'yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. Jumladan, Ayala Kortes tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda biomassa pirolizida issiqlik hosil qilish uchun parabolasilindrik konsentrator taklif qilingan. Bunda piroliz reaktori sferik shaklda yasalgan va unda harorat 450–1550 °C oralig'ida bo'lishi ta'minlangan. Natijada 1,4 % gaz, 21 % qattiq ko'mir va 77,6 % suyuq bioyoqilg'ilar olingan [4]. J.Koreyalik tadqiqotchi Rui Li tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda vertikal o'qli reaktorda quyosh nuri avval geliostat bilan aks ettiriladi, so'ngra 2 m diametrli parabolik konsentrator bilan konsentratsiyalanadi. Fokusga o'rnatilgan 185 mm diametrli (6 l hajmli) shaffof reaktorida biomassa 800 °C gacha qizdiriladi. Bunda biomassadan 63,5 % gaz ajralib chiqishi kuzatilgan [5]. Boutin tomonidan konsentratsiyalangan quyosh nurlanishidan foydalangan holda biomassaning pirolizi o'rganilgan. Bunda reaktor sifatida vertikal joylashtirilgan shisha trubkadan foydalanilgan. Biomassa pirolizida yog'och bo'laklaridan foydalanilgan va 5 kVtli lampalar orqali suniy quyosh laboratoriya qurilmasi yaratilgan [6]. Xitoylik tadqiqotchi Yingpu Xie tomonidan bioyoqilg'i ishlab chiqarish uchun paxta g'ozapoyasi pirolizi tadqiqot qilingan. Bunda quyosh piroliz tajribalari haqiqiy quyosh o'rniga 4 kVt quvvatga ega quyosh simulyatori bilan qizdiriladigan reaktorda o'tkazilgan [7]. M.Sanchez tomonidan quyosh piroliz tizimini modellashtirilgan va boshqa tizimlar bilan taqqoslangan. Jarayonning ishchi harorati 571 K va davomiyligi mos ravishda 149 minutga teng. Frensel reflektorli tizimda reaktorning uzunligi 3,23 m, azimut burchagi 39° va konsentratorning aperturasi 4,55 m² ni tashkil etadi. Hosil qilingan maksimal quvvat jarayon uchun sarflanadigan energiyaning 40,8 %ni tashkil etadi. Buning natijasida tizim orqali 13,9 tonna biomassadan 1375 kg ko'mir hosil qilingan [8]. MDH davlatlaridan belaruslik olimlar N.G.Xutskaya va I.G.Palchenoklar tomonidan biomassa pirolizida quyosh konsentratorlarining qo'llanilishi tadqiqot qilingan [9]. Mamlakatimizda ham keyingi yillarda quyosh energiyasidan turli texnologik jarayonlarda foydalanish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilgan va amaliy natijalarga erishilgan. Jumladan, mahalliy biomassadan piroliz usulida muqobil yoqilg'i olish bo'yicha G'.N.Uzoqov, R.T.Rabbimov, X.A.Davlonov tomonidan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan [10, 11, 12].

Ammo o'tkazilgan tadqiqot natijalariga qaramay biomassa energiyasidan muqobil yoqilg'i olish uchun piroliz qurilmasining energiya samaradorligini oshirishda quyosh energiyasidan foydalanish bo'yicha etarlicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmagan. Shu sababli, piroliz qurilmasida biomassadan

muqobil yoqilg'i olish uchun quyosh qurilmalaridan foydalanish samaradorligini asoslash dolzarb hisoblanadi. Tadqiqotning maqsadi quyosh konsentratorli geliopiroliz qurilmasining harorat rejimi va issiqlik-texnik xarakteristikalarini tadqiq qilishdan iborat.

Uslub va materiallar

Piroliz qurilmalarida xususiy ehtiyoji uchun energiya sarfini kamaytirish asosiy muammolardan hisoblanadi. Chunki reaktorda harorat rejimini ta'minlash uchun dastlab energiya (issiqlik) berilishi kerak. Odatda piroliz qurilmalarida amalga oshiriladigan jarayonlar ko'mir, tabiiy gaz yoki elektr energiyasini sarflash hisobiga amalga oshiriladi. Chunki biomassa chiqindilarini parchalash uchun juda katta issiqlik energiyasi talab etiladi va biomassani qo'shimcha qizdirish ortiqcha energiya sarfini talab qiladi [11].

