

**QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/30.09.2020.T.111.03 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

MAJITOV JO‘RABEK ALTIBOYEVICH

**KICHIK QUVVATLI BIOGAZ QURILMASINING ISSIQLIK-TEXNIK
PARAMETRLARINI ASOSLASH**

05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFARATI**

Qarshi – 2024

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии
(PhD) по техническим наукам**

**Content of the Dissertation Abstract of Philosophy of Doctor (PhD)
on the technical sciences**

Majitov Jo‘rabek Altiboyevich

Kichik quvvatli biogaz qurilmasining issiqlik – texnik parametrlarini
asoslash..... 3

Мажитов Журабек Алтибойевич

Обоснование теплотехнических параметров биогазовой установки
малой мощности 21

Majitov Jurabek Altiboyevich

Justification of thermal engineering parameters of a low-power biogas
device 41

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ
List of published works..... 45

**QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/30.09.2020.T.111.03 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

MAJITOV JO'RABEK ALTIBOYEVICH

**KICHIK QUVVATLI BIOGAZ QURILMASINING ISSIQLIK-TEXNIK
PARAMETRLARINI ASOSLASH**

05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFARATI**

Qarshi – 2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida №B2023.4.PhD/T1157 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Buxoro muhandislik – texnologiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.qmii.uz) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Imomov Shavkat Jaxonovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Iskandarov Zafar Samandarovich
texnika fanlari doktori, professor

Ergashev Shaxriyor Hamudillayevich
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

**Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat
texnika unversiteti**

Dissertatsiya himoyasi Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti huzuridagi PhD.03/30.09.2020.T.111.03 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil "18" 02 soat 15⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225 uy. Tel/faks.: (75) 224-02-89; e-mail: kiei_info@edu.uz Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti majlislar zali.

Dissertatsiya bilan Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 133 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225 uy. Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti. Tel/faks: (99875) 224-02-89/224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «26» 12 kuni tarqatildi.
(2024 yil «26» 12 dagi № 28 raqamli reestr bayonnomasi).



G'.N.Uzoqov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash raisi t.f.d., professor

X.A.Davlonov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash
ilmiy kotibi, t.f.f.d., dotsent

B.Urishev
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi,
t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda iste'molchilarni uzluksiz energiya bilan ta'minlash, tizimning energiya samaradorligini oshirishda qayta tiklanadigan energiya manbalari asosidagi energiya tejamkor texnologiyalar, jumladan quyosh biogaz qurilmalaridan foydalanish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi vaqtda tabiiy gaz iste'moli dinamikasi bo'yicha olingan ma'lumotlarga ko'ra, aholini yillik o'sishi 83 million nafarni va shunga asosan tabiiy gazga bo'lgan talabni o'sishi esa 43 million kubometrni tashkil etadi. Yaqin 21 yil ichida metan gazidan foydalanish miqdorining 3 barobarga ortishi bashorat qilinmoqda¹. Shu sababli, aholini tabiiy gaz bilan taminlashda quyosh biogaz qurilmalarining energetik samaradorligini oshirishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda qayta tiklanadigan energiya manbalari asosida ishlovchi biogaz qurilmalarining konstruksiyalarini takomillashtirish, ish unumdorligini oshirish hamda issiqlik – texnikaviy parametrlarini optimallashtirishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan, quyosh biogaz qurilmalarining maqbul konstruktiv parametrlarini aniqlash, qurilmadagi issiqlik almashinuv jarayonlarini modellashtirish va biogaz qurilmasining energiya samaradorligini oshirish bo'yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanadi. Shu bilan birga, organik chiqindilarni anaerob sharoitda bo'lmali ishlov berish orqali kechadigan fermentatsiya jarayonining samarali kechishini taminlaydigan kichik quvvatli biogaz qurilmasining energiya tejamkor konstruksiyasini yaratish va ularning asosiy energetik parametrlarini optimallashtirish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda qishloq aholi xonadonlarini qayta tiklanuvchi energiya turlaridan foydalanib yoqilg'i bilan ta'minlash tizimini rivojlantirish, biogaz tayorlash texnologiyalarini takomillashtirish, jumladan, tabiiy yoqilg'i resurslarini tejalishini ta'minlovchi kichik quvvatli biogaz qurilmalarining samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari amalga oshirilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 2 dekabrda "2030 yilgacha O'zbekiston Respublikasining "yashil" iqtisodiyotga o'tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risida"gi PQ-436-son qarorida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni rivojlantirish bo'yicha ustuvor vazifalar belgilab berilgan². Jumladan, 2022-2026 yillarda yoqilg'i-energetika resurslarini tejashda, qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanishni kuchaytirish, issiqxona gazlari chiqindilarini 35 foiz kamaytirish, qayta tiklanadigan energiya quvvatini 15 GVtga oshirish, umumiy elektr energiyasi hajmidagi ulushini 30 foizdan oshirishga va energiya samaradorligini 20 foizga oshirish ko'zda tutilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda kichik quvvatli quyosh biogaz qurilmalarini yaratish va joriy qilish dolzarb ilmiy-texnik masalalardan hisoblanadi.

¹ <https://www.iea.org/reports/renewables-2023/special-section-biogas-and-biomethane>

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori, 02.12.2022 yildagi PQ-436-son

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 21 maydagi O‘RQ-539-son “Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to‘g‘risida” gi O‘zbekiston Respublikasining Qonunida, 2022 yil 9 sentyabrdagi PF-220-sonli “Energiya tejoyvchi texnologiyalarni joriy qilish va kichik quvvatli qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Farmoni, 2019-yil 22-avgustdagi PQ-4422-son “Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejoyvchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori, hamda ushbu sohada qabul qilingan boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Dissertatsiya ishi bo‘yicha tadqiqotlar Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV “Qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan foydalanish usullarini rivojlantirish, nanotexnologiyalar, fotonika va boshqa zamonaviy ilg‘or texnologiyalar asosida qurilmalar va texnologiyalarni yaratish” ustuvor yo‘nalishiga mos keladi.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Organik chiqindilarni qayta ishlashga mo‘ljallangan biogaz qurilmalarining energiya samarador texnologiyalarni ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy-tadqiqotlarni rivojlantirishga taniqli xorijlik olimlar, jumladan, G.Anupoji, akademik B.Dubrovskiy, professorlar E.Viyestur, E.Pansexava, M.Denis, B.Gandu, G.Ananashivilli, mikrobiolog olimlardan K.Sandiya, K.Kurti, Hajo Nayegele, J.Porter, G.Nikitin va boshqalar katta hissa qo‘shganlar.

Respublikamizda organik chiqindilardan qayta tiklanadigan energiya olish texnologiyasini takomillashtirish va samaradorligini oshirish bo‘yicha taniqli olimlar O.Salimov, Sh.Imomov, G‘.Uzoqov, B.Xayriddinov, B.Rahmatov, O.Komilov, R.Rabbimov, X.Davlonovlar tomonidan ilmiy izlanishlar olib borilgan. Xususan ular tomonidan biogaz qurilmalariga pog‘onali ishlov berish, bioreaktorga organik chiqindilarni maydalab yuklash, olinadigan biogaz va bioo‘g‘it sifatini oshirish borasida ilmiy-tadqiqot ishlari bajarilgan.

Erishilgan ijobiy natijalarga qaramasdan, kichik quvvatli biogaz, qurilmalarida sodir bo‘ladigan issiqlik va massa almashinuv jarayonlarini modellashtirish, issiqlik fizikaviy xususiyatlarning haroratga bog‘liqligi, energetik, iqtisodiy va ekologik ko‘rsatkichlarni hisobga olgan holda qaralayotgan kichik bioreaktorning yillik energiya ko‘rsatkichlarini baholash va asoslash yetarli darajada o‘rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim yoki ilmiy-tadqiqot mussasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Buxoro muhandislik-texnologiya institutining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq bajarilishi 2018–2019 yillarga mo‘ljallangan BV-Itex 2018-37-son “Qishloq joylarida yuqori sifatli o‘g‘it va biogaz olish uchun organik chiqindilarni qayta ishlash qurilmasini joriy qilish” mavzusidagi innovatsion loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqot maqsadi biomassani anaerob muhitda termik qayta ishlovchi kichik quvvatli biogaz qurilmasining issiqlik-texnik parametrlarini asoslashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

biomassani anaerob muhitda qayta ishlashga mo'ljallangan kichik quvvatli quyosh biogaz qurilmasini ishlab chiqish va issiqlik-texnik sinovdan o'tkazish;

kichik quvvatli quyosh biogaz qurilmasi reaktorida issiqlik almashinuvi jarayonlarini modellashtirish va issiqlik qarshiliklarini hisoblash;

mezofil issiqlik rejimida bioreaktorda konvektiv issiqlik almashinuvini tajribaviy tadqiq qilish va konvektiv issiqlik berish koeffitsiyenti qiymatlarini aniqlash;

mezofil harorat rejimida quyosh kollektorli biogaz qurilmasining energiya samaradorligini va issiqlik-texnik parametrlarini asoslash;

kichik quvvatli quyosh biogaz qurilmasining texnik-iqtisodiy va ekologik ko'rsatkichlarini aniqlash.

Tadqiqotning obekti sifatida organik chiqindilarni anaerob qayta ishlovchi kichik quvvatli quyosh biogaz qurilmasi hamda qurilmaning issiqlik-texnik parametri olingan.

Tadqiqotning predmetini kichik quvvatli quyosh biogaz tajriba qurilmasining anaerob fermentatsiya harorat rejimi, issiqlik va massa almashinuv jarayonlari tashkil qiladi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot ishida issiqlik almashinuvi jarayonlarini matematik madellashtirish, kichik quvvatli biogaz qurilmasining tashqi devorlari, qoplamalariga va biomassa orasidagi issiqlik berish koeffitsiyentlarini hisoblashda tavsiya etilgan modellarini analitik tekshirish va eksperimental tekshirish uchun empirik tasdiqlash usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

quyosh kollektori va bioreaktorni kombinatsiyalashtirish asosida biomassadan maksimal biogaz olish imkonini beradigan kichik quvvatli biogaz qurilmasining texnologik sxemasi ishlab chiqilgan;

ilk marotaba organik chiqindilarni anaerob sharoitda bo'lmali ishlov berish orqali fermentatsiya jarayonining samarali kechishini taminlaydigan energiya tejankor quyosh biogaz qurilmasi ishlab chiqilgan (№ FAP 2440);

mezofil harorat rejimida biomassaga bo'lmali ishlov beradigan bioreaktor geometrik parametrlari, biomassa va atrof-muhit haroratlar farqini hisobga olgan holda konvektiv issiqlik berish koeffitsiyenti hamda issiqlik qarshiliklarini optimal qiymatlarini hisoblash imkonini beradigan issiqlik uzatish tenglamalari asosida matematik model ishlab chiqilgan;

biogaz qurilmasini issiqlik bilan ta'minlaydigan yassi quyosh kollektorining pastki qismi orqali issiqlik yo'qotish koeffitsiyentini kollektorning gorizontga nisbatan tashkil qilgan burchagiga, absorber materiali va atrof-muhit haroratiga bog'liq ravishda hisoblash imkonini beradigan empirik tenglama olingan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

organik chiqindilarni anaerob sharoitda bo‘lmali ishlov berish orqali fermentatsiya jarayonini samarali kechishini ta‘minlovchi kichik quvvatli biogaz qurilmasining energiya tejamkor konstruksiyasi yaratilgan;

quyosh kollektorlarini integratsiyalash orqali biogaz qurilmasining energiya samaradorligini oshirish va biogaz ishlab chiqarish jarayonini jadallashtirilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi umume‘tirof etilgan zamonaviy tadqiqot usullaridan foydalanilganligi, tabiiy sharoitda o‘tkazilgan tajribalarning sinalgan usullar va vositalar asosida o‘tkazilishi, olingan natijalarning hisobiy natijalarga mosligi bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati biogaz qurilmasini issiqlik bilan ta‘minlaydigan yassi quyosh kollektorining pastki qismi orqali issiqlik yo‘qotish koeffitsiyentini kollektorning gorizontga nisbatan tashkil qilgan burchagiga, absorber materiali va atrof-muhit haroratiga bog‘liq ravishda hisoblash imkonini beradigan emperik tenglama olinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati organik chiqindilarni anaerob sharoitda bo‘lmali ishlov berish orqali fermentatsiya jarayonining samarali kechishini taminlaydigan energiya tejamkor quyosh biogaz qurilmasi ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Kichik quvvatli biogaz qurilmasining issiqlik-texnik parametrlarini asoslash buyicha olingan tadqiqot natijalari asosida:

qishloq aholi xonadonlari va chorva fermer xo‘jaliklaridan chiqadigan organik chiqindilarni anaerob muhitda qayta ishlashga mo‘ljallangan “Quyosh biogaz qurilmasi” uchun O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi intellektual mulk agentligidan foydali modelga patent olingan (№FAP 2440, 2024 yil). Natijada, quyosh nurlanish issiqligi va fazaviy o‘zgaruvchan issiqlik akkumulyator hamda quyosh kollektoridan foydalanib biogaz olish jarayonining optimal va uzluksiz izotermik rejimning taminlanishiga erishilgan;

organik chiqindilarni anaerob sharoitda bo‘lmali ishlov berish orqali fermentatsiya jarayonining samarali kechishini taminlaydigan energiya tejamkor quyosh biogaz qurilmasi Buxoro viloyatining Qorovulbozor tumani “BUXORO AGROKLAster CHORVA” MCHJda joriy etilgan (O‘zbekiston Respublikasi Qishloq xo‘jaligi vazirligi huzuridagi qishloq xo‘jaligida bilim va innovatsiyalar milliy markazining 2024-yil 3-iyul № 05/04-04-302-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada, kichik quvvatli bioreaktorning har bir segmenti uchun optimal izolyatsiya qatlami qalinligi, ya‘ni yuqori 12,5 sm, pastki 10 sm va silindrsimon qismi 26,2 sm bo‘lgan bioreaktorni foydali yuzasi 0,745 m² va 579,04 kWh/m²·yil energiya berish imkoniyatiga ega quyosh kollektori bilan kombinatsiyalashtirish orqali biogaz olish rejimi uchun zarur bo‘lgan energiyani kunduzgi vaqtda to‘liq quyosh energiyasi hisobidan qoplanishiga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 1 ta xalqaro 7 ta OAK ro‘yxatidagi jurnallarda, 8 ta xalqaro va respublika ilmiy – amaliy anjumanlarda muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 21 ta ilmiy ish chop etilgan bo'lib shu jumladan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 8 ta maqola, jumladan, 7 tasi respublika va 1 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan hamda xalqaro va respublika ilmiy – amaliy anjumanlarda 8 tezis, 1 ta monografiya, O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi intellektual mulk agentligidan 1 ta foydali modelga patent va EHM dasturiy mahsulotga 1 ta mualliflik guvohnomasi olingan.

Dissertatsiyaning hajmi va tuzilishi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya matni 120 betda keltirilgan.

