

**ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/27.02.2020.Т.106.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАМАНҒАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

МАМАДАЛИЕВА ЗУЛФИЯ МАХМУДЖАНОВНА

**ЎЗБЕКИСТОН ИҚЛИМ ШАРОИТИДА ЭНЕРГИЯ ВА
БИОЎҒИТ ОЛАДИГАН БИОГАЗ ҚУРИЛМАЛАРНИНГ
ИШОНЧЛИЛИГИНИ БАҲОЛАШ**

**05.05.06 – Қайта тикланадиган энергия турлари асосидаги
энергетик қурилмалар**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

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

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

Мамадалиева Зулфия Махмуджановна

Ўзбекистон иқлим шароитида энергия ва биоўғит оладиган биогаз
курулмаларнинг ишончилигини баҳолаш 3

Мамадалиева Зулфия Махмуджановна

Оценка надежности биогазовых установок для получения энергии и
биоудобрений в климатических условиях Узбекистана23

Mamadaliyeva Zulfiya Makhmudzhanovna

Assessment of the reliability of biogas installations for generating energy and
biofertilizers in the climatic conditions of Uzbekistan43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works46

**ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/27.02.2020.Т.106.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАМАНҒАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

МАМАДАЛИЕВА ЗУЛФИЯ МАХМУДЖАНОВНА

**ЎЗБЕКИСТОН ИҚЛИМ ШАРОИТИДА ЭНЕРГИЯ ВА
БИОЎҒИТ ОЛАДИГАН БИОГАЗ ҚУРИЛМАЛАРНИНГ
ИШОНЧЛИЛИГИНИ БАҲОЛАШ**

**05.05.06 – Қайта тикланадиган энергия турлари асосидаги
энергетик қурилмалар**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий Аттестация комиссиясида 2022-10-14 В2018.2.PhD/Г776 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Наманган муҳандислик технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси (www.ferpi.uz) ва «ZiyoNet» (www.ziynet.uz) Ахборот-таълим порталида жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Имомов Шавкат Жаҳонович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Алиазаров Алишер Хайдаралиевич
техника фанлари номзоди, профессор

Воҳидов Акмал Улашевич
техника фанлари фалсафа доктори (PhD)

Етакчи ташкилот:

Бухоро давлат университети

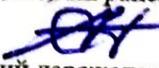
Диссертация ҳимояси Фарғона политехника институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи PhD 03/27.02.2020. Т.106.02 рақамли Илмий Кенгашнинг 2022 йил « 14 » 12 соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 150107, Фарғона шаҳар, Фарғона кўчаси 86-уй. Фарғона политехника институти. Тел./факс: (99873) 241-12-06. e-mail: ilmiy-kengash@ferpi.uz, кичик мажлислар зали.

Диссертация билан Фарғона политехника институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (135 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 150107, Фарғона шаҳар, Фарғона кўчаси 86-уй. Фарғона политехника институти. Тел./факс: (99873) 241 12 06.

Диссертация автореферати 2022 йил « 2 » 12 куни тарқатилди.
(2022 йил « 1 » 12 даги 3 рақамли реестр баённомаси).




С.Ф.Эргашев
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., доцент


М.О.Узбеков
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, PhD., доцент


А.А.Кучқаров
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, PhD., доцент

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги. Жаҳонда қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш кўламларини кенгайтириш, углеводородли ёқилғи-энергетик ресурсларни тежаш ҳамда ускуналарнинг энергетик самарадорлигини аниқлаш асосида энергия тежаш заҳирларини баҳолаш ҳамда ундан оқилона фойдаланиш масалаларига алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда ишлаб чиқарилган энергиянинг 88% қазиб чиқилмаган ёқилғидан ишлаб чиқарилганлиги ҳисобга олинса¹, айнан арзон бўлган органик чиқиндиларни қайта ишлаш орқали энергия ва биоўғит оладиган биогаз қурилмасининг ишончли ишлашини ошириш, уларни қайта ишлаш жараёнида энергетик ва экологик сифатларига эътибор қаратиш, қайта ишловчи қурилмаларнинг ишончилигини баҳолаш ва узлуксиз ишлашини таъминлаш орқали амалиётга жорий этишни тақозо этади. Шу жиҳатдан жойнинг иқлим шароитини инобатга олган ҳолда, иккиламчи органик чиқиндиларни кислородсиз муҳитда қайта ишлаш орқали, энергия ва биоўғит ишлаб чиқувчи биогаз қурилмалардан фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда энергия ва биоўғит ишлаб чиқувчи биогаз қурилмасининг ишлашининг ишончилигини баҳолаш, хусусан узлуксиз ишлаш ва тўхташ ўртасидаги боғлиқликларни аниқлаш орқали ишончилик даражасини ошириш ҳамда конструкциясини такомиллаштиришга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан биогаз қурилмаларининг лойиҳалаш, қурилманинг тўхтовсиз ишлашининг баҳолаш ва агрессив муҳит ҳисобига тўхтаб қолиш сабаблари ва уларни бартараф этиш бўйича тадқиқотлар устувор ҳисобланмоқда. Шу билан бирга, биогаз қурилмалари ишончилигини тавсифловчи эҳтимолли- мантиқий модели сифатида тўхташ ва ишончилик шажараси сценарийси яратиш, лойиҳалаш даврида биогаз қурилмасининг тўхтовсиз ишлашининг асосий омиллар ишончилигини баҳолаш ва башорат этиш усули долзарб вазифалардан ҳисобланмоқда.

Республикамизда қайта тикланувчи энергия манбаларидан кенг фойдаланиш ва самарадорлигини оширишга ёрдам берадиган янги технологияларни яратиш бўйича тадқиқотлар ўтказиш ва уларни амалда қўллаш бўйича кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган “Янги Ўзбекистоннинг тарраққиёт стратегияси”да Ўзбекистон Республикасида 2026 йилга қадар “ Республика умумий энергия балансида қайта тикланувчи энергия манбалари улушини 25%га етказиш эвазига йилига қарийб уч миллиард куб метр табиий газни тежаш, бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган². Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан, илғор хорижий тажрибага таянган ҳолда, мавжуд ресурсларни ва ишга солинмаган салоҳиятни жалб этиш орқали энергия самарадорлигини ошириш, энергия тежовчи технологиялар ва қайта тикланувчи энергия манбаларини кенг жорий этиш, иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳанинг энергия сарфи ҳажмини кескин камайтириш борасидаги ишларни мажмуавий ташкил этиш, шунингдек, ёқилғи-энергетика ресурсларидан оқилона ва самарали фойдаланиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шунингдек, ушбу вазифаларни амалга оширишда, хусусан, қайта тикланувчи энергия манбалари асосида янги ишлаб чиқариш қувватларини қуриш ва мавжудларини модернизация қилиш, жумладан

¹ Ўзбекистон қайта тикланадиган энергетикани ривожлан-тиришнинг миллий стратегиясини ишлаб чиқиш бўйича умумий тадқиқотлар. БМТТД лойиҳаси ҳисоботи. - Тошкент, 2006 й.

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги “2022 - 2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тарраққиёт стратегияси тўғрисида” ПФ-60-сонли Фармони.

биогаз қурилмаларининг лойиҳалаш, қурилманинг тўхтовсиз ишлашининг баҳолаш ва агрессив муҳит ҳисобига тўхтаб қолиш сабаблари ва уларни бартараф этиш муҳим ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ 60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган “Янги Ўзбекистоннинг тарраққиёт стратегияси тўғрисида”ги Фармони³, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 10 июлдаги “Иқтисодиётнинг энергия самарадорлигини ошириш ва мавжуд ресурсларни жалб этиш орқали иқтисодиёт тармоқларининг ёқилғи-энергетика маҳсулотларига қарамлигини камайтиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги ПФ-4779-сонли Фармони⁴ ва Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2020 йил 23 июлдаги “Қайта тикланувчи энергия манбалари қурилмаларининг ва уларда ишлаб чиқариладиган энергиянинг давлат ҳисобини юритиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 452-сонли Қарори⁵ ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги. Диссертация иши бўйича тадқиқотлар фан ва технологиялар ривожланишининг IV-«Қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланиш усуллари ривожлантириш, нанотехнологиялар, фотоника ва бошқа замонавий илғор технологиялар асосида қурилмалар ва технологияларни яратиш» устувор йўналишига мос келади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Биогаз қурилмаларининг ишончли ишлаши ва ишончилигини оширишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида, жумладан the National Renewable Energy Laboratory (АҚШ), Latvia University of Agriculture (Латвия), Karlsruhe Institut für Technologie (Германия), Technical University of Denmark (Дания), University of Applied Sciences Wiener Neustadt (Австрия), Москва энергетика институти ва Санкт-Петербург давлат политехника университети (Россия), Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети, Тошкент ирригация ва мелиорация муҳандислари институти (Ўзбекистон) кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Органик чиқиндиларни қайта ишловчи биогаз қурилмаларни энергия манбалари сифатида қайта тикланувчи энергия манбаларидан оқилона фойдаланиш усуллари ва воситаларининг илмий асосларини ечишга қаратилган назарий ҳамда илмий муаммоларни ҳал қилишда хорижлик бир қатор машҳур олимлар Р. Rivža, I. Pilvere, V. Rivža, Р.Г. Грим, А.Т. То, С.А. Фарберу, Ж. Вайанд, Р. Мскенна, К. Карнер, Л. Враун, С. Ҳарбес ва бошқалар кўплаб изланишлар олиб борилиб, кўп таркибли органик чиқиндиларни қайта ишловчи биогаз қурилмаларни тадқиқ қилишган.

Анаэроб қайта ишлов беришда қаттиқ ва суюқ органик чиқиндиларни парчаланиши, физик - механик таркибларини ўрганиш, ўрнатилаётган жойнинг иқлим шароити ва юқори сифатли жихозлардан, биогаз қурилмаларидан фойдаланув-

³ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги “2022 — 2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тарраққиёт стратегияси тўғрисида” ПФ-60-сонли Фармони,

⁴ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 10 июлдаги “Иқтисодиётнинг энергия самарадорлигини ошириш ва мавжуд ресурсларни жалб этиш орқали иқтисодиёт тармоқларининг ёқилғи-энергетика маҳсулотларига қарамлигини камайтиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги ПФ-4779-сонли Фармони.

⁵ Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2020 йил 23 июлдаги “Қайта тикланувчи энергия манбалари қурилмаларининг ва уларда ишлаб чиқариладиган энергиянинг давлат ҳисобини юритиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 452-сонли Қарори.

чиларини ўқитишга Россиялик олимлар В.Омелянский, С.Беляев, С.Калюжный, А.Пузанков, С.Варфоломеев, Н.Абрамова, С.Костарева, О.Вайсмана, Е.Панцхави, Е.Давиденко ва бошқалар томонидан эътибор қаратилган.

Республикамизда О.Салимов, Б.Рахматов, У.Эшонкулов, Н.Халилов, Ш.Имомов, М.Султоновлар томонидан олиб борилган тадқиқотларда биореакторларни турли туркумлари ва ҳажм бирлигидан олинган биогаз миқдорини ва қайта ишлов бериладиган ўғит сифатини яхшилаш, турли хил ҳарорат ва аралаштириш режимида метан бактерияларининг фаоллигини ошириш каби ишларни амалга оширишган.

Сезиларли муваффақиятларга қарамай, ҳозирги кунгача Республикамизда мавжуд органик чиқиндилар қайта ишловчи биогаз қурилмаларининг асосий муаммоларидан бири уларнинг бир маромда узлуксиз ишламаслиги ва назоратга олинмаганлиги, фойдаланувчиларнинг эксплуатация давридаги ҳатоликлари, ташқи таъсирлар ва иқлимнинг ўзгаришларига эътибор қаратилиб ўрганилмаган.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.

Диссертациядаги илмий-тадқиқот ишлари Наманган муҳандислик технология институтида И-2014-2-12 «Биогазда ишловчи кам миқдордаги газ сарфини талаб қилувчи электр газогенераторларни ишлаб чиқариш технологиясини жорий қилиш» (2014-2015 й.й.) мавзусидаги инновацион лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Ўзбекистон иқлим шароитида энергия ва биоўғит оладиган биогаз қурилмаларнинг ишончлилигини баҳолаш орқали самарадор ва узлуксиз ишлашини таъминлашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

Ўзбекистон Республикасида ва жаҳон амалиётида мавжуд биогаз қурилмаларнинг ишончлилигига оид илмий ва техникавий маълумотлар ҳамда шу йўналишда илгари бажарилган илмий-тадқиқот ишларини таҳлилий тадқиқ этиш;

биогаз қурилмаларнинг ишончли ишламаслик ёки тўхтаб қолиш сабаблари ва уларни бартараф этиш йўллари тадқиқ этиш ва Марков жараёни моделлари асосида биогаз қурилмаларнинг ишончлилигини мажмуавий баҳолаш орқали асослаш;

биогаз қурилмаларини ишончли ишлашида муайян иқлим шароитида атроф муҳит ҳарорати ва ҳаводаги намлигининг таъсирини ўрганиш;

биогаз қурилмаларнинг ишончлилигининг эхтимолли-мантиқий модели ва функционал яхлитлик схемасини тузиш ҳамда иш жараёнида иштирок этадиган тизим ва бўғинларни шунингдек таъсир этувчи омилларни қурилманинг тўхташидаги аҳамиятлилик улушини аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Ўзбекистон Республикасида мавжуд ишлаётган ва тўхтаб қолган йигирма олти биогаз қурилмалари олинди.

Тадқиқотнинг предмети Ўзбекистон иқлим шароитида энергия ва биоўғит ишлаб чиқадиган биогаз қурилмаларнинг ишончлилигига таъсир этувчи омилларни баҳолаш услубиётлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида биогаз қурилмаларни ишончлилигини техник-иқтисодий баҳолаш, статистик таҳлил усуллари, математик статистика, иқтисодий самарадорликни баҳолаш, математик моделлаштириш, эхтимолли мантиқий моделлаштириш усуллари бўлган функционал яхлитлик схемаси, энг кичик кесимлар усули ва омилларнинг аҳамиятлилиги бўйича баҳолаш услубиётлари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

биогаз қурилмаларнинг шакли, юкланиш услуги, жойлашуви, аралаштириш тури, иситиш тизими, бижитиш режими ва материал турини ҳисобга олган ҳолда доимий

ташҳис қўйиш имконини берувчи, ишлаш ва тўхташ сабаблари ўртасидаги аломатли боғлиқликларни ифодаловчи матрица яратилган;

заҳирали тикланмайдиган ва тикланадиган биогаз қурилмалари учун Марков жараёни ишончлилик модели асосида тикланиш ва тўхташ частотасидаги боғлиқ ҳолда башорат қилинаётган тўхташлар жадаллиги, тўхташлар орасидаги ўртача вақт ва ишончлилик коэффицентини аниқлаш учун математик ифода олинган;

илк бор иқлим омиллари бўлган атроф-муҳит ҳарорати ва ҳаво намлигининг агрессив муҳити ҳисобига биогаз қурилмасининг тизими ва жиҳозларнинг турли бўғинларида тадрижий тўхташларни юз бериш эҳтимоллиги ишлаб чиқилган;

илк бор биогаз қурилмаларни лойиҳалаш даврида қурилмаларнинг ишончлиликка таъсир этувчи омилларни ҳисобга олган ҳолда эҳтимолли- мантиқий модели сифатида тўхташ ва ишончлиликни баҳолаш усули яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

биогаз қурилмаларининг тўхташ ва ишончлилик шажараси алгоритми тузилиб, қурилманинг тўхташига сабаб бўладиган технологик тўхташлар эҳтимоли $P_1=0,09$, иқлим омили таъсири $P_2=0,9$; анаэроб жараёнини нотўғри ташкил қилишда юзага келган хатоликлар таъсири $P_3=0,09$, биогаз қурилмаси оператори хатолиги $P_4=0,999$, қурилма носозлигини аниқловчи жиҳозлар хатолик эҳтимоллиги $P_5=0,181$ га тенглиги аниқланган.

биогаз қурилмасининг тикланадиган такрорий тизим сифатида Марков жараёнлари модели орқали λ тўхташлар жадаллиги параметрининг ҳар бир қиймати учун биогаз қурилмасини μ -тикланиш жадаллиги тайёрлик коэффицентини 10% ошириб, тўхтаб қолиш коэффицентини 6% камайтирилиши исботланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги қабул қилинган таққослаш мезонларига асосланади ва аналитик формулалар билан тасдиқланиб, назарий ва экспериментал маълумотларнинг қиёсий таҳлилини, ҳисобий ва тажрибавий натижаларнинг ўзаро мос келиши, ишлаб чиқаришга жорий этиш орқали асосланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти Ўзбекистон иқлим шароитида биогаз қурилмаларни лойиҳалаш, ишга тушириш ва эксплуатацияси даврида ишончли ишлашини таъминловчи услубиётларни қўллаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти энергия ва биоўғит ишлаб чиқадиган биогаз қурилмаларини ишончлиликни лойиҳалаштириш ва эксплуатация жараёнлари мобайнида баҳоланиши орқали ифодланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ўзбекистон иқлим шароитида энергия ва биоўғит ишлаб чиқувчи биогаз қурилмаларнинг ишончлиликни баҳолаш бўйича олинган натижалар асосида:

Органик чиқиндиларни қайта ишловчи 30 м^3 биогаз қурилмасини лойиҳалаштириш ва ишга тушириш даврида қурилманинг ишончли ва тўхтовсиз ишлашини таъминлаш услубиёти жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2022 йил 10 майдаги 07/33–2865-сон маълумотномаси). Натижада бир йилда биомассани қайта ишлаш учун сарфланадиган 414,5 кВт·соат электр энергиясини тежалишига эришилган.