Ushbu sohada olib borilgan tadqiqotlar natijasida biomassa pirolizi jarayonida quyosh konsentratorlaridan foydalanish usuli, yani geliopiroliz usuli taklif qilindi hamda tajribaviy qurilma yaratildi [13]. Quyosh konsentratorining asosi sifatida standart diametri $d=1,8$ m bo'lgan parabolik konsentratoridan foydalanilgan. Uning aks ettiruvchi yuzasi o'lchamlari $2,5 \times 2,5$ sm² bo'lgan 4000 ta shisha ko'zgulardan yasalgan (1-rasm).



1-rasm. Quyosh konsentratorli geliopiroliz qurilmasi.

Quyosh konsentratori asosidagi geliopiroliz qurilmasi ekologiyaga zarar yetkazmaydi va jarayon uchun sarflanadigan energiya sarfini kamaytiradi. Jarayon uchun talab etiladigan harorat parabolik quyosh konsentratorlari orqali hosil qilinadi. Taklif etilgan usulning afzalliklari shundan iboratki, biomassa pirolizi jarayonida quyosh konsentratorlaridan foydalanib reaktorni quyosh energiyasi bilan doimiy qizdirish mumkin [14].

O'tkazilgan tajriba tadqiqotlarida quyosh konsentratorli geliopiroliz qurilmasining optimal parametrlari aniqlandi va hosil qilingan energiya quyosh konsentratorlarining aperturasiga bog'liqligi tadqiqot qilindi. Termodinamikaning birinchi qonuni jarayon uchun zarur bo'lgan energiyani hisoblashning nazariy termodinamik yondashuv asosi bo'lib xizmat qiladi. Biomassa geliopirolizida zarur bo'lgan energiya talabi ma'lum bir vaqtda biomassani qizdirish uchun quyosh konsentratorlarining yuzasiga, qurilmaning foydali ish koeffitsientiga, sirtning nur qaytarish koeffitsientiga, biomassa miqdoriga va haroratlar farqiga bog'liq ekanligi aniqlandi [15].

Geliopiroliz reaktorida yutilgan energiya quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{geliop.reak} = \eta_{opt} \cdot Q_{kons}. \quad (1)$$

Parabolik quyosh konsentratori aperturasiga tushuvchi quyosh energiyasi hisobiga hosil bo'lgan energiya:

$$Q_{kons} = I_{rad} \cdot F_{kons}, \quad (2)$$

bu yerda I_{rad} –konsentrator sirtiga tushuvchi quyosh radiatsiyasi, Vt/m^2 .

Parabolik quyosh konsentratorining aperturasiga quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$F_{kons} = \frac{\pi \cdot d_{kons}^2}{4}, \quad (3)$$

bu yerda d_{kons} –parabolik konsentrator diametri, m .

Konsentratorning optik samaradorlik koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi [7]:

$$\eta_{opt} = R_k \cdot a_r \cdot \cos\varphi, \quad (4)$$

bu yerda R_k –konsentrator sirtining nur qaytarish koeffitsiyenti; a_s – reaktor sirtining nur yutish koeffitsiyenti; $\cos\varphi$ –quyosh nurlarining konsentrator sirtiga tushish burchagi.

Geliopiroлиз reaktoriga yuklangan chiqindini piroliz jarayoni sodir bo‘lish haroratigacha oshirish uchun sarflangan issiqlik miqdori quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$Q_{biom} = c_b \cdot \rho_b \cdot V_b \cdot (t_{pir} - t_b), \tag{5}$$

bu yerda c_b –biomassa issiqlik sig‘imi, $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$; ρ_b –biomassa zichligi, $\frac{kg}{m^3}$; V_b –biomassa hajmi, m^3 .

