**ФИЗИКА-ТЕХНИКА ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.30.05.2018.FM/T.34.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК-ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

ДАВЛОНОВ ХАЙРУЛЛА АЛЛАМУРОТОВИЧ

ПИРОЛИЗ ҚУРИЛМАЛАРИ АСОСИДА ГЕЛИОИССИҚХОНАЛАРНИНГ ЭНЕРГИЯ САМАРАДОР ИСИТИШ ТИЗИМИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

05.05.06 – Қайта тикланадиган энергия турлари асосидаги энергия қурилмалари

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

Тошкент – 2019

УДК 662.997 ÷ 621.311

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Content of the dissertation abstract of philosophy of doctor (PhD) on the technical sciences

Давлонов Хайрулла Алламуротович
Пиролиз қурилмалари асосида гелиоиссиқхоналарнинг энергия самарадор иситиш тизимини ишлаб чиқиш .....……..... 3

Давлонов Хайрулла Алламуротович
Разработка энергоэффективной системы отопления гелиотеплиц на основе пиролизных установок ……..…… 25

Davlonov Khayrulla Allamurotovich
Development of an energyefficient solar heating system for greenhouses based on pyrolysis plants ……..…….. 47

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works …….…….…….…….…….. 51

**ФИЗИКА-ТЕХНИКА ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.30.05.2018.FM/T.34.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК-ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

ДАВЛОНОВ ХАЙРУЛЛА АЛЛАМУРОТОВИЧ

ПИРОЛИЗ ҚУРИЛМАЛАРИ АСОСИДА ГЕЛИОИССИҚХОНАЛАРНИНГ ЭНЕРГИЯ САМАРАДОР ИСИТИШ ТИЗИМИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

05.05.06 – Қайта тикланадиган энергия турлари асосидаги энергия қурилмалари

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

Тошкент – 2019

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида №B2018.1.PhD/T606 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.fti.uz) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: **Узоқов Ғулом Норбоевич**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Абдурахмонов Абдужаббор**
техника фанлари доктори, профессор

Авезов Раббоноқул Рахмонович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот: **Бухоро Давлат университети**

Диссертация ҳимояси Физика-техника институти ҳузуридаги DSc.30.05.2018.FM/T.34.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «9» 01 соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100084, Тошкент шаҳри, Чингиз Айтматов кўчаси, 2б уй. Тел/факс.: (99871) 235-42-91; e-mail: ftikans@uzsci.net, Физика-техника институти мажлислар зали.

Диссертация билан Физика-техника институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№248 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100084, Тошкент шаҳри, Чингиз Айтматов кўчаси, 2б уй. Физика-техника институти. Тел/факс: (+99871) 235-30-41.

Диссертация автореферати 2019 йил «20» 12 куни тарқатилди.

(2019 йил «20» 12 даги № 11 рақамли реестр баённомаси).

Н.Р. Авезова
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш раиси, т.ф.д. етакчи илмий ходим

А.Г. Комилов
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.н.

А.В. Каримов
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, ф-м.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда энергия истеъмолининг учдан бир қисми қишлоқ хўжалиги эҳтиёжи учун ишлатилади. Жумладан, ҳимояланган тупроқ иншоотларида истеъмол қилинадиган иссиқлик энергиясининг 20 фоизи сарф қилинади.

Жаҳонда қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини етиштириш соҳасида етакчи ҳисобланган Голландия ва Германия давлатларида ҳам соҳа эҳтиёжи учун истеъмол қилинадиган умумий энергиянинг 20-35 фоизи иссиқхоналар ҳиссасига тўғри келади. Ҳозирги вақтда иссиқхоналарда етиштирилаётган сабзавот маҳсулотларининг таннархи таркибида солиштирма энергия харажатлари 60-70 фоизни ташкил этади[1].

Республикамизда қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини етиштиришга мўлжалланган иссиқхона хўжаликларида 1 кг сабзавотни етиштириш учун камида 6-10 кг шартли ёқилғи сарф қилинади. Шунинг учун Республикамизда иссиқхона комплексларида энергия самарадорликни ошириш, энергия сиғимини камайтириш ва энергия тежовчи технологияларни жорий этиш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. Юқорида кўрсатилган устувор вазифаларни амалга ошириш учун Ҳукуматимиз томонидан бир қатор қарорлар қабул қилинган. Жумладан, «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар Стратегияси»да қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишни ривожлантириш, ишлаб чиқариш ва технологик жараёнларда энергия сарфини камайтириш ва самарали энергия тежаш тизимларини жорий этиш бўйича устувор вазифалар белгилаб берилган[2]. Иссиқхоналарнинг иситиш тизимларида қайта тикланувчи энергия манбалари, хусусан биомасса ва қуёш энергиясидан самарали фойдаланган ҳолда замонавий энергия самарадор ва ресурс тежамкор технологиялар асосидаги иссиқхона комплексларини яратиш долзарб илмий-техник вазифа ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон «2017-2021 йилларда қайта тикланувчи энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги, 2017 йил 8 ноябрдаги ПҚ-3379-сон «Энергия ресурсларидан оқилона фойдаланишни таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 20 ноябрдаги ПҚ-4020-сон «Иссиқхона комплексларини ривожлантириш учун қўшимча шарт-шароитлар яратиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорларида белгиланган қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишни ривожлантириш ва амалиётга жорий этиш каби вазифалар ижросини амалга оширишда мазкур диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