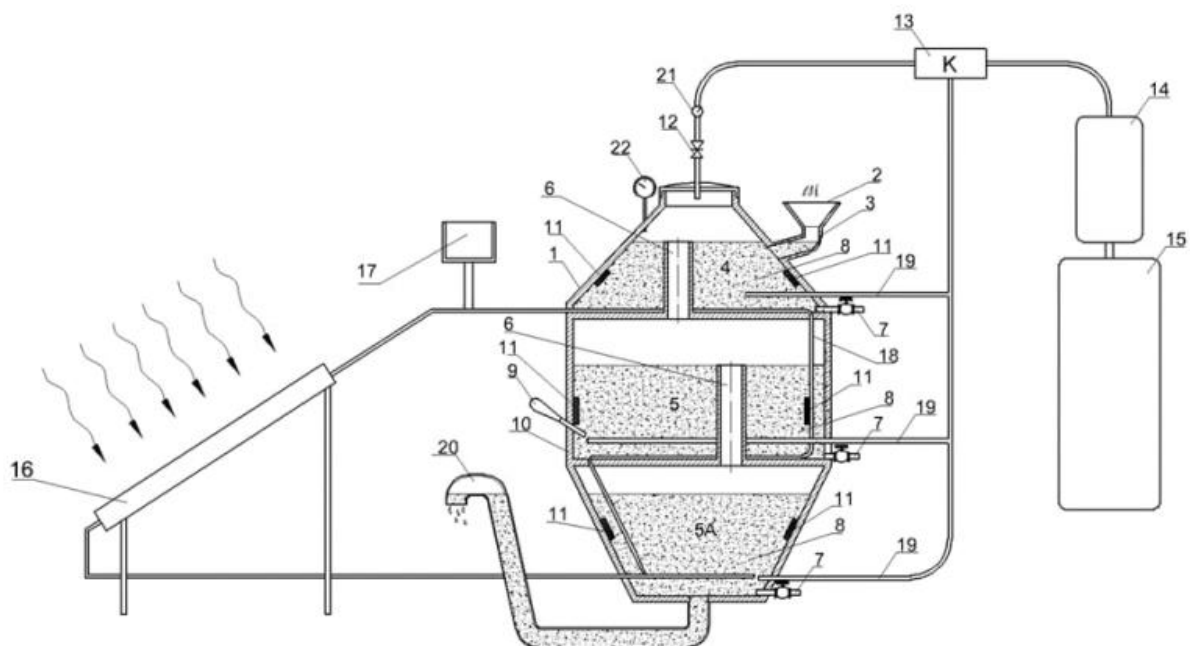
DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusininig dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, obykti va predmeti tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilinishi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Kichik quvvatli biogaz qurilmalari tahlili”** nomli birinchi bobida qishloq xo'jaligi chiqindilarini anaerob qayta ishlash muammosining hozirgi holati va qurilmalarini rivojlanish istiqbollari, kichik quvvatli biogaz qurilmalarida texnologik jarayonlar tasnifi va unga kechadigan issiqlik berish va massa almashinuv jarayonlari bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlari batafsil ko'rib chiqilgan. Jahonda va mamlakatimizda qo'llaniladigan biogaz qurilmalarining hozirgi holati baholanib, yuqori samarador kichik quvvatli biogaz qurilmalarini yaratishni talab qiladigan muammolar mavjud degan xulosaga kelindi.

Dissertatsiyaning **“Kichik quvvatli biogaz qurilmasining issiqlik-texnik parametrlarini nazariy tadqiq qilish”** deb nomlangan ikkinchi bobida kichik quvvatli biogaz qurilmasining yangi konstruksiyasi ishlab chiqilishi va o'rnatilishi, uning issiqlik texnik parametrlarini asoslash uchun amalga oshirilgan tadqiqotlar tahlil qilingan.

Kichik quvvatli quyosh biogaz qurilmasi (1-rasm) turli qisimli tizimdan iborat bo'lib, unga organik chiqindilarni dastlabki tayorlash uchun yuklash bo'g'zi, peshma-pesh bioreaktorga berish teshigi, bioreaktorning yuqori kesikkonussimon va pastki kesik konussimon qismlari, bosim va haroratni nazorat qilish datchiklari, issiqlik almashtirgich quvurlari hamda biogaz tozalagich kabi asosiy elementlar kiradi. Shuningdek, har bir bo'limdagi biomassa uchun alohida chiqarish kranlari, gaz olinadigan kranik va gazgolder o'rnatilgan.

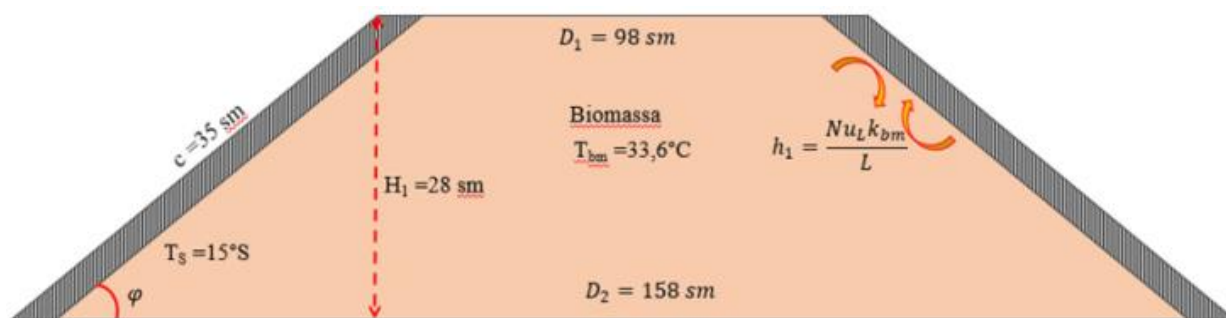


1-rasm. Bo‘lmali quyosh biogaz qurilmasining sxemasi

1-bioreaktor; 2, 3-biomassani yuklash bo‘g‘zi va grublovodi; 4, 5, 5A-reaktorning pag‘onalangan qismlari; 6-pog‘onalar aro biomassa quyadigan quvurlar; 7-bioreaktorning pog‘onali qismlaridan o‘rnatilgan chiqarish kranlari; 8-biomassa; 9-harorat datchigi yoki termometr; 10-reaktor izolya qismi; 11-FO‘M akkumulatori; 12-gaz olinadigan kranik; 13-kompressor; 14-gaz tozalagich; 15-gazgolder; 16-quyosh kollektori; 17-rasshiritelni bak; 18-issiqlik almashtirgich quvurlari; 19-barbataj quvurlari; 20-suyuq bioo‘g‘itni qisman chiqarish bo‘g‘zi; 21-gaz o‘lchagich; 22-manometr.

Qurilma ishlash prinsipi bo‘yicha, organik chiqindilar kundalik bazada to‘planadi va ularning miqdori bioreaktorning kundalik yuklama hajmidan uch barobar katta bo‘lishi kerakligi hisobga olindi. Yuklangan chiqindilar yuqori kesikkonusdan boshlanib, pastki kesik konusgacha harakatlanib, oxirgida yuqori samarali separatorda qayta ishlanadi. Bioreaktorning harorat va bosim rejimlari muhim ahamiyatga ega bo‘lib, ular biomassaning anaerob fermentatsiya jarayoni uchun optimal sharoitlarni ta’minlaydi.

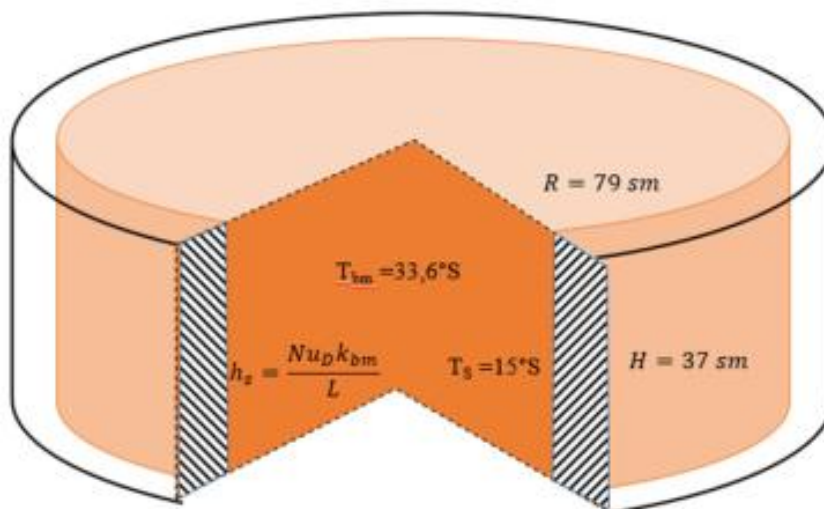
Bioreaktor kesikkonussimon qismining (2-rasm) ichki yuzasida konvektiv issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlash uchun bioreaktorda mavjud bo‘lgan bioreaktor va biomassaning kesikkonussimon shaklidagi qismining ichki yuzasi harorati bo‘yicha eksperimental ma’lumotlardan foydalaniladi. Bioreaktorning ichki yuzasi va ichidagi harorat ko‘rsatkichlarini tahlil qilish biologik fermentatsiya jarayonlarini o‘rganish va takomillashtirishda muhim hisoblanadi. 2-rasmda taqdim etilgan ma’lumotlardan, kesikkonusning yon yuzasi maydoni (A), $A = \frac{\pi}{2} \cdot c \cdot (D_1 + D_2)$, bu erda c kesik konusning yon tomon kesimi, D_1 va D_2 , yuqori va pastki asoslarining diametrlari, bu erda $A = 1,406 \text{ m}^2$. Kesikkonusning hajmi (V), $V = \frac{1}{12} \cdot \pi H_1 (D_1^2 + D_2^2 + D_1 \cdot D_2)$, bu erda H_1 - kesikkonusning balandligi, bu erda $V = 0,3667 \text{ m}^3$. Kesikkonusning yon tomonga og‘ish burchagi (ϕ) ni quyidagicha toppish mumkin, $\phi = \arccos \left(\frac{\sqrt{35^2 \text{cm}^2 - 28^2 \text{cm}^2}}{35 \text{cm}} \right) = 53,13^\circ$, bunda 0° va 60° orasida.



2-rasm. Bioreaktorning yuqori kesik konussimon qismi.

Suyuq biomassaning dinamik yopishqoqligi $\mu_{bm} = 0,002 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, biomassaning solishtirma issiqlik sig‘imi quyidagilarga teng $c_p = 4000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$, biomassaning issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti $\beta = 0,0003 \frac{1}{\text{K}}$, zichligi $\rho_{bm} = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$, biomassaning issiqlik o‘tkazuvchanligi $k_{bm} = 0,61 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$; bunda Gragsof soni $Gr_L = 5,41 \cdot 10^8$. Harakat miqdori diffuzivligining issiqlik diffuzivligiga nisbatini aks ettiruvchi Prandtl soni $Pr = 13,1$, Gragsof va Prandtl sonlarining hosilasi bo‘lgan Reley soni $Ra_L = Gr_L \cdot Pr = 7,1 \cdot 10^9$, bu Arximed kuchining ustunligini, harakat va issiqlik berish miqdorining nisbiy ahamiyatini, shuningdek tizimdagi konvektiv jarayonlarning potensialini ko‘rsatadi. Olingan ma‘lumotlarni (1) tenglamada almashtirish, chunki $Gr_L = 5,41 \cdot 10^8 < 10^9$, va Nusselt soni $\overline{Nu}_L = 0,67(Gr_L \cdot Pr)^{0,25} = 194,51$, kesik konussimon bioreaktorning ichki devor yuzasida issiqlik berish koeffitsiyenti $h = \frac{\overline{Nu}_L}{L} \cdot k_{bm} = 339,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ ga teng.

Vertikal silindrsimon bioreaktorlarda (3-rasm) issiqlik almashinuvi mikrobiologik faollikka ta‘sir qiladi, chunki bu jarayonda issiqlik berish biomassaning haroratiga jiddiy ta‘sir ko‘rsatadi. Konvektiv issiqlik berish bioreaktorning geometrik o‘lchamlari va ichki yuzalarining konfiguratsiyasiga katta ta‘sir ko‘rsatadi, bu esa oqim tuzilishi va konvektiv issiqlik berish tezligiga ta‘sir qiladi.



3-rasm. Bioreaktorning vertikal silind qismi

$$\overline{Nu}_D = \frac{1}{24} Ra_D \left(\frac{D}{H}\right) \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{35}{Ra_D \left(\frac{D}{H}\right)} \right] \right\}^{3/4} \quad (1)$$

bu erda Releyning o'rtacha qiymatlari va issiqlik berish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi

$$h_s = \frac{\overline{Nu}_D k}{D} \quad (2)$$

$$Ra_D = \frac{g\beta(T_s - T_b)\rho^2 c_p D^3}{k\mu} \quad (3)$$

3-tenglama gazlar uchun ishchi suyuqlik sifatida ishlab chiqilgan va uning amal qilish chegarasi:

$$\left[10^{-1} \leq Ra_D \left(\frac{D}{H}\right) \leq 10^5 \right] \quad (4)$$

diametri 158 sm, balandligi 37 sm va ichki devor harorati 5°C bo'lgan bioreaktorning silindrsimon qismida joylashgan biomassa uchun (3) tenglamaning qo'llanilishini tekshirish: ma'lumki, 33,6°C haroratda suyuq biomassaning dinamik yopishqoqligi $\mu_{bm} = 0,002 Pa \cdot s$, suyuq biomassaning o'ziga xos issiqlik sig'imi $c_p = 4000 J/(kg \cdot ^\circ C)$; issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti $\beta = 0,0003 \frac{1}{K}$; suyuq biomassaning zichligi $\rho_{bm} = 1000 kg/m^3$; suyuq biomassaning issiqlik o'tkazuvchanligi $k_{bm} = 0,61 W/(m \cdot ^\circ C)$ ga teng. Dastlabki ma'lumotlardan biz $Ra_D \left(\frac{D}{H}\right) = 4,65 \cdot 10^{12}$, uning qiymat diapazoni Reley raqami uchun tenglamani qo'llash shartidan tashqarida.

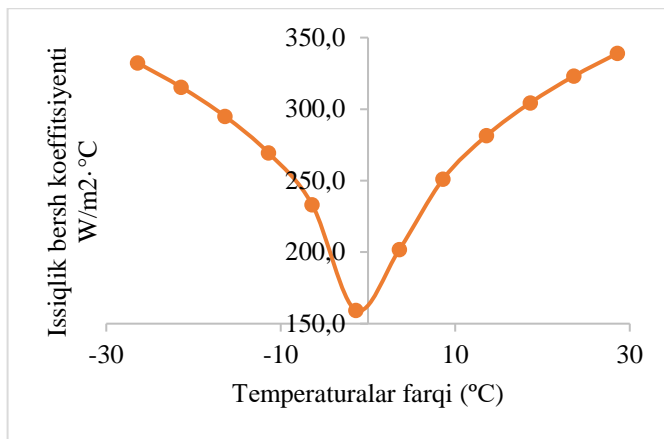
Yuqoridagi natijalardan bioreaktorning vertikal yo'naltirilgan silindrsimon qismida joylashgan suyuq biomassa uchun Nusselt va Reley sonining yanada barqaror korrelyatsiyasini ko'rib chiqish kerakligi aniq bo'ldi. Ushbu tekshiruvda, birinchi marta adiabatik gorizontalar devorlari, izotermik vertikal devorlari va issiqlik manbalarining to'liq bir xil taqsimlanishi bo'lgan silindrni anglatuvchi ideal holat uchun issiqlik berish koeffitsiyentini aniqlash uchun ishlatilgan.

$$Nu_D = 0,576 Ra_D^{0,2024} \left(\frac{D}{H}\right)^{0,186} \quad (5)$$

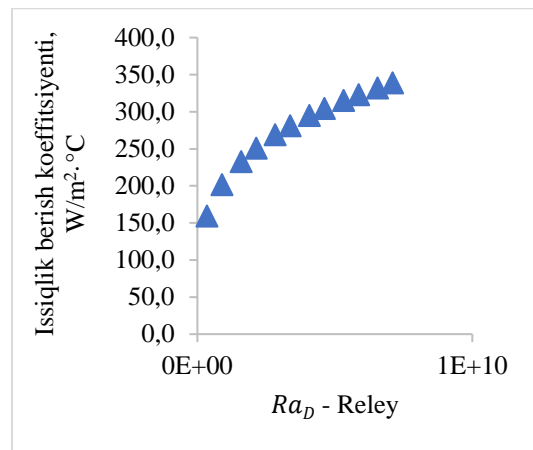
bu erda Releyning o'rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi

$$Ra_D = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_b) \rho^2 c_p \cdot D^3}{k \cdot \mu} \quad (6)$$

bunda $3 \cdot 10^{10} < Ra_D < 1 \cdot 10^{13}$. (5-rasm) Tomonlar nisbatining o'rganilayotgan jarayonga ta'siri Kulatskiy tomonidan olib borilgan tadqiqotlar natijalariga mos keladi. Bioreaktor devori yuzasi va biomassa harorati o'rtasidagi harorat farqi 28,6 °C dan -26,4 °C gacha o'zgarib, turli xil sharoitlarni qamrab olishi aniqlandi. Konvektiv issiqlik berish koeffitsiyenti harorat farqining oshishi bilan ortadi, bu esa yanada qizg'in issiqlik almashinuvini ko'rsatadi (4-rasm).