Ўзбекистон иқлим шароитида 10, 30, 50, 180 м^3 биогаз қурилмаларни лойиҳалаштириш даврида тизимни тўхташига таъсир этувчи омиллар аҳамиятини аниқловчи дастурий таъминоти жорий этилган (“DIO ARX PROJECT” МЧЖнинг 11.01.2021 № 01-11/2021 сонли далолатномаси). Натижада анъанавий тизимда

лойихалаштирилган қурилмага нисбатан модернизация ва эксплуатацион харажатларни 5 248 976 сўм иқтисод қилиш имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 7 та халқаро ва 6 та республика илмий - амалий анжуманларида ва семинарларида апробациядан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 24 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) илмий даражасини олиш диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 7 та мақола, жумладан, 5 та республика ва 2та хорижий журналларда нашр этилган, 3 дастурий гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация матни 120 бетда келтирилган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, муаммонинг ўрганилганлик даражаси очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг ишончлилигини мақсади ва вазифалари, объекти, предмети ва усуллари тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, ишнинг апробацияси, нашр этилган ишлар, диссертациянинг ҳажми ва тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Жаҳонда ва Ўзбекистонда биогаз қурилмаларнинг замонавий ҳолати**» деб номланган биринчи бобида сўнги вақтларда ишлаб чиқаришга жорий этилаётган биогаз қурилмаларининг мавжуд конструкциялари, технологик режимлари, тизимлари ва ишчи бўғинлари кўриб чиқилган ҳамда анаэроб жараёнининг жадаллаштириш ва биогаз чиқиш миқдорини ошириш учун ушбу соҳада тадқиқот олиб борган олимлар ва хорижий давлатларнинг етакчи тажрибалари ўрганилган. Республикамишзда барпо этилган биогаз қурилмалари бўйича Давлат стандартларига мос тушиш талаблари таҳлил қилинган.

Дунё амалиётида анаэроб жараёни таъминловчи биогаз қурилмалар бир хил ва уларнинг ишлаш принципидаги фарқ деярли йўқ. Аммо сўнги вақтларда мавжуд замонавий қурилмалар ва улардаги анаэроб жараёни таъминловчи бўғин ва тизимлар таркибига электрон назорат қурилмалари киритилмоқда. Лекин шунда ҳам амалиётда биогаз қурилмаларни ишга тушириш жараёни мобайнида нотўғри ёки хомаки ҳисоб китоблар туфайли юз берган халокатли вазиятлар аниқ мисоллар билан баён этилган.

Ишончлилик нуқтаи назаридан ўрганилганда айнан биогаз қурилмалар бўйича қабул қилинган Ўзбекистон Республикаси Давлат Стандартини ўрганилгандда, унда биогаз қурилмаларнинг ишончлилик талабларига фақатгина ўртача хизмат муддати камида 15 йил бўлиб, капитал таъмирдан олдин ўртача ресурс камида 1 йил бўлиши зарур деб кўрсатилган, бўлиб унда берилган ишончлилик кўрсаткичларини эса 1-жадвалда кўришимиз мумкин⁶.

⁶ O'z Dst 2798-2013-Биогаз қурилмалари- Ўзбекистон Республикаси Давлат стандарти, 12.12.2013й http://portal.standart.uz/standart/oz_dst_2798_2013.pdf

Ўзбекистон Республикаси Давлат Стандартига асосан биогаз қурилмаларнинг ишончилилик кўрсаткичлари

№	Кўрсаткичлар номи	Ўлчов бирлиги	Биореактор ҳажми м ³					
			5	10	25	50	100	500
1	Биомасса бўйича БГҚ кириш ҳажми (намлик 85-92% бўлганда)	кг/d	300	500	1600	3300	6600	30000
2	Олинаётган биоўғит бўйича унумдорлик	%	92	92	92	94	94	94
3	Олинаётган биогаз бўйича унумдорлик	%	8	15	80	165	330	320
4	И/ч қуввати	кВт	2,2	2,5	3	9	14,5	40
5	Қурилма массаси	Т(гача)	1,5	3	7	15	40	70
6	Эгаллаётган ҳудуди	м2	7	15	48	205	248	320

Ушбу 1-жадвалда кўрсатилган ишончилилик кўрсаткичларини таъминлаш учун биогаз қурилмасининг монтажи, демонтажи, техник хизмат кўрсатиш қулайлиги, яъни, қурилмани созлаш, тартибга солиш ва бошқариш мобанида унинг таркибий қисмларига эркин кириш имконияти таъминланиши керак. Бунинг учун эса ушбу жараёнларга таъсир этувчи омилларини ўрганиш лозим.



Бу ерда: 1-тизим ва бўғинларда носозликлар, 2-об ҳавонинг ноқулай шароити, 3-носозликларни аниқловчи датчиклар, 4-операторнинг ҳаракати, 5-қурилманинг узлуксиз ишлашини таъминлаш.

1-расм. Биогаз қурилмаларнинг носозлигига таъсир этувчи омиллар.

Таҳлилларимиздан хулоса қилиб, бошқа мураккаб тизим каби Ўзбекистон иқлим шароитида биогаз қурилмаларнинг ишончилиги, таркибий қисмларнинг узлуксиз ишлашини таъминлашдан иборат бўлиб, турли омилларнинг таъсирини ўз вақтида баҳолашга боғлиқ бўлиб ҳамда иш жараёни давомида қурилмаларнинг технологик ишончилилик параметрларини доимий назоратга олинишини талаб этади.

«Биогаз қурилмаларнинг ишончли ишлашини тадқиқ этиш» деб номланган иккинчи бобида Республикада барпо этилган биогаз қурилмаларни иш жараёнининг таҳлиллари келтирилган.

Биогаз қурилмаларини ишга тушириш жараёни мобайнида юз берган ва бўлиши мумкин бўлган халокатли вазиятлар кўриб чиқилган. Тадқиқотларимизда ва тажрибаларимизда Республикада ҳос кескин континентал иқлим шароити ва атмосфера ўзгаришларини инобатга олинмай барпо этилган ёки адаптация жараёнини ўтмаган биогаз қурилмаларнинг “тахминий” ишга туширилган ҳолатларда, талофатли вазиятларга дуч келганларни кузатилади. (2-расм).

2-расмда кузатган ҳавфли вазиятларнинг асосий сабаби Республикада иқлим шароитида ишловчи биогаз қурилмалари, аксарият қисми қўлбола тайёрланган бўлиб, айрим ҳолатларда меъёрий ҳужжатларга мос ҳолатда тўғри келмайди. Юқоридагилардан хулоса қилиб, биогаз қурилмаларнинг ишончилигини баҳолашда

мавжуд жараёнлар ва уларда иштирок этувчи бўғинларни тадқиқ этиш мақсади қуйилди.



а)

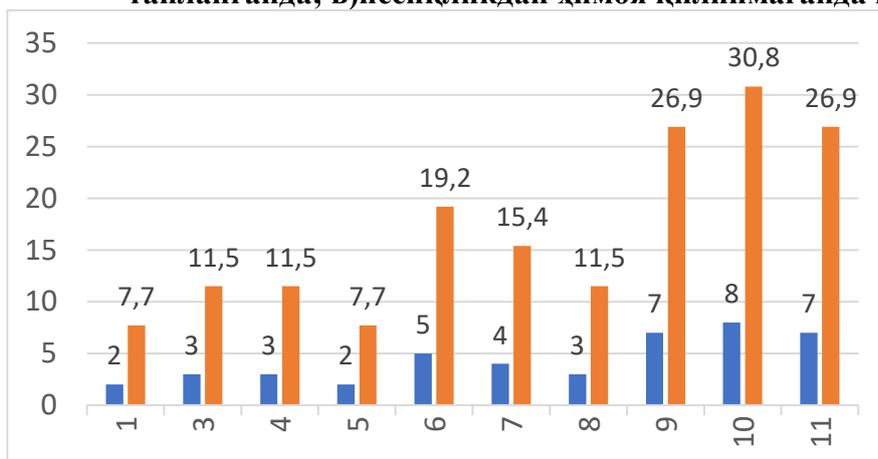


б)



в)

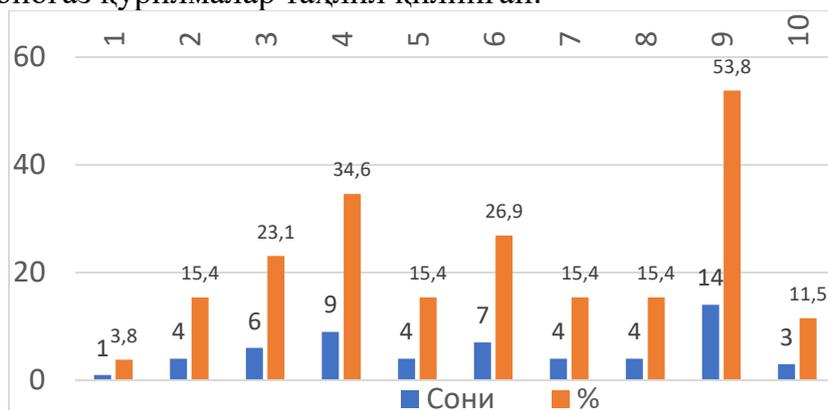
2-расм. Биогаз қурилмаларини ишга тушириш жараёни мобайнида юз берган халокатли вазиятлар: а)иқлим шароити инобатга олинмаганда; б)биореактор ишчи ҳажми нотўғри танланганда; в)иссиқликдан ҳимоя қилинмаганда юз берган тўхташлар.



Бу ерда X ўқида
 1-CO₂% ошган, 2-pH ошган,
 3-биоўғит сифати пасайган,
 4-биогаз миқдори пасайган,
 5-нохуш хидли газлар,
 6-умуман ҳеч қандай газ чиқмаслиги,
 7-CH₄ миқдори ошган,
 8-жараён давомийлигининг ошиши,
 9-жиҳозларнинг носозлиги,
 10-қурилма ишга туширишдан кейин тўхташи,
 11-қурилмани ишга туширишдан олдин тўхташи.

3-расм.Тажрибавий қурилмалар текшириш пайтидаги ҳолатлари.

Биомассани қайта ишлаш мобайнида юз бераётган жараёнларни қурилманинг ишончли ишлашига таъсирини ўрганиш мақсадида, танланган бижиш жараёни, иссиқлик режими ва олинаётган биогаз ҳамда органик ўғитнинг сифати баҳоланди. Лабораторияда тадқиқотлар ўтказилганда, бир хил шароитида термостатнинг 54±20С ҳароратида тўрт кун сақланган тўртта идишдаги биомасса ва ҳосил бўлаётган газлар ҳолати турлича бўлишини кузатдик.Тажрибаларимизда республикамизда барпо этилган йигирма олтига биогаз қурилмалар таҳлил қилинган.

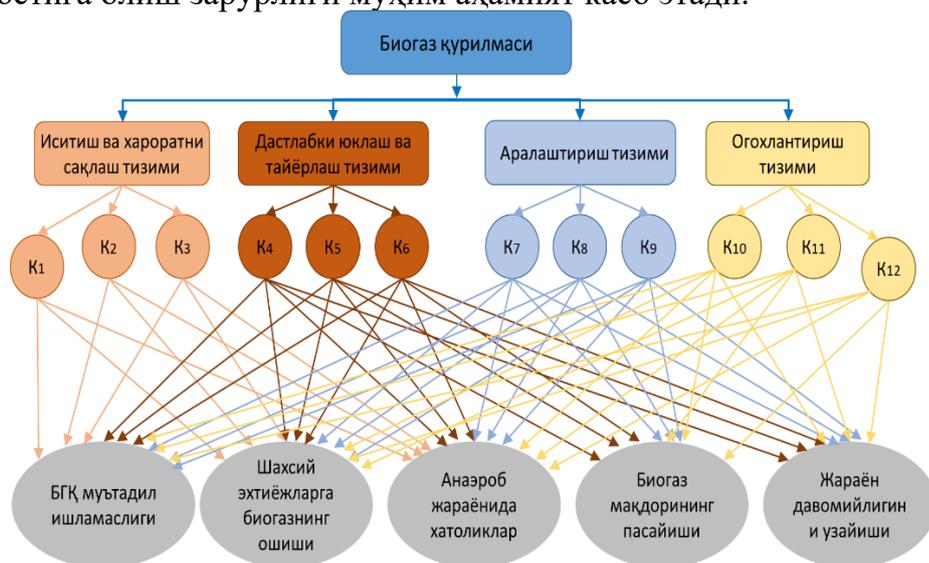


Бу ерда X ўқида: 1-эскирган хомашё,
 2-биореакторга кунлик юклашлар меъёрининг бузилиши, 3-анаэроб жараёни бузилиши, 4-иситиш ва изоляция тизимида носозликлар,
 5-герметикликнинг бузилиши,
 6-биомассанинг майдаланмаганлиги.
 7-биомассада антибиотик ва бошқа дезинфекция воситалари,
 8-автоматик бошқарув системасини бузилиши, 9-операторнинг ҳаракати,
 10-жиҳозларнинг носозлиги.

4-расм. Органик чиқиндиларни анаэроб ишлов бериш биогаз қурилмаларнинг тўхташларига сабаб бўладиган асосий кўрсаткичлар.

Текшириш пайтида (3-расм) CO₂% ошган қурилмалар 7,7%, pH ошган қурилмалар умумий улушида 15,4%, биоўғит сифати пасайган қурилмалар 11,5%, биогаз миқдори пасайган қурилмалар сони 11,5%, нохуш хидли газлар чиқиши кузатилаётган қурилмалар 7,7%, умуман ҳеч қандай газ чиқмаганлиги кузатилган қурилмалар 19,2 % ташкил этганлигини кузатдик. Тажрибавий биогаз қурилмалар тўхташ ҳолатлари

кузатиш натижасида уларни ишончли ишлаб, иқлим шароитига мослаширилган ҳолда қурилманинг умумий тизими ва алоҳида бўғинларнинг ишлашини қаттиқ назорат остига олиш зарурлиги муҳим аҳамият касб этади.



Тажрибаларда биогаз қурилмаларнинг иш жараёни ва унда иштирок этувчи бўғинлар ўзаро муносиб бўлиб, уларни тўхтовсиз ишлашини таъминлаш учун тизимларни тўғри ишлаш ва анаэроб-биоз жараёнини узлуксизлигини таъминлашга боғлиқлиги аниқланди (4-расм).

5-расм. Биогаз қурилмасини тўхтаб қолиш сабаблари ўртасидаги боғлиқликлар.

Биогаз қурилмаларда носозликларни сабабларини бартараф этиш йўлларини аниқлаш учун уларни ўртасидаги боғлиқликларни ўрганилди (5-расм). Ҳар бир носозлик алоҳида ҳолатда ва биргаликда биогазни шахсий эҳтиёжларга фойдаланилиши, махсулот чиқиш кўрсаткичларни пасайиши ва хк.ларни билдиради. (2-жадвал).

Шунингдек, барча носозликлар камида битта салбий натижа олиб келиши мумкин. Бунда барча носозликлар ва уларнинг бирикмалари эҳтимолли характерга эга (2-жадвал).

2-жадвалдан, биогаз қурилмаларда операторининг хатолиги ва иқлим омилларига риоя қилмаслик туфайли носозлик ва тўхташларини юз берганини кўришимиз мумкин.

Тажрибаларимиз орқали, иқлим омиллари таъсирида тасодифий тўхташлар, суткалик об ҳавонинг ўзгариши натижасида жараённинг фавқулотда тўхташларига сабаб бўлиб, машина механизмларни ишламай қолишига олиб келиши кузатилди.

2-Жадвал

Тажрибавий биогаз қурилмалардаги носозликларнинг диагностик матрицаси

Сабаблар номи	Аломатлар							
	CO ₂ % ошган	pH ошган	Биоўғитнинг хусусиятлари пасайган	Биогаз чиқиши пасайган	Ноҳуш хидли газларнинг чиқиши	Ҳар қандан газларнинг чиқиши мавжуд	Шахсий эҳтиёжлар учун биогаз миқдори ошган	Жараён вақти узайганлиги
Эскирган органик чиқинди	+	+	+					+
Биореакторнинг кунлик юклаш дозаси			+	+	+		+	+
Анаэроб жараёнининг бузилиши	+	+	+			+		+
Иссиқлик таъминоти ва вентиляция тизимидаги бузилишлар				+	+	+		+
Герметикликнинг бузилиши				+	+	+		+
Органик массанинг яхши майдаланмаганлиги	+	+	+		+			+
Антибиотиклар ва бошқа дезинфекция воситалари	+	+	+			+		
АБТ тизимининг носозлиги		+	+			+	+	+
Қурилма операторининг нотўғри иши	+	+	+	+	+	+	+	+
Бўғин ва тизимларнинг носозлиги	+	+	+	+	+	+	+	+

Шунингдек, мамлакатимизда барпо этилган анъанавий биогаз қурилмалари

очиқ хавода ўрнатилгани учун республикамиз иқлим шароитини ҳисобга олиб, қурилмаларни ишончли ишлашини ўрганишда узлуксиз, даврий ва аperiодик иссиқлик таъсирлари ажратилди. Иқлимнинг тез суръатларида ўзгариш ҳолатлари ва биогаз қурилмаларни операторлар томонидан назоратсиз қолдирилиши ёки нотўғри ишлатилиши, қурилмаларнинг ишончли ишламаслик ёки бутунлай тўхтаб қолишнинг асосий сабаблари эканлиги аниқланди.