---

[1] Опыт использования солнечной энергии в сельском хозяйстве. http: // www.mensh.ru.

[2] Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сонли Фармони билан тасдиқланган «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси».

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот Ўзбекистон Республикасининг фан ва технологияларини ривожлантиришнинг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик ва қайта тикланувчи энергия манбалари» устувор йўналишига мос равишда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Иссиқхоналарнинг иситиш тизимида энергия самарадор усулларни ишлаб чиқиш бўйича сўнги йилларда олиб борилган илмий-тадқиқот ишлари таҳлили ушбу соҳада аҳамиятли даражадаги назарий ва амалий натижаларга эришилганлигидан далолат беради. Жумладан, иссиқхоналарнинг иситиш тизимининг энергетик самарадорлигини оширишга қаратилган, энергия ва ресурс тежамкор режимларини жорий этишга йўналтирилган илмий-тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий-техник марказлари Shandong Ruixu Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Qingzhou Rainbow Modern Agriculture Development Co., Ltd. (Хитой), Эко-культура (Россия), NatureSweet Tomatoes (АҚШ), Venlo Projecten Holding B.V. (Голландия), Dal Holding Investment Co., Ltd. (Туркия), Москва энергетика институти (Россия), Беларусь миллий Фанлар академияси Энергетика институти, Беларусь миллий техника университети (Беларусь Республикаси) ва Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси «Физика-Қуёш» ИИЧБ (Ўзбекистон) да кенг миқёсда олиб борилмоқда.

Қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланиш асосида иссиқхоналарнинг энергия самарадорлигини ошириш бўйича илмий-тадқиқот ишлари Бридгватер А.В., Мохан Д., Питтман Ч. У., Стеэле П.Ҳ., Пракаш Н., Карунанитҳи Т., Кравченко Г.М., Мазаев Л.Р[3]., Кравченко Ю.Г., Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Е., Пенджиев А.М[4]. ва бошқалари томонидан олиб борилган. Ушбу соҳада Захидов Р.А., Авезов Р.Р., Вардияшвили А.Б., Содиқов Т.С., Авезова Н.Р., Хайриддинов Б.Э., Узоқов Ғ.Н., Файзиев Т.А., Ниязов Ш.К., Саидов С.А. ва бошқа ўзбек олимлари томонидан ҳам илмий-тадқиқот ишлари бажарилган. Хусусан ушбу илмий мактабларда иссиқхоналарнинг энергия самарадорлигини оширишда қуёш энергиясидан самарали фойдаланиш ва аккумуляциялаш усулларини ишлаб чиқиш, иссиқлик-масса алмашинуви жараёнларини ҳажмий параметрларини ҳисобга олиб моделлаштириш, оптимал ҳарорат-намлик режимларини яратиш бўйича амалий тадқиқотлар олиб борилган.

Аммо, олинган ижобий натижаларга қарамай, иссиқхоналарнинг иситиш тизимида анъанавий ёқилғи-энергия ресурсларини тежаш мақсадида, қуёш ва биомасса энергиясидан комплекс фойдаланиш ва Республикамиз ҳудудларининг табиий иқлим шароити ҳамда қуёш ва биомасса энергиясининг потенциалини ҳисобга олган ҳолда энергия самарадор иситиш тизимини ишлаб чиқиш бўйича етарлича тадқиқот ишлари олиб борилмаган. Шунинг учун иссиқхоналарнинг биомасса ва қуёш энергияси асосидаги комбинациялашган

[3] Мазаев Л.Р. Метод расчета и проектирования солнечной теплицы для региона Сибири. Автореф.дисс....канд.техн.наук. – Улан-Удэ. 2011. – 21 с.

[4] Пенджиев А.М. Термический режим в комбинированных культивационных сооружений. // Гелиотехника. – 2018. – № 2. – с.47-58.

