


UO‘K: 621.1

 10.70769/3030-3214.SRT.2.4-1.2024.8

## PIROLIZ REAKTORINING QOVURG‘ALI SIRTI ORQALI ISSIQLIK UZATISH SAMARADORLIGINI HISOBLASH



**Uzoqov G‘ulom Norboyevich**

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti professori, t.f.d.,  
Qarshi, O‘zbekiston  
E-mail: [uzoqov66@mail.ru](mailto:uzoqov66@mail.ru)  
ORCID ID: 0009-0005-7386-8075



**Rustamov Suhrob Shuhrat o‘g‘li**

Buxoro muhandislik-texnologiya instituti assistenti, Buxoro,  
O‘zbekiston  
E-mail: [suxrob-zam@mail.ru](mailto:suxrob-zam@mail.ru)  
ORCID ID: 0009-0007-2734-9922

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada biomassani piroliz usulida termik qayta ishlash qurilmasining issiqlik parametrlari hisoblangan. Shuningdek, piroliz jarayonidagi 500-600°C haroratdagi tutun gazining chiqib ketishida, piroliz reaktoridagi qovurg‘ali sirtlardagi harakati va reaktor tashqi devoridagi suv qozoniga ko‘rsatadigan ta‘siri o‘rganilgan. Bioreaktor "quvurdagi quvur" tipida yasalgan bo‘lib, uning ichki quvurida biomassaning pirolizi sodir bo‘ladi va tashqi quvurda suv atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlik hisobiga isitiladi. Shu bilan birga, reaktorning ichki quvuri biomassani termal qayta ishlab gazsimon yoqilg‘i olish imkonini beradi, qozonning tashqi quvuridagi issiqlik esa iste‘molchilarni isitish tizimini issiq suv bilan ta‘minlash muammosini hal qiladi. Taklif qilingan qurilma qishloq xo‘jalik biomassa chiqindilarini termik qayta ishlab, avtonom iste‘molchilarni bir vaqtda muqobil yoqilg‘ilar hamda issiqlik energiyasi bilan ta‘minlash imkonini beradi.

**Kalit so‘zlar:** reaktor, biomassa, qovurg‘ali sirt, tutun gazi, suv, issiqlik uzatish, oqim.

## РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ЧЕРЕЗ РЕБРИСТУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ПИРОЛИЗНОГО РЕАКТОРА

**Узаков Гулом Норбоевич**

д.т.н., проф.-Каршинского инженерно-экономического  
института, Карши, Узбекистан

**Рустамов Сухроб Шухрат угли**

Ассистент Бухарский инженерно-технологический  
института,  
Бухара, Узбекистан

**Аннотация.** В данной статье рассчитаны тепловые параметры установки термической переработки пиролиза биомассы. Также исследовано течение дымовых газов с температурой 500-600°C в процессе пиролиза, его движение по ребристым поверхностям реактора пиролиза, воздействие на водогрейный котел на внешней стенке реактора. Биореактор выполнен по типу «труба в трубе», в его внутренней трубе происходит пиролиз биомассы, а во внешней трубе происходит нагрев воды за счет тепла, теряемого в окружающую среду. При этом внутренняя труба реактора позволяет получать газообразное топливо путем термической переработки биомассы, а тепло во внешней трубе котла решает задачу обеспечения потребителей горячей водой в системе отопления. Предлагаемое устройство термически перерабатывает отходы сельскохозяйственной биомассы и обеспечивает автономных потребителей тремя видами альтернативного топлива и тепловой энергией одновременно.

**Ключевые слова:** реактор, биомасса, ребристая поверхность, дымовые газы, вода, теплообмен, поток.

## CALCULATION OF THE EFFICIENCY OF HEAT TRANSFER THROUGH THE RIBBED SURFACE OF THE PYROLYSIS REACTOR

*Uzakov Gulom Norboevich*

*DcS, prof. of Karshi Engineering-Economics Institute,  
Karshi, Uzbekistan*

*Rustamov Suhrob Shuhrat ogli*

*Assistant of Bukhara Engineering Technology Institute,  
Bukhara, Uzbekistan*

**Abstract.** In this article, the thermal parameters of the biomass pyrolysis thermal processing device were calculated. Also, the flow of flue gas at a temperature of 500-600 °C during the pyrolysis process, its movement on the ribbed surfaces of the pyrolysis reactor, and its effect on the water boiler on the outer wall of the reactor were studied. The bioreactor is made of the "pipe in a pipe" type, pyrolysis of biomass takes place in its inner pipe, and water is heated in the outer pipe due to the heat lost to the environment. At the same time, the internal pipe of the reactor allows obtaining gaseous fuel by thermal processing of biomass, and the heat in the external pipe of the boiler solves the problem of providing consumers with hot water in the heating system. The proposed device thermally processes agricultural biomass waste and provides autonomous consumers with alternative fuels and thermal energy at the same time.