Об ҳаво ҳароратининг ўзгариши биогаз қурилмаларни тўхтовсиз ишлашига хавф солиб, қуйидаги носозлик ҳолатларининг юз бериши кузатилди:

- биогаз қурилмаларининг асосий бўғинлари, аралаштириш, тўкиб олиш, юклаш тизимларида иш сифатининг ёмонлашуви;
- биореакторлардаги ҳароратнинг кескин ўзгариши;
- иситилаётган биомасса ҳароратини ўзгариши, биомассани реактор деворларига ёпишиши;
- қўшимча юкланишларнинг ортиши кузатилди.

Юқоридагилардан келиб чиқиб, биогаз қурилмасининг ишончлилик моделини тўхташ ва тикланиш ҳодисалар оқими ёрдамида таърифланиши зарурати пайдо бўлди. Бунинг учун қурилмаларнинг бошқа тикланадиган объектлар каби ишончлиликни тавсифловчи дастлабки тўхташ кўрсаткичларидан (тўхтовсиз ишлаш эҳтимоллиги, тўхташ эҳтимоллиги, тўхташларнинг интенсивлиги) ташқари қўшимча кўрсаткичлар, яъни тўхташлар оқими параметри ва ўртача тўхташ соатларини тавсифлаш шартли қўйилди.

Диссертациянинг «**Биогаз қурилмаларнинг ишончли ишлашини ҳисоблаш усуллари**» деб номланган учинчи бобида органик чиқиндилардан энергия олиш биогаз қурилмасининг ишончлиликни ҳисоблаш усуллари келтирилган.

Биогаз қурилмалар ишончлилигини баҳолаш тўғрисидаги маълумотлар адабиётларда кам келтирилиши уларни техник ишончлилик кўрсаткичлари билан таққослаш имконияти чегаралаб таҳлилларда қийинчиликларга сабаб бўлди. Бунда биогаз қурилмалар ишончлилигини баҳолаш учун қуйидаги ҳисоблаш кетма кетлик тартиби ҳосил қилинди (6-расм):

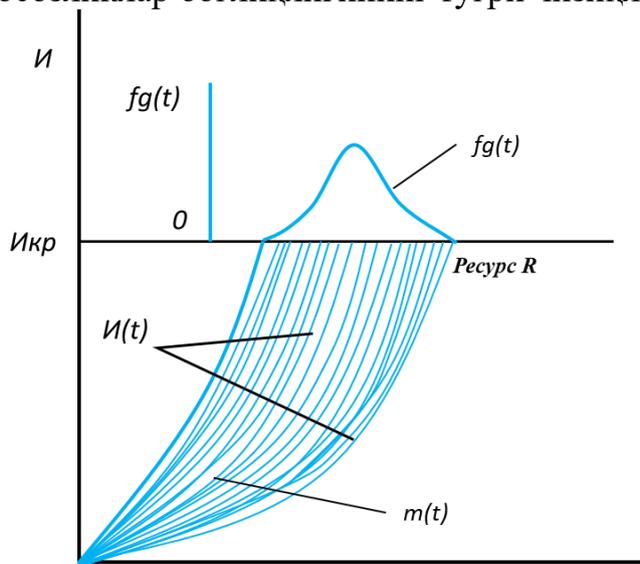


Ишончлилигини ҳисоблаш тартибга кўра, агар функционал ишончлилик ҳисобланиш зарур бўлса, 4-5-7 босқичларга ўтилади, агар элементар ҳисоб китоб зарур бўлса, унда 3-6-7 босқичлар бўйича амалга оширилиши аниқланди. Биогаз қурилмалар ишончлилиги кўрсаткичлари ҳам алоҳида бўғин учун ҳам мажмуавий тўхташ мезонларига қараб баҳоланади.

6-расм. Биогаз қурилмалар ишончлилигини ҳисоблаш тартиби

Амалий мақсадлар учун зарурий аниқлик билан бўғинларнинг ишончлилиги таснифлари тўхташ жараёнининг идеаллаштирилган моделини таҳлил қилиш йўли

билан олинади, бунда алоҳида қисмларнинг тўхташ эгри чизиқлари вақтинчалик носозликлар боғлиқлигининг тўғри чизиқлари ҳисобланади.

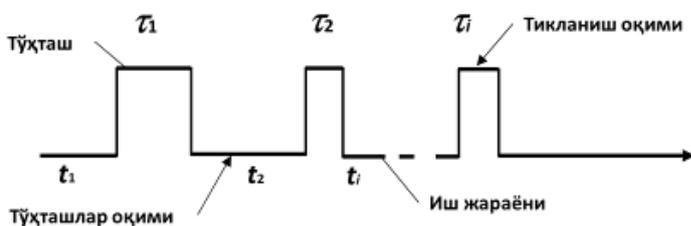


t элементларнинг эксплуатация даври

Ишчи тугунларнинг чегаравий ҳолатгача бўлган тўхташ жараёнларининг схематик моделида ўхшаш бўғинларнинг индивидуал тўхташ эгри чизиқлари кўрсатилган (7-расм). Бўғинларнинг ишдан чиқишига таъсир этувчи омилларнинг хилма-хиллиги, уларнинг ўзаро боғлиқлиги ва чизиқли бўлмаган боғлиқлиги туфайли тугунларнинг ишдан чиқиши учун физик қонунлар асосида етарлича қатъий ифодани олиш қийин.

7-Расм. Бўғинларда тўхташлар графиги.

Шунинг учун, муайян турдаги носозликлар учун энг муҳим омилларнинг таъсирини акс эттирувчи ярим. эмпирик ва эмпирик қонуниятлардан фойдаланиш зарур бўлди.



бу ерда:

$t_1 \dots t_n$ – ишга лаёқатлилиқ оралиқлари;
 $\tau_1 \dots \tau_n$ – иш ҳолатини тикланиш оралиқлари

8- расм. Биогаз қурилмаларнинг иш жараёни.

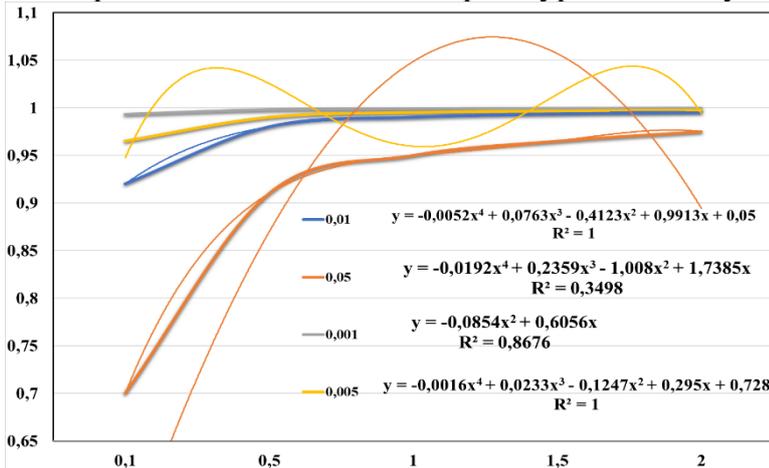
Биогаз қурилмаларининг эксплуатацияси даврида улардаги носозликлар ва тўхташлар олдини олиш модели кечаётган ҳодисалар оқими ёрдамида таърифланиб ҳодисалар бошланғич нуқтасидан бошлаб, объект биринчи тўхташигача ишлаш ва тўхташдан кейин объектнинг ишлаш қобилияти тикланиб, кейинги тўхташгача иш давом этиши ва бу ҳолатлар қайтарилиши аниқланганлиги маълум бўлди. (8-расм) Биогаз қурилмаларидаги жараёнлар тикланадиган объект сифатида барча жиҳозлари биргаликда барқарор ишлаши ва таъмирга лаёқатлилиги мажмуавий кўрсаткичлари, яъни дарҳол тайёр бўлиш коэффиценти $A(t)$ (A) ва дарҳол тайёр бўлмаслик коэффиценти $U(t)$ (U) деб олиб, оператив тайёрлик коэффиценти $K_{от}(t)$ ни, техник фойдаланиш коэффиценти - $K_{тф}$ ва самарадорликни сақланиш коэффиценти $K_{сам}$ кўрсаткичлари қабул қилинди. Маълумки, стационар тайёр бўлиш коэффиценти A мавжуд бўлганда, вақт оралиғи чексизликка интилса биогаз қурилмаларидаги метаногенез учун узоқ вақт талаб этилади ва дарҳол ишга тайёр бўлишнинг чегараси бўлиб қолади. Тайёр бўлмаслик коэффиценти эса аксинча ҳолатни намоён бўлишини кўриш мумкин. Ишни мантикий жавобини тўғри олиш учун мажмуавий кўрсаткичларини баҳолашнинг энг қулай замонавий модели яъни Марков жараёнлари ҳамда мантикий эҳтимоллик усулидан фойдаланиб таққослаб олинди.

Дифференциал тенгламалар системаси Лаплас формуласи билан ечилиб, керакли ишончлилиқ кўрсаткичларини аниқлаш имконини беради. Демак тикланмайдиган

бўғин учун қуйидаги дифференциал тенгламалар тизимини келтирилди:

$$\left. \begin{aligned} P_0'(t) &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t), \\ P_1'(t) &= \lambda P_0(t) - \mu P_1(t). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Биогаз қурилмаларнинг заҳираланмаган тикланадиган тизими учун бир чизиқли Марков жараёни кўринишида фараз қилиб оламиз, бунда ўзгармас катталиклари λ – тизим тўхташларни жадаллиги, μ – тикланиш жадаллигини англатади. Matlab/Simulink дастури асосида қуйидаги системани ечиб унинг моделини тузамиз, бунда $\lambda = 0.0001(1/с)$; $\mu = 1(1/с)$. λ ва μ турли параметрлари учун модел натижаларини 9.а,б-расмларда ҳамда 3а-б-жадвалларда кўришимиз мумкин.

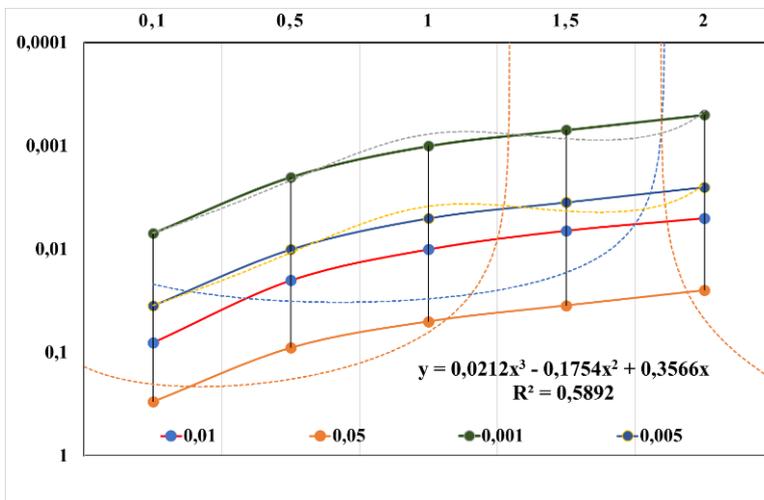


9.а-расм Марков жараёнлари асосида λ - тўхташ частотасида заҳираланмаган тикланмайдиган тизим учун модел графиги

3.а – жадвал

Заҳирали тикланмайдиган тизим учун Λ тайёр бўлиш ҳолатида ишончлилик модели

μ	Λ			
	0,01	0,05	0,001	0,005
0,1	0,92	0,7	0,993	0,965
0,5	0,98	0,91	0,998	0,99
1	0,99	0,95	0,999	0,995
1,5	0,9934	0,965	0,9993	0,9965
2	0,995	0,975	0,9995	0,9975



9.б-расм μ - тикланиш частотали заҳираланмаган тикланмайдиган тизим учун модел графиги

3.б– жадвал

Заҳирали тикланмайдиган тизим учун U тайёр эмаслик ҳолатида ишончлилик модели

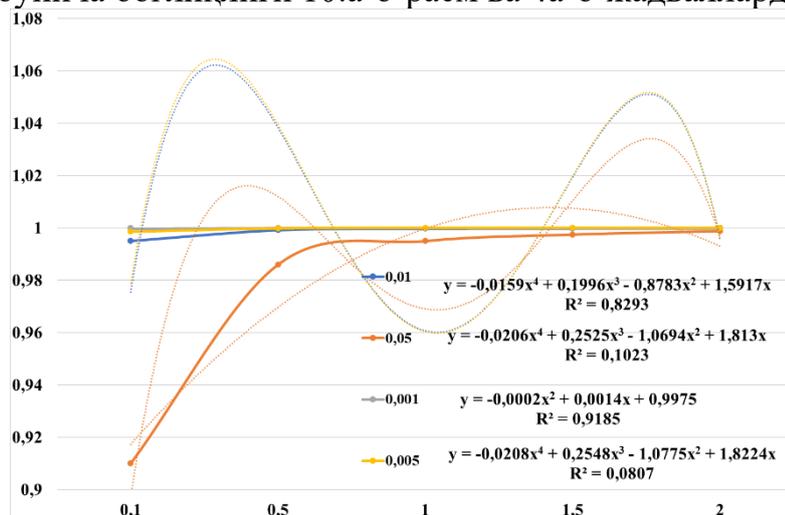
μ	**			
	0,01	0,05	0,001	0,005
0,1	0,08	0,3	0,007	0,035
0,5	0,02	0,09	0,002	0,01
1	0,01	0,05	0,001	0,005
1,5	0,0066	0,035	0,0007	0,0035
2	0,005	0,025	0,0005	0,0025

Ишончлилик нуқтаи назаридан такрорли тикланадиган тизимнинг марков жараёнлари моделини дифференциал тенгламалар системаси қуйидаги кўринишда тузилиб, тикланадиган такрорий тизим учун ечим модели яратилди:

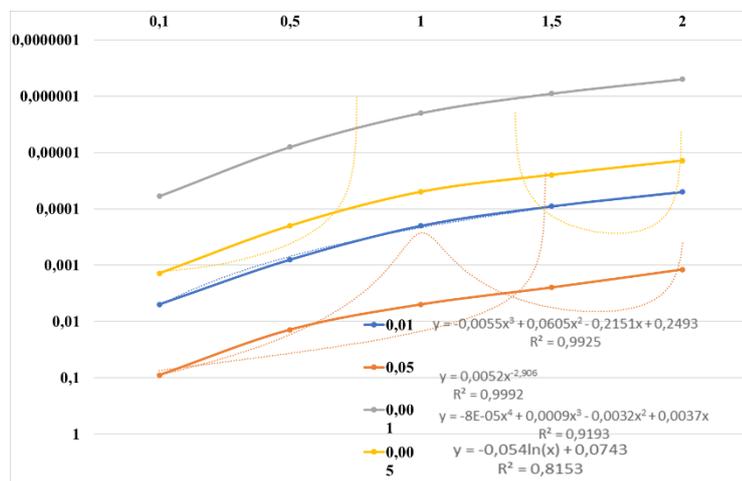
$$\left. \begin{aligned} P_0'(t) &= -2\lambda P_0(t) + \mu P_1(t), \\ P_1'(t) &= 2\lambda P_0(t) - (\lambda + \mu)P_1(t) + \mu P_2(t), \\ P_2'(t) &= \lambda P_1(t) - \mu P_2(t). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Тикланадиган тизимнинг тайёрлик ва тайёр эмаслик функцияларнинг вақт

бўйича боғлиқлиги 10.а-б-расм ва 4а-б-жадвалларда кўрсатилган.



10.а-расм. Тикланадиган тизимнинг тайёрлик ва тайёр эмаслик функцияларни λ-тўхташ частотасида вақт бўйича боғлиқлиги.



10.б-расм. Тикланадиган тизимнинг тайёрлик ва тайёр эмаслик функцияларнинг μ- тикланиш частотада вақт бўйича боғлиқлиги.

Қилинган тадқиқот натижаларига қараб қуйидаги хулосалар қилиш мумкин:

-λ параметрнинг ҳар бир қиймати учун биогаз қурилмасини тикланиш жадаллиги (операторларни ўқитиш ёки касбий тайёргарлигини ошириш, ташқи таъсирлардан ҳимояланишни ошириш, тақрорли тизимлар сонини ошириш ва ҳк.) тайёрлик коэффициенини ошириб, тўхтаб қолиш коэффициентини камайтиради.

-Биогаз қурилмасининг тўхташ жадаллигини пасайтириш орқали тайёрлик коэффициент ошиб, тўхташ коэффициенти камайтиради.

Қурилмаларнинг ишончилигини баҳолашда замонавий самарали усулларида бири бўлган Марков жараёнлари моделига асосан функционал яхлитлик схемаси ва эхтимолли-манتيқий модели ҳамда биогаз қурилмасининг тўхташига олиб келувчи устиворлик кўрсаткичи услубиётлардан фойдаланиш мақсади қўйилди.