Natijalar va munozara

Geliopiroлиз jarayoni uchun talab etiladigan energiya quyosh radiatsiyasining turli qiymatlarida qabul qilindi va natijalar tajribalarda aniqlandi. Parabolik konsentratorli geliopiroлиз qurilmasining asosiy parametrlari 1-jadvalda keltirildi. Geliopiroлиз reaktorining parametrlari 2-jadvalda, qurilma bevosita tashqi muhitda joylashgani uchun atrof-muhit parametrlari 3-jadvalda keltirildi. Bunda issiqlik sig‘imi $2300 J/(kg \cdot ^\circ C)$ bo‘lgan 1 kg polietilen plyonka chiqindisi reaktor ichida termik qayta ishlandi. 4-jadvalda polietilen plyonka chiqindisining parametrlari ko‘rsatilgan bo‘lib, bunda uning namligi 5-10 % ni, quyosh nurlanishi 5 soat davomida 950 Vt/m^2 ekanligi hisobga olindi. 5-jadvalda geliopiroлиз reaktori haroratini o‘rganish tajriba natijalari keltirilgan. Polietilen plyonkaning issiqlik sig‘imlari qiymatlari adabiyotlardan olingan va ularni model ichida o‘zgartirish mumkin [16, 17, 18].

1-jadval

Parabolik konsentratorli geliopiroлиз qurilmasining asosiy parametrlari

Parametrlar nomlanishi	Belgilanishi	Birligi	Qiymati
Konsentrator aperturasi	F_{ap}	m^2	2,54
Konsentrator diametri	d	m	1,8
Fokus masofasi	l_f	m	0,7
Konsentratsiya koeffitsienti	K_k	-	126
Tushadigan quyosh radiatsiyasi: maksimal minimal	$q_{rad,max}$ $q_{rad,min}$	Vt/m^2	1035 930
Kondensator suvi harorati: kirish chiqish	t_1 t_2	$^\circ C$ $^\circ C$	18,5 37,7
Sovituvchi suvning sarfi	G	kg/sek	0,017

2-jadval

Geliopiroлиз reaktorining parametrlari

Parametrlar nomlanishi	Belgilanishi	Birligi	Qiymati
Reaktor hajmi	V_{reak}	m^3	0,003
Reaktor issiqlik almashinuv yuzasi	F_{reak}	m^2	0,0002
Reaktor uzunligi	l_r	m	0,2
Reaktor materialining issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti (po‘lat)	$\lambda_{r,m}$	$Vt/(m \cdot ^\circ C)$	45-50
Reaktor devorining qalinligi	$\delta_{r,m}$	mm	1
Reaktor devorining ichki sirti harorati	$t_{d,i}$	$^\circ C$	350÷450
Reaktor devorining tashqi sirti harorati	$t_{d,t}$	$^\circ C$	500÷800
Reaktorning ichki diametri	d_2	mm	158
Reaktorning tashqi diametri	d_1	mm	160

3-jadval

Atrof-muhit parametrlari (Qarshi shahri)

Parametrlar nomlanishi	Belgilanishi	Birligi	Qiymati
Tashqi havo harorati	t_a	°C	30÷40
Shamolning o'rtacha tezligi	ω	m/s	2,0÷3,0
Havoning nisbiy namligi	φ_h	%	30÷40
Havoning dinamik qovushqoqligi	μ_h	$mkN \cdot s/m^2$	18,1
Havoning kinematik qovushqoqligi	ν_h	mkm^2/s	15,06
Havoning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti	λ_h	$Vt/(m \cdot ^\circ C)$	0,0257

4-jadval

Polietilen plyonka chiqindisi geliopiroly jarayonining asosiy parametrlari

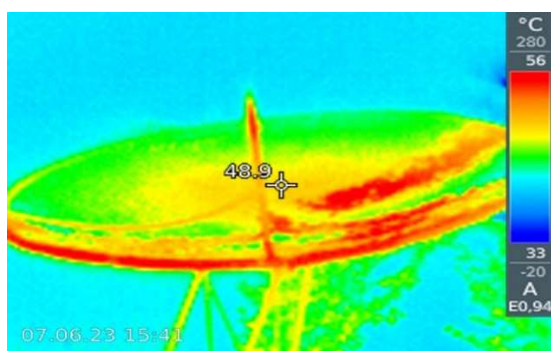
Parametrlar nomlanishi	Qiymati	Birligi
Reaktorga yuklangan mahsulot miqdori	1,0	kg
Mahsulot namligi	5-10	%
Mahsulotning solishtirma issiqlik sig'imi	2300	$J/(kg \cdot ^\circ C)$
Mahsulotning yuklashdagi harorati	20	°C
Jarayon davomiyligi	300	min