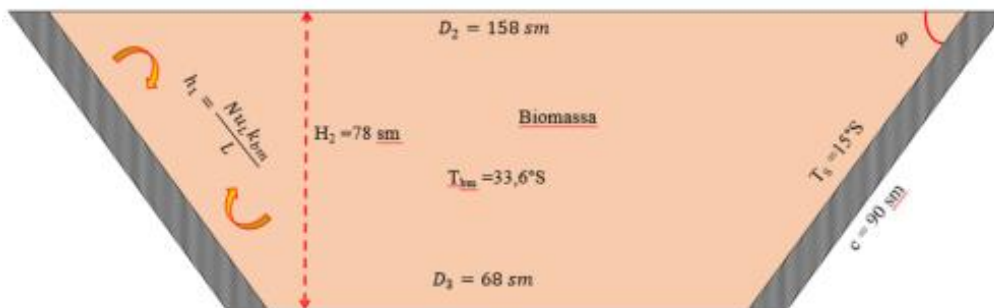


4-rasm. Bioreaktorning silindrsimon qismi ichki devorining yuzasida konvektiv issiqlik berish koeffitsiyentining biomassa va reaktor devorining yuzasi o'rtasidagi harorat farqiga bog'liqligi.



5-rasm. Bioreaktorning silindrsimon qismi devorining ichki yuzasida konvektiv issiqlik berish koeffitsiyentining Reley soniga bog'liqligi.

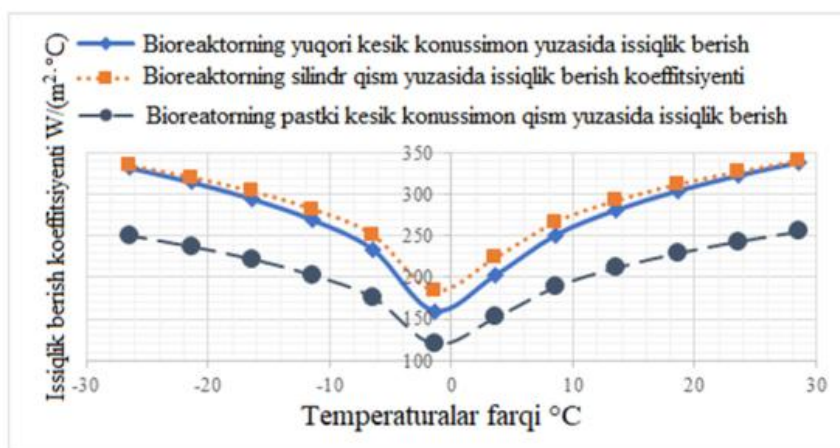
Bioreaktorning pastki kesikkonussimonning ichki yuzasida konvektiv issiqlik berish koeffitsiyentini hisoblash uchun (6-rasmga) bioreaktorning kesikkonussimon shaklidagi qismining ichki yuzasi harorati va reaktorda biomassa mavjudligi to'g'risida eksperimental ma'lumotlardan foydalaniladi.



6-rasm. Bioreaktorning pastki kesik konussimon shaklidagi qismi.

6-rasmda ko'rsatilgan bioreaktor qismining kesikkonus shaklida qilingan bo'limi rasmda keltirilgan ma'lumotlardan foydalanib tegishli kattaliklar aniqlanadi. Grasgof soni $Gr_L = 5,0 \cdot 10^9$, Prandtl soni $Pr = 13,11$, Reley soni, $Ra_L = Gr_L Pr = 6,53 \cdot 10^{10}$, Nusselt soni $Nu_L = 0,67 \cdot (Gr_L Pr)^{0,25} = 338,7$, bioreaktorning konussimon shaklidagi qismi devorining ichki yuzasida konvektiv issiqlik berish koeffitsiyenti $h_H = \frac{Nu_L \cdot k_{bm}}{L} = 229,6 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$, ga teng. Uchala holatda ham konvektiv issiqlik berish koeffitsiyenti harorat farqining pasayishi bilan kamayadi.

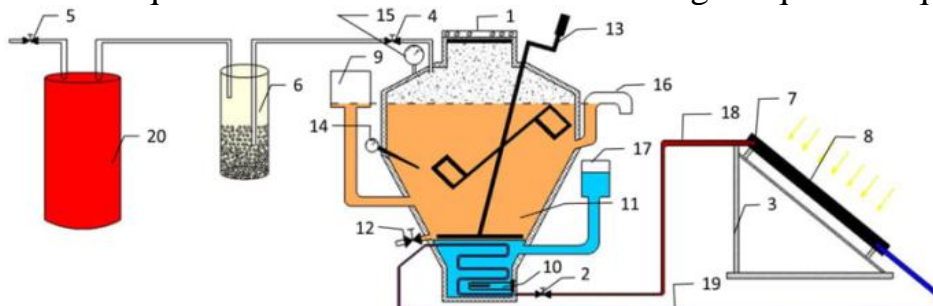
7-rasmdan ko'rish mumkinki, biomassaning suyuq holatidagi harorati va bioreaktorning turli qismlaridagi devor yuzalari o'rtasidagi harorat farqiga qarab issiqlik berish koeffitsiyenti o'zgaradi. Umuman olganda, harorat farqi oshgani sayin issiqlik berish koeffitsiyenti ham oshadi. Yuqori kesik konus yuzasi va silindr shaklidagi qismlardagi koeffitsiyentlar o'xshash va pastki kesik konus yuzasidagiga nisbatan yuqoriroq, bu qismlarda issiqlik almashinuvi samaradorligi yuqori ekanligini ko'rsatadi.



7-rasm. Konvektiv issiqlik berish koeffitsiyentlarining suyuq biomassa va bioreaktorning yuqori konusning, silindrsimon va pastki shaklining devor yuzasi orasidagi harorat farqiga bog‘liqligini taqqoslash

Taqdim etilgan ma’lumotlarni tahlil qilib, bioreaktorning turli bo‘limlari uchun issiqlik berish koeffitsiyentlarining haroratlar farqiga o‘zaro bog‘liqligi aniqlandi. Olib borilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra haroratlar farqi 28,6°C bo‘lganda bioreaktorning yuqori kesikkonusimon qismi uchun 339,0 W/m² · °C, silindrsimon qismda 339,7 W/m² · °C, va pastki kesikkonusimon qism uchun 255,7 W/m² · °C, agar haroratlar farqi -26,4°C bo‘lganida 332,3 W/m² · °C, 334,2 W/m² · °C, 250,6 W/m² · °C ga teng ekanligi aniqlandi.

Dissertatsiyaning “**Kichik quvvatli quyosh biogaz qurilmasida tajriba tadqiqotlari**” deb nomlangan uchinchi bobida anaerob sharoitda organik chiqindilarni qayta ishlash orqali olingan biogaz miqdorini aniqlash uchun mikrobial o‘shish modellarini logistik model asosida modifikatsiyalashning muhimligi ta’kidlangan. Anaerob fermentatsiyaning stabilligini ta’minlashda haroratning asosiy roli va quyosh energiyasidan foydalanishning biogaz olish imkoniyatlarini tezlashtirishdagi ahamiyati belgilangan. Shuningdek, bioreaktorga sutkalik yuklanadigan miqdorni bo‘lib yuklashning samaradorlikka ta’siri hamda kichik quvvatli biogaz qurilmalariga yuklanadigan organik chiqindilar tarkibini moslashtirish zarurligi urg‘ulangan. Ushbu bobda biogaz olish va organik o‘g‘it tayyorlash uchun zarur kimyoviy parametrlar-pH, umumiy ishqoriylik, uchuvchi yog‘li kislotalar miqdori va bioreaktor harorati o‘rtasidagi farqlar ham qayd etilgan.



8-rasm. Kichik quvvatli biogaz qurilmasi

1-bioreaktor; 2-issiq suv krani; 3-kollektor tagligi; 4,5-gaz krani; 6-filtir; 7-quyosh kollektori; 8-shisha plastinka; 9-biomassa solish quvuri; 10-tent; 11-biomassa; 12-o‘g‘it to‘la bo‘shatish krani; 13-aralashtirgich; 14-termoparra; 15-monometr; 16-qisman bo‘shatish quvuri; 17-sovuq suv idishi; 18-issiq suv turbinasi; 19-sovuq suv turbinasi; 20-gazgolder.

Qurilma asosiy qismlari orasida bioreaktor, quyosh kollektori (8-rasm), biogazni yig'ish va filtrlash sistemalari hamda haroratni nazorat qilish uskunalari mavjud. Ushbu tajriba–sinov qurilmasi anaerob jarayonni tezlashtirish va metanogenezni optimallashtirish imkonini beradi.



9-rasm. Kichik quvvatli biogaz qurilmasi



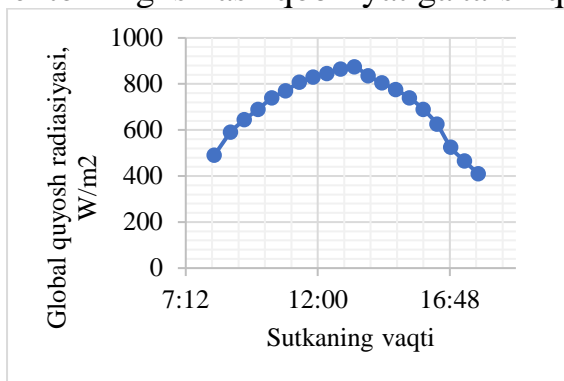
10-rasm. Tajribalar o'tkazish davrida haroratining $14 \pm 2^\circ\text{C}$ holatida pH miqdori 7,1 - 8,5 atrofida o'zgaruvchanligi holati

Ushbu bobda kichik o'lchamli biogaz qurilmasi (9-rasm № FAP 2440) bir tarkibli organik chiqindilarni anaerob sharoitda qayta ishlash uchun moslashtirilgan. Organik chiqindilar dastlab filtrlanadi va ularning namligi 90% dan 96% gacha sozlanadi. Bu jarayon uchun harorat 14°C dan 34°C gacha bo'lgan turli sharoitlarda sinalgan. Tajribalar 6 marotaba qaytarilib, bu orqali qurilmaning adaptatsiya davri va jarayon barqarorligi aniqlangan. Qurilmaning ishchi hajmi 1500 litr bo'lib, har bir bo'lim organik chiqindilar bilan aralashib ketmasdan, mustaqil ravishda ishlaydi. Bu tadqiqotda pH (10-rasm) kabi parametrlarni nazorat qilish metodlari qo'llanildi.

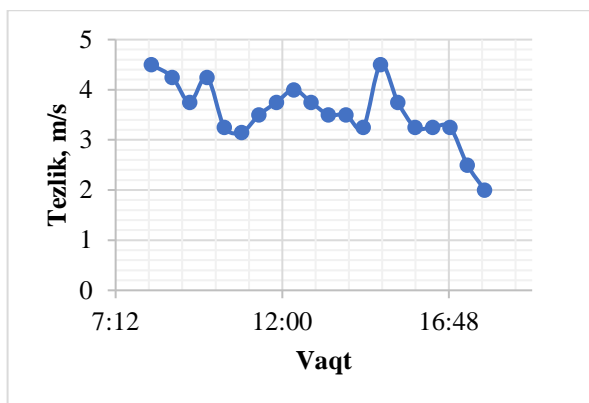
Tadqiqotlarda Buxoro shahridagi quyosh radiatsiyasi va atrof-muhit haroratini o'lchash uchun piranometr qurilmasidan foydalanilgan (11-rasm). Bu qurilma yordamida kunlik quyosh radiatsiyasi o'lchangan bo'lib, yoz oylarida uning maksimal qiymati 800 W/m^2 , minimal qiymati esa 200 W/m^2 ni tashkil qilgan (12-rasm). Shuningdek, kun davomida harorat ham kuzatilgan: ertalabki past haroratdan keyin tushga borib 40°C gacha ko'tarilib, keyin asta-sekin pasaygan. Tadqiqot davomida shamol tezligi ham kuzatilgan bo'lib, uning maksimal tezligi kun davomida 5 m/s ga yetgan (13-rasm). Bu ma'lumotlar Buxoroda joylashgan quyosh kollektorining samaradorligini aniqlashda qo'llanilgan, chunki quyosh radiatsiyasi, harorat va shamol tezligi kabi omillar kollektorning ishlash qobiliyatiga ta'sir qiladi.



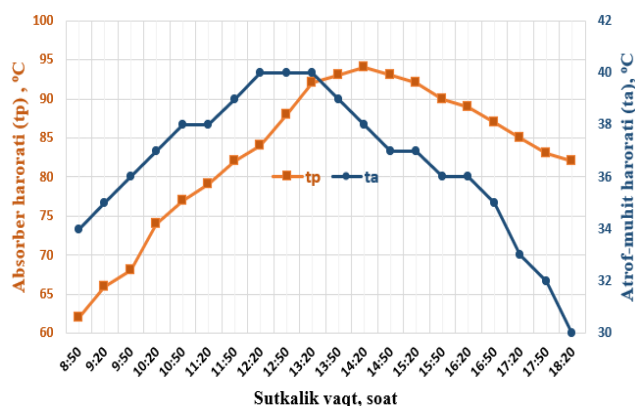
11-rasm. Quyosh kollektori qurilmasi



12-rasm. Buxoro shahridagi kunlik quyosh radiatsiyasining o'zgarishi



13-rasm. Shamol tezligining kunlik o'zgarishi

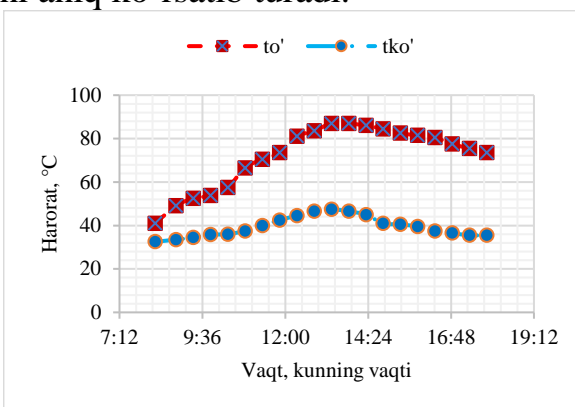


14-rasm. Absorber va atrof-muhit haroratining kunlik o'zgarishi

16-rasmdagi ma'lumotlar yassi quyosh kollektori orqali isitilgan suvning chiqish haroratini kunning ma'lum vaqtlaridagi o'zgarishlarini ko'rsatadi. Quyosh radiatsiyasining yuqori bo'lishi bilan suvning chiqish harorati ham oshadi. Tonggi soat 8:14 da harorat 40-42°C bo'lgan bo'lsa (16-rasm), kunning yuqori nuqtasida, ya'ni soat 13:20 da harorat 85-89°C ga chiqadi (16-rasm). Keyingi soatlarda quyosh intensivligining pasayishi bilan suv harorati ham asta-sekin pasayib, soat 17:50 da 73-74°C gacha tushadi. Bu dinamika suvning isishi va sovishi quyosh radiatsiyasi va kunning harorat rejimiga bog'liq ekanini aniq ko'rsatib turadi.



15- rasm. Haroratni o'lchash



16-pasm. Buxoro shahridagi quyosh kollektor harorat o'zgarish dinamikasi

Tadqiqotlarimizda yassi quyosh kollektori orqali isitilgan suvning kirish va chiqish harorati kun davomida monitoring qilindi (15-16 rasmlar). Suv haroratining kunlik o'zgarishi quyosh kollektoridan bioreaktorga qadar bo'lgan quvurlar orqali isitilgan suvni bioreaktor isitkichiga yo'naltirildi. Bu jarayonda harorat doimiy nazorat ostida ushlab turildi.

Quyosh kollektorining pastki yuzasi orqali energiya yo'qotishlari ketma-ket joylashgan R_1 va R_2 - qarshiliklari bilan ifodalanadi. R_1 – izolyatsiyaning termik qarshiligi, R_2 – konveksiya va atrof-muhitga nurlanish orqali ifodalanadigan termik qarshilik. Kollektorning pastki yuzasidagi izolyatsiya orqali yo'qotish koeffitsienti quyidagicha ifodalanadi

$$U_b = \frac{1}{R_1} = \frac{\lambda}{\delta}, \quad (7)$$

bu yerda λ va δ - izolyatsiyaning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti ($W/m \cdot K$) va qalinligi (m).