**Keywords:** reactor, biomass, ribbed surface, flue gas, water, heat transfer, flow.

**Kirish.** Jahonda hozirgi kunda energiya tejankor texnologiyalardan foydalanish, istemolchilarni avtonom energiya ta'minoti bilan ta'minlash hamda energetika tizimi ishonchligini oshirirish zarur muammolardan biri hisoblanadi. Rivojlanayotgan taraqqiyot davrida tabiiy resurslarning kamayib borishi va ularni qazib olish, tashish, istemolchilarga yetkazib berish ishlari dunyo miqyosida global muammolardan biri hisoblanadi. Energetika muammolarini hal etadigan yechimlar yangi texnologiyalarni joriy etish, biomassadan olinadigan yangi turdagi yoqilg'i turlarini ishlab chiqish va bioenergiya yo'nalishini rivojlantirish hisoblanadi [1]. Mamlakatimizda ishlab chiqarilayotgan energiyaning asosiy qismi tabiiy resurslarni yoqish orqali amalga oshiriladi. Ushbu yoqilg'ilarni tejash, kelajak avlodga yetkazish masalalari ko'plab olimlar o'rtasida bahs munozaraga sabab bo'lmoqda. Energetika sanoatida energetik yoqilg'ilarni arzon va xavfsiz ishlab chiqarish utuvor yo'nalishlardan biri hisoblanadi [2]. Shu sababli energetik yoqilg'ilarni, qishloq xo'jaligi va sanoat chiqindilaridan ishlab chiqarish hozirgi zamon talabiga mos bo'ladi [3].

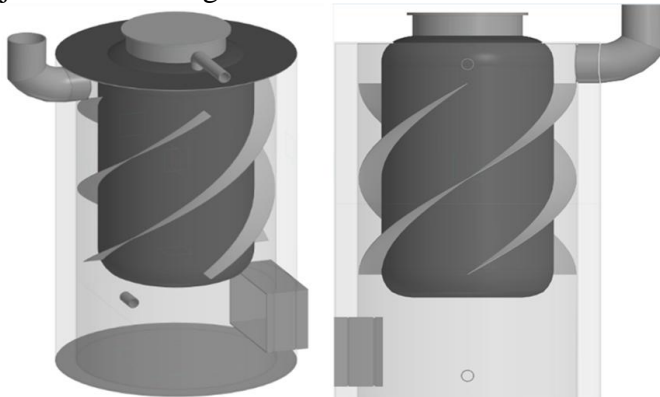
**Adabiyotlar tahlili va metodlar.** Ushbu sohadagi turli nazariy va amaliy masalalarga ko'psonli ilmiy monografiyalar va maqolalar bag'ishlangan. Bioenergetik qurilmalardagi issiqlik balansini va issiqlik uzatish koeffitsiyentlarini tadqiqot qilish bo'yicha Sh.J.Imomov, G'.N.Uzoqov, R.M.Gabito'v, R.T.Rabbimov,

S.K.Popov, M.A.Taymarov kabi olimlar tomonidan bir qancha tadqiqotlar o'tkazilgan va salmoqli natijalarga erishilgan.

Piroliz qurilmasi yordamida biomassadan muqobil yoqilg'ilar va issiqlik energiyasi ishlab chiqarish imkoni mavjud bo'lib, avtonom iste'molchilarni energiya hamda yoqilg'i bilan ta'minlash uchun qurilma reaktor, kondensator, separator, adsorber, gazgolder, isitish batareyalari, ichki yonuv dvigatelli-elektrogenerator va saqlash idishini o'z ichiga olgan. Bioreaktor "quvurdagi quvur" tipida yasalgan bo'lib, uning ichki quvurida biomassaning pirolizi sodir bo'ladi va tashqi quvurda suv atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik hisobiga isitiladi [11-12]. Shu bilan birga, reaktorning ichki quvuri biomassani termal qayta ishlab gazsimon yoqilg'i olish imkonini beradi [10]. Qozonning tashqi quvuridagi issiqlik esa iste'molchilarni isitish tizimini issiq suv bilan ta'minlash muammosini hal qiladi [6]. Piroliz reaktori va suv quvuri oralig'i ya'ni reaktorning tashqi sirtida  $\alpha$  burchak ostida qiyalashtirilgan parmasimon issiqlik yo'naltiruvchi plastinkalar o'rnatilgan bo'lib, bu sirtlar reaktorga berilayotgan haroratni maksimal saqlab qolish, tekis taqsimlash hamda tashqi muhitga yo'qotiladigan issiqlikni kamaytirish vazifasini bajaradi 1-rasm.