автоном иситиш тизимини ишлаб чиқиш орқали иссиқхоналарнинг энергетик самарадорлигини ошириш долзарб илмий-техник масала ҳисобланади.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий-таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.

Диссертация тадқиқоти Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институтида бажарилган ИОТ-2014-3-1 «Маҳаллий органик чиқиндилардан пиролиз усулида муқобил ёқилғи олиш қурилмасини ишлаб чиқаришга жорий этиш» (2014-2015 й.й.) мавзусидаги инновация ва ОТ-Атех-2018-30 «Пиролиз қурилмалари асосида иссиқхоналарнинг автоном иссиқлик таъминоти тизимини ишлаб чиқиш» (2018-2020 й.й.) мавзусидаги амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади пиролиз қурилмаларидан фойдаланиб гелиоиссиқхоналарнинг энергия самарадор иситиш тизимини ишлаб чиқиш ва параметрларини асослашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

маҳаллий биомасса ва органик чиқиндилардан муқобил ёқилғи олиш пиролиз қурилмасини ишлаб чиқиш ва пиролиз жараёнини тадқиқот қилиш;

хом ашё намлиги ва ўлчамларининг пиролиз маҳсулотларини чиқиш миқдори ва жараённинг энергия сарфига таъсирини тадқиқот қилиш;

пиролиз қурилмалари асосида гелиоиссиқхоналарнинг автоном иситиш тизимини ишлаб чиқиш;

пиролиз қурилмали гелиоиссиқхоналарнинг иссиқлик балансини моделлаштириш ва ҳарорат режимини тадқиқот қилиш;

гелиоиссиқхоналарнинг пиролиз қурилмали иситиш тизимини энергетик ва техник-иқтисодий самарадорлигини асослаш.

Тадқиқотнинг объекти гелиоиссиқхоналарнинг пиролиз қурилмалари (биомасса энергияси) асосидаги иситиш тизимларидан иборат.

Тадқиқотнинг предмети биомассадан муқобил ёқилғи олиш учун пиролиз қурилмалари, иссиқхоналарнинг энергия баланси, ҳарорат режими, пиролиз қурилмали иситиш тизимининг энергетик ва иссиқлик-техник параметрларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида математик моделлаштириш, иссиқлик техникасининг назарий асослари, иссиқлик-технологик жараёнларни экспериментал тадқиқ қилиш ва натижаларга ишлов беришнинг умумий тан олинган усулларидан фойдаланилди.

Диссертация тадқиқотининг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

маҳаллий биомассадан муқобил ёқилғи олиш учун тутун газининг рециркуляцияси ҳисобига қизийдиган, иссиқлик алмашинувини фаоллаштирадиган қувурсимон реакторли пиролиз қурилмаси ишлаб чиқилган;

биомасса пиролизи маҳсулотларининг чиқиш миқдори жараённинг ҳарорати, юкланадиган хом ашёнинг намлиги ва гранулометрик ўлчамларига боғлиқлиги аниқланган;

пиролиз қурилмали гелиоиссиқхона иситиш тизимининг иссиқлик юкламаси, ҳарорат режими, реактордан утилизация қилинадиган иссиқлик миқдори ва асосий иссиқлик–техник параметрларини аниқлаш имконини берувчи иссиқлик балансининг математик модели ишлаб чиқилган;

бир вақтда гелиоиссиқхонанинг иситиш тизимини иссиқ сув ва ёқилғи билан таъминлайдиган «қувур-қувурда» типдаги комбинациялашган қурилма ишлаб чиқилган;

пиролиз қурилмалари асосида гелиоиссиқхоналар иситиш тизимининг такомиллаштирилган «пиролиз реактори-иситиш қозонли» принципиал иссиқлик схемалари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

гелиоиссиқхоналарнинг иситиш тизимини иссиқ сув ва ёқилғи билан таъминлайдиган комбинациялашган қурилма ишлаб чиқилган (Ўзбекистон Республикаси фойдали моделга патенти FAP 20180200 «Иссиқхоналарни иситиш учун қурилма», 26.12.2018 йилдан);