«Биогаз қурилмаларнинг техникавий-иқтисодий самарадорликни ошириш ва ишоччилигини баҳолаш услубиётлари» деб номланган тўртинчи бобида биогаз қурилмалари ишончли ишлашини таъминлаш ва уларни бошқарилиши ҳамда башорат қилиниши ҳамда тадқиқотлар мобайнида аниқланган омиллар орқали юзага келадиган

4.а – жадвал
Заҳирали тикланадиган тизим учун
А тайёр бўлиш ҳолатида
ишонччилик модели

μ	λ			
	0,01	0,05	0,001	0,005
0,1	0,995	0,91	0,99994	0,9986
0,5	0,9992	0,986	0,999992	0,9998
1	0,9998	0,995	0,9999980	0,99995
1,5	0,99991	0,9975	0,9999991	0,99998
2	0,99995	0,9988	0,9999995	0,99999

4.б – жадвал
Заҳирали тикланадиган тизим
учун U тайёр эмаслик
ишонччилик модели

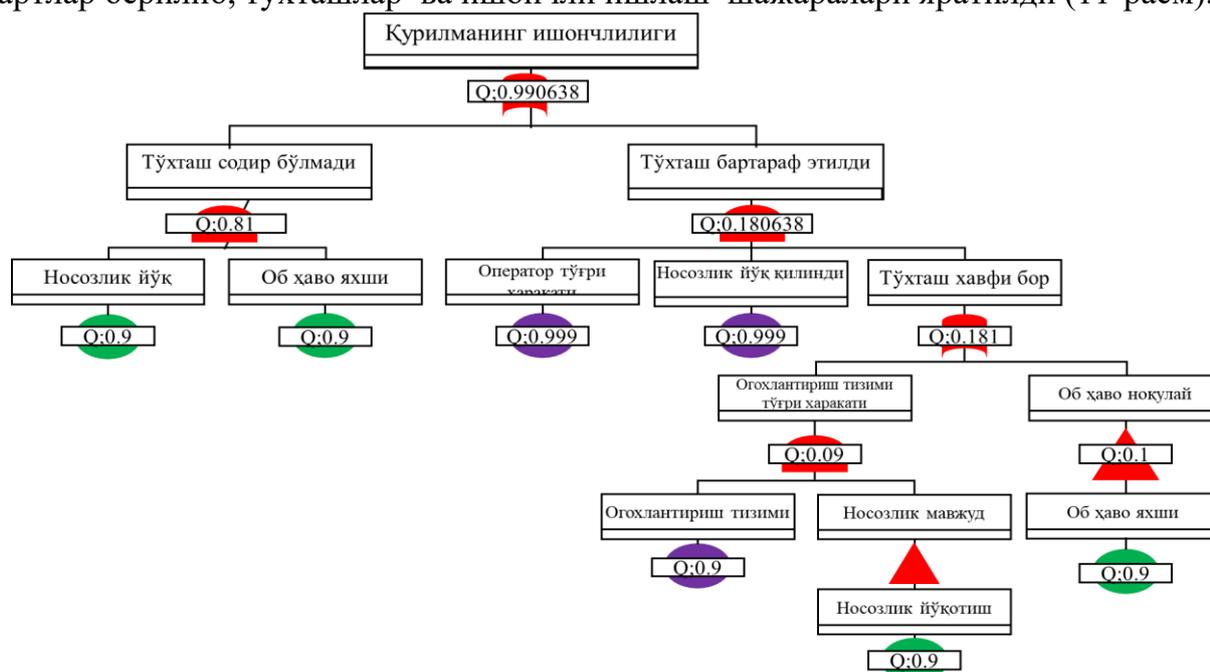
μ	**			
	0,01	0,05	0,001	0,005
0,1	0,005	0,09	6E-05	0,0014
0,5	0,0008	0,014	8E-06	0,0002
1	0,0002	0,005	2E-06	5E-05
1,5	9E-05	0,0025	9E-07	2,5E-05
2	5E-05	0,0012	5E-07	1,4E-05

тўхташ ҳолатларни олдини олиш учун мантиқий эҳтимоллик услубиётидан фойдаланилди.

Биогаз қурилмасининг ишончилиги эҳтимолли жараён бўлганлигини ҳисобга олиб, тўхташ ходисаларга мантиқий ёндашувда бўлган мантиқий эҳтимоллик усули, тизимлар ишончилигини моделлаш ва ҳисоблашнинг барча муаммоларини шакллантириш ва ҳал қилиш учун асос бўлиб ҳисобланиши мумкинлигини инобатга олинди. Ишончилик функциясини график шаклида ифодалаш учун биогаз қурилмасининг тўхташи ва ишончли (узлуксиз) ишлаши шажараси шаклига келтирилди ва уни таҳлил қилинди. Ва бажарилаётган ҳар қандай функциянинг бирортаси бажарилмаслиги энергетик қурилмасининг тўхташ ҳолати юзага келиши мумкинлиги ўз аксини топилди.

Таdqикотларда биогаз қурилмасида анаэроб жараёнини узлуксизлигини таъминлашда юзага келадиган иккита хавфли ҳолатларнинг мантиқий моделини тузиш учун мақсадлар қўйиб олинди: маълум бир шароитларда биогаз қурилмаси ишини тўхтаб қолишига ёки биогаз чиқаришни тўхтатишга олиб келадиган барча йўллар: ҳодисалар комбинациясининг минимал сонини, асосий сабабларини аниқлаш; биогаз қурилмасини тўхташ эҳтимоллиги частотасини миқдорий баҳолаш; ажратилган қўйи тизимларни кўриб чиқишда аниқлаш қийин бўлган носозликлар ёки уларнинг умумий сабабларини аниқлаш ва алоҳида ҳодисаларнинг тизим параметрларининг оғишларига нисбатан сезгирлигини таҳлил қилиш.

Олинган ҳолатлар учун рўй бериши мумкин бўлган барча вазиятларни кўриб чиқилиб, биогаз қурилмасини ишончли ва хавфсиз ишлаш моделини ясаб, тўхташ ҳолатини юзага келиш эҳтимолли таснифларини ҳисоблаш зарур бўлганлиги учун қурилманинг ишончли ишлаши келтирилган ҳар битта омилнинг қўшган улуши ва муҳимлигини ҳамда қурилманинг хавфсизлик даражасини аниқлаш зарури пайдо бўлади. Шунинг учун, ишончилик кўрсаткичларини иккита дастурий мажмуада кўриб чиқилди. Биогаз олиш қурилмалардаги анаэроб жараёни ўта мураккаблигини инобатга олиб «RELEX» дастурий таъминот мажмуасидан фойдаланилди. Бунда ходисаларга шартлар берилиб, тўхташлар ва ишончли ишлаш шажаралари яратилди (11-расм).

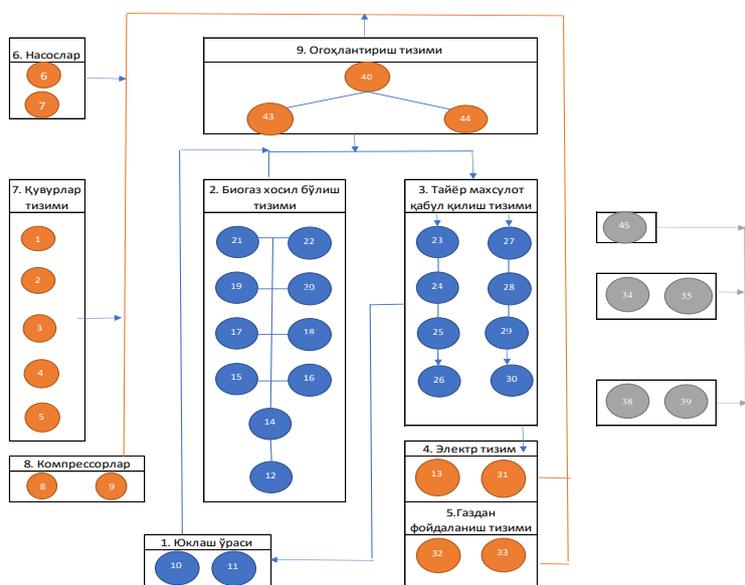


11-расм. Биогаз қурилмасининг ишончилилик шажараси (Relax Fault Tree Дастурида)

Келтирилган омилларини биогаз қурилмасининг тўхташида нисбий аҳамиятини ҳисоблаш учун Relex Fault Tree дастурида текшириб, шажараларга қараб қурилманинг тизими ва бўғинларнинг созлик ҳолати эҳтимоллиги $P1=0.09$; қулай ташқи иқлим омиллари $P2= 0.9$; қурилмада анаэроб жараёнини хатолиги қурилманинг тўхташига сабаб бўлиш эҳтимоллиги $P3= 0.09$ оператор томонидан бажарилган ҳаракатлар қурилманинг тўхташи/ ишончли ишлашига эҳтимоллиги $P4= 0.999$; қурилманинг носозлигини аниқлаш (огоҳлантириш) тизимини тўғри ишлаш эҳтимоллиги $P5= 0.181$ га тенглиги аниқланди ва бажарилган ҳисоб китоблар орқали қуйидаги натижалар олинди: тўхташ рўй бермаслик эҳтимоллиги $PPбэ = 0.990638$; тўхташ рўй бериш эҳтимоллиги $Pав = 0.00936182$ бўлиши аниқланди.

Келтирилган ҳисобий ва амалий аниқланган қийматлар Марков жараёнлари модели билан текшириб олиш учун тўхташлар алгоритмини тузиш мақсади қўйилди. Тузиладиган алгоритмларни (11 ва 12- расмлар) тўхташлар шажарасига ўхшаб ҳодисалар билан белгилаб олинди.

10-расмда тажрибали қурилмани ўрганишда анаэроб жараёнида иштирок этувчи барча жиҳоз ва тизимлар ажратилди.



Бунда кўк рангда асосий бўғин ва тизимлар, сариқ рангда уларга хизмат кўрсатувчи жиҳоз ва тизимлар ҳамда кулранг рангда жараённи узлуксизлигини таъминловчи кўмакчи тизим ва бўғинлар кўрсатилган. 1-9 ҳамда 40-44 гача бўлган элементларнинг ишончилиги ва тўхтовсиз ишлаши жараён узлуксизлигини таъминловчи энг муҳим бўғинлар ҳисобланадилар.

12-расм. БГҚнинг анаэроб жараёнида иштирок этувчи жиҳоз ва тизимлари.

Ушбу элементларнинг ишламай қолиши БГҚнинг функционал ишдан чиқишига ва конструктив авариясининг пайдо бўлишига олиб келади, деб ҳисобланади. 10-30 гача бўлган бўғинлар асосий ишчи элементлар ҳисобланган тақдирда лекин уларнинг тўхтаб қолиши нисбатан жараён тўхташида аҳамияти. 31-39 бўлган элементлар жараён тўхтовсизлигига билвосита таъсир кўрсатадилар. 12-расмда БГҚнинг ишончилиги кўрсаткичларини ҳисоблашда фойдаланиладиган барча элементларнинг ўртача ишламай қолиш вақти (йилларда) ўрнатилган TO_i қийматлари кўрсатилган.

Юқоридаги кўрсаткичлардан фойдаланган ҳолда, Relex fault дастурида БГҚ узлуксиз ишончли ишлаши кўрсаткичларини моделлаштириш ва ҳисоблашнинг олинган асосий натижаларини 5-жадвалда кўришимиз мумкин.

Relex fault дастури да ушбу мисоли ечимининг тўғрилигини тасдиқлаш учун олинган машина натижаси $BГҚ (1000\text{кун}) = 0,634658575170$ БГҚнинг ишончли

ишлаш эҳтимолини ҳисоблаш учун ушбу кўрсаткичнинг аналитик ҳисоби билан таққосланади.

5-жадвал

БГҚнинг функционал ишончилиги натижалари

№	Номи	Натижаси
1	БГҚ ишончилигининг мантикий функциясининг конъюнкциялар сони	Тўртта
2	БГҚ ишончилигининг мантикий конъюнкцияси (муваффақиятли ишлашининг энг кичик йўллари)	$У_{СФИ} = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_{45}$
3	БГҚ ишончилигининг мантикий функциясидаги кўпхад таркибида бирхадлар сони	Тўққизта
4	БГҚ ишончилигининг мантикий функциясидаги кўпхади	$P_{СФИ} = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_{45}$
5	БГҚ ишончли тўхтовсиз ишлашининг эҳтимоллиги	$P_{БГҚ}(1000\text{кун}) = 0.634658575170$
6	Тўхташгача ўртача йиллик наработкаси	$T_{тбгик} = 0.219 \text{ йил} = 1918 \text{ кун}$

Муносабатлар (6-жадвал) асосида жиҳозларнинг тўхтовсиз ишлаш эҳтимоли ҳисоблаб чиқилиб, улар БГҚнинг функционал ишончилиги аниқланди:

Ушбу моделлар БГҚнинг ишончилигида элемент ва жиҳозларнинг умумлаштириб, БГҚ ишончли ишлаши ва тўхташида тизимларнинг улуши ва аҳамияти аниқланди (6-жадвал).

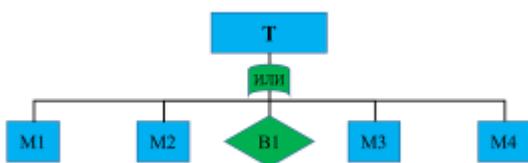
6-жадвал

БГҚ ишончли ишлаши ва тўхташида тизимларнинг улуши ва аҳамияти

№	Элемент №	Тизим номи	Аҳамияти	%	Салбий улуши	%	Ижобий улуши	%
1	1-9, 40-44	Хизмат кўрсатиш	0,593973	59,4	0,58584	58,6	0,008134	0,8
2	10-36	Асосий	0,340231	34,0	0,32997	33,0	0,010261	1,0
3	37-39	Кўмак	0,038723	3,9	0,03079	3,1	0,003932	0,4

Биогаз қурилмасининг туридан қатъий назар, мумкин бўлган носозликлар рўйхатини тузишда, "пастдан юқорига" "Roll Up FMEA" услубиётдан фойдаланиб, унда пастки даражадаги таркибий қисмлар (элементлар) учун мумкин бўлган носозлик турлари рўйхатга олиниб, уларнинг оқибатлари кейинги даражадаги қуйи тизимларга ва умуман тизимга таъсири нуқтаи назаридан баҳоланди (13-расм).

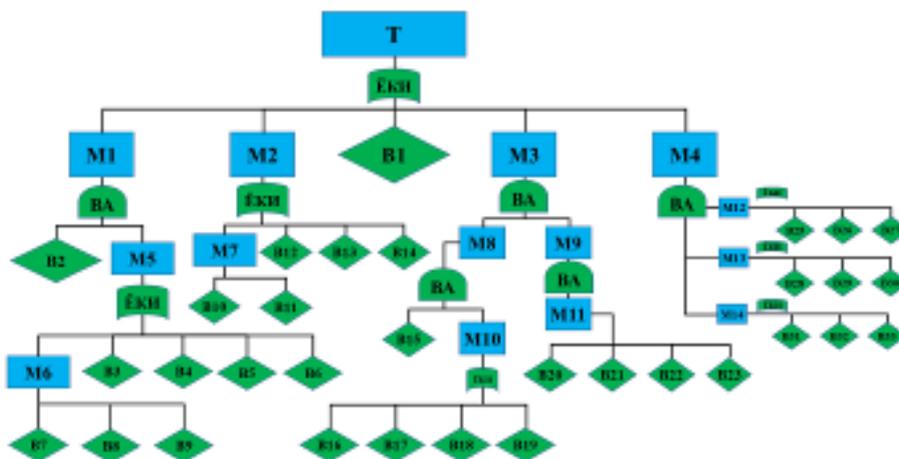
Тўхташга олиб келувчи асосий омиллар:



13- расм Бошланғич алгоритм схемаси.

- М1: Биогаз қурилмасининг тизими, механизм ва бўғинларининг носозлиги туфайли тўхташ
- М2: ташқи муҳит (иқлим) туфайли тўхташ
- В1: операторнинг ҳатоси туфайли тўхташ
- М3: Анаэроб жараёнидаги ҳатоликлар
- М4: Огоҳлантириш тизимида носозликлар туфайли тўхташлар

Юқоридаги ҳисоб китобларимизни текшириб олиш учун биогаз қурилмалар, уларда мавжуд носозликлар ва тўхташларни кузатув натижалари ўрганилди. 14-расм таҳлили шуни кўрсатадики, энг кичик минимал кесмалар В1. омили яъни, операторнинг хатоси биогаз қурилмаси тўхташ алгоритмининг минимал комбинацияси ва энг қисқа версияси бўлганлиги кузатилди. Кузатиш мобайнида қурилманинг тури, жойи конструкцияси ва бошқа хусусиятларни ўрганган ҳолда биз томонидан биогаз қурилмаларнинг тўхташ алгоритми учун топилган эксплуатация вақтида бўлиши мумкин бўлган барча тўхташ сабабларни айнан лойихалаштириш даврида ҳисобга олинса, уларни баратараф этиш мумкинлиги аниқланди.



14- расм Барча ҳодисалар комбинация схемаси.

Носозликлар ва қурилманинг тўхтаб ишламай қолишини олдиндан башоратини берувчи дастур ишлаб чиқиш зарурлиги аниқланди. Кузатувлар мобайнида тўхташ шажарасининг алгоритм схемасида ўз ифодасини топган биогаз қурилмаларда бўлиши мумкин бўлган барча

носозликлар ва тўхтаб қолишларнинг асосий омиллари ҳамда уларнинг таркибига кирувчи кичик сабабларнинг ҳаммасини жамлаб таснифланди:

(Z) -биогаз қурилмасининг тўхташига олиб келувчи асосий ва кичик сабаблар.

(P) -биогаз қурилмасининг асосий ва кичик сабабларини маълум давр ичида қайтаришлилик сони.

(O) -биогаз қурилмасининг асосий ва кичик сабабини рўй беришнинг аниқлаш эҳтимоллиги.

Учта кўрсаткичларнинг кўпайтмаси орқали кўриб чиқиладиган омил таъсирида юз берган биогаз қурилмасининг тўхташига олиб келувчи устиворлик (R.P.N) кўрсаткичи аниқлаб олинди.

$$RPN_{\%} = (Z \times P \times O) \quad (2)$$

Барча асосий сабаблар R.P.N кўрсаткичи жамланмасига нисбатан улуши фоизда аниқланди, қурилманинг тўхташига сабаб бўладиган энг жиддий омиллар аниқланди (8-жадвал).