Kollektor pastki qismi orqali issiqlik yo'qotish koeffitsienti (issiqlik uzatish koeffitsienti) kollektorning gorizont bilan tashkil qilgan burchagiga (bog'liq bo'lib, ushbu burchakni 45° burchakdagi issiqlik yo'qotish koeffitsientiga ($U_t(45)$)) nisbatan quyidagicha yozishimiz mumkin.

$$\frac{U_t(\beta)}{U_t(45)} = 1 - (\beta - 45)(0,00259 - 0,00144\varepsilon_p), \quad (8)$$

bu yerda β - kollektorning gorizont bilan tashkil qilgan burchagi.

$U_t(45)$ uchun quyidagi empirik tenglama Kleyn tomonidan olingan Hottel Woertz usuli bilan $\pm 0,2 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ aniqlik bilan, 40 dan 130 $^\circ C$ gacha bo'lgan absorber harorati oralig'idagi U_t grafikalariga mos keladi.

$$U_t(45) = \left(\frac{N}{\left(\frac{344}{T_p}\right) \left[\frac{T_p - T_a}{N+f}\right]^{0,31}} \right)^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\varepsilon_p + 0,0425N(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + \left[\frac{2N+f-1}{\varepsilon_g}\right]^{-N}}, \quad (9)$$

(8) va (9) ifodalarni birgalikda yechib ixtiyoriy burchak ostida joylashgan suv isitish kollektorlari uchun issiqlik yo'qotilish koeffitsientini quyidagicha yoza olamiz:

$$U_t(\beta) = [1,11655 - 0,00259 \cdot \beta + (0,00144 \cdot \beta - 0,648)\varepsilon_p] \cdot \left[\left(\frac{N}{\left(\frac{344}{T_p}\right) \left[\frac{T_p - T_a}{N+f}\right]^{0,31}} \right)^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\varepsilon_p + 0,0425N(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + \left[\frac{2N+f-1}{\varepsilon_g}\right]^{-N}} \right], \quad (10)$$

bu yerda N -shisha qoplamalar soni, $f = (1,0 + 0,04h_w + 5 \cdot 10^{-4}h_w^2)(1 + 0,058N)$; $\varepsilon_g = 0,88$ - shishaning qoralik darajasi; ε_p - absorberning qoralik darajasi, T_a - atrof-muhit harorati, K; T_p - absorber harorati, K; h_w - atrof-muhitga konvektiv issiqlik berish koeffitsienti ($W/m^2 \cdot K$) bo'lib, shamolning tezligiga bog'liq holda quyidagicha aniqlanadi.

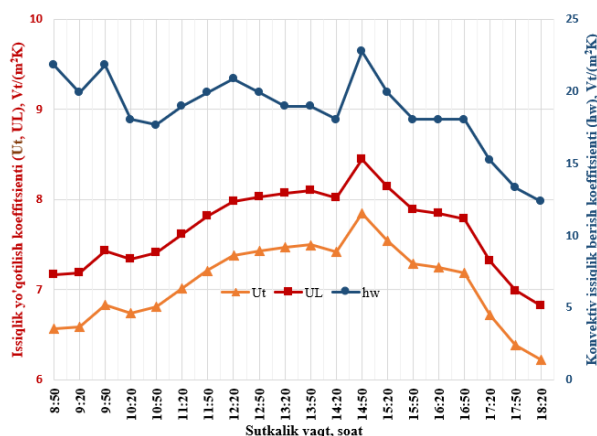
$$h_w = 5,7 + 3,8w. \quad (11)$$

Umumiy issiqlik yo'qotilish koeffitsienti izolyatsiya qatlami va kollektor pastki qismlari orqali issiqlik yo'qotilish koeffitsientlariga teng bo'lib, quyidagicha ifodalash mumkin.

$$U_L = U_t + U_b \quad (12)$$

Tadqiqot obyektidagi suv isitish kollektori quyidagi parametrlarga ega: bitta oyna qoplamali ($N=1$), absorber va shisha orasidagi masofa 2,5 sm, absorber qoralik darajasi $\varepsilon_p = 0,95$, izolyatsiya qalinligi $\delta = 5$ sm, izolyatsiyaning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $\lambda = 0,03 W/(m \cdot ^\circ C)$, kollektorning gorizontga nisbatan burchagi $\beta = 39,5^\circ$. Atrof muhit va absorber harorati (14-rasm), quyosh radiatsiyasi (12-rasm) hamda shamol tezligi (13-rasm) qiymatlari tajribada aniqlangan bo'lib, yuqoridagi grafiklarda ifodalangan.

(7)-(12) ifodalardan foydalanib quyosh suv isitish kollektorining issiqlik-texnik parametrlarini ifodalovchi tadqiqot natijalari 17-rasmda ifodalandi.



17-rasm. Quyosh suv isitish kollektorining issiqlik-texnik parametrlari

17-rasmdagi hisoblash natijalaridan ko'rish mumkinki, tashqi havo harorati va shamol tezligini sutkalik o'zgarishi natijasida absorber harorati ham o'zgarishi kollektor orqali konvektiv issiqlik berish koeffitsienti (o'ng ordinata o'qi) ham, orqa sirt orqali issiqlik yo'qotilish koeffitsienti va umumiy issiqlik yo'qotilish koeffitsienti (chap ordinata o'qi) ham o'zgarib boradi.

Quyosh suv isitish kollektorining samaradorligi (FIK) qurilmadan olinayotgan issiqlik energiyasining kollektor yuza birligiga tushayotgan quyosh nurlanishi quvvatiga nisbatiga teng

$$\eta_{kol} = \frac{Q_{kol}}{q_{nur}A_{kol}} \quad (13)$$

bu yerda q_{nur} – quyosh nurlanish intensivligi, W/m^2 ; A_{kol} – kollektor yuzasi, m^2 ; Q_{kol} – quyosh kollektoridan olinadigan foydali energiya (W) bo'lib, issiqlik yo'qotishlari va tiniq yuzaning optik xususiyatlarini hisobga olib quyidagicha yozish mumkin:

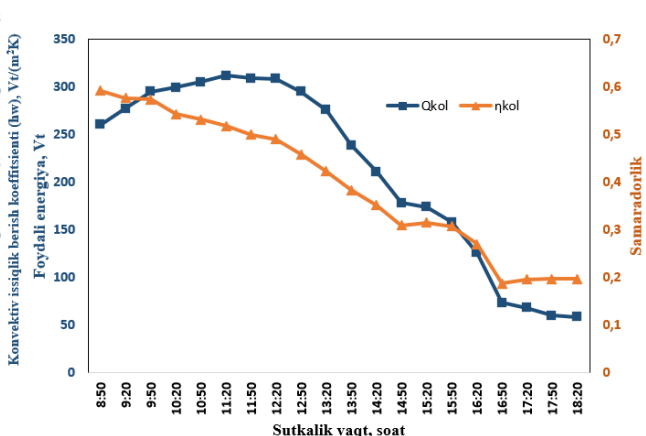
$$Q_{kol} = q_{nur}(\alpha\tau)A_{kol} - U_L A_{kol}(T_p - T_a) = G_s C_c(t_s'' - t_s') \quad (14)$$

(13) va (14) bog'liqliklardan kelib chiqib, quyosh kollektorining FIK hisoblash uchun ifoda quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\eta_{kol} = (\alpha\tau) - \frac{U_L(T_p - T_a)}{q_{nur}} = \frac{G_s C_c(t_s'' - t_s')}{q_{nur}A_{kol}} \quad (15)$$

12, 13, 14 va 17-rasmdagi tadqiqot va hisoblash natijalari asosida quyosh kollektoridan olinadigan foydali energiya hamda uning samadorligini hisoblash natijalarini 18-rasmda ifodalaymiz.

Past haroratli rejimlarda ishlaydigan biogaz qurilmalarida biogaz tarkibining iqtisodiy samaradorligini oshirish maqsadida psixrofil va mezofil harorat rejimlarida metan ulushi kuzatildi. Organik chiqindilarni yuklashda, turli tarkibli materiallardan olinadigan biogaz tarkibi va ularning metan miqdori tahlil qilindi. Bu jarayonda metan asosiy tarkibiy qism sifatida aniqlandi va uning miqdori turli organik chiqindilarda turlicha bo'lishi ma'lum bo'ldi. Shuningdek, harorat va uchuvchan yog'li kislotalar miqdorining me'yoriy ko'rsatkichlariga mos kelishi talab etiladi. Bioreaktorning tashqi tomonidan issiqlikdan himoyalash materiali bilan qoplanishi issiqlik yo'qotishlarini oldini oldi va havoning sovuq kunlarida ham bioreaktorning



18-rasm. Quyosh kollektoridan olinadigan foydali energiya va samaradorligining vaqt bo'yicha o'zgarishi

ishlashini ta'minladi. Quyosh kollektori esa issiqlikni samarali ta'minlab, bioreaktordagi biomassani optimal haroratda saqlashga yordam berdi.

Dissertatsiyaning to'rtinchi bobi **“Kichik quvvatli biogaz qurilmasining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari”** texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarga bag'ishlangan. Tadqiqot natijalari ko'rsatishicha, kichik quvvatli biogaz qurilmasining erishilgan issiqlik yo'qotish koeffitsiyenti $0,024 \frac{m^2 \cdot K}{vt}$ qiymatga ega. Yuqori konussimon qism uchun issiqlik qarshiligi $0,045 \frac{m^2 \cdot K}{vt}$, silindrsimon o'rta qism uchun $0,0445 \frac{m^2 \cdot K}{vt}$, va pastki konussimon qism uchun $0,0484 \frac{m^2 \cdot K}{vt}$ ekanligi aniqlangan. Bioreaktorni qayta rekonstruksiya materiallari tanlandi va har bir bo'limning izolyatsiya qalinligi optimal varianti ishlab chiqildi. Yuqori, pastki va silindrsimon qismlar uchun optimal izolyatsiya qalinligi mos ravishda 0,125 m, 0,10 m va 0,262 m ekanligi aniqlandi.

Bioreaktorni isitish uchun zarur yillik energiya iste'moli ko'rsatkichi izolyatsiya qilingandan keyin 559,9 kWh gacha pasaygan. Bioreaktorning jami energiya iste'moli hisoblanib, shuningdek Kichik quvvatli biogaz qurilmasining umumiy issiqlik yo'qotilishining matematik modeli ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan bioreaktor uchun quyosh kollektorining yuzasi uchun optimal o'lcham $0,745 m^2$ bo'lib, tegishli narxi 521,633 so'mni tashkil etadi. Uning yillik foydali issiqlik ishlab chiqarishi $579,04 kWh/m^2 \cdot yil$ tashkil qildi. Optimal izolyatsiya qatlamini qo'llash natijasida CO₂ ning yillik emissiyasi 56892 kg ga sezilarli darajada kamaydi. Kichik quvvatli bioreaktorning qayta rekonstruksiya xarajatlari 1,010,831 so'mni tashkil etadi va yiliga $932,535 m^3/yil$ biogaz ishlab chiqarishni, mos keladigan issiqlik qiymati esa 3911,6 kWh/yil tashkil qildi. Ushbu investitsiyalar bo'yicha hisoblangan o'zini qoplash muddati 1,05 yil, bu esa investitsiyalarning nisbatan tez qaytarilishini ko'rsatadi.

XULOSA

“Kichik quvvatli biogaz qurilmasining issiqlik-texnik parametrlarini asoslash” mavzusi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar taklif qilindi:

1. Kichik quvvatli biogaz qurilmasida organik chiqindilarni aralashtirishda suyuqlik oqimi tezligini ikki barobar oshirish issiqlik almashinuvini 1,75 baravarga oshirishi mumkin, bu holatda suyuqlikdagi qarshilik kuchi 3,4 barobarga ortishi aniqlandi.

2. Mezofil issiqlik rejimida (30-40°C) bioreaktor ichidagi suyuq biomassaning me'yoriy haroratda ushlab turilishida harorat farqi o'zgarishi bilan konvektiv issiqlik berish koeffitsiyentlari ham o'zgaradi, bunda eng kichik koeffitsiyent $152,3 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 3,6°C da pastki kesik konus uchun, eng yuqori koeffitsiyent esa $332,3 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ -26,4°C da yuqoridagi kesik konusda $334,22 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ekanligi aniqlandi.

3. Taklif qilingan bioreaktorning yuqori konussimon qismi-ning issiqlik qarshiligi $0,045 \frac{m^2 \cdot K}{vt}$, silindrsimon o'rta qism uchun $0,0445 \frac{m^2 \cdot K}{vt}$ va pastki

konussimon qism uchun $0,0484 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{vt}}$ deb aniqlangan. Bu ko'rsatkichlar issiqlik yo'qotishlarini minimallashtirishga erishildi.

4. Yillik gorizontal quyosh nurlanishi 1766 kWh/m^2 bo'lganda, quyosh kollektorlari orqali bioreaktorni samarali isitish imkoniyatini yaratildi va optimal o'lchamdagi quyosh kollektori $0,745 \text{ m}^2$ yillik foydali issiqlik ishlab chiqarishni $579,04 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yil}$ ga yetkazish imkoniyati yaratildi.

5. Optimal izolyatsiya qatlamini qo'llash natijasida CO_2 ning yillik emissiyasi 56892 kg ga kamaygan, bu atrof-muhitga zararni kamaytirish va energiya samaradorligini oshirishga erishildi.

6. Bioreaktorning qayta rekonstruksiya harajatlari umumiy $1\,010\,831$ so'mni tashkil etadi. Yillik biogaz ishlab chiqarish hajmi $932,535 \text{ m}^3/\text{yil}$ ni, mos ravishda issiqlik qiymati esa $3911,6 \text{ kWh/yil}$ ni tashkil qiladi. Bu investitsiyalarning taxminan $12,6$ oy ichida qaytarilishiga asoslandi.

7. Bioreaktorning yuqori, pastki va silindrsimon qismlari uchun optimal izolyatsiya qalinligi mos ravishda $0,125 \text{ m}$, $0,10 \text{ m}$ va $0,262 \text{ m}$ deb aniqlangan. Ushbu optimallashtirishlar bioreaktor samaradorligini oshirish va issiqlik yo'qotishlarini kamaytirishga hissa qo'shadi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ КАРШИНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

МАЖИТОВ ЖУРАБЕК АЛТИБОВЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

05.05.06- Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Карши – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за 2023.4.PhD/Г1157

Диссертация выполнена в Бухарском инженерно-технологическом институте.

Автореферат диссертации написан на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)), размещен на веб-странице Научного совета (www.qmii.uz) и на информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: **Имомов Шавкат Жахонович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Искандаров Зафар Самандарович**
доктор технических наук, профессор

Эргашев Шахриёр Хамудиллаевич
доктор философии по техническим наукам, доцент

Ведущая организация: **Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова**

Защита диссертации состоится «18» 01 2025 года в 15⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.T.111.03 при Каршинском инженерно-экономическом институте. Адрес: 180100, г.Карши, ул. Мустакиллик, 225. Конференц-зал Каршинского инженерно-экономического института. Тел/факс: (75) 224-02-89; e-mail: kiei_info@edu.uz, Конференц-зал Каршинского инженерно-экономического института.

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Каршинского инженерно-экономического института (зарегистрирована №133). Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Тел/факс: (75) 224-02-89/224-13-95. Каршинский инженерно-экономический институт.

Автореферат диссертации разослан «26» 12 2024 года.
(реестр протокола рассылки №28 от «26» 12 2024 года).



Г.Н. Узатов

Председатель Научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

Х.А. Давлонов

Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., доцент

Б.Уришев

Председатель научного семинара
при Научном совете по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Для повышения энергоэффективности систем бесперебойного энергоснабжения потребителей в мире придается особое значение вопросам использования энергосберегающих технологий на основе возобновляемых источников энергии, в том числе солнечных биогазовых установок. Согласно данным о динамике потребления природного газа, в настоящее время ежегодный прирост населения планеты составляет 83 миллиона человек и в соответствии с этим, мировой спрос на природный газ увеличивается на 43 миллиона кубометров. Прогнозируется, что в течение ближайшего 21 года объем используемого газа метана возрастет в 3 раза³. Именно поэтому при обеспечении населения природным газом уделяется особое внимание повышению энергетической эффективности солнечных биогазовых установок.