гелиоиссиқхонанинг пиролиз қурилмали ва иссиқлик утилизаторли иситиш тизими ишлаб чиқилган ва тизимнинг техник-иқтисодий самарадорлиги аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги табиий шароитда, тадқиқот ўтказишнинг замонавий усул ва воситаларидан фойдаланиб, иссиқлик-техникавий эксперимент ўтказиш ва натижаларга ишлов беришнинг умумий тан олинган методларини қўллаш, ишлаб чиқариш тажрибалари натижалари, бир хил шароитдаги ҳисоблаш ва эксперимент натижалари мослигига асосланиб олинган кўп сонли эксперимент натижалари билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқотларнинг илмий аҳамияти пиролиз қурилмаларида кечадиган биомассани термик қайта ишлаш жараёнлари тўғрисида илмий тасаввурларни кенгайтириш, биомасса иссиқлик-физик параметрларининг пиролиз жараёнининг давомийлиги, энергия сарфи ва пиролиз маҳсулотларининг чиқиш миқдорига таъсирини ифодаловчи қонуниятларни ўрганиш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти анъанавий ёқилғи-энергия ресурслари сарфини ва атроф-муҳитга чиқариладиган зарарли чиқиндиларни қисқартириш имконини берувчи, биомасса энергиясидан фойдаланишга асосланган иссиқхоналарнинг пиролиз қурилмали иситиш тизимини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Пиролиз қурилмаларидан фойдаланиб гелиоиссиқхоналарнинг энергия самарадор иситиш тизимини ишлаб чиқиш асосида:

бир вақтда гелиоиссиқхонанинг иситиш тизимини иссиқ сув ва ёқилғи билан таъминлайдиган «қувур-қувурда» типдаги комбинациялашган қурилма ишлаб чиқилган ва Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг фойдали моделга патенти олинган («Иссиқхоналарни иситиш учун қурилма», № FAP 20180200 - 2018 й.). Натижада органик чиқиндиларни пиролиз қилиш орқали қайта ишлаш, иссиқхонани иситиш ва суюқ ёқилғи ишлаб чиқариш имконияти яратилган;

Қашқадарё вилоятининг фермер хўжаликлари иссиқхоналарида пиролиз қурилмали энергия самарадор иситиш тизими жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 24 сентябрдаги 02/023-2546-сон маълумотномаси). Натижада 100 м^2 майдонли иссиқхонанинг

иситиш тизимида пиролиз қурилмалари қўлланилиши асосида анъанавий иситиш тизими учун мавсум давомида талаб этиладиган 8100 м^3 табиий газ тежалишига ва энергия ҳаражатлари 38 % га камайишига эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 11та Республика анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 24 та илмий иш чоп этилган, шу жумладан 2 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган халқаро (2) ва республика (5) журналларида 7 та илмий мақола нашр этилган, 1 та фойдали моделга патент олинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 118 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, мақсад ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқотнинг объекти ва предмети кўрсатилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги аниқланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари келтирилган, тадқиқотнинг олинган натижаларини ишончлилиги асосланган, ишнинг апробация натижалари, чоп қилинган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи **«Қуёш иссиқхоналари иситиш тизимларининг замонавий ҳолати таҳлили»** бобида қуёш иссиқхоналарининг иситиш тизимлари ва уларда қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишнинг замонавий ҳолати таҳлил қилинган. Диссертация мавзуси бўйича олиб борилган илмий-тадқиқот ишлари ва чоп қилинган илмий мақолаларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, Республикамизда маҳаллий биомассани пиролиз қилиш жараёнлари кам ўрганилган. Айниқса, маҳаллий биомассани термик қайта ишлаш орқали муқобил ёқилғи олиш ва ундан иссиқхоналарни иситиш тизимида фойдаланиш долзарб илмий-техник муаммо бўлишига қарамасдан ушбу соҳада илмий ва амалий тадқиқотлар етарлича олиб борилмаган.

Илмий манбалар[5] ва тадқиқотлар таҳлили шуни кўрсатадики, биомассадан пиролиз усулида муқобил ёқилғилар олиш ва ундан иссиқхоналарнинг иситиш тизимида фойдаланиш энергетик ва экологик жиҳатдан самарали йўналиш ҳисобланади.

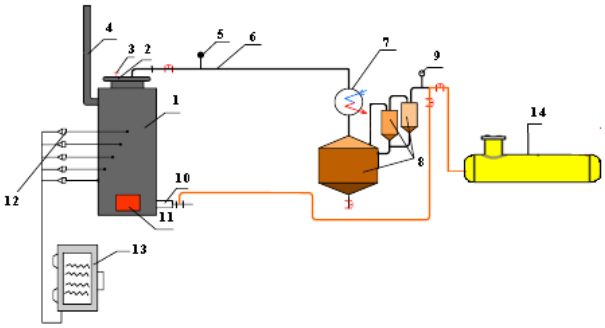
---

[5] Гелетуха Г.Г., Железная Т.А.Обзор современных технологий получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом.Часть. 1// Экотехнологии и ресурсосбережение. №2, 2000, Киев. – С 3-10. 2. Кожухов В.А., Михеева Н.Б., Семенов А.Ф. Повышение эффективности энергообеспечения теплицы // Вестник КрасГАУ. 2009. №6. 127-132 с. 3. Биоэнергетические установки ООО «Сиприс».//www.msx-consult.ru.