8-жадвал таҳлилидан барча сабабларнинг устиворлик кўрсаткичи фоизига қараб, унинг аҳамиятлилиги аниқланди, оператор хатолиги кўрсаткичининг В1 фоизи (48%). Иқлим омиллари ва носозликлар аниқлаш сабаблар устиворлик кўрсаткич фоизлари 22 ва 12% га бўлиши аниқланди.

Биогаз қурилмасининг тўхташига олиб келувчи устиворлик кўрсаткичи

	м1	м2	В1	м3	м4
Z	7	9	9	7	9
P	5	9	10	5	5
O	1	1	2	1	1
RPN	35	81	180	35	45
R.P.N%	9	22	48	9	12

Органик чиқиндиларни анаэроб қайта ишлаш қурилмасида биргина асосий кўрсаткич ҳисобланган фактор ташқи об ҳаво ўзгаришларидан биореактордаги ҳарорат режимини ишончли ишлатишдан тежаб қолинаётган энергия миқдори 60,3% кўриш мумкин. Ўзбекистон иқлим шароитида энергия ва биоўғит оладиган жиҳознинг ишончилигини баҳолаш билан ундаги асосий факторлар юқорида келтирилган тартибда аниқланса 1 м³ органик чиқиндини ишончли анаэроб қайта ишлаш учун 46,71 кВт·с электр энергияси тежалса бир йилда қайта ишланадиган 8875 кг органик чиқиндини қайта ишлашда 414,5 кВт·с электр энергияси тежалади. Электр энергиясини бугунги кундаги тариф бўйича нархи (450 сўм) лигини инобатга олсак, 186548063 сўм тежалади.

Биогаз қурилмасининг модернизация қилиш ва ишлатиш харажатларини тежаш орқали қурилманинг йиллик иқтисодий самарадорлиги 81 485 695 сўмни ташкил этди.

ХУЛОСА

Ўзбекистон иқлим шароитида энергия ва биоўғит оладиган биогаз қурилмасининг ишончилигини баҳолашда қуйидаги хулосалар олинди:

1. Биогаз қурилмаларнинг ишончилигида иш жараёни узлуксизлиги ва тўхтаб қолиш сабаблари ўртасидаги аниқланган симптоматик боғлиқликлар орқали кейинги диагностик босқичларда батафсил ташхис қўйиш имкони яратилди;

2. Юқоридаги боғлиқликлар эҳтимолли характерга эга бўлганлиги учун биогаз қурилмаси ишончилигини башорат қилувчи Марков жараёнлари моделига асосан прогноз қилинаётган тўхташлар жадаллиги бир йилда 20,87489 марта, тўхташлар орасидаги ўртача вақт бир йилда 47904 мин, ишончилик коэффиценти 53%, ўртача таъмирлаш вақти 0,14 соатга тенглиги асосланиб, λ тўхташлар жадаллиги параметрнинг хар бир қиймати учун тайёрлик коэффиценти 10% ошириб, тўхтаб қолиш коэффиценти 6% камайтириши аниқланди.

3. Тўхташлар шажараси сценарийсини яратиш орқали биогаз қурилмасининг конструктив носозликлари туфайли қурилманинг тўхташидаги эҳтимоллиги 10%; ташқи иқлим омиллари туфайли P2= 21%; анаэроб жараёнда юз берган хатолиги туфайли P3=11%; оператор хатолиги туфайли P4= 45%; огоҳлантириш тизимини нотўғри ишлаши туфайли қурилманинг тўхташидаги эҳтимоллиги P5= 13% бўлганлиги аниқланиб, тизим ва жиҳозлар бўйича ишончилиқни ўрганилганда биогаз қурилмасининг тўхташида хизмат кўрсатиш тизимининг аҳамияти 59,4%, салбий улуши 58,6%га; асосий тизимнинг аҳамияти 34 %, салбий улуши 33% га,

кўмаклашувчи тизимнинг аҳамияти 3,9 %, салбий улуши 3,1%га тенглиги аниқланди.

4. Тажрибавий биогаз қурилмаларнинг тўхташига олиб келувчи факторнинг устуворлик кўрсаткичи дастурига кўра операторнинг ҳатолиги фоиз кўрсаткичида 48%, иқлим омил 22% ва носозликларни аниқлаш сабаби устуворлик кўрсаткичи 12% эканлиги, энг кичик кесмалар усулида ишончлилик аниқланганда операторнинг ҳатолиги омили энг муҳим бўлиб 46% эканлиги кўрсатди, иккинчи муҳим омил иқлим омили бўлиб, 24%; учинчи омил носозликни огохлантирувчи тизим ҳатолиги омили бўлиб 14% ташкил қилиш аниқланди, конструктив носозликлар ҳамда анаэроб жараёнининг нотўғри кечиши 8% ташкил этди.

5. Ўзбекистон иқлим шароитида биогаз қурилмасининг ишончлилигини баҳолаш билан ундаги асосий омиллар юқорида келтирилган тартибда аниқланса 1 м³ органик чиқиндини анаэроб қайта ишлаш учун 46,71 кВт·с электр энергияси иқтисод қилиниши ҳисобига бир йилда қайта ишланадиган 8875 кг биомассани қайта ишлашда 414,5 кВт·с электр энергияси ёки 186 548 063 сўм тежалади. Биогаз қурилмасининг модернизация қилиш ва ишлатиш харажатларини тежаш орқали қурилманинг йиллик иқтисодий самарадорлик 81 485 695 сўмни ташкил қилиши исботланди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ PhD 03/27.02.2020.Т.106.02 ПРИ
ФЕРГАНСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

МАМАДАЛИЕВА ЗУЛЬФИЯ МАХМУДЖАНОВНА

**ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК
ПРОИЗВОДЯЩИХ ЭНЕРГИЮ И БИОУДОБРЕНИЯ В
КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА**

05.05.06 – «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии»

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

Фергана – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан как 2022-10-14 B2018.2.PhD/Г776

Диссертация выполнена в Наманганском инженерно-технологическом институте
Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб - сайте Научного совета (www.ferpi.uz) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz)

Научный руководитель:

Имомов Шавкат Жахонович
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Алиязаров Алишер Хайдаралиевич
кандидат технических наук, профессор

Вохидов Акмал Улашевич
доктор философии техн. наук (PhD)

Ведущая организация:

Бухарский государственный университет

Защита диссертации состоится «17» 12 2022 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD 03/27.02.2020.Г.106.02 при Ферганском политехническом институте. (Адрес: 150107, г. Фергана, ул. Ферганская, дом 86. Административное здание Ферганского политехнического института, зал малых заседаний. Тел/факс. (+99873) 241 12 06, e-mail: ilmiy-kengash@ferpi.uz

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ферганского политехнического института (зарегистрирована за № 135). Адрес: 150107, г. Фергана, ул. Ферганская, дом 86. Административное здание Ферганского политехнического института. Тел/факс. (+99873) 241 12 06,

Автореферат диссертации разослан «2» 12 2022 г.
(протокол рассылки № 3 от «1» 12 2022 г.)



С.Ф.Эргашев
член Научного совета по
присуждению ученых степеней,
д.т.н., доцент

М.А.Узбеков
Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней,
PhD, доцент

А.А.Кучкаров
Председатель научного семинара при
научном совете по присуждению
ученых степеней, PhD, доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация к докторской (PhD) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В современном мире особое значение придается вопросам расширения использования возобновляемых источников энергии, экономии углеводородных топливно-энергетических ресурсов, оценки ресурсов энергосбережения на основе определения энергоэффективности оборудования и его рациональной эксплуатации. В настоящее время в развитых странах возникла необходимость повышения надежности работы производящих энергию и биоудобрения путем переработки органических отходов биогазовых установок, обращения внимания на их энергетические и экологические качества при переработке, оценке надежности и обеспечения их непрерывной работы¹. В связи с этим, актуально использование биогазовых установок, производящих энергию и биоудобрение путем переработки вторичных органических отходов в бескислородной среде, с учётом климатических условий местности.

В мире проводятся научные исследования, направленные на повышение уровня надежности и совершенствования конструкции биогазовых установок по производству энергии и биоудобрений. В этом направлении среди прочего приоритетными считаются исследования конструкций биогазовых установок, оценка безостановочной работы установки, причин остановки из-за воздействия агрессивной среды и их устранения. При этом актуальными задачами являются создание сценария дерева останова и надежности как вероятностно-логической модели, описывающей надежность биогазовых установок, оценка и прогнозирование надежности основных факторов безостановочной работы в течение проектного периода.

В нашей республике реализуются масштабные мероприятия по проведению исследований и внедрению новых технологий, которые будут способствовать повышению эффективности и широкому использованию возобновляемых источников энергии. В «Стратегии развития Нового Узбекистана» на период 2022-2026 годы в Республике Узбекистан до 2026 года определены важные задачи «...доведение доли возобновляемых источников энергии в общем энергетическом балансе республики до 25%, сэкономить почти три миллиарда кубометров природного газа в год»²., коллективная организация, а также рациональное и эффективное использование топливно-энергетических ресурсов приобретает огромное значение в реализации этих задач в том числе, опираясь на передовой зарубежный опыт, повышая энергоэффективность за счет привлечения существующих ресурсов и неиспользованного потенциала, широко внедряя энергосберегающие технологии и возобновляемые источники энергии, резко снижая энергоемкость отраслей экономики и социальной сферы. Также в реализации этих задач, в частности, строительства новых производств на основе возобновляемых источников энергии и модернизации существующих, в том числе проектирование биогазовых установок, оценка безостановочной работы установки, также важны причины простоев из-за агрессивной среды и их устранение.

Данная диссертация в определенной степени работает на выполнение задач,

¹ Общие исследования по разработке национальной стратегии развития возобновляемой энергетики в Узбекистане. Отчет проекта ПРООН. - Ташкент, 2006 г

² Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» № ПФ-60 от 28 января 2022 года

указанных в Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года УП № 60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» Указе № ПФ-4779 о дополнительных мерах по снижению зависимости от энергоносителей»³, Постановление Президента Республики Узбекистан от 10 июля 2020 года № ПФ-4779 «О дополнительных мерах по повышению энергоэффективности экономики и снижению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетических продуктов за счет привлечения свободных ресурсов»⁴ и Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 23 июля 2020 года ПКМ № 452 «О мерах государственного учета устройств возобновляемых источников энергии и производимых ими»⁵ и других нормативных правовых документов, связанных с данной деятельностью.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Диссертационное исследование соответствует приоритетному направлению развития науки и техники IV-«Разработка методов использования возобновляемых источников энергии, создание приборов и технологий на основе нанотехнологий, фотоники и других современных передовых технологий».

Степень изученности проблемы. Широкомасштабные исследования, направленные на повышение надежности и безотказной работы биогазовых установок, проводятся в ведущих мировых исследовательских центрах и университетах, включая Национальную лабораторию возобновляемых источников энергии (США), Латвийский сельскохозяйственный университет (Latvia University of agriculture), Karlsruhe Institut für Technologie (Германия), Технический университет Дании (Technical University of Denmark), Университет прикладных наук Винер-Нойштадт (University of Applied Sciences Wiener Neustadt, Австрия), Московский энергетический институт и Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (Россия), Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, Ташкентский институт инженеров ирригации и мелиорации (Узбекистан).

Ряд известных зарубежных ученых таких как, P.Rivža, I.Pilvere, B.Rivža, P.G.Грим, А.Т.То, С.А.Фарберу, Ж.Вайанд, Р.Мскенна, К.Карнер, Л.Враун, С.Харбес и др. проделав большую практическую работу по исследованию устройств, работающих на многокомпонентных органических отходах, занимались решением теоретических и научных задач, направленных на поиск научных основ методов и средств рационального использования возобновляемых источников энергии в качестве источников энергии биогазовых установок для переработки органических отходов.

Российские ученые В.Омелянский, С.Беляев, С.Калюжный, А.Пузанков, С.Варфоломеев, Н.Абрамова, С.Костарева, О.Вайсман, Э.Панчави, Э.Давиденко и другие ученые сосредоточили свое внимание на разложении органических отходов

³ Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» № ПФ-60 от 28 января 2022 года

⁴ Постановление Президента Республики Узбекистан «О дополнительных мерах по повышению энергоэффективности экономики и снижению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетических продуктов за счет привлечения имеющихся ресурсов» от 10 июля 2020 года № ПФ-4779

⁵ Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 23 июля 2020 года № 452 «О мерах по государственному учету возобновляемых источников энергии и производимой ими энергии»

при анаэробной переработке твердых и жидких органических отходов, изучении их физического и механического состава, а также обучении пользователей биогазовых установок в простых климатических условиях с использованием высококачественного оборудования.

На сегодняшний день узбекскими учеными О.Салимовым, Б.Рахматовым, У.Эшонкуловым, Н.Халиловым, Ш.Имомовым, М.Султоновым и З.Мамадалиевой были изучены вопросы увеличения количества биогаза на единицу объема и качества обрабатываемых удобрений, повышения активности метановых бактерий при различных температурах и режимах перемешивания, повышения эффективности и надежности анаэробного процесса за счет безотказной и безопасной работы оборудования при эксплуатации.

Несмотря на проведенные на сегодняшний день научные и практические исследования, одной из основных проблем эксплуатации биогазовых установок перерабатывающих органические отходы является их неустойчивая работа и различающееся управление меняющихся климатических условиях, отсутствие у персонала опыта и непонимание ими анаэробных процессов, ненадежная работа оборудования и отсутствие нормального контроля за процессом, взаимосвязь между внешними воздействиями, в т.ч. изменением климата и температурным режимом процесса, недостаточность исследований по обоснованию показателей качества, а также малые испытания. К этим проблемам можно отнести и то, что из-за неполного изучения влияния человеческого фактора трудно определить: точную пропорциональность биологических и других факторов количеству получаемой продукции, степень готовности биомассы к суточной анаэробной нагрузке при переменной температуре воздуха, готовность пользователей биогазовых установок к строгому соблюдению ими технико-технологических последовательностей.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.

Научно-исследовательская работа в диссертации выполнена в Наманганском инженерно технологическом институте в рамках инновационного проекта И-2014-2-12 «Внедрение технологии производства электрогазогенераторов, требующих малого расхода газа, работающих на биогазе» (2014-2015 год)

Целью исследования является обеспечение эффективной и бесперебойной работы биогазовых установок, получающих энергию и биоудобрения, в климатических условиях Узбекистана путем оценки их надежности.

Задачи исследований:

аналитическое исследование научно-технических данных по надежности биогазовых установок, имеющихся в Республике Узбекистан и в мировой практике, а также ранее выполненных научно-исследовательских работ в этом направлении;

исследование причин ненадежной работы или отказа биогазовых установок и пути их устранения, а также обоснование их комплексной оценки надежности биогазовых установок на основе моделей марковских процессов;

изучение влияния температуры окружающей среды и влажности воздуха на надежность работы биогазовых установок в определенных климатических условиях;

создание вероятностно-логической модели модели надежности биогазовых установок и схемы функциональной целостности, а также определение значимости

систем и узлов, участвующих в рабочем процессе, а также влияющих факторов, при отказе установки .

Объектом исследований являются двадцать шесть работающих и недействующих биогазовых установок в Республике Узбекистан.

Предметом исследований является методика оценки факторов, влияющих на надежность биогазовых установок по производству энергии и биоудобрений в климатических условиях Узбекистана.

Методы исследований. При обработке имеющихся данных для технико-экономического обоснования использовались методы математической статистики, оценки рентабельности, расчета надёжности моделей Марковских процессов, схема функциональной целостности и метод наименьших разрезов, вероятностно-логическое моделирование и методика оценки критичности факторов.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

создана матрица, позволяющая проводить непрерывную диагностику с учетом формы, способа загрузки, расположения, типа смешивания, системы нагрева, режима нагрева и типа материала биогазовых устройств, отображающая симптоматические связи между причинами срабатывания и останова;

на основе марковской модели технологической надежности резервных невозобновляемых и возобновляемых биогазовых установок получено математическое выражение для определения скорости прогнозируемых остановов, среднего времени между остановами и коэффициента надежности в зависимости от частоты восстановления и остановов;

впервые из-за агрессивной среды температуры окружающей среды и влажности воздуха, являющихся климатическими факторами, отработана возможность постепенных отключений в различных частях системы и оборудования биогазовой установки;

впервые при проектировании биогазовых установок был создан метод оценки отказов и надежности в виде вероятностно-логической модели, учитывающей факторы, влияющие на надежность работы установок.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

построен алгоритм дерева остановов и надежности биогазовых установок, вероятность технологических остановов, вызывающих остановку установки, $R_1=0,09$, влияние климатического фактора $R_2=0,9$; Установлено, что влияние ошибок, вызванных неправильной организацией анаэробного процесса, составляет $R_3=0,09$, ошибка оператора биогазовой установки $R_4=0,999$, а вероятность ошибки аппаратуры обнаружения отказов равна $R_5 =0,181$.

с помощью модели марковских процессов биогазовой установки как восстанавливаемой повторяющейся системы определено, что при каждом значении коэффициента останова λ скорость восстановления биогазовой установки увеличивает коэффициент готовности на 10 % и снижает коэффициент отказа на 6%.

Достоверность результатов исследований Достоверность результатов исследований основывается на принятых критериях сравнения и подтверждается аналитическими формулами, сравнительным анализом теоретических и экспериментальных данных. Это объясняется тем, что результаты расчета и эксперимента согласованы между собой, исходя из внедрения в производство.

Научная и практическая значимость результатов исследования заключается в применении методик, обеспечивающих эффективную работу биогазовых установок на основе возобновляемых источников энергии в климатических условиях Узбекистана.

Практическая значимость результатов исследований может быть оценена при проектировании и вводе в эксплуатацию биогазовых установок, производящих энергию и биоудобрения.