Tadqiqotning maqsadi – piroliz reaktoring tashqi sirtida qo'shimcha qilingan qovurg'ali konstruksiyaning issiqlik uzatish jarayonidagi parametrlarga ta'sirini o'rganishdan iborat. Piroliz

reaktorining issiqlik – texnik parametrlari 1-jadvalda keltirilgan.



1-rasm. Takomillashtirilgan bioreaktorning konstruktiv tuzilishi.

1-jadval

**Piroliz reaktorining issiqlik – texnik parametrlari**

Parametrlar	Belgilanishi	Qiymati
Tutun gazining kirish harorati	$t'_{tut}$	500 ÷ 600 °C
Tutun gazining chiqish harorati	$t''_{tut}$	180 ÷ 160 °C
Suvning kirish harorati	$t'_{suv}$	30 °C
Suvning chiqish harorati	$t''_{suv}$	90 °C
Tutun gazining sarfi	$G_{tut}$	$25 \frac{m^3}{soat}$ $= 0,007 \frac{m^3}{s}$

**Natijalar.** Silindrsimon qovurg‘ali sirt orqali devorning tashqi tomoni issiqlik oqimi, quyidagi formula bilan hisoblanadi [4].

$$Q_q = k_q \cdot (t_q - t_s) \cdot F_q \quad (1)$$

bu yerda  $Q_q$  qovurg‘ali devor orqali uzatiladigan issiqlik oqimi, Vt;

$t_q$  va  $t_s$ - issiq va sovuq suyuqliklar haroratlari, °C (K);

$k_q$ – qovurg‘ali devor orqali issiqlik uzatish koeffitsiyenti, Vt / (m<sup>2</sup> K);

$F_q$  – quvurdagi qovurg‘a yuzasi, m<sup>2</sup>.

Qovurg‘ali devor orqali issiqlik uzatish koeffitsiyenti quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi [4]:

$$K_q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot \varphi} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2)$$

Bu yerda  $\alpha_1$  – quvurning tashqi qovurg‘ali yuzasida issiqlik berish koeffitsiyenti, Vt/(m<sup>2</sup> K);

$\alpha_2$ – quvurning ichki silliq yuzasida issiqlik

berish koeffitsiyenti, Vt / (m<sup>2</sup> K);

$\varphi = \frac{F_q}{F} \geq 1$  – qovurg‘a koeffitsiyenti,  $F_q$  - qovurg‘ali sirt maydoni, m<sup>2</sup>.

Piroliz reaktorining qovurg‘ali sirt maydoni:

$$F_q = \pi d_2 (l_q - \delta_q \cdot N) + \frac{N\pi(d_q^2 - d_2^2)}{2} \quad (3)$$

bu yerda  $d_2$  - qanotli trubaning tashqi diametri, m;  $d_q$  - qovurg‘a diametri, m;

$l_q$ - qovurg‘ali quvur uzunligi, m;  $N$ - qovurg‘a soni;  $\delta_q$ - qovurg‘a qalinligi, m.

Qovurg‘ali quvurlarning ichki silliq yuzasining maydoni:

$$F = \pi d_1 \cdot l_q \quad (4)$$

bu yerda  $d_1$  - qanotli trubaning ichki diametri, m.

Issiqlik oqimi  $Q$  quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi [2]:

$$Q = G_{tut} \cdot c_{ptut} \cdot (t'_{tut} - t''_{tut}) \quad (5)$$

bu yerda  $G_{tut} = V_{tut} \cdot \rho_{tut}$  tutun oqimining sarfi, kg/s;

$V_{tut}$  - issiq tutuning hajmli oqim tezligi, m<sup>3</sup> / s;  $\rho_{tut}$  – tutun gazining zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $c_{ptut}$  – tutun gazining issiqlik sig‘imi,  $\frac{J}{kg \cdot K}$ ;