Иссиқхоналарда қуёш ва биомасса энергиясидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш ва энергия тежаш соҳасидаги тадқиқотлар даражасини кенгайтириш тенденциясини ҳисобга олган ҳолда олиб борилган илмий таҳлил асосида диссертациянинг мақсади ва вазифалари шакллантирилди.

Диссертациянинг **«Пиролиз қурилмасида иссиқхоналар учун муқобил ёқилғи олиш жараёнини тадқиқот қилиш»** деб номланган иккинчи бобида биомассадан ёқилғи олиш пиролиз қурилмаси ишлаб чиқилган ва турли маҳаллий биомассадан пиролиз усулида муқобил ёқилғи олиш жараёни тадқиқот қилинган.

Ишлаб чиқилган тажриба пиролиз қурилмаси қувурсимон реактор, конденсатор-совутгич, газгольдер, газни тозалаш тизими, тутун қувури ва қувурлар тизимидан ташкил топган (1-расм).



1-реактор; 2-хом ашёни юклаш учун қопқоқ; 3-клапан; 4-тутун қувури; 5-газ сарфини ўлчаш асбоби; 6-буғ-газ аралашмасининг қувури; 7-конденсатор; 8-сепаратор; 9-сарф ўлчаш асбоби; 10-инжектор; 11-ёқиш камераси; 12-терможуфтлар; 13-потенциометр КСП-4; 14-газгольдер.

1-расм. Тажриба пиролиз қурилмасининг схемаси.

Ишлаб чиқилган пиролиз реакторининг диаметри 0,8 м, баландлиги 1,0 м ва ҳажми 0,5 м^3 га тенг бўлиб, зичлиги 200 кг/м^3 ва намлиги 20-30 % бўлган 100 кг биомассани пиролиз қилиш имконини беради. Тажриба пиролиз қурилмаси қувурсимон реактор, қувурлар тизими билан уланган конденсатор совутиш тизими, тутун қувури ва олинган маҳсулотлар таркибини тозаловчи тизимдан иборат. Қурилмада реакторнинг ҳарорат режими пиролиз жараёнида олинган газсимон ёқилғи ҳисобидан таъминланади. Таклиф этилган пиролиз қурилмасининг бошқа маълум қурилмалардан асосий фарқи, реактор «қувур-қувурда» шаклида ясалган бўлиб, қувурлар оралиғига сув солинган ва реакторнинг ташқи сиртидан атрофга муқаррар йўқотиладиган иссиқлик энергиясини утилизация қилиш ва натижада қўшимча иссиқ сув олиш имконини беради. Реактордан чиқадиган тутун газлари қувури кўп каналли тайёрланган ва чиқишда битта умумий коллекторга бирлаштирилган бўлиб, юкланган биомассани интенсив қиздириш учун тутун газларини рециркуляция қилиш имконини беради. Мазкур реакторнинг конструкцияси пиролиз жараёнида реакторнинг барча ҳажми бўйича бир хил ҳарорат майдонини ҳосил қилади, натижада реакторда барқарор ва текис ҳарорат режимини ҳосил қилиш имконияти яратилади. Реакторда яратилган текис тақсимланган ҳарорат майдони пиролиз жараёнининг интенсивлигига ижобий таъсир қилади. Тажриба пиролиз қурилмасининг (ПҚ-100) умумий кўриниши 2-расмда келтирилган.

2-расм.Тажрибавий пиролиз қурилмасининг умумий кўриниши. (Қарши шаҳри)

Иссиқхоналарнинг иситиш тизимини муқобил ёқилғи билан таъминлаш учун турли хил маҳаллий биомасса (терак қириндиси, мол экскременти ва ғўзапоя чиқиндиси) пиролизи тадқиқот қилинди. Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, ҳажми 0,5 м^3 бўлган биореактор суткасига 100-120 м^3 гача биогаз олиш имконини беради, шундан 20-30 % олинган газ пиролиз қурилмасининг хусусий эҳтиёжи, яъни реакторнинг иссиқлик режимини ўрнатиш учун сарф қилиниши асосланди.

Тадқиқот натижаларига кўра юкланган 100 кг биомасса (терак қириндиси) пиролизи натижасида 50 % ёғоч кўмири, 20 % суюқ ва 30 % газсимон ёқилғи олишига эришилди (1-жадвал). Турли биомассаларнинг (терак қириндиси, мол экскременти ва ғўзапоя чиқиндиси) пиролизи натижалари 1-жадвалда келтирилди.