5-jadval

Geliopirolyz reaktori haroratini o'lchash tajriba natijalari

T/r	Vaqt	Tushadigan quyosh radiyasiyasi $q_r, Vt/m^2$	Tashqi havo harorati $t_{t,x}, ^\circ C$	Reaktorning turli nuqtalaridagi haroratlar $t_r, ^\circ C$				Reaktordagi o'rtacha harorat $t_{ort}, ^\circ C$
				1	2	3	4	
1	11 ⁰⁰	1002	31	720	173	140	109	285,5
2	12 ⁰⁰	1030	33	814	310	205	183	378
3	13 ⁰⁰	1035	36	890	375	230	198	423,25
4	14 ⁰⁰	1020	36	870	360	220	190	410
5	15 ⁰⁰	990	37	842	315	208	176	385,25
6	16 ⁰⁰	970	38	813	300	195	170	369,5
7	17 ⁰⁰	930	37	755	290	170	156	342,75

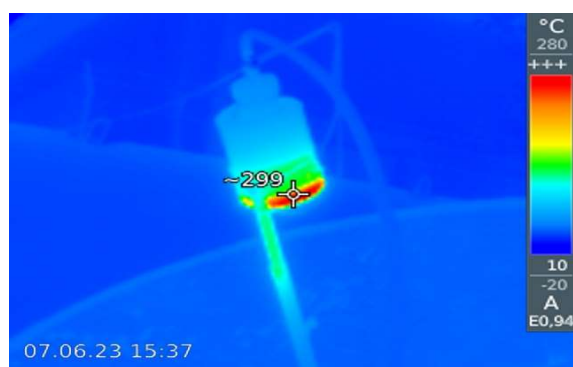
Konsentrator sirti, issiqlik almashinuv apparati, reaktorning xarakterli nuqtalaridagi haroratlar Teplovizor Snegir-700MT asbobi yordamida qayd qilib borildi. O'lchov natijalari 2, 3, 4, 5-rasmlarda keltirildi.



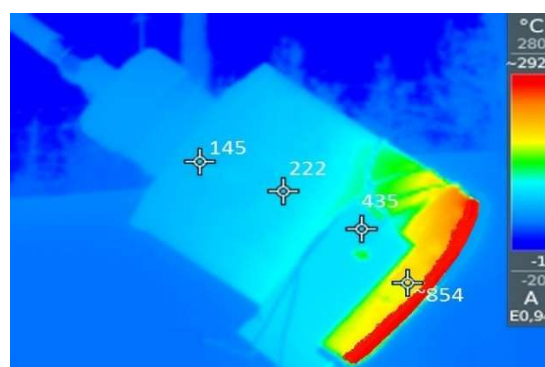
2-rasm. Quyosh konsentratorining sirtidagi harorat.



3-rasm. Issiqlik almashinuv apparati (sovutkich) sirtidagi harorat.



4-rasm. Reaktorning tashqi sirtidagi harorat.



5-rasm. Reaktorning xarakterli nuqtalaridagi haroratlar shkalasi.

Xulosa

Quyosh konsentratorli geliopiroлиз qurilmasining harorat rejimini tadqiq qilish orqali qurilmaning asosiy parametrlari reaktorga yuklangan mahsulotning turiga bog'liq ravishda o'zgarishi tajribalarda aniqlandi. Tajribalar 2023-yil 1-iyun soat 11⁰⁰ dan 17⁰⁰ gacha bo'lgan vaqt oralig'ida, o'rtacha tashqi muhit harorati 35,4 °C, quyosh radiatsiyasining o'rtacha qiymati 990 Vt/m² bo'lganda o'tkazildi. Bunda aperturasining yuzasi 2,54 m² bo'lgan parabolik quyosh konsentratori fokusiga hajmi 0,003 m³ bo'lgan reaktoriga polietilin plyonkani yuklash orqali amalga oshirildi. Olib borilgan tajriba natijalariga ko'ra geliopiroлиз reaktoriga polietilin plyonka yuklanganda ichkaridagi harorat o'rtacha 370,6 °C ni tashkil etishi aniqlandi. Qarshi shahri iqlim sharoitida konsentrator aperturasiga quyosh radiatsiyasi miqdori o'rtacha 800÷900 Vt/m² bo'lganda, reaktor sirtida quyosh nurlanishining konsentratsiyalanishi natijasida harorat 500÷800 °C ni tashkil etdi. O'tkazilgan tajriba natijalariga ko'ra taklif etilgan geliopiroлиз usuli qurilmaning energiya samaradorligini oshirish imkonini berishi aniqlandi.