Tutun gazining sarfini quyidagi tenglik orqali ham topish mumkin:

$$G_{tut} = \frac{G'_{tut}}{\rho_{tut}} \quad (6)$$

Tutun gazining o‘rtacha harorati:

$$t_{tut}^{ort} = \frac{t'_{tut} + t''_{tut}}{2} \quad (7)$$

Tutun gazi uchun Reynold soni quyidagicha topiladi:

$$Re_{tut} = \frac{\omega_{tut} \cdot d_{ekv}}{v_{tut}} \quad (8)$$

Tutun gazlarining oqim tezligi:

$$\omega_{tut} = \frac{G_{tut}}{N \cdot a \cdot b} \quad (9)$$

Tutun gazlari harakatlanadigan kanal ekvivalent diametri:

$$d_{ekv} = \frac{a \cdot b}{2(a+b)} \quad (10)$$

Issiqlik berish koeffitsiyentini hisoblash uchun Nusselt soni quyidagi formuladan foydalaniladi [5]:

$$Nu_{tut} = 1,55 \cdot (Re_{tut} \cdot Pr_{tut} \cdot \frac{d_{ekv}}{l})^{\frac{3}{2}} \cdot (\frac{\mu_{tut}}{\mu_{suv}})^{0,14} \cdot \epsilon_l \quad (11)$$

Bunda Reynolds soni:

$$\frac{l}{Re_{tut} \cdot d_{ekv}} < 0,1 \quad \epsilon_l = 0,6 \left( \frac{l}{Re_{tut} \cdot d_{ekv}} \right)^{-\frac{1}{7}} \cdot (1 + 2,5 \cdot \frac{l}{Re_{tut} \cdot d_{ekv}}) \quad (12)$$

Agar Reynolds soni  $\frac{l}{Re_{tut} \cdot d_{ekv}} \geq 0,1$ ,  $\epsilon_l = 1$  qabul qilinadi [7].

Nusselt soni qiymatlari asosida issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi [8]:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_{tut} \cdot \lambda_{tut}}{d_{ekv}} \quad (13)$$

Qovurg'ali piroliz reaktori atrofidagi suvning issiqlik-texnik parametrlarini hisoblash tartibi 2-jadvalda keltirildi.

Issiqlik uzatish koeffitsiyentini hisoblaymiz:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = 9,1 \frac{Vt}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Qovurg'ali piroliz reaktoridan uzatilgan issiqlik miqdorini hisoblaymiz:

$$Q_q = K_q (t_{tut} - t_{suv}) \cdot F_q = 1758 Vt$$

Qovurg'asiz tekis yuzali piroliz reaktoridan uzatilgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz:

$$Q = K (t_{tut} - t_{suv}) \cdot F = 1091 Vt$$

Olib borilgan tadqiqotlar davomida takomillashtirilgan piroliz reaktorining asosiy

2-jadval

**Qovurg'ali piroliz reaktori atrofidagi suvning issiqlik-texnik parametrlarini hisoblash tartibi.**

T/r	Parametr nomi	Belgilanishi	O'lchov birligi	Hisoblash formulasi	Adabiyot nomeri
1	Reaktorda suvning qizishida olingan issiqlik	$Q$	Vt	$Q = G_{suv} \cdot c_{psuv} \cdot (t''_{suv} - t'_{suv})$	[4]
2	Suvning o'rtacha harorati	$t_{suv}^{ort}$	°C	$t_{suv}^{ort} = \frac{t'_{suv} + t''_{suv}}{2}$	[9]
3	Suvning massa bo'yicha sarfi	$G'_{suv}$	$\frac{kg}{s}$	$G'_{suv} = \frac{Q}{c_{psuv} \cdot (t''_{suv} - t'_{suv})}$	[5]
4	Suvning hajm bo'yicha sarfi	$G_{suv}$	$\frac{m^3}{s}$	$G_{suv} = \frac{G'_{suv}}{\rho_{suv}}$	
5	Suv oqimining tezligi	$\omega_{suv}$	$\frac{m}{s}$	$\omega_{suv} = \frac{G_{suv}}{a' + b'} = \frac{G_{suv}}{\pi a' (d_q + 2\delta_{suv})}$	[8]
6	Geometrik o'lchamlari	$a', b'$	m	$a' = 0,04m$ $b' = \pi (d_q + 2\delta_{suv})$	
7	Ekvivalent diametr	$d_{ekv}$	m	$d_{ekv} = \frac{a' \cdot b'}{2(a' + b')}$	
8	Reley soni	$Ra_s$	-	$Ra_s = \frac{d_{exp}^3}{\nu_{suv}^2} \cdot \beta_{suv} \cdot \Delta t \cdot pr_s$	[7]
9	Nusselt soni	$Nu_s$	-	$Nu_s = 0,5 \cdot (Ra_s)^{0,25} \cdot \left( \frac{pr_{tut}}{pr_s} \right)^{0,25}$	[2]
10	Issiqlik berish koeffitsiyenti	$\alpha_2$	$\frac{Vt/m^2}{^\circ C}$	$\alpha_2 = \frac{Nu_s \cdot \lambda_s}{d_{exp}}$	[8]