Внедрение результатов исследований. На основании полученных результатов оценки надежности биогазовых установок производства энергии и биоудобрений в климатических условиях Узбекистана:

При проектировании и вводе в эксплуатацию биогазовой установки объемом 30 м³, перерабатывающей органические отходы, внедрена методика, обеспечивающая надежную и бесперебойную работу установки (исходное задание № 07/33-2865 от 10 мая 2022 г. Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан). Республики Узбекистан). В результате за год было сэкономлено 414,5 кВт/ч электроэнергии, используемой для переработки биомассы.

В период проектирования биогазовых установок объемом 10, 30, 50, 180 м³ в климатических условиях Узбекистана внедрено программное обеспечение для определения значимости факторов, влияющих на остановку системы (акт ООО «DIO ARX PROJECT» от 11.01.2021 г. 01-11/2021). В результате удалось сэкономить 5 248 976 сумов затрат на модернизацию и эксплуатацию по сравнению с устройством, спроектированным в традиционной системе.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований были освещены на 7 международных и 6 Республиканских научных конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации были опубликованы 24 научные работы, в том числе 2 статьи в международных и 5 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертационных работ, получены 3 удостоверения на программное обеспечение.

Объем и структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Текст диссертации описан на 120 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и необходимость диссертационной работы, намечаются приоритеты развития науки и техники в стране, степень проработки проблемы, цели и задачи, объекты, объекты и методы исследования, научные результаты и практические результаты исследования, информация об апробации дела, опубликованные статьи, объем и структура диссертации.

В первой главе диссертации на тему «**Современное состояние биогазовых установок в мире и в Узбекистане**», дается качественная оценка надежности биогазовых установок. На конкретных примерах описаны катастрофические ситуации, которые произошли в нашей стране и в мире из-за некорректных или грубых расчетов при вводе биогазовых установок в эксплуатацию. Сделаны выводы о биогазовых установках, получающих энергию, и о биоудобрениях, которые

широко используются на практике. Описаны методы оценки надежности энергетики и биоудобрений и устройства для их реализации. На основе анализа имеющихся экспериментальных и теоретических данных сформулированы проблема и задачи исследования.

В Государственном стандарте Республики Узбекистан по биогазовым установкам для определения надежности указывается, что средний срок службы биогазовых установок составляет не менее 15 лет, а средний ресурс до капитального ремонта должен быть не менее 1 года. Показатели надежности по стандарту можно увидеть в таблице 1.

Для обеспечения показателей надежности, приведенных в таблице 1, должна быть обеспечена простота монтажа, демонтажа, обслуживания биогазовой установки, т. е. свободный доступ к ее составным частям при наладке, регулировке и управлении устройством. Для этого необходимо изучить факторы, влияющие на эти процессы.

В нашем исследовании факторы, приводящие к безотказности биогазовых установок, а также из одного состояния в другое или из отказа или выхода из строя в результате повреждения, были классифицированы следующим образом (рис. 1).

Таблица 1

Показатели надежности биогазовых установок в соответствии с Госстандартом Республики Узбекистан

№	Показатели	Ед.изм	Объем реактора м ³					
			5	10	25	50	100	500
1	Объем БГУ при вводе биомассы (при влажности 85-92%)	Кг/d	300	500	1600	3300	6600	30000
2	Продуктивность полученного биоудобрения	%	92	92	92	94	94	94
3	Производительность биогаза	%	8	15	80	165	330	320
4	Производственная мощность	кВт	2,2	2,5	3	9	14,5	40
5	Масса устройства	До т	1,5	3	7	15	40	70
6	Площадь	м ²	7	15	48	205	248	320

Исходя из результатов проведенных исследований можно сделать вывод, надежность биогазовых установок в климатических условиях Узбекистана, как и других сложных системах, зависит от своевременной оценки воздействия различных факторов, обеспечения непрерывной работы составных частей и требует постоянного контроля параметров технологической надежности устройств в процессе эксплуатации.



Здесь: 1- отказы системы и узлов,
2- неблагоприятные погодные условия,
3- датчики обнаружения неисправностей,
4- поведение оператора,
5-обеспечение непрерывной работы установкам.

Рис.1. Факторы, влияющие на отказы биогазовых установок.

Вторая глава диссертации, озаглавленная как «**Исследование надежной работы биогазовых устройств**», вводит понятие последовательности оценки надежности биогазовых установок на основе возобновляемых источников энергии.

Рассмотрены отказы, которые произошли и могли произойти при вводе в эксплуатацию биогазовых установок. В наших исследованиях и экспериментах мы наблюдали установка, где происходила ситуация отказа по причине «неправильного» ввода в эксплуатацию биогазовых установок, построенных без учета резко континентальных климатических условий и изменений атмосферных условий нашей Республики (Рис. 2.).



Рис.2. Аварийные ситуации, произошедшие при неправильном вводе в эксплуатацию биогазовых установок: а) без учета климатических условий; б) при неправильном выборе рабочей емкости биореактора; в) при отсутствии теплозащиты.

Основной причиной аварийных ситуаций, наблюдаемых на рисунке 2, являются работающие в климатических условиях в большинстве случаев ручной работы республики биогазовые установки, которые не соответствуют или абсолютно не имеющих нормативных документов. Исходя из сделанных выводов, была поставлена цель изучения существующих процессов и соединений, участвующих в оценке надежности биогазовых установок.

С целью изучения влияния процессов, происходящих при переработке биомассы, на надежную работу устройства был оценен выбранный процесс ферментации, тепловой режим и качество получаемого биогаза и органического удобрения. В лабораторных исследованиях мы наблюдали, различие состояния биомассы и газов, образовавшихся в четырех контейнерах, хранившихся в течение четырех суток при температуре $54 \pm 20^\circ\text{C}$ в одних и тех же условиях. В наших экспериментах были проанализированы двадцать шесть биогазовых установок, построенных в нашей стране.

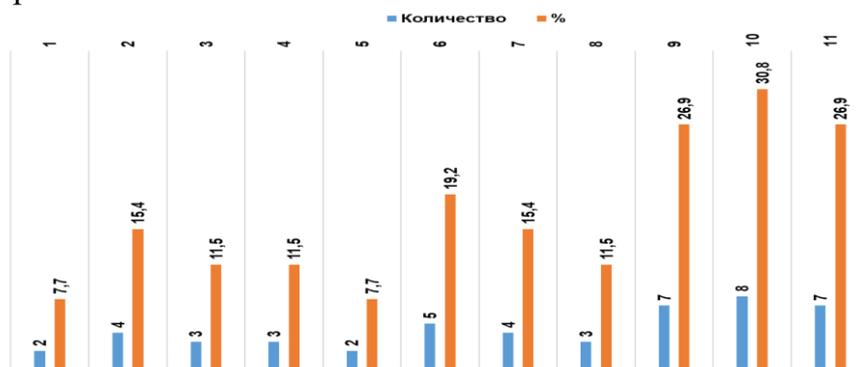
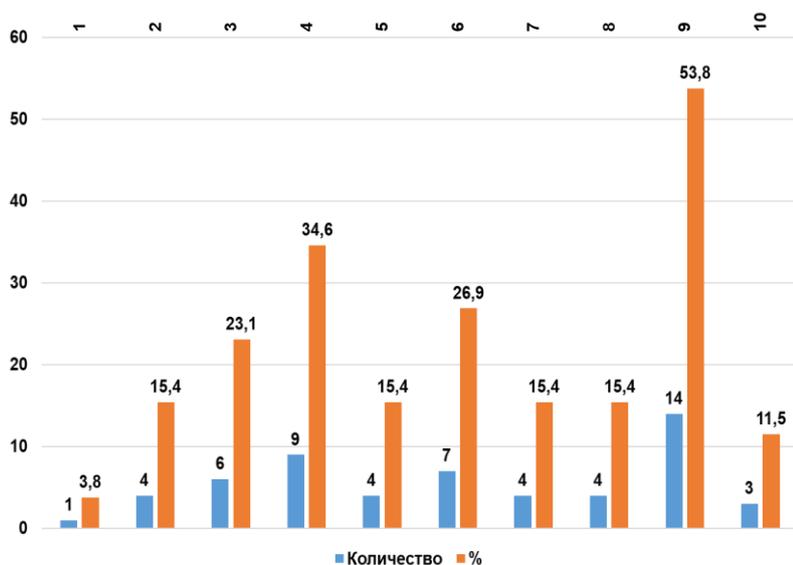


Рис. 3. Состояние экспериментальных устройств во время испытаний.

Здесь на оси X:
 1-повышен %CO₂,
 2-pH повышен, 3-снижение качества биоудобрения,
 4-снижение выхода биогаза,
 5-выход неприятных газов,
 6-отсутствие любых газов,
 7-повышение количества CH₄,
 8-увеличение сроков процесса,
 9-неисправности узлов,
 10-остановка БГУ после запуска, 11-остановка БГУ перед запуском.

При проведении испытаний (рисунок 3) были выявлены установки, с увеличением CO₂ -7,7% от общего числа, аппараты с повышением pH 15,4%, аппараты со снижением качества биоудобрений 11,5%, установки с уменьшением выброса биогаза 11,5%, установки с неприятными запахами 7,7%, а 19,2% установок вообще не выделяли газа.



Здесь на оси X
 1-старое сырьё,
 2-нарушение дневной нормы загрузки,
 3-нарушение анаэробного процесса,
 4-неисправности в системе изоляции и обогрева,
 5-нарушение герметичности,
 6-неизмельчённость биомассы,
 7-антибиотики и дез.средства в биомассе,
 8-нарушения в системе автоматического управления,
 9-неправильная работа оператора,
 10-неисправность оборудования и узлов

Рис.4. Ключевые показатели, отказов биогазовых установок.

Согласно результатам исследований было выделено следующее: необходим строгий контроль работы общей системы установки и отдельных узлов, с условием их адаптации к климатическим условиям. В наших опытах установлено, что рабочий процесс установок и задействованные в нем узлы находятся в гармонии друг с другом, что зависит от правильной работы систем и обеспечения их бесперебойной работы. Были изучены взаимосвязи между биогазовыми устройствами для определения причин неисправностей устройств (Рис. 5)

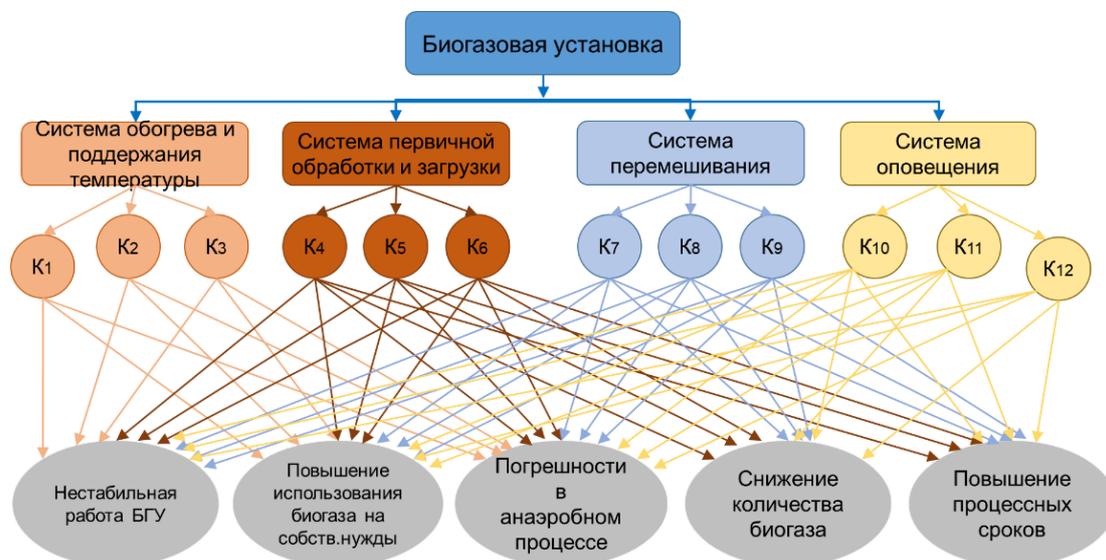


Рис.5. Схема причинно-следственных связей сбоев в работе БГУ

Причем, как правило, все неисправности могут вызывать более чем одно следствие - их графы пересекаются. Появление неисправностей и их сочетаний носит вероятностный характер (Таблица 2).

Из таблицы 2 видно, что на биогазовых установках сбои и отключения происходили из-за ошибки оператора и несоблюдения климатических факторов. При проведении испытаний было замечено, что аварийные остановки процесса под влиянием климатических факторов в виде суточных изменений погоды, приводят к выходу из строя механизмов машин.

Кроме того, в связи с тем, что традиционные биогазовые установки,

сооружаемые в нашей стране, устанавливаются на открытом воздухе, с учетом климатических условий страны в исследование надежной работы устройств включены непрерывные, периодические и аperiodические тепловые воздействия.

Было установлено, что быстрое изменение климата и неконтролируемое или неправильное использование биогазовых установок операторами являются основными причинами сбоев в работе оборудования или его полной остановки.

Таблица 2

Диагностическая матрица неисправностей биогазовой установки

Вероятные причины	Симптомы							
	Повышен %, CO ₂	Увеличивается pH	Ухудшение свойств биодобрения	Уменьшение количества выделяемого биогаза	Выход газов с неприятным запахом	Отсутствие выхода любых газов	Повышено количество CH ₄	Длительность процесса
Старые исходные органические отходы	+	+	+					+
Суточная доза загрузки биореактора			+	+	+		+	+
Нарушение анаэробного процесса	+	+	+			+		+
Нарушения в системе теплоснабжения и изоляции				+	+	+		+
Нарушение герметичности				+	+	+		+
Малая измельченность органической массы	+	+	+		+			+
Антибиотики и другие дез. вещества	+	+	+			+		
Нарушение системы АСУ		+	+			+	+	+
Неправильная работа оператора БГУ	+	+	+	+	+	+	+	+
Неисправность оборудования	+	+	+	+	+	+	+	+

Изменения температуры воздуха ставят под угрозу бесперебойную работу биогазовых установок, и наблюдаются следующие сбои:

- Ухудшение качества работы основных узлов биогазовых установок, систем смешения, слива, загрузки;
- резкие перепады температуры в биореакторах;
- изменение температуры нагретой биомассы, прилипание биомассы к стенкам реактора;
- наблюдалось увеличение дополнительных нагрузок.

На основании изложенного возникла необходимость описать модель надежности биогазовой установки с использованием потока событий отказов и восстановления. Для этого помимо показателей исходных отказов (вероятность бесперебойной работы, вероятность прерывания, интенсивность прерывания), характеризующих надежность работы устройств как иных восстанавливаемых объектов, вводятся дополнительные показатели, т.е. описание параметра отказов и среднее время отказов.

В третьей главе диссертации, под названием «**Методы расчета надежности биогазовых установок**», описаны методы расчета надежности биогазовых установок для получения энергии из органических отходов. Отсутствие в литературе данных по оценке надежности биогазовых установок, ограниченность возможности их сопоставления с показателями технической надежности привели к ряду трудностей в проводимом нами анализе.

Для анализа потребовалось получить последовательность расчета точности биогазовых установок на основе заданной задачи анаэробной обработки на биогазовых установках, и был создан следующий порядок (Рис. 6): Если посмотреть на порядок расчета точности, то определяется, что состав расчетов основан на изучении заданных задач, при расчете функциональной точности переходят к 4-5-7 шагам, если

элементарный, то к 3-6-7 шагам.

Надежность биогазовых установок оценивается на основе комплексных критериев останова как для отдельного звена так и для системы в целом.



Рис.6. Порядок расчета надежности БГУ.

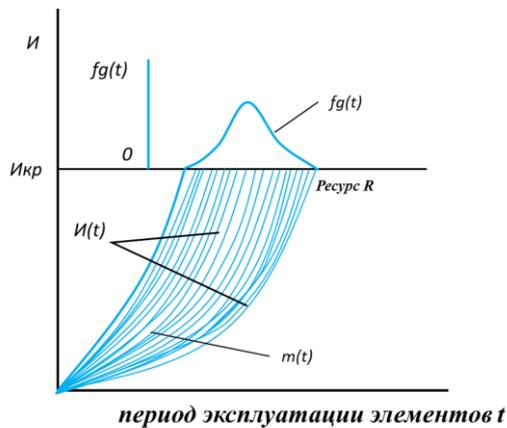


Рис.7. График отказов в узлах.

Поэтому необходимо было использовать полуэмпирические и эмпирические законы, отражающие влияние наиболее важных факторов на тот или иной вид отказа. Одним из таких моделей является модель Марковских процессов, представляющая функционирование системы, для которой могут быть вычислены показатели безотказности, готовности, ремонтпригодности и безопасности. Модель предотвращения неблагоприятных перерывов в использовании биогазовых установок на основе возобновляемых источников энергии была описана с использованием потока текущих событий. (Рис.8)

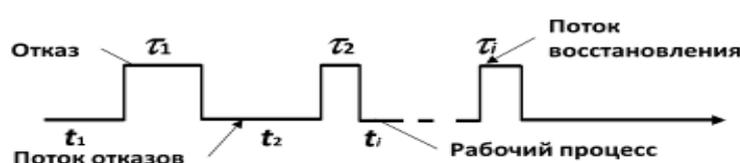


Рис.8. Рабочий процесс биогазовых установок.