В мире проводятся научно-исследовательские работы, нацеленные на совершенствование конструкций биогазовых установок, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии, а также на повышение производительности и оптимизацию теплотехнических параметров таких установок. В этом направлении приоритетными считаются, в частности, исследования по определению рациональных конструктивных параметров солнечных биогазовых установок, моделированию процессов теплообмена в установке, повышению энергоэффективности биогазовой установки. Вместе с тем, к числу актуальных задач в данной сфере относятся создание энергосберегающей конструкции биогазовой установки малой мощности, обеспечивающей эффективное течение процесса сбраживания посредством секционной переработки органических отходов в анаэробных условиях, и оптимизация ее основных энергетических параметров.

В нашей республике осуществляется научно-исследовательская работа по развитию системы снабжения топливом жилых домов сельского населения с использованием различных видов возобновляемой энергии, совершенствованию технологий подготовки биогаза, в том числе по повышению энергоэффективности биогазовых установок малой мощности, обеспечивающих экономию природных топливных ресурсов.

В постановлении Президента Республики Узбекистан от 2 декабря 2022 года №ПП-436 “О мерах по повышению эффективности реформ, направленных на переход Республики Узбекистан на «зеленую» экономику до 2030 года” намечены приоритетные задачи по развитию использования возобновляемых источников энергии⁴. В частности, предусмотрены экономия топливно-энергетических ресурсов в отраслях экономики в 2022- 2026 годах, расширение использования возобновляемых источников энергии, снижение выбросов парниковых газов на 35%, увеличение мощности возобновляемых источников энергии до 15 ГВт и доведение их доли в общем объеме

³ <https://www.iea.org/reports/renewables-2023/special-section-biogas-and-biomethane>

⁴ Постановление Президента Республики Узбекистан от 2 декабря 2022 года №ПП-436

производства электрической энергии до более 30 процентов, повышение энергоэффективности на 20 процентов. В процессе реализации этих задач одним из наиболее актуальных научно-технических вопросов является вопрос создания и внедрения солнечных биогазовых установок малой мощности.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, сформулированных в Законе Республики Узбекистан от 21 мая 2019 года № ЗРУ-539 “Об использовании возобновляемых источников энергии”, указе Президента Республики Узбекистан от 9 сентября 2022 года №УП-220 “О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности”, постановлении Президента от 22 августа 2019 года №ПП-4422 “Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии”, а также других нормативных документах, принятых в этой сфере.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики IV. «Развитие методов использования возобновляемых источников энергии, создание технологий и устройств на основе нанотехнологии, фотоники и других передовых технологий».

Степень изученности проблемы. Большой вклад в развитие научных исследований по разработке энергоэффективных технологий биогазовых установок, предназначенных для переработки органических отходов, внесли такие известные зарубежные ученые, как G.Anuroji, академик Б.Дубровский, профессора E.Viyestur, E.Pansexava, M.Denis, B.Gandu, G.Ananashivilli, ученые микробиологи K.Sandiya, K.Kurti, Hajo Nayegele, J.Porter, Г.Никитин и другие.

В нашей республике научные изыскания по совершенствованию и повышению эффективности технологии получения возобновляемой энергии из органических отходов проводили известные ученые О.Салимов, Ш.Имомов, Г.Узоков, Б.Рахматов, О.Комилов, Х.Давлонов. В частности, ими выполнены научно-исследовательские работы по ступенчатой переработке в биогазовых установках, загрузке в биореактор измельченных органических отходов, повышению качества получаемых биогаза и биоудобрения.

Несмотря на достигнутые положительные результаты, такие аспекты темы, как моделирование процессов тепло- и массообмена, протекающих в биогазовых установках малой мощности, зависимость теплофизических свойств от температуры, оценка и обоснование годовых энергетических показателей рассматриваемого малого биореактора, исходя из энергетических, экономических и экологических показателей, изучены недостаточно.

Связь диссертационного исследования с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в

соответствии с планом научно-исследовательской работы Бухарского инженерно-технологического института в рамках инновационного проекта BV-Itex-2018-37 «Внедрение установки по переработке органических отходов для получения высококачественных удобрений и биогаза в сельской местности» (2018-2020 г.г.).

Цель исследования заключается в обосновании теплотехнических параметров биогазовой установки малой мощности, перерабатывающей биомассу термическим способом в анаэробной среде.

Задачи исследования:

разработка и проведение теплотехнических испытаний солнечной биогазовой установки малой мощности, предназначенной для переработки биомассы в анаэробной среде;

моделирование процессов теплообмена и расчет теплового сопротивления в реакторе солнечной биогазовой установки малой мощности;

экспериментальное исследование конвективного теплообмена в биореакторе в мезофильном температурном режиме и определение значений коэффициента конвективной теплоотдачи;

обоснование энергоэффективности и теплотехнических параметров биогазовой установки с солнечным коллектором в мезофильном температурном режиме;

определение технико-экономических и экологических показателей солнечной биогазовой установки малой мощности.

Объекта исследования является солнечная биогазовая установка малой мощности для анаэробной переработки органических отходов, а также теплотехнические параметры данной установки.

Предметом исследования являются температурный режим анаэробного сбраживания, а также процессы тепло- и массообмена в экспериментальной солнечной биогазовой установке малой мощности.

Методы исследования. В исследовательской работе использованы методы математического моделирования теплообменных процессов, а при расчете коэффициентов теплоотдачи между наружными стенками, покрытиями биогазовой установки малой мощности и биомассой для аналитической и экспериментальной проверок рекомендованных моделей – метод эмпирического доказательства.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана технологическая схема биогазовой установки малой мощности, которая основана на комбинировании солнечного коллектора и биореактора и позволяет получать из биомассы максимальное количество биогаза;

впервые разработана энергосберегающая солнечная биогазовая установка малой мощности, обеспечивающая эффективное течение процессов сбраживания посредством секционной переработки органических отходов в анаэробных условиях (FAP 2440);

разработана математическая модель, которая основана на геометрических параметрах биореактора, предназначенного для фракционной обработки биомассы в мезофильном температурном режиме, коэффициенте конвективной теплоотдачи с учетом разницы температур биомассы и окружающей среды, а также на уравнениях теплопередачи, позволяющих рассчитать оптимальные значения теплового сопротивления;

получено эмпирическое уравнение, которое позволяет рассчитать коэффициент теплопотерь через нижнюю часть плоского солнечного коллектора, обеспечивающего теплом биогазовую установку, исходя из угла наклона коллектора к горизонту, материала абсорбера и температуры окружающей среды.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: создана энергосберегающая конструкция биогазовой установки малой мощности, обеспечивающая эффективное протекание процесса анаэробного сбраживания посредством секционной переработки органических отходов;

путем интеграции солнечных коллекторов достигнуто повышение энергетической эффективности биогазовой установки и ускорение процесса производства биогаза.

Достоверность результатов исследования подтверждается использованием общепризнанных современных исследовательских методов, проведением экспериментов в естественных условиях с применением опробованных методов и средств, соответствием полученных результатов расчетным результатам.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в том, что получено эмпирическое уравнение, которое позволяет рассчитать коэффициент теплопотерь через нижнюю часть плоского солнечного коллектора, обеспечивающего теплом биогазовую установку, исходя из угла наклона коллектора к горизонту, материала абсорбера и температуры окружающей среды.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработана энергосберегающая солнечная биогазовая установка, обеспечивающая эффективное протекание процесса анаэробного сбраживания посредством секционной переработки органических отходов.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов исследования по обоснованию теплотехнических параметров биогазовой установки малой мощности:

в центре интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан получен патент на полезную модель «Солнечной биогазовой установки», предназначенной для переработки в анаэробной среде органических отходов жилых домов сельского населения и животноводческих фермерских хозяйств (№FAP 2440, 2024 год). В результате достигнуто обеспечение оптимального и непрерывного изотермического режима процесса получения биогаза путем использования теплоты солнечного

излучения, фазопереходного теплового аккумулятора и солнечного коллектора;

энергосберегающая солнечная биогазовая установка, обеспечивающая эффективное протекание процесса анаэробного сбраживания посредством секционной переработки органических отходов внедрена в ООО «BUXORO AGROKLAster CHORVA» Караулбазарского района Бухарской области (Справка Национального центра знаний и инноваций в сельском хозяйстве при Министерстве сельского хозяйства Республики Узбекистан от 3 июля 2024 года №05/04-04-302). В результате посредством комбинирования биореактора малой мощности с оптимальной толщиной изоляции для каждого сегмента, то есть 12,5 см – для верхней, 10 см – для нижней и 26,2 см – для цилиндрической частей, с солнечным коллектором с площадью полезной поверхности 0,745 м² и годовой мощностью производства энергии 579,04 кВт·ч/м²·год, достигнуто покрытие в дневное время потребности в энергии, необходимой для режима получения биогаза, полностью за счет солнечной энергии.

Апробация результатов исследований. Результаты данного исследования прошли обсуждение в 1 международном журнале и 7 журналах из списка ВАК, а также на 8 международных и республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликована в общей сложности 21 научная работа, в частности, 8 научных статей опубликовано в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан к публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 7 – в республиканских, 1 – в зарубежном. В сборниках материалов международных и республиканских научно-практических конференций опубликовано 8 тезисов, 1 монография, от Агентства интеллектуальной собственности Министерства юстиции Республики Узбекистан получены 1 патент на полезную модель и 1 авторское свидетельство на программный продукт ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность проведенного исследования, сформулированы цель и задачи, охарактеризованы объект и предмет исследования, показано его соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием “Анализ биогазовых установок малой мощности” описывается современное состояние проблемы анаэробной переработки сельскохозяйственных отходов и перспективы развития соответствующего оборудования, приводится классификация технологических процессов, происходящих в биогазовых установках малой мощности, подробно рассматривается научно-исследовательская работа по изучению протекающих в них процессов теплоотдачи и массообмена. Также проведена оценка нынешнего уровня биогазовых установок, используемых в нашей стране и мире, сформулирован вывод о наличии проблем, требующих создания высокоэффективных биогазовых установок малой мощности.

Во второй главе диссертации, озаглавленной “Теоретическое исследование теплотехнических параметров биогазовой установки малой мощности”, проанализированы исследования по разработке и установке новой конструкции биогазовой установки малой мощности, обоснованию ее теплотехнических параметров.

Биогазовая установка малой мощности (рис.1) представляет собой систему разнообразных компонентов, основными элементами которой являются загрузочная горловина для загрузки органических отходов с целью их предварительной подготовки, отверстие для последовательной подачи сырья в биореактор, верхняя и нижняя усеченноконусообразные части биореактора, датчики контроля давления и температуры, трубчатый теплообменник, устройство очистки биогаза. Вместе с тем, на установке имеются краны выгрузки биомассы отдельно на каждой ступени, краник получения газа, газгольдер.

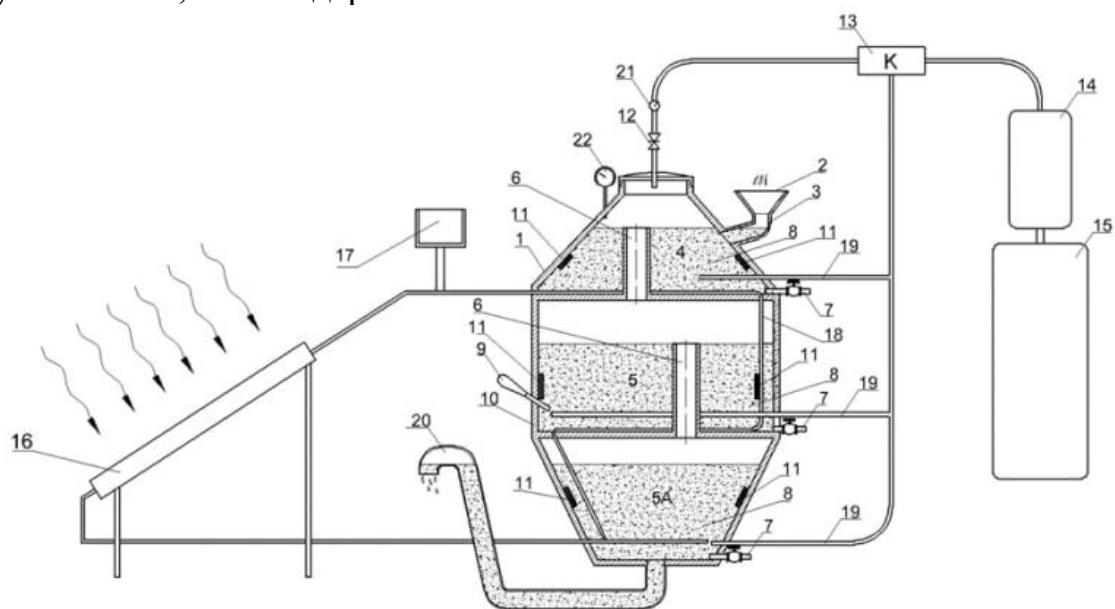


Рис.1. Схема секционной солнечной биогазовой установки

1-биореактор; 2, 3-горловина и труба загрузки биомассы; 4, 5, 5А- секции-ступени реактора; 6-межсекционные трубы заливки биомассы; 7-выпускные краны, установленные на секциях биореактора; 8-биомасса; 9-датчик температуры или термометр; 10-изоляционная часть реактора; 11- Аккумулятор с фазопереходным материалом; 12-кран отбора газа; 13-компрессор; 14- устройство для очистки газа; 15-газгольдер; 16-солнечный коллектор; 17-расширительный бак; 18-трубчатый теплообменник; 19-барботажные трубы; 20- выгрузная горловина для частичной выгрузки жидких биоудобрений; 21-газовый счетчик; 22-манометр.

Согласно принципу работы установки, органические отходы ежедневно накапливаются на базе, при этом учитывается, что их количество должно в три раза превышать объем суточной загрузки биореактора. Переработка загруженных отходов начинается в верхней усеченноконусообразной части и продолжается по мере их перемещения к нижней усеченноконусообразной части биореактора, а в конце они перерабатываются в высокоэффективном сепараторе. Важное значение имеет температурный режим и режим давления в биореакторе, так как они обеспечивают оптимальные условия для процесса анаэробного сбраживания биомассы.

Для определения коэффициента конвективной теплоотдачи на внутренней поверхности усеченноконусообразной части биореактора (рис.2) используются экспериментальные данные по температуре внутри реактора, содержащейся в нем биомассы и внутренней поверхности усеченноконусообразной части биореактора. Анализ показателей температуры внутренней поверхности и внутри реактора считается важным шагом в изучении и совершенствовании процессов биологической ферментации. По данным, приведенным на рис.2, площадь боковой поверхности усеченного конуса (A) равна $A = \frac{\pi}{2} \cdot c \cdot (D_1 + D_2)$, где c – образующая боковой поверхности усеченного конуса, D_1 и D_2 , – диаметры оснований усеченного конуса, при этом $A = 1,406 \text{ м}^2$. Объем усеченного конуса (V), $V = \frac{1}{12} \cdot \pi H_1 (D_1^2 + D_2^2 + D_1 \cdot D_2)$, где H_1 – высота усеченного конуса, при этом $V = 0,3667 \text{ м}^3$. Угол наклона образующей боковой поверхности усеченного конуса к плоскости его основания (ϕ) можно определить следующим образом: $\phi = \arccos\left(\frac{\sqrt{35^2 \text{ см}^2 - 28^2 \text{ см}^2}}{35 \text{ см}}\right) = 53,13^\circ$, при этом его значение будет между 0° и 60° .

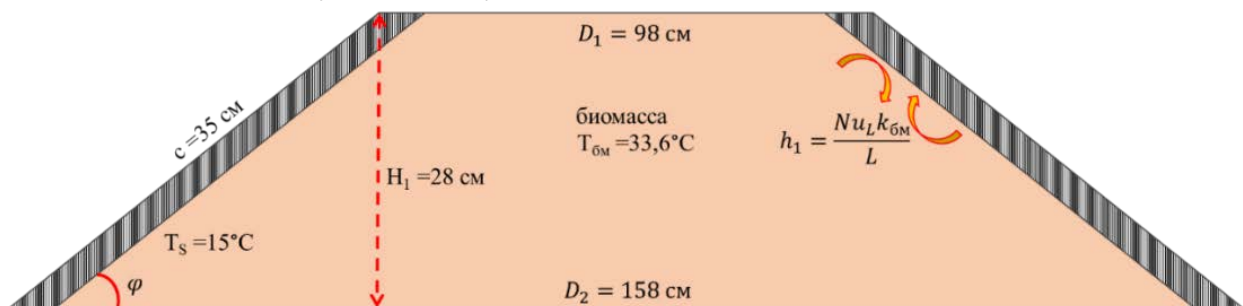


Рис.2. Верхняя усеченноконусообразная часть биореактора

Динамическая вязкость жидкой биомассы $\mu_{bm} = 0,002 \text{ Па} \cdot \text{с}$, удельная теплоемкость биомассы равна $c_p = 4000 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, коэффициент теплового расширения биомассы $\beta = 0,0003 \frac{1}{\text{К}}$, плотность $\rho_{bm} = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, теплопроводность биомассы $k_{bm} = 0,61 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$; при этом число Грасгофа $Gr_L = 5,41 \cdot 10^8$. Число Прандтля, отражающее отношение диффузии импульса к диффузии тепла, составляет $Pr = 13,1$, число Рэлея как производное от чисел Грасгофа и Прандтля $Ra_L = Gr_L \cdot Pr = 7,1 \cdot 10^9$, что

показывает превосходство силы Архимеда, относительное значение импульса и теплоотдачи, а также потенциал конвективных процессов в системе.

Заменяем полученные данные в уравнении (1), так как $Gr_L = 5,41 \cdot 10^8 < 10^9$, и число Нуссельта $\overline{Nu}_L = 0,67(Gr_L \cdot Pr)^{0,25} = 194,51$, коэффициент теплоотдачи на поверхности внутренних стенок усеченноконусообразного биореактора равен $h = \frac{\overline{Nu}_L}{L} \cdot k_{bm} = 339,0 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$.

В вертикальных цилиндрических биореакторах (рис.3) теплообмен влияет на микробиологическую активность, поскольку в данном процессе теплоотдача серьезно влияет на температуру биомассы. Конвективная теплоотдача зависит от геометрических размеров и конфигурации внутренних поверхностей биореактора, которые влияют на структуру потока и скорость конвективной теплоотдачи.

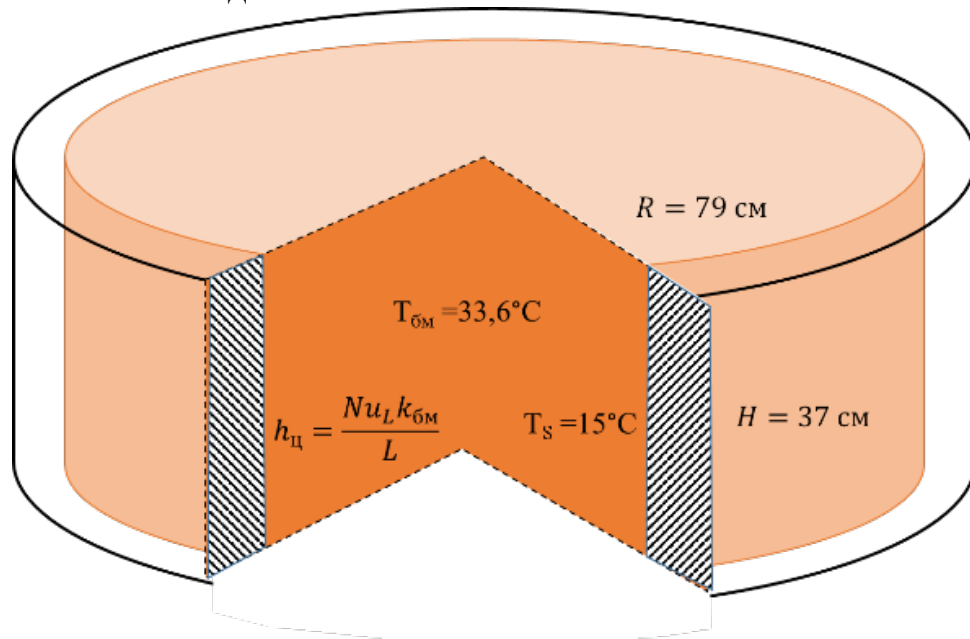


Рис.3. Вертикальная цилиндрическая часть биореактора

$$\overline{Nu}_D = \frac{1}{24} Ra_D \left(\frac{D}{H} \right) \left\{ 1 - \exp \left[- \frac{35}{Ra_D \left(\frac{D}{H} \right)} \right] \right\}^{3/4} \quad (1)$$

При этом средние числа Рэлея и коэффициент теплоотдачи определяются следующим образом:

$$h_s = \frac{\overline{Nu}_D k}{D} \quad (2)$$

$$Ra_D = \frac{g \beta (T_s - T_b) \rho^2 c_p D^3}{k \mu} \quad (3)$$

Уравнение 3 составлено для газов как рабочей жидкости и предел его применимости:

$$\left[10^{-1} \leq Ra_D \left(\frac{D}{H} \right) \leq 10^5 \right] \quad (4)$$

Проверка применимости уравнения (3) для биомассы, расположенной в цилиндрической части биореактора диаметром 158 см, высотой 37 см и температурой внутренней стенки 5°C: как известно при температуре 33,6°C динамическая вязкость жидкой биомассы составляет $\mu_{bm} = 0,002 \text{ Па} \cdot \text{с}$,

удельная теплоемкость жидкой биомассы $c_p = 4000 \text{ Дж}/(\text{кг} \times ^\circ\text{C})$; коэффициент теплового расширения $\beta = 0,0003 \frac{1}{\text{K}}$; плотность жидкой биомассы $\rho_{bm} = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$; теплопроводность жидкой биомассы $k_{bm} = 0,61 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$. По предварительным данным $Ra_D \left(\frac{D}{H}\right) = 4,65 \cdot 10^{12}$, его значение выходит за границы применимости уравнения для числа Рэлея.

Исходя из приведенных выше результатов установлено, что для жидкой биомассы, находящейся в вертикально ориентированной цилиндрической части биореактора, необходимо рассматривать более стабильную корреляцию чисел Нуссельта и Рэлея. В этом исследовании было впервые использовано определение корреляции теплопередачи для идеального состояния, которое представляет собой цилиндр с адиабатическими горизонтальными стенками, изотермическими вертикальными стенками и полностью однородным распределением источников тепла.

$$Nu_D = 0.576 Ra_D^{0.2024} \left(\frac{D}{H}\right)^{0.186} \quad (5)$$

При этом средние числа Рэлея определялись следующим образом

$$Ra_D = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_b) \rho^2 c_p \cdot D^3}{k \cdot \mu} \quad (6)$$

где $3 \cdot 10^{10} < Ra_D < 1 \cdot 10^{13}$. (рис.5). Влияние соотношения сторон на исследуемый процесс соответствует результатам исследований Кулацкого. Было обнаружено, что разница температур между температурой поверхности стенки биореактора и температурой биомассы колеблется от $28,6 \text{ }^\circ\text{C}$ до $-26,4 \text{ }^\circ\text{C}$ и охватывает широкий спектр условий. Коэффициент конвективной теплоотдачи увеличивается с увеличением разности температур, что свидетельствует о более интенсивном теплообмене (рис.4).

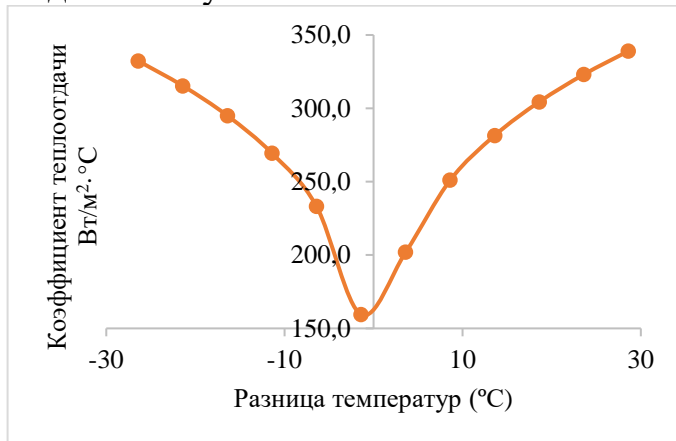


Рис.4. Зависимость коэффициента конвективной теплоотдачи на внутренней поверхности стенки цилиндрической части биореактора от разницы температур биомассы и поверхности стенки реактора.

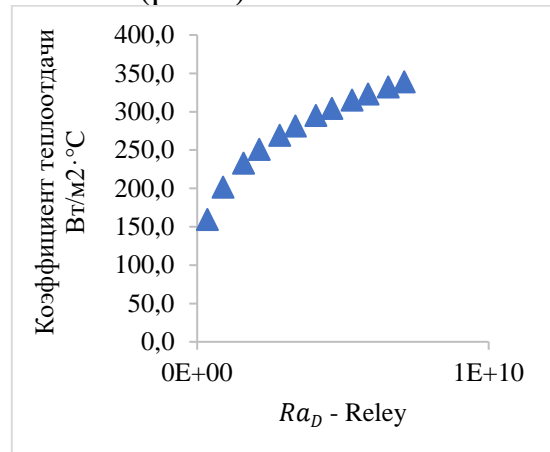


Рис.5. Зависимость коэффициента конвективной теплоотдачи на внутренней поверхности стенки цилиндрической части биореактора от числа Рэлея

Для расчета коэффициента конвективной теплоотдачи на внутренней поверхности нижней усеченноконусообразной части биореактора (рис.6) используются экспериментальные данные о температуре внутренней

поверхности усеченноконусообразной части биореактора и наличии в реакторе биомассы.

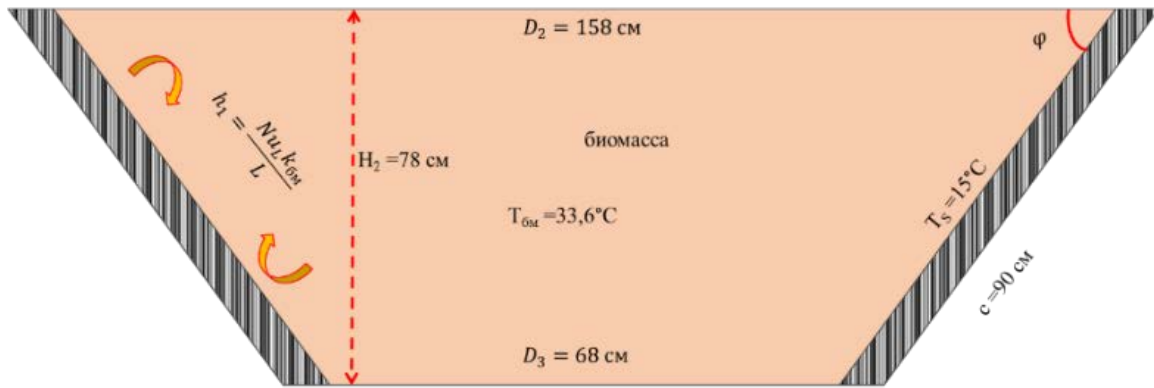


Рис.6. Нижняя усеченноконусообразная часть биореактора

Используя данные, приведенные на изображении нижней усеченноконусообразной части биореактора, которая показана на рис.6, определены следующие величины. Число Грасгофа $Gr_L = 5,0 \cdot 10^9$, число Прандтля $Pr = 13,11$, число Рэлея $Ra_L = Gr_L Pr = 6,53 \cdot 10^{10}$, число Нуссельта $Nu_L = 0,67 \cdot (Gr_L Pr)^{0,25} = 338,7$, коэффициент конвективной теплоотдачи на внутренней поверхности стенки усеченноконусообразной части биореактора равен $h_H = \frac{Nu_L \cdot k_{bm}}{L} = 229,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$. Во всех трех случаях коэффициент конвективной теплоотдачи уменьшается при сокращении разницы температур.

На рисунке 7 можно увидеть, что значение коэффициента теплоотдачи меняется в зависимости от разницы между температурой биомассы в жидком состоянии и температурой поверхности стенки в различных частях реактора. В целом, по мере увеличения разницы температур увеличивается и коэффициент теплоотдачи. Коэффициенты на поверхности верхней усеченноконусообразной части и в цилиндрической части близки по значению и превышают коэффициент на поверхности нижней усеченноконусообразной части, а это говорит о высокой эффективности теплообмена в этих частях.

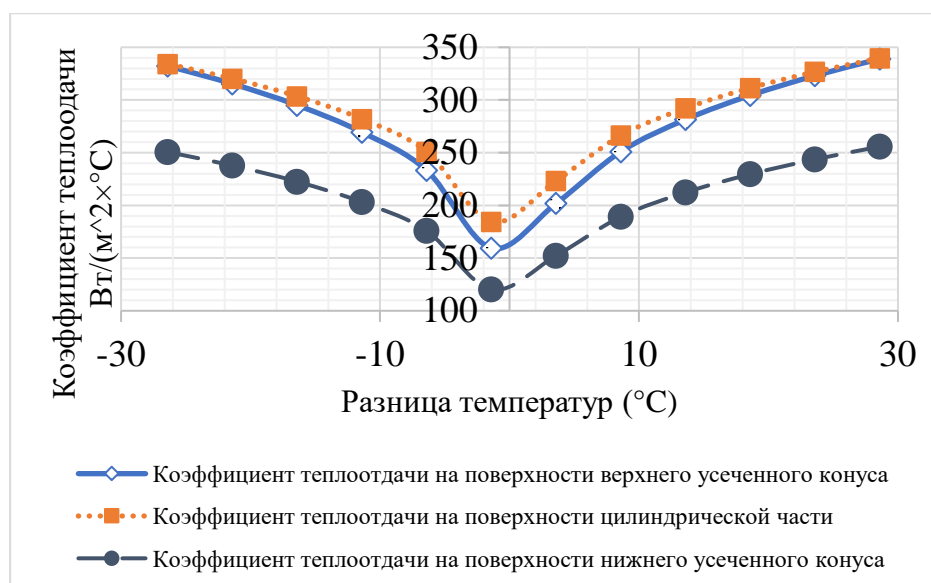


Рис. 7. Сравнение зависимости коэффициента эффективной теплоотдачи от разницы температур жидкой биомассы и поверхностей стенок в верхней усеченноконусообразной, цилиндрической и нижней усеченноконусообразной частях биореактора.

На основе анализа предоставленных данных была выявлена взаимозависимость коэффициентов теплоотдачи для различных частей реактора от разницы температур. По результатам проведенного исследования установлено, что значения коэффициентов теплоотдачи составляют: при разнице температур в $28,6^{\circ}\text{C}$ для верхней усеченноконусообразной части биореактора $339,0 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, цилиндрической части биореактора $339,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, для нижней усеченноконусообразной части биореактора $255,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, а при разнице температур $-26,4^{\circ}\text{C}$ $332,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, $334,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, $250,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ соответственно.

В третьей главе диссертации, озаглавленной “**Экспериментальные исследования солнечной биогазовой установки малой мощности**”, отмечается важность модификации моделей микробиального роста на основе логистических моделей для определения количества биогаза, полученного посредством переработки органических отходов в анаэробных условиях. Подчеркивается основная роль температуры в обеспечении стабильности анаэробного сбраживания и значимость использования солнечной энергии в ускорении получения биогаза. Констатируется влияние загрузки по частям суточной дозы сырья в биореактор на эффективность и необходимость приведения в соответствие состава органических отходов, загружаемых в биогазовые установки малой мощности. В этой главе также приводятся данные о необходимых для получения биогаза и производства органических удобрений химических параметрах — рН, уровне общей щелочности, количестве летучих жирных кислот и разнице между температурами в биореакторе.