3-jadval

**Qovurg'ali reaktorning issiqlik hisobi natijalari**

T/r	$\alpha_1$ , $Vt/m^2 \cdot ^\circ C$	$K$ , $Vt/m^2 \cdot ^\circ C$	$Q$ , Vt	$\alpha_2$ , $Vt/m^2 \cdot ^\circ C$	$K_q$ , $Vt/m^2 \cdot ^\circ C$	$Q_q$ , Vt
1	9,17	9,1	1091	1238	11,54	1758

**Muhokama.** Qovurg'ali piroliz reaktorinig issiqlik uzatish koeffitsiyentini hisoblaymiz:

$$K_q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot \varphi} + \frac{1}{\alpha_2}} = 11,54 \frac{Vt}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Qovurg'asiz tekis yuzali piroliz reaktorinig

Issiqlik hisob natijalari 3-jadvalga kiritildi.

**Xulosa.** Bajarilgan tadqiqon va hisob natijalari shuni ko'rsatadiki, reaktorning konstruksiyasiga kiritilgan "qovurg'alar" issiqlik uzatish jarayonini faollashtirish imkonini beradi. Ya'ni,

$\frac{K_q}{K} = 1,26$ ,  $\frac{Q_q}{Q} = 1,61$  ga teng bo'lib, natijada issiqlik uzatish koeffitsiyenti 1,26 marta, uzatilgan issiqlik miqdori esa 1,61 martaga ortadi. Bajarilgan tadqiqot natijalariga ko'ra reaktorda issiqlik uzatish yuzasini oshirilishi natijasida tutun gazlarini ikkilamchi issiqligini utilizatsiya darajasi ortadi, reaktorning F.I.K ni oshirish imkoniyati yaratiladi.

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Uzoqov G.N., Davlonov X.A.. Gelioissiqxonalarining energiya tejankor isitish tizimlari. Monografiya, - T.: «Voriz-nashriyot», 2019. 144 bet.
2. В. В. Хасхачих, О. М. Ларина, Г. А. Сычев, Г. Я. Герасимов, В. М. Зайченко, Пиролитические методы термической переработки твердых коммунальных отходов, ТВТ, 2021, том 59, выпуск 3, 467–480.
3. Uzakov, G. N, Davlonov X. A, Rustamov S. Sh. Biomassa pirolizi tajribalarining mahsulot balansi tahlili. G. N. Uzakov. Muqobil energetika. – 2023. – Vol. 9, No. 2. – P. 48-55.
4. Бухмиров В.В. Теплообмен: Учебник в 2-х т. Т.1/ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2023. – 364 с.
5. Совершенствование тепловой работы туннельных печей для обжига керамических изделий: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.14.04 / Ракутина Дарья Валериевна. - Иваново, 2006. - 26 с.
6. Таймаров М. А., Ахметова Р. В., Маргулис С. М., Касимова Л. И. Влияние кавитационной обработки на выгорание частиц мазута в топках котлов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2018. №9-10. (дата обращения: 14.11.2024).
7. Терех А. М., Шаповал О. Е., Письменный Е. Н. Среднеповерхностный теплообмен в поперечно-омываемых коридорных пучках труб с разрезным спиральноленточным оребрением // Промышленная теплотехника. – 2001. – Т. 23 – № 1-2 – с. 35- 41.
8. Юдин В.Ф. Теплообмен поперечно-оребранных труб. – Л.: Машиностроение, 1982. – 189 с.
9. Письменный Е. Н., Терех А. М. Обобщенный метод расчета конвективного теплообмена поперечно-омываемых пучков труб с внешним кольцевым и спиральноленточным оребрением // Теплоэнергетика. – 1993. – № 5. – с. 52-56.
10. Tony B. Challenges and Opportunities in Fast Pyrolysis of Biomass: Part I, Johnson Matthey Technology Review, Volume 62, Issue 1, Jan 2018, p. 118 – 130.
11. Uzoqov.G.N., Rustamov.S.Sh. Biochiqindilarni qayta ishlash zarurati va mamlakatdagi biomassa xom ashyo захираси. Educational Research in Universal Sciences ISSN: 2181-3515 Volume 2. Special issue 5. 2023.
12. Rustamov Suhrob Shuhrat o'g'li. Efficiency of Thermal Recycling of Biowaste in the Energy Supply System of Greenhouses. (2022). The Peerian Journal, 10, 5–9.