Процессы в биогазовых установках как восстанавливаемых объектах являются комплексными показателями стабильной работы и ремонтпригодности всего оборудования: коэффициент немедленной готовности $A(t)$ (A) и коэффициент неготовности $U(t)$ (U), коэффициент эксплуатационной готовности $Kot(t)$, коэффициент технической загрузки - Ktf и коэффициент поддержания эффективности

Классификации надежности соединений с необходимой для практических целей точностью получают путем анализа идеализированной модели процесса останова, где кривые останова отдельных деталей представляют собой прямые линии временной зависимости неисправности. (Рис.6)

Схематическая модель процессов отказов рабочих узлов до граничного состояния представлена на рис. 7, где показаны отдельные кривые останова подобных соединений. Из-за многообразия факторов, влияющих на разрушение суставов, их взаимозависимости и нелинейности, трудно получить достаточно строгое выражение, основанное на физических законах, для разрушения соединений.

здесь:

- $t_1 \dots t_n$ - интервалы между работоспособностью;
- $t_1 \dots t_n$ - интервалы восстановления рабочего интервала

Ksam.

Известно, что при наличии коэффициента стационарной готовности А для метаногенеза в биогазовых установках требуется много времени, если временной интервал стремится к бесконечности и сразу становится пределом готовности к работе. Коэффициент неподготовленности можно увидеть как раз наоборот. Для того чтобы получить правильный логический ответ кейса, наиболее удобная современная модель оценки сложных показателей сравнивалась с использованием марковских процессов и логической вероятности. При этом было учтено, что как многие энергетические объекты биогазовые установки являются восстанавливаемые, но делятся на три вида: нерезервированной, резервированной и повторяемой.

Система дифференциальных уравнений решается по формуле Лапласа, что позволяет определить требуемые показатели надёжности. Следовательно, для нерезервированной восстанавливаемой системы была задана следующая система дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} P_0'(t) &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t), \\ P_1'(t) &= \lambda P_0(t) - \mu P_1(t). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

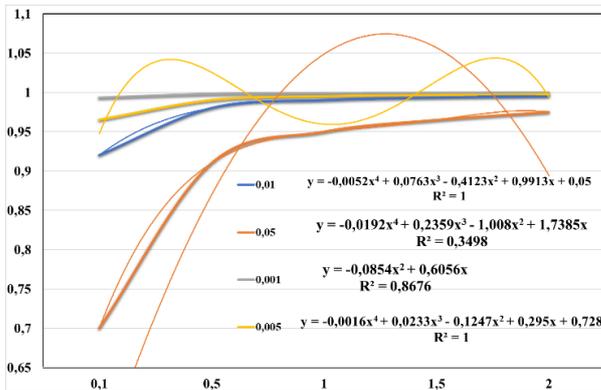


Рис.9 а. График модели для невозстанавливаемой системы на частоте остановок λ.

На основе пакета Matlab/Simulink решим указанную систему, составив ее модели (рис.9), и таблицу значений в которых используются где, $\lambda = 0.0001(1\text{ч})$; $\mu = 1(1\text{ч})$ (Таблица 3а-б).

Таблица 3.а

Модель надежности для резервной невозстанавливаемой системы в состоянии готовности А

μ	λ			
	0,01	0,05	0,001	0,005
0,1	0,92	0,7	0,993	0,965
0,5	0,98	0,91	0,998	0,99
1	0,99	0,95	0,999	0,995
1,5	0,9934	0,965	0,9993	0,9965
2	0,995	0,975	0,9995	0,9975

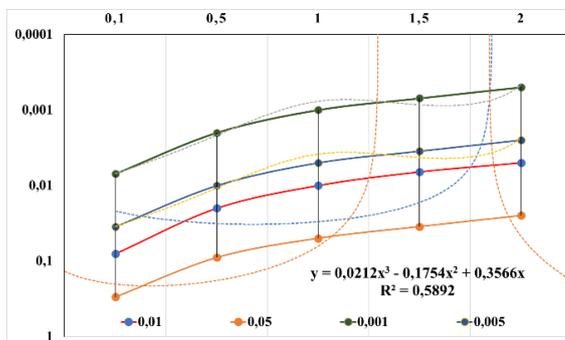


Рис. 9 б. График модели для невозстанавливаемой системы при частоте восстановления μ.

Таблица 3.б

Модель надежности для резервной невозстанавливаемой системы в состоянии неготовности U

μ	**			
	0,01	0,05	0,001	0,005
0,1	0,08	0,3	0,007	0,035
0,5	0,02	0,09	0,002	0,01
1	0,01	0,05	0,001	0,005
1,5	0,0066	0,035	0,0007	0,0035
2	0,005	0,025	0,0005	0,0025

Была создана система дифференциальных уравнений модели однородного марковского процесса и визуальная модель для дублированной системы (Рис.8)

$$\left. \begin{aligned} P_0'(t) &= -2\lambda P_0(t) + \mu P_1(t), \\ P_1'(t) &= 2\lambda P_0(t) - (\lambda + \mu)P_1(t) + \mu P_2(t), \\ P_2'(t) &= \lambda P_1(t) - \mu P_2(t). \end{aligned} \right\} \cdot \quad (2)$$

Зависимость от времени функций готовности и неготовности восстанавливаемой системы представлена на Рис.10 а-б и в Таблицах 4а-б.

Таблица 4 а.

Модель надежности для резервной восстанавливаемой системы в состоянии готовности А

μ	λ			
	0,01	0,05	0,001	0,005
0,1	0,995	0,91	0,99994	0,9986
0,5	0,9992	0,986	0,999992	0,9998
1	0,9998	0,995	0,9999980	0,99995
1,5	0,99991	0,9975	0,9999991	0,99998
2	0,99995	0,9988	0,9999995	0,99999

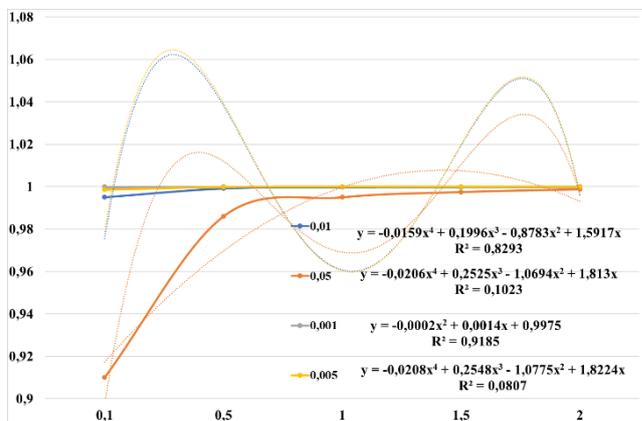


Рис.10 а.График модели для восстанавливаемой системы при частоте остановок λ.

Таблица 4 б.

Модель надежности для резервной восстанавливаемой системы в состоянии неготовности U

μ	**			
	0,01	0,05	0,001	0,005
0,1	0,005	0,09	6E-05	0,0014
0,5	0,0008	0,014	8E-06	0,0002
1	0,0002	0,005	2E-06	5E-05
1,5	9E-05	0,0025	9E-07	2,5E-05
2	5E-05	0,0012	5E-07	1,4E-05

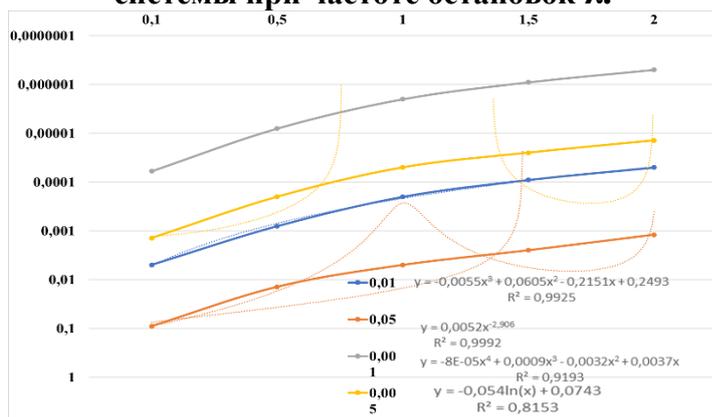


Рис.10 б. График модели для восстанавливаемой системы при частоте восстановления μ.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

-каждое значение параметра λ - скорость восстановления биогазовой установки (обучение или профессиональная подготовка операторов, повышение защиты от внешних воздействий, увеличение количества повторяющихся систем и т. Д.) увеличивает коэффициент готовности и снижает коэффициент отказов.

-Снижение частоты отказов биогазовой установки (повышение качества используемых элементов, применение лучших проектных решений, улучшение системы защиты от внешних воздействий, стимулирование работы оператора и т. Д.) увеличивает коэффициент готовности и снижает останавливающий фактор.

В четвертой главе «Разработка методик оценки надежности биогазовых установок. Экономическая эффективность работы» были использованы методы логической вероятности для обеспечения правильной работы биогазовых установок, их управления и прогнозирования, а также для предотвращения

неблагоприятных событий, вызванных факторами, выявленными в ходе исследования.

Учитывая, что надёжность работы биогазовых установок является вероятностным процессом, было сочтено, что метод логической вероятности, который является логическим подходом к остановке событий, может быть использован в качестве основы для формулирования и решения всех задач моделирования и расчета надежности системы. Чтобы выразить функцию надёжности и отказов в графической форме, остановка и тщательная (непрерывная) работа биогазовой установки была сведена к форме дерева и проанализирована. При этом выяснилось, что отказ любой из выполняемых функций может привести к остановке работы установки.

В исследованиях поставлены цели создать логическую модель двух опасных ситуаций, которые возникают при обеспечении непрерывности анаэробного процесса на биогазовой установке: все способы, которыми при определенных условиях биогазовая установка может отключиться или прекратить производство биогаза; - определить минимальное количество комбинаций событий, основных причин; - количественная оценка вероятности остановки биогазовой установки; - для выявления неисправностей или их общих причин, которые трудно обнаружить при рассмотрении изолированных подсистем, и для анализа чувствительности отдельных событий к отклонениям параметров системы.

Для решения проблемы причины аварий на биогазовых установках были разделены на технологические и нетехнологические сбои и неисправности.

Поскольку необходимо составить модель аккуратной и безопасной эксплуатации биогазовой установки и рассчитать вероятные классификации остановок, необходимо определить вклад и важность каждого фактора, а также уровень безопасности устройства.

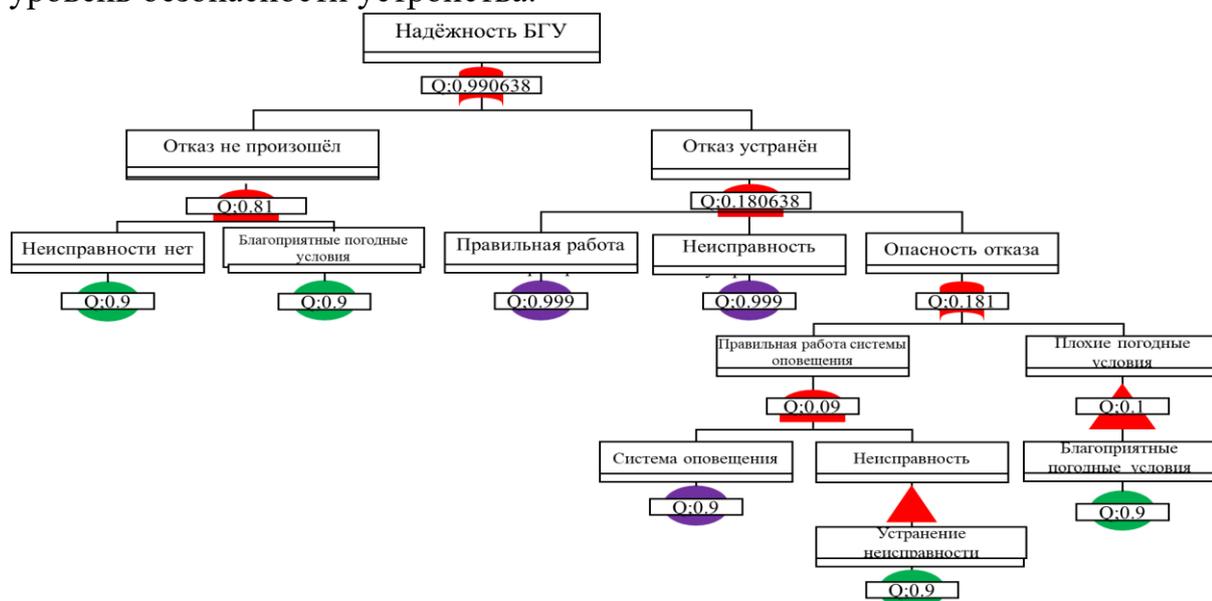


Рис.11. Дерево надёжности биогазовых установок (Relax Fault Tree Program).

Поэтому показатели надежности учитывались в двух программных комплексах. Учитывая чрезвычайную сложность анаэробного процесса на биогазовых установках, был использован программный комплекс «Relax». При этом были созданы условия для событий, созданы деревья остановок и тщательной

работы (Рис. 11). Эти факторы были изучены в программе Relex Fault Tree для расчета относительной важности биогазового устройства при остановке. В программе вероятность настройки системы и узлов устройства в зависимости от структуры деревьев $P1 = 0,09$; благоприятные внешние климатические факторы $P2 = 0,9$; вероятность того, что сбой анаэробного процесса в устройстве приведет к остановке устройства $P3 = 0,09$; вероятность того, что действия оператора приведут к остановке / неисправности устройства $P4 = 0,999$; вероятность корректной работы системы обнаружения (предупреждения) неисправностей прибора составила $P5 = 0,181$ и в результате проведенных расчетов были получены следующие результаты: вероятность нон-стоп $RRbe = 0,990638$; вероятность отказа оказалась равной $Rav = 0,00936182$.

Целью было разработать алгоритм остановки для проверки расчетных и практически определенных значений с помощью модели марковского процесса. Построенные алгоритмы (Рис.11-12) были отмечены событиями, аналогичными дереву отказов.

Независимо от типа биогазовой установки, список возможных неисправностей составляется с использованием метода Roll Up FMEA «снизу вверх», в котором перечислены возможные типы неисправностей для компонентов (элементов) нижнего уровня и их влияние на последующие подсистемы и систему в целом. оценивается с точки зрения.

На Рис. 11. показано все оборудование и системы, участвующие в анаэробном процессе при исследовании экспериментального устройства. Синим цветом показаны основные звенья и системы, желтым - оборудование и системы, которые их обслуживают, а серым - вспомогательные системы и соединения, обеспечивающие непрерывность процесса. Жесткость и бесперебойная работа элементов 1-9 и 40-44 - важнейшие соединения, обеспечивающие непрерывность процесса.

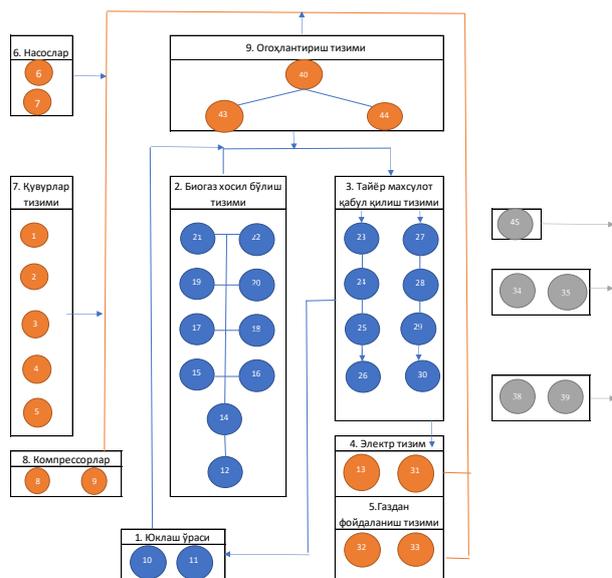


Рис. 11. Оборудование и системы, участвующие в анаэробном процессе.

Полагают, что отказ этих элементов приведет к функциональному отказу ВГК и возникновению конструктивной аварии. Стыки 10-30 считаются основными рабочими элементами, но их важность связана с остановкой процесса. Элементы 31-39 косвенно влияют на непрерывность процесса. Здесь указаны значения $TO_i [g.] Set$ для среднего времени отказа (в годах) всех элементов, используемых при расчете показателей зрелости.

Используя вышеуказанные индикаторы, мы можем увидеть в Таблице 5 основные результаты, полученные при моделировании и вычислении непрерывных полных индикаторов производительности БГУ в программе неисправностей Relex.

Согласно результатам, полученным на программе Relex Fault для подтверждения правильности решения данного примера, сравнивается с аналитическим расчетом этого показателя для расчета вероятности полноценной работы БГУ (1000 дней) = 0,634658575170.

Таблица 5

Итоги функциональной надёжности БГУ

№	Название	Выводы
1	Количество соединений логической функции надёжности БГУ	4
2	Логическая функция надёжности БГУ (наименьшие пути успешного выполнения)	$Y_{СФИ} = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_{45}$
3	Количество единиц в логической функции надёжности БГУ	9
4	Участники логической функции БГУ	$P_{СФИ} = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_{45}$
5	Кратность логической функции надёжности БГУ	$R_{БГК}(1000\text{кун}) = 0.634658575170$
6	Вероятность бесперебойной работы БГУ	$T_{тбгик} = 0.219 \text{ йил} = 1918 \text{ кун}$

На основании соотношения (15) рассчитывалась вероятность бесперебойной работы оборудования, определяющая функциональную надёжность БГУ (Исходя из полученных результатов все элементы и оборудование подразделили на системы для определения их доли и важности в надёжной работе и отказах БГУ. (таблица 6)

Таблица 6

Определения доли и важности систем в надёжной работе и отказах БГУ

№	Элемент №	Название систем	Значимость	%	Отрицательная доля	%	Положительная доля	%
1	1-9, 40-44	Обслуживающая система	0,593973	59,4	0,58584	58,6	0,008134	0,8
2	10-36	Основная	0,340231	34,0	0,32997	33,0	0,010261	1,0
3	37-39	Вспомогательная	0,038723	3,9	0,03079	3,1	0,003932	0,4

Основные факторы, приводящие к отказу М1: Остановка из-за отказа системы, механизма и узлов биогазовой установки.

М2: Остановка из-за внешней среды (климатические факторы)

В1: остановка из-за ошибки оператора

М3: Ошибки анаэробных процессов

М4: Определены события, при которых мы можем прерывать работу из-за того, что система предупреждения не работает должным образом.

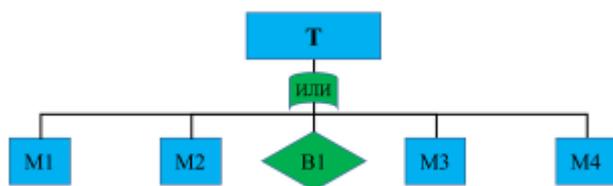


Рис.12 Схема первичного алгоритма.

Анализ Рис. 11 показывает, что наименьшее минимальное поперечное сечение было фактором В1, то есть ошибка оператора была минимальной

Чтобы проверить наши вышеупомянутые расчеты, были изучены результаты анализа и наблюдения за биогазовыми установками, их существующие неисправности и отключения.

комбинацией алгоритма остановки биогазового устройства и самой короткой версии.

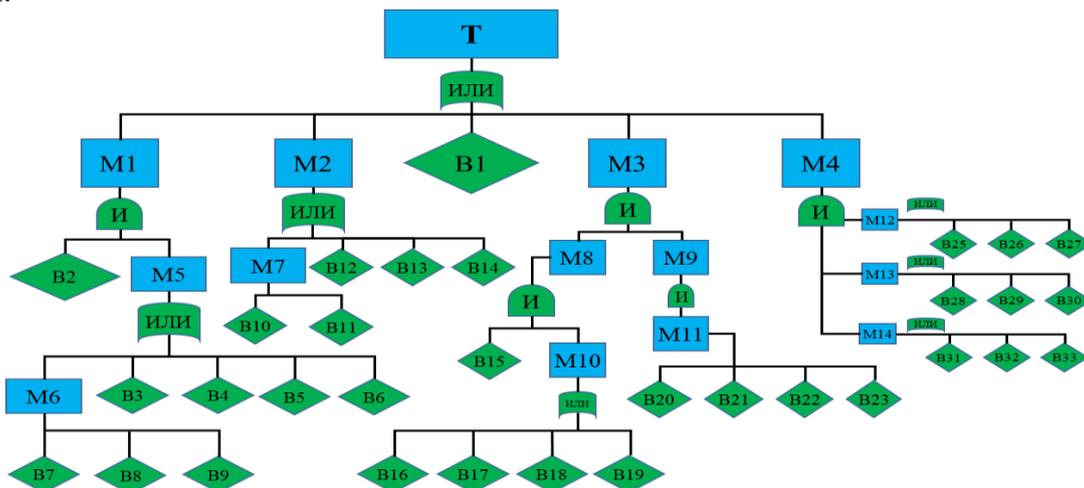


Рис.13 Схема совмещения всех событий.

В ходе наблюдения, путем изучения конструкции, типа, расположения и других характеристик устройства, было обнаружено, что все возможные причины остановки во время работы, обнаруженные для алгоритма остановки биогазовых устройств, могут быть устранены, если они будут учтены в период проектирования. Было определено, что необходимо разработать программу, которая прогнозирует сбои и простои устройств.

В ходе наблюдений основные факторы всех возможных отказов и остановок биогазовых установок, которые отражены в схеме алгоритма дерева остановов, а также все второстепенные причины были классифицированы следующим образом:

(Z) - основные и второстепенные причины отказа биогазовой установки.

(P) - это количество повторений основных и второстепенных причин биогазовой установки за данный период.

(O) - вероятность определения основной и второстепенной причины биогазовой установки

Путем умножения трех индексов был определен индекс преобладания (R.P.N), приводящий к остановке биогазовой установки под действием рассматриваемого фактора.

$$RPN_{\%} = (Z \times P \times O) \quad (3)$$

Все основные причины были определены в процентах от набора индикатора R.P.N, выявлены наиболее серьезные факторы, вызывающие остановку устройства указаны в Таблице 8.

Таблица 8.

Индикатор приоритетного фактора остановки биогазовой установки

	М1	М2	В1	М3	М4
Z	7	9	9	7	9
P	5	9	10	5	5
O	1	1	2	1	1
RPN	35	81	180	35	45
R.P.N%	9	22	48	9	12

Из анализа таблицы 1 было определено, что в зависимости от процентного соотношения фактора приоритета всех причин его значимость составила V1 процент (48%)

показателя ошибки оператора. Установлено, что климатические факторы и обнаружение неисправностей имеют приоритет 22 и 12% соответственно.

Единственным ключевым показателем анаэробной обработки органических отходов является тот факт, что количество энергии, сэкономленной за счет бережного использования температурного режима в биореакторе от внешних погодных изменений, составляет 60,3%. При оценке надежности энергетического и биоудобрительного оборудования в климатических условиях Узбекистана основные факторы в нем определяются в указанном порядке: 46,71 кВт · ч электроэнергии для надежной анаэробной переработки 1 м³ органических отходов. · с экономит электроэнергию. С учетом текущей цены на электроэнергию (450 сумов) это экономит 186548063 сум.

Благодаря вычету из общей стоимости модернизации и эксплуатации биогазовой установки из сэкономленных средств, годовая экономическая эффективность установки составила 81 485 695 сумов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам оценки надежности энергетического и биоудобрительного оборудования для органических отходов с учетом климатических условий были сделаны следующие выводы:

1. В качестве факторов, влияющих на надежную работу БГК, приняты взаимосвязи отказов и износа систем и узлов, климатических и внешних воздействий окружающей среды, ошибок оператора и систем оповещения и вытекающих из них негативных последствий и разработана диагностическая матрица;

2. В связи с вероятностным характером приведенных выше зависимостей прогнозная интенсивность остановок составляет 20,87489 раз в год, средняя наработка на отказ 47904 мин в год, коэффициент надежности 53 %, среднее время ремонта 0,14 ч., а также установлено, что интенсивность отказов 1 резервной регенеративной биогазовой установки увеличивает коэффициент готовности для каждого значения параметра на 10 % и снижает коэффициент отказов на 6 %.

3. Вероятность отказа биогазовой установки из-за конструктивных ошибок при создании сценария дерева отказов составляет 10 %; P₂ = 21 % за счет внешних климатических факторов; P₃ = 11% из-за ошибки анаэробного процесса; P₄ = 45% из-за ошибки оператора; установлено, что вероятность остановки устройства из-за неисправности системы оповещения составила P₅ = 13 %, при изучении надежности системы и оборудования роль сервисной системы в остановке биогазовой установки составляет 59,4 %, отрицательная доля - 58,6 %; значение основной системы оказалось равным 34 %, отрицательной доли — 33 %, важности вспомогательной системы — 3,9 %, отрицательной доли — 3,1 %.

4. Согласно программе значимости фактора, приводящего к отказам опытных биогазовых установок ошибка оператора составила 48 %, климатический фактор 22 % и фактор отказов системы оповещения 12 %, при определении надежности биогазовой установки методом наименьшего сечения фактор ошибки оператора оказался наиболее важным и составил 46 %, вторым по важности фактором является климатический фактор - 24 %; третий фактор оказался равным 14 % от

коэффициента ошибки системы оповещения о неисправностях и 8 % от конструктивных ошибок и нарушений анаэробных процессов.

5. Оценивая надежность биогазовой установки в климатических условиях Узбекистана, за счет экономии 46,71 кВтч электроэнергии на анаэробную переработку 1 м³ органических отходов при переработке 8875 кг перерабатываемой биомассы ежегодно экономится 414,5 кВтч электроэнергии или 186 548 063 сум. Путем экономии затрат на модернизацию и эксплуатацию биогазовой установки доказано, что годовая экономическая эффективность установки составляет 81 485 695 сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL AN AWARDING OF SCIENTIFIC
DEGREES PhD 03 / 27.02.2020.T.106.02 AT THE
FERGHANA POLYTECHNIC INSTITUTE**

NAMANGAN INSTITUTE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY

MAMADALIEVA ZULFIYA MAKHMUDJANOVNA

**ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF BIOGAS INSTALLATIONS FOR
GENERATING ENERGY AND BIOFERTILIZERS IN THE CLIMATIC
CONDITIONS OF UZBEKISTAN**

05.05.06 – Power installations on the basis of renewable energy

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

Fergana – 2022

INTRODUCTION (Abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to ensure the efficient and uninterrupted operation of biogas plants that receive energy and biofertilizers in the climatic conditions of Uzbekistan by assessing their reliability.

The tasks of the research are:

analytical study of scientific and technical data on the reliability of biogas plants operating in the world practice and the Republic of Uzbekistan, as well as previous studies in this area;

study of the causes of failures and malfunctions of biogas plants and ways to eliminate them and their justification through a comprehensive assessment of the reliability of biogas plants based on models of Markov processes;

study of the influence of temperature and humidity of the environment in certain climatic conditions on the reliable operation of biogas plants;

development of a probabilistic-logical model of the reliability of biogas plants and a scheme of functional integrity, as well as determining the significance of systems and nodes involved in the workflow;

determination of the significance of factors affecting the reliability of biogas plants when the device is turned off.

The object of research is twenty-six operating and inactive biogas plants in the Republic of Uzbekistan

Scientific novelty of the research work is:

a matrix has been created that allows for continuous diagnostics, taking into account the shape, loading method, location, type of mixing, heating system, heating mode and type of material of biogas devices, displaying symptomatic relationships between the causes of operation and stop;

based on the Markov model of technological reliability of standby non-renewable and renewable biogas plants, a mathematical expression was obtained to determine the rate of predicted shutdowns, the average time between shutdowns and the reliability factor depending on the frequency of restoration and shutdowns;

for the first time, due to the aggressive environment of ambient temperature and air humidity, which are climatic factors, the possibility of gradual shutdowns in various parts of the system and equipment of a biogas plant has been worked out;

For the first time, when designing biogas plants, a shutdown method and reliability assessment was created in the form of a probabilistic-logical model that takes into account the factors that affect the reliability of the plants.

The structure and scope of the PhD thesis. The PhD dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications, presented on 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1 бўлим (часть 1; part 1)

1. Z. M. Mamadalieva, Determining the importance of connections and systems in the reliable operation of a biogas plant, Научно - технический журнал Наманганского инженерно-технологического института. 2022. №2 С.149-154 [05.00.00. №33].

2. Z. M. Mamadalieva, Influence of air moisture on biogas plant reliability, Научно - технический журнал Наманганского инженерно-технологического института. 2022, №1 С.166-168. [05.00.00. №33].

3. Z.M.Mamadalieva. Comprehensive assessment of the reliability of a non-redundant system of biogas plants based on Markov process models Выпуск журнала «Universum: технические науки» 2022, 7(100), С.54-58. (02.00.00.№1).

4. З.Мамадалиева. Органик чиқиндиларни қайта ишлаш энергетик қурилмасининг фавқулудда вазиятда тўхташ сабабларини баратараф этиш. Научно - технический журнал Наманганского инженерно-технологического института. 2020, №1 С.79-82. [05.00.00. №33].

5. О. Салимов, Ш. Имомов, З. Мамадалиева. Методика оценки надёжности биогазовых установок работающих в условиях разрежения// Irrigatsiya va melioratsiya, 2018, Махсус сон. – С. 106 – 110. [05.00.00. №22].

6. O. Salimov, Sh. Imomov, Z. Mamadalieva. Rating methodic of biogas installations working in rarefaction conditions // Scientific Papers Series “Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development Vol.18, Issue 4, 2018, pp.289-292. (GIF- 0.787).

7. Ш. Имомов, Т. Қаяюмов, З. Мамадалиева. Қайта тикланадиган энергия қурилмаси дастлабки ишлов бериш жихозининг оптимал параметрларини асослаш. // Irrigatsiya va melioratsiya, 2018, Махсус сон. – С. 110-115 [05.00.00. №22].

1 бўлим (часть 1; part 1)

8. Z.Mamadalieva, N Imomova, E Shodiev. Checking the reliability of biogas installations by stimulation models of Markov processes on faults tree. CONMECHYDRO – 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012172 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/883/1/012172.

9. О.Салимов, Ш.Ж.Имомов, З.М.Мамадалиева. Наманган вилоятида биогаз технологияларни жорий қилинишининг иқтисодий ва энергетик истиқболлари //Агроиқтисодиёт, 2019-3 сон.-С 18-22.

10. Салимов А., Имомов Ш., Султонов М.К., Мамадалиева З., Усмонов К. Биогазовые технологии как способ повышения энергоэффективности//ЭНЕРГО-СБЕРЕЖЕНИЕ. Специализированный журнал. – Россия. 2018, № 2. -С. 60-62.

11. О. Салимов, Ш. Имомов, З. Мамадалиева, К. Усмонов, М. Султонов. Сравнительный анализ применения биогазовых технологий и других источников энергии (Опыт). //Энергетика и ТЭК - Беларусь. 2018, № 2.-С. 22-24.

12. Салимов А., Имомов Ш., Султонов М.К., Усмонов К., Мамадалиева З., Қажумов Т., Шодиев Э. Биопшамдан органик ўғит сифатида фойдаланиш бўйича тавсиялар // Ўзбекистон. 2016 й. – Б.1–34.

13. Мамадалиева З. Пахта тозалаш чиқиндиларидан биогаз ишлаб чиқиш технологияси//21-аср интеллектуал авлод асри Ёш олим ва тадқиқотчиларнинг Республика илмий амалий анжумани, 19-20 ноябр 2015 й. Тошкент. С.135-137.

14. Мамадалиева З. Перспективы развития рынка биогаза в Узбекистане// Материалы 4-Форума молодых учёных экономистов. Ташкент. ИПМИ 27-28 мая 2015 г.- С.42-44.

15. Мамадалиева З. Роль и значение внедрения биогазовых технологий в экономическом развитии сельских регионов Узбекистана// материалы III Форума молодых учёных-экономистов, Тошкент 29 мая 2014 й.- С.76-78.

16. Мамадалиева З., Давлятов А. Потенциал и предпосылки применения возобновляемых источников энергии в Республике Узбекистан//V-ая Международная научно-практическая конференция молодых учёных посвящённая 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия» 11-13 мая 2016 г., Астрахань, Солёное Займище, С.560-564.

17. Мамадалиева З. Некоторые экономические показатели применения возобновляемых источников энергии в Республике Узбекистан//V-ая Международная научно-практическая конференция молодых учёных посвящённая 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия» 11-13 мая 2016 г., Астрахань, Солёное Займище, С.564-548.

18. Мамадалиева З. Решение проблем окружающей среды и утилизации органических отходов аграрного сектора при помощи биогазовых технологий// Продовольственный рынок: проблемы импортозамещения» сборник материалов Международной научно-практической конференции, 27 февраля 2015 г. УрГАУ, Екатеринбург, С.317-322.

19. Мамадалиева З., “Эффективные способы утилизации сельских отходов при помощи биогазовых технологий”// III международная конференция «Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса» Ставрополь, 14–15 апреля 2014 г, том 2, С.536-540.

20. Мамадалиева З., Ахмедов Р., “Применение газогенераторов работающих на биогазе в сельском хозяйстве” Наука и инновации XXI века: Материалы II Всероссийской конференции молодых ученых/ Том I, СурГУ, Сургут: 2014, С.223-224.

21. Мамадалиева З., Муқобил энергия манбаларини ривожлантиришда биогаз қурилмалардан фойдаланиш технологияси//«Муқобил энергия манбалари ва энерготехнамақор технологияларни мамлакат ривожигаги ўрни ва аҳамияти» халқаро илмий амалий анжумани, Наманган 2017 й. 24-25 май.

22. Мамадалиева З., Имомов Ш., Биогаз қурилмаларининг конструктив хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда ишончлилигини ҳисоблаш дастури// Ўз.Р. Адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги, № DGU № 20221443, 30.03.2022 й.

23. Мамадалиева З., Аминов Х.Х. Программа расчёта надёжности биогазовых установок на основе модели Марковских процессов// Ўз.Р. Адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги, DGU №20221444, 29.03.2022 й.

24. Мамадалиева З., Айнакулов Ш., Имомова Н., Усмонов К. Органик чиқиндиларга поғонали ишлов бериш биогаз курилмасининг поғоналардаги аралаштириш режимининг математик модели дастури // Ўз.Р. Адлия вазирлиги хузуридаги интеллектуал мулк агентлиги, № DGU 2019 0594, 07.05.2019 й.

Авторефератнинг ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги нусхалари
Фарғона политехника институтининг «Илмий техник» журнали
таҳририятида таҳрирдан ўтказилди.
(10.11.2022 йил)

Босишга рухсат этилди: _____, 2022 йил.
Бичими 60x84 1/16, «Times New Roman» гарнитураси.
Шартли босма табағи 3,25 Адади: 100. Буюртма: № _____

Босмахона манзили ёзилади

Авторефератнинг ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги нусхалари
Фарғона политехника институтининг «Илмий техник» журнали
таҳририясида таҳрирдан ўтказилди.
(____.____.2022 йил)

Bosishga ruxsat etildi: 2022-yil. Nashriyot bosma tabog`i – 3,31.
Bichimi 84x108 1/16
Adati 100.
“Farpi alpha” UK
Manzil: 150100, Farg`ona viloyati, Farg`ona shahri,
Farg`ona ko`chasi, 86-uy.