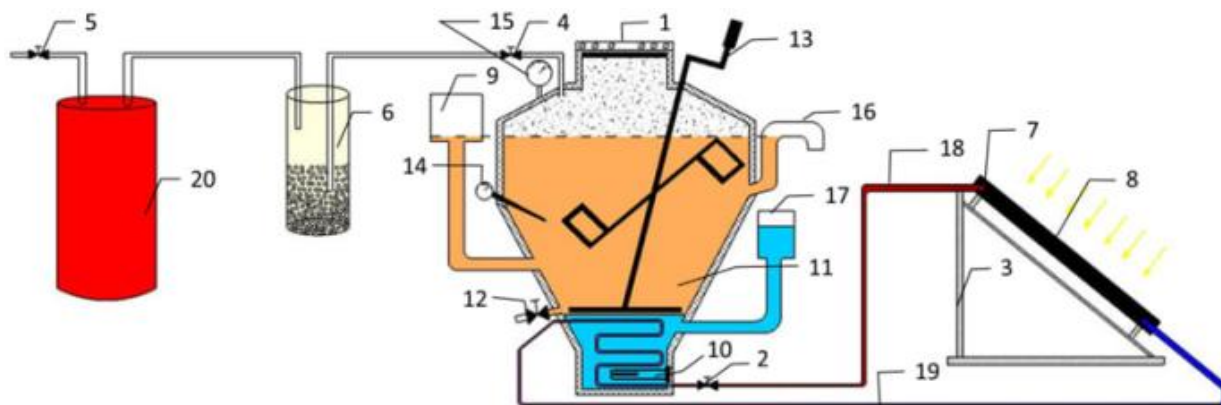


Рис.8. Биогазовая установка малой мощности

1-биореактор; 2-кран горячей воды; 3-опора коллектора; 4,5-газовые краны; 6-фильтр; 7-солнечный коллектор; 8-стеклянная пластина; 9-труба подачи биомассы; 10-тент; 11-биомасса; 12-кран для полной выгрузки удобрений; 13-мешалка; 14-термопара; 15-манометр; 16-труба частичной выгрузки; 17-емкость для холодной воды; 18-турбина горячей воды; 19-турбина холодной воды; 20-газгольдер.

К числу основных частей установки относятся биореактор, солнечный коллектор (рис.8), системы сбора и фильтрации биогаза, а также приборы для контроля температуры. Эта экспериментально-испытательная установка позволяет ускорить анаэробный процесс и оптимизировать метаногенез.



Рис.9. Биогазовая установка малой мощности



Рис.10. Изменчивость показателя рН в пределах 7,1 - 8,5 при температуре $14 \pm 2^\circ\text{C}$ в период проведения экспериментов

В этой главе приводятся данные о том, что биогазовая установка малой мощности (рис.9, № FAP 2440) приспособлена для переработки в анаэробных условиях однородных по составу отходов. Органические отходы сначала подвергаются фильтрации, а их влажность регулируется от 90% до 96%. Процесс испытаний осуществлялся в различных условиях при температуре от 14°C до 34°C . Эксперименты повторялись 6 раз, с их помощью определялись период адаптации установки и стабильность процесса. Рабочий объем установки составляет 1500 литров, каждая ее секция работает самостоятельно, не смешиваясь с органическими отходами. В данном исследовании использовались методы контроля таких параметров, как рН (рис.10).

В ходе исследований для измерения солнечной радиации и температуры окружающей среды в городе Бухаре использовался пиранометр (рис.11). С помощью этого устройства измерялось количество солнечной радиации за день, в летние месяцы ее максимальное значение составляло 800 Вт/м^2 , а

минимальное значение 200 Вт/м^2 (рис.12). Вместе с тем, в течение дня измерялась и температура: после утренних низких показателей она к полудню поднималась до 40°C , а затем постепенно снижалась. В ходе исследования наблюдалась и скорость ветра, его максимальная скорость достигала 5 м/с (рис.13). Эти данные использовались при определении эффективности солнечного коллектора, расположенного в Бухаре, так как солнечная радиация, температура окружающей среды и скорость ветра являются факторами, оказывающими влияние на работоспособность солнечного коллектора.



Рис.11. Солнечный коллектор

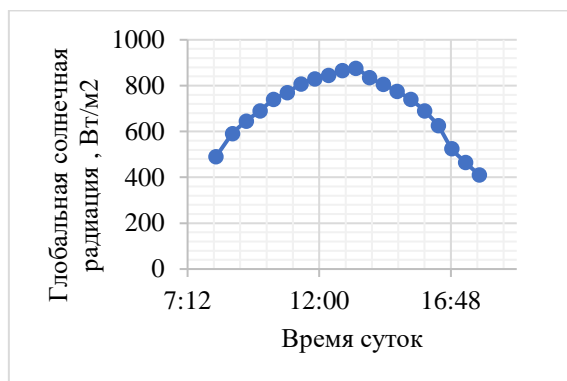


Рис.12. Изменение солнечной радиации в городе Бухаре в течение дня

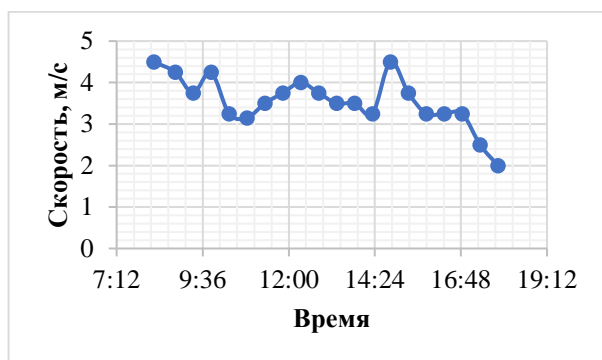


Рис.13. Изменение скорости ветра в течение дня

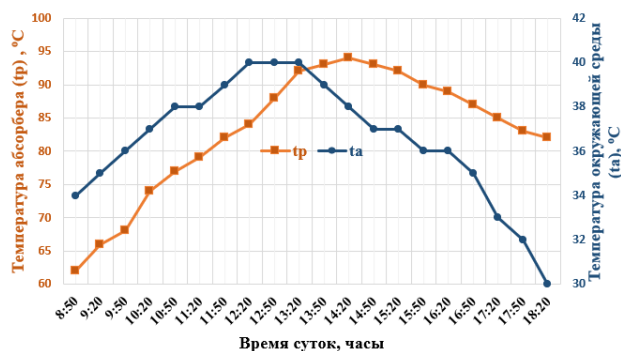


Рис.14. Измерение температуры абсорбера и окружающей среды в течение дня

данные, приведенные на рис.16, показывают изменения температуры воды, нагретой при помощи плоского солнечного коллектора, на выходе из коллектора. По мере повышения показателей солнечной радиации повышается и температура воды на выходе. Если утром в 8:14 часов температура воды составляла $40\text{-}42^\circ\text{C}$ (рис.16), то в высшей температурной точке дня, а именно, в 13:20 часов ее значение достигало $85\text{-}89^\circ\text{C}$ (рис.16). В следующие часы по мере снижения солнечной интенсивности постепенно снижалась и температура воды, опускаясь в 17:50 часов до $73\text{-}74^\circ\text{C}$. Эта динамика ясно показывает, что нагрев и охлаждение воды зависит от солнечной радиации и температурного режима дня.



Рис.15. Измерение температуры

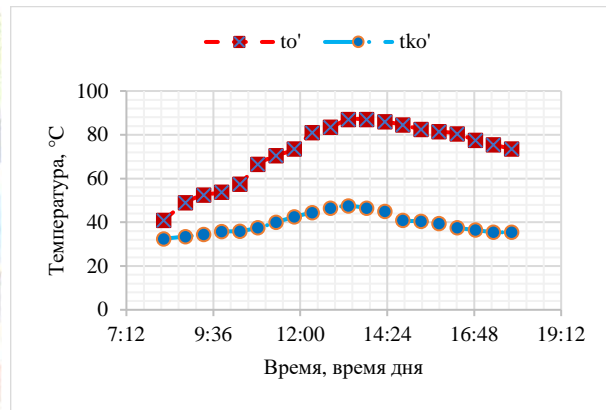


Рис. 16. Динамика изменения температуры солнечного коллектора в городе Бухаре.

В ходе исследований проводился мониторинг температуры воды, нагреваемой с помощью плоского солнечного коллектора, на входе и выходе (рис.15-16). Суточные изменения температуры воды направляли нагретую воду по трубам от солнечного коллектора к нагревателю биореактора. В ходе данного процесса температура находилась под постоянным контролем.

Потери энергии через нижнюю поверхность солнечного коллектора обусловлены последовательно расположенным сопротивлением R_1 и R_2 . R_1 – термическое сопротивление изоляции, R_2 – термическое сопротивление, выраженное конвекцией и излучением в окружающую среду. Коэффициент потерь через изоляцию на нижней поверхности коллектора выражается как

$$U_b = \frac{1}{R_1} = \frac{\lambda}{\delta}, \quad (7)$$

где λ и δ – коэффициент теплопроводности (Вт/м · К) и толщина (м) изоляции.

Коэффициент теплопотерь через нижнюю часть коллектора зависит от угла наклона коллектора к горизонту, и можем записать коэффициент теплопотерь в этом углу относительно коэффициента теплопотерь в углу 45° ($U_t(45)$) следующим образом.

$$\frac{U_t(\beta)}{U_t(45)} = 1 - (\beta - 45)(0,00259 - 0,00144\varepsilon_p), \quad (8)$$

где β - угол наклона коллектора к горизонту.

Для $U_t(45)$ следующее эмпирическое уравнение, разработанное Кляйном, следуя методике Хоттеля и Верца, с точностью $\pm 0,2$ Вт/(м² · град) соответствует графикам U_t в границах температур абсорбера от 40 до 130°C.

$$U_t(45) = \left(\frac{N}{\left(\frac{344}{T_p}\right) \left[\frac{T_p - T_a}{N + f}\right]^{0,31}} \right)^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\varepsilon_p + 0,0425N(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + \left[\frac{2N + f - 1}{\varepsilon_g}\right]^{-N}}, \quad (9)$$

Решив формулы (8) и (9) путем их совместного применения, мы можем записать выражение коэффициента тепловых потерь для водонагревательных коллекторов, расположенных под произвольным углом к горизонту, следующим образом:

$$U_t(\beta) = [1,11655 - 0,00259 \cdot \beta + (0,00144 \cdot \beta - 0,648)\varepsilon_p] \cdot \left[\left(\frac{N}{\left(\frac{344}{T_p} \right) \left[\frac{T_p - T_a}{N + f} \right]^{0,31}} \right)^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\varepsilon_p + 0,0425N(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + \left[\frac{2N + f - 1}{\varepsilon_g} \right]^{-1} - N} \right], \quad (10)$$

где N – количество стеклянных покрытий, $f = (1,0 + 0,04h_w + 5 \cdot 10^{-4}h_w^2)(1 + 0,058N)$; $\varepsilon_g = 0,88$ – степень затемнения стекла; ε_p – степень затемнения абсорбера, T_a – температура окружающей среды, К; T_p – температура абсорбера, К; h_w – коэффициент теплоотдачи в окружающую среду ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), который определяется в зависимости от скорости ветра следующим образом.

$$h_w = 5,7 + 3,8w. \quad (11)$$

Общий коэффициент тепловых потерь равен сумме коэффициентов теплотерь изоляционного слоя и теплотерь через нижнюю часть коллектора, его можно выразить в следующем виде:

$$U_L = U_t + U_b \quad (12)$$

Водонагревательный коллектор на объекте исследования имеет следующие параметры: одно стеклянное покрытие ($N=1$), расстояние между абсорбером и стеклом 2,5 см, степень затемнения абсорбера $\varepsilon_p = 0,95$, толщина изоляции $\delta = 5$ см, коэффициент теплопроводности изоляции $\lambda = 0,03$ Вт/(м · град), угол наклона коллектора к горизонту $\beta = 39,5^\circ$. Значения температур окружающей среды и абсорбера (рис.14), солнечной радиации (рис.12) и скорости ветра (рис. 13) были определены в ходе эксперимента и отражены на показанных выше графиках.

Результаты исследования, отражающие теплотехнические параметры солнечного водонагревательного коллектора, которые были установлены по формулам (7)-(12), нашли отражение на рис.17.

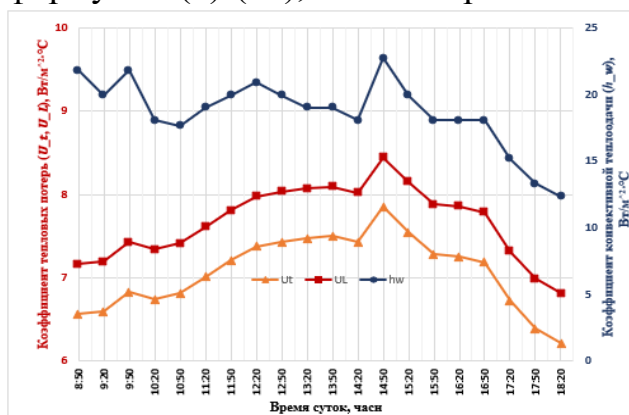


Рис.17. Теплотехнические параметры солнечного водонагревательного коллектора

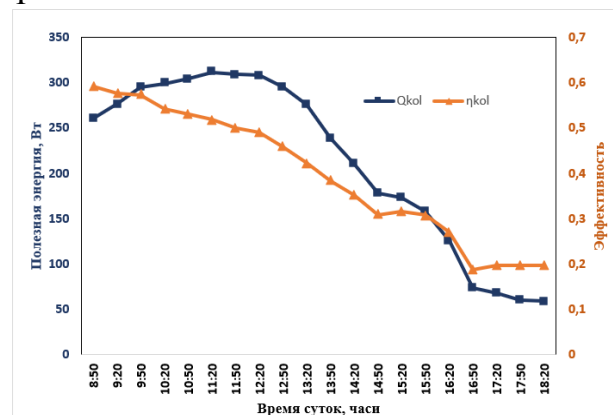


Рис.18. Изменение полезной энергии, получаемой от солнечного коллектора, и его эффективности во времени

По результатам расчетов, отраженных на рис.17, можно увидеть, что вследствие изменения температуры воздуха и скорости ветра в течении суток происходят изменения температуры абсорбера, а также изменения коэффициента конвективной теплоотдачи через коллектор (правая ось ординат), коэффициента тепловых потерь через заднюю поверхность и общего коэффициента тепловых потерь (левая ось ординат).

Эффективность (КПД) солнечного водонагревательного коллектора равна соотношению между тепловой энергией, получаемой от этой установки, и мощности солнечного излучения, падающего на единицу поверхности:

$$\eta_{kol} = \frac{Q_{kol}}{q_{nur}A_{kol}} \quad (13)$$

где q_{nur} - интенсивность солнечного излучения Вт/м²; A_{kol} - площадь поверхности коллектора, м²; Q_{kol} - полезная энергия, получаемая от солнечного коллектора (Вт), учитывая тепловые потери и оптические свойства прозрачной поверхности, можно вывести следующую формулу:

$$Q_{kol} = q_{nur}(\alpha\tau)A_{kol} - U_L A_{kol}(T_p - T_a) = G_s C_c (t_s'' - t_s') \quad (14)$$

Исходя из зависимостей (13) и (14), формула для расчета КПД солнечного коллектора принимает следующий вид:

$$\eta_{kol} = (\alpha\tau) - \frac{U_L(T_p - T_a)}{q_{nur}} = \frac{G_s C_c (t_s'' - t_s')}{q_{nur} A_{kol}} \quad (15)$$

Основываясь на результатах исследований и расчетов, отображенных на рисунках 12, 13, 14 и 17, отразим результаты расчетов полезной энергии, получаемой от солнечного коллектора, и его эффективности на рис.18.

В целях повышения экономической эффективности биогазовых установок, работающих в низкотемпературных режимах, и улучшения состава получаемого биогаза, проводилось наблюдение за долей сдерживающегося в нем метана при переработке отходов в психрофильном и мезофильном температурных режимах. При загрузке органических отходов анализировались состав биогаза, полученного из материалов с различным составом, и содержание в них метана. В процессе было установлено, что метан является основным компонентом и его количество в различных органических отходах различается. Также требуется соблюдение нормативных показателей температуры и количества летучих жирных кислот. Покрытие биореактора с наружной стороны термозащитным материалом предотвратило потери тепла и обеспечило работу биореактора даже в холодные дни. Солнечный коллектор, в свою очередь, обеспечивал эффективное теплоснабжение, помогая поддерживать оптимальную температуру биомассы в биореакторе.

В четвертой главе диссертации под названием «Технико-экономические показатели биогазовой установки малой мощности» приводятся технико-экономические показатели установки. Как показывают результаты исследования, достигнутое значение коэффициента тепловых потерь биогазовой установки малой мощности составляет 0,024 Вт/(м² · К). Установлено, что тепловое сопротивление для верхней усеченноконусообразной части равняется 0,045 К/Вт, для средней цилиндрической части – 0,0445 К/Вт, нижней усеченноконусообразной части – 0,0484 К/Вт. Осуществлен подбор материалов для реконструкции биореактора и выбран оптимальный вариант толщины изоляции для каждой секции биореактора. Установлено, что оптимальная толщина изоляции верхней, нижней и цилиндрической частей составляет соответственно 0,125 м, 0,10 м и 0,262 м.

После осуществления изоляции годовой показатель потребления энергии, необходимой для нагревания биореактора, сократился до 559,9 кВт·час. Произведен расчет общего потребления энергии реактором, а также разработана математическая модель общих тепловых потерь биогазовой установки малой мощности.

Оптимальный размер поверхности солнечного коллектора составляет 0,745 м², соответствующая цена – 521 633 сума. Годовое производство им полезного тепла равно 579,04 кВтч/м²·год. В результате применения изоляционного слоя оптимальной толщины годовая эмиссия СО₂ существенно сократилась – на 56 892 кг. Затраты на реконструкцию биореактора малой мощности составили 1 010 831 сум, годовое производство им биогаза – 932,535 м³/год, а соответствующий показатель теплоты – 3911,6 кВтч/год. Срок окупаемости, рассчитанный исходя из объема инвестиций, составляет 1,05 года, а это свидетельствует о сравнительно быстром возврате инвестиций.

ВЫВОДЫ

В результате проведения исследований по теме “Обоснование теплотехнических параметров биогазовой установки малой мощности” сформулированы следующие выводы:

1. Повышение в два раза скорости потока жидкости при перемешивании органических отходов в биогазовой установке малой мощности может увеличить теплообмен в 1,75 раза, при этом сила сопротивления в жидкости увеличится в 3,4 раза.

2. При поддержании нормальной температуры жидкой биомассы внутри реактора в мезофильном температурном режиме (30-40°C) по мере изменения разницы температур меняются и коэффициенты конвективной теплоотдачи, при этом минимальное значение коэффициента – 152,3 Вт/(м²·°C) наблюдалось при температуре 3,6 °C в нижней усеченноконусообразной части биореактора, а максимальное значение коэффициента – 332,3 Вт/(м²·°C) при температуре -26,4°C в верхней усеченноконусообразной части биореактора.

3. Установлено, что показатели теплового сопротивления для верхней усеченноконусообразной части предлагаемого биореактора составляют 0,045 К/Вт, для центральной цилиндрической части – 0,0445 К/Вт, а для нижней усеченноконусообразной части биореактора – 0,0484 К/Вт. Эти показатели позволяют минимализировать тепловые потери.

4. При годовом глобальном горизонтальном солнечном излучении 1766 кВтч/м² имеется возможность для эффективного обогрева биореактора посредством солнечного коллектора, а годовое производство полезной энергии солнечным коллектором оптимальных размеров 0,745 м² может достигнуть 579,04 кВтч/м²·год.

5. В результате применения изоляционного слоя оптимальной толщины годовая эмиссия СО₂ сократилась на 56 892 кг, что имеет важное значение для сокращения вреда, причиняемого окружающей среде, и повышения энергоэффективности.

6. Затраты на реконструкцию биореактора малой мощности составили в целом 1 010 831 сум. Годовое производство биогаза – 932,535 м³/год, а соответствующий показатель теплоты – 3911,6 кВтч/год. это позволяет предположить, что инвестиции окупятся приблизительно за 12,6 месяца.

7. Установлено, что оптимальная толщина изоляции верхней, нижней и цилиндрической частей биореактора составляет соответственно 0,125 м, 0,10 м и 0,262 м. Эта оптимизация вносит вклад в повышение эффективности реактора и сокращение тепловых потерь.

**SCIENTIFIC COUNCIL No. PhD.03/30.09.2020.T.111.03 AWARDS
ACADEMIC DEGREES IN THE COUNTRY TO THE ENGINEERING
AND ECONOMIC INSTITUTE**

BUKHARA ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL INSTITUTE

MAJITOV JO'RABEK ALTIBOYEVICH

**JUSTIFICATION OF THERMAL TECHNICAL PARAMETERS OF A
LOW-CAPACITY BIOGAS PLANT**

05.05.06 – Power plants based on renewable energy sources

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) IN
TECHNICAL SCIENCES**

Karshi – 2024

The topic of the dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under No. B2023.4.PhD/T1157.

The dissertation was completed at the Bukhara Engineering and Technological Institute.

The dissertation abstract is available in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) on the Academic Council website (www.qmii.uz) and on the information and educational portal "ZioNet" at (www.zionetuz)

Scientific supervisor:

Imomov Shavkat Jahonovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Iskandarov Zafar Samandarovich
doctor of technical sciences, professor

Ergashov Shaxriyor Hamidullayevich
doctor of philosophy in technical sciences

Leading organization:

**Tashkent state technical university named after
Islam Karimov**

The dissertation defense will take place on "18" 01 2025 at 15⁰⁰ o'clock at the meeting of the PhD Scientific Council. 03/30.09.2020. T.111.03 at the Karshi Engineering and Economics Institute. (Address: 180100, Karshi, Mustakillik St., 225. Tel: (99875) 224-02-89, fax: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz)

The dissertation can be found at the Information Resource Center of the Karshi Engineering and Economics Institute (registered under No. 135). (Address: 180100, Karshi, Mustakillik Street, 225. Tel.: (99875) 224-02-89, fax: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

Abstract of dissertation sent out on "26" 12 2024 year.
(Register of the distribution protocol № 28 on "26" 12 2024 year).


G.N. Uzakov
Chairman of scientific council for awarding
Scientific degrees, doctor of technical sciences, professor
X.A. Davlonov
Scientific secretary of scientific council for awarding
Scientific degrees, doctor of philosophy of technical sciences, docent
B. Urishev
Chairman of scientific Seminar under the scientific
council for awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor.

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim is of the research work: It consists in substantiating the thermal engineering parameters of a low-power biogas plant that processes biomass thermally in an anaerobic environment.

The tasks of the research:

development and conduct of thermal engineering tests of a low-power solar biogas plant designed for processing biomass in an anaerobic environment;

modeling of heat transfer processes and calculation of thermal resistance in a reactor of a low-power solar biogas plant;

experimental study of convective heat transfer in a bioreactor in a mesophilic temperature regime and determination of the values of the convective heat transfer coefficient;

justification of energy efficiency and thermal engineering parameters of a biogas plant with a solar collector in a mesophilic temperature regime;

determination of technical, economic and environmental indicators of a low-power solar biogas plant;

The object of the research work a low-power solar biogas plant for the anaerobic processing of organic waste was selected, as well as the thermal parameters of this installation.

The scientific novelty of the research is as follows:

a technological scheme of a low-power biogas plant has been developed, which is based on a combination of a solar collector and a bioreactor and allows obtaining the maximum amount of biogas from biomass;

for the first time, an energy-saving low-power solar biogas plant has been developed that ensures the efficient flow of fermentation processes through sectional processing of organic waste under anaerobic conditions (FAP 2440);

a mathematical model was developed, which is based on the geometric parameters of a bioreactor designed for fractional processing of biomass in a mesophilic temperature regime, the coefficient of convective heat transfer taking into account the temperature difference between the biomass and the environment, as well as on heat transfer equations that allow calculating the optimal values of thermal resistance;

an empirical equation has been obtained that allows calculating the heat loss coefficient through the lower part of a flat solar collector providing heat to a biogas plant, based on the angle of the collector to the horizon, the absorber material and the ambient temperature.

Implementation of the research results. Based on the results of a study on the creation of a low-power biogas plant:

the Intellectual Property Center under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan received a patent for a utility model of a "Solar biogas plant" designed for processing organic waste from rural residential buildings and livestock farms in an anaerobic environment (№ FAP 2440, 2024). As a result, an optimal and

continuous isothermal mode of the biogas production process was achieved by using the heat of solar radiation, a phase-transition heat accumulator and a solar collector;

An energy-saving solar biogas plant that ensures efficient anaerobic digestion through sectional processing of organic waste has been implemented at “BUXORO AGROKLASTER CHORVA” IIC in Karaulbazar district of Bukhara region (Certificate of the National Center for Knowledge and Innovation in Agriculture under the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan dated July 3, 2024 № 05/04-04-302). As a result, by combining a low-power bioreactor with an optimal insulation thickness for each segment, i.e. 12,5 sm for the upper, 10 sm for the lower and 26,2 sm for the cylindrical parts, with a solar collector with a useful surface area of 0,745 m² and an annual energy production capacity of 579,04 kW h/m² year, the daytime energy demand for the biogas production mode was covered entirely by solar energy.

Publication of research results. A total of 21 scientific papers have been published on the topic of the dissertation, in particular, 8 scientific articles have been published in journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publication of the main scientific results of doctoral dissertations, including 7 in republican, 1 in foreign. 8 abstracts, 1 monograph, 1 patent for a utility model and 1 copyright certificate for a computer software product were received from the Intellectual Property Agency of the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan.

Structure and volume dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (1часть; part 1)

1. Majitov J.A., Komilov O.S., Yuliyev O.O. Quyosh biogaz qurilmasi // Foydali model patent № FAP 2440. 19.03.2024.
2. Komilov O.S., Imomov Sh.J., Majitov J.A., Tilloyev L.I., Xamidov D.G'. Aholi va fermer xo'jaliklariga mo'ljallangan kichik biogaz qurilmalari // Monografiya. Buxoro:OOO "Sadridin Salim Buxoriy" Durдона nashriyoti. ISBN 978-9943-7228-6-6. 2021-yil. 124 b.
3. Komilov O.S., Sharipov M.Z., Tilloyev L.I., Majitov J.A. Autonomous biogas installation with solar heating sistem.//Eurasian Physical technical jurnal 2018. Vol. 15.№.1(29). 82-85 p.
4. Majitov J.A. Biogaz qurilmalarini loyihalash metodikasini tanlash va iqtisodiy samaradorlikni baholash//Fan va texnologiyalar taraqqiyoti ilmiy-texnikaviy jurnali. 2020.№7.129-134-b.
5. Мажидов Ж.А. Анализ энергетических затрат системы переработки отходов метановым сбраживанием// Развитие науки и технологий научно – технический журнал. 2020 г, №5. с. 83-89.
6. Комилов О.С., Шарипов М.З., Мажитов Ж.А., Тиллоев Л.И. Моделирование теплообменных процессов в метантенке биоэнергетической установки для индивидуального пользования // Развитие науки и технологий научно – технический журнал. 2020 г. №3. с.153-158.
7. Салимов О.У., Имомов Ш.Ж., Мажитов Ж.А., Нарзуллаев М.Н. Биогаз олиш жараёнида ҳарорат меъёри ва унинг физик-механик ҳисоби // Наманган муҳандислик-технология институте илмий-техника журнали. ТОМ 5 – Маҳсул сон (3), 2020. ISSN 2181-8622.-В. 103-108-б.
8. Komilov O.S., Imomov Sh.J., Majitov J.A., Yuliyev O.O. Kichik quvvatli biogaz qurilmalarining termik va biotexnologik stabillik muammolari.// Fan va texnologiyalar taraqqiyoti ilmiy-texnikaviy jurnali. 2022y.3-son.136-141-b.
9. Majitov J.A., Imomov SH.J., Komilov O.S., Yuliyev O.O. Quyosh energiyasi tizimi yordamida kichik biogaz qurilmasining haroratini boshqarish.// Fan va texnologiyalar taraqqiyoti ilmiy-texnikaviy jurnali. 2023y. 3-son. 166-171-b.
10. Мажитов Ж.А. Кичик қувватли биореакторнинг вертикал цилиндр шаклидаги қисмида иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш// Фан ва технологиялар тараққиёти илмий техникавий журнали. 2024.№3.198-201-б.

II-bo'lim (II част, part II)

11. Imomov Sh.J., Majitov J.A., Komilov O.S., Yuliyev O.O. “Biogaz qurilmasining konstruksiyasi, ishlash tamoyillari, unda kechadigan jarayonlarni algoritmlash va matematik modellashtirish dasturi” EHM. // O'zbekiston Respubtikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. Guvohnoma № DGU 18846 (2022-yil 21-oktyabr).

12. Комилов О.С., Шарипов М.З., Мажитов Ж.А., Турдиев М.Р. Моделирование теплообменных процессов в метантенке биоэнергетической установки для индивидуального пользования. // “Қайта тикланадиган энергия манбалари: илмий тадқиқотлар, инновацион технологиялар ва ишланмалар” республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. 16-17 октябрь Қарши шаҳри 2020 й. 79-83-б.

13. Majitov J.A., Komilov O.S., Sharipov M.Z., Nazarova N.M., Raupova I.B. Bioenergy plant for climatic zones of the republic of Uzbekistan with a solar heating system for individual use. // UDC 638.21.4. European Journal of Molecular & Clinical Medicine ISSN 2515-8260 Volume 07, Issue 02, 2020. 6321-6327 p.

14. Majitov J.A., Mirzayeva M.M. Biogaz va biogumus olishga mo‘ljallangan kichik bioenergetik qurilmalarning tahlili. // “Yengil sanoatda fan-ta’lim va ishlab chiqarishning innovatsion yechimlari” respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari 2-tom 21 aprel 2021 y. 135-138-b.

15. Majitov J.A. Kichik hajmdagi biogaz olish qurilmalarida uglerod miqdorining vodorodga va kislotali jarayonlarga bo‘lgan nisbati // «Oziq-ovqat, neftgaz va kimyo sanoatini rivojlantirishning dolzarb muammolarini yechishning innovatsion yo‘llari» mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi 12-14 noyabr 2020 yil. 371-374-b.

16. Majitov J.A. Biogaz qurilmasida issiqlik jarayonlarini matematik modellashtirish. // Fizika, matematika va mexanikaning dolzarb muammolari xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. Buxoro, O‘zbekiston, 24-25-may, 2023-yil. 95-97 b.

17. Sharipov L.A., Imomov Sh.J., Majitov J.A., Komilov O.S., Sharipov M.Z., Pulatova F and Abdisamatov O.S. Modeling of heat exchange processes in the Metanetka bioenergy plant for individual use // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614 (2020) 012035 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/614/1/012035

18. Imomov Sh.J., Komilov O.S., Majitov J.A. Mathematical modeling of heat transfer processes in a smallpower biogas device. International Conference // “Fundamental and Applied Problems of Modern Physics”, October 19-21, 2023 y. 212-218 p.

19. Комилов О.С., Имомов Ш.Ж., Мажитов Ж.А., Юлиев О.О. Кичик қувватли биогаз қурилмаларининг термик ва биотехнологик стабиллик муаммолари. // Муқобил энергетика илмий техникавий журнали 2022/3 (06)-сон. 52-57-б.

20. Имомов Ш.Ж., Комилов О.С., Худойбердиев А.А., Мажитов Ж.А. Kichik hajmli biogaz qurilmasining texnologik parametrlarini hisoblash // Fizika, matematika va mexanikaning dolzarb muammolari xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. Buxoro, O‘zbekiston, 24-25-may, 2023-yil. 98-100 b.

21. Комилов О.С., Шарипов М.З., Тиллоев Л.И., Мажитов Ж.О. Автономная биогазовая установка с системой солнечного обогрева // Сборник материалов VI Международной научно-практической интернет-конференции «Моделирование энергоинформационных процессов», Воронеж 26-28 декабря 2018 г. 84-90 с. УДК 638.21.4

Avtoreferat «Innovatsion iqtisodiyot» ilmiy jurnali tahririyatida
tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz tillarida matnlar mosligi tekshirildi
(23.12.2024 y.)

Bosmaga ruxsat etildi: 23.12.2024-yil
Bichimi: 84x60 1/16. «Times New Roman» garniturasida.
raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3,0. Adadi 60. Buyurtma №210
QarMII «INTELLEKT» nashriyoti MIU bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Qarshi shahri, Mustaqillik ko‘chasi, 225-uy.