Adabiyotlar

- [1] Avezov R.R., Voxidov A.U., Kuralov M.A. Quyosh energetikasining O'zbekiston Respublikasida rivojlantirish tamoyillari // Qayta tiklanuvchi energetikaning zamonaviy muammolari. Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari to'plami. Qarshi. 18 mart 2018y., 11-13 b.
- [2] Klychev Sh.I., Zakhidov R.A., Bakhrarov S.A., Fasylov A.K., Dudko Yu.A. Solar Radiation Concentration in Parabolocylindrical System with Focusing Wedge // Applied Solar Energy. 2009. 101.
- [3] Захидов Р.А., Умаров Г.Я., Вайнер А.А. Теория и расчёт гелио технических концентрирующих систем. Ташкент: ФАН, 1977.
- [4] Ayala-Cortés A., Arancibia-Bulnes C.A., Villafán-Vidales H.I., Lobato-Peralta D.R., Martínez-Casillas D., Cuentas-Gallegos A.K. Solar pyrolysis of agave and tomato pruning wastes: insights of the effect of pyrolysis operation parameters on the physicochemical properties of biochar. In: A Paper Presented at the SolarPACES Conference in Morocco, 2018.
- [5] Li, R., Zeng, K., Soria, J.E., Mazza, G.A., Gauthier, D., Rodriguez, R., Flamant, G. Product distribution from solar pyrolysis of agricultural and forestry biomass residues. *Renew. Energy* 89, 27–35.
- [6] Beagle, E., 2012. Fast Pyrolysis of Biomass using Concentrated Solar Radiation. In: A Presentation to School of Energy Resources, University of Wyoming.
- [7] Yingpu Xie, Kuo Zeng. Solar pyrolysis of cotton stalk in molten salt for bio-fuel production. *Energy* 179 (2019) pages 1124-1132.
- [8] M. Sanchez, B. Clifford, J.D. Nixon. Modelling and evaluating a solar pyrolysis system. *Renewable Energy*, 116 (2018), pages 630-638.

- [9] Хутская Н.Г., Пальчёнок Г.И. Энергосберегающие технологии термохимической конверсии биомассы и лигнокарбонатных отходов: учебно-методическое пособие. Минск: БНТУ, 2014. - 53 с.
- [10] Uzakov, G.N., Davlonov, H.A. & Holikov, K.N. Study of the Influence of the Source Biomass Moisture Content on Pyrolysis Parameters. *Appl. Sol. Energy* 54, 481–484 (2018). <https://doi.org/10.3103/S0003701X18060178>
- [11] 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. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2023-66-1-57-65>
- [12] Xayrulla Davlonov, Xamidulla Almardanov, Inomjon Khatamov, Sadridin Urunboev, Palvan Kalandarov, and Orif Olimov, "Study on heat and material balance of heliopyrolysis device", *AIP Conference Proceedings* 2686, 020023 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0111855>
- [13] Almardanov, H. and Chuliyev, S. 2022. Biomassadan geliopiroliz usulida yoqilg‘i olish tajriba qurilmasining parametrlarini asoslash. *Innovatsion texnologiyalar.* 1, 4 (Nov. 2022), 92–96.
- [14] Алмарданов Хамидулла Абдиганиевич, Хатамов Иномжон Амруллаевич, Тураев Зухриддин Баходирович, Эшонкулов Мансур Насим угли, Жовлиев Сарвар Мустафо угли, Юсупов Рустам Эшпулатович. Применение солнечных концентраторов для приема альтернативного топлива через устройство гелиопиролиза // *Universum: технические науки.* 2021. №3-4 (84).
- [15] Давлонов Х.А., Алмарданов Х.А., Гадоев С.А., Шаймарданов И.З. Исследование теплового режима процесса гелиопиролиза биомасса // *Универсум: технические науки : электрон. научн. журн.* 2021. 4(85) 5-8 ст. <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11550>
- [16] Sh.V.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.
- [17] Т. Я.Хамраев, Х.А.Алмарданов. Режим работы установок для получения биогаза из сельскохозяйственных отходов. *Журнал: Молодой ученый.* — 2020. — № 25 (315). — С. 49-52.
- [18] 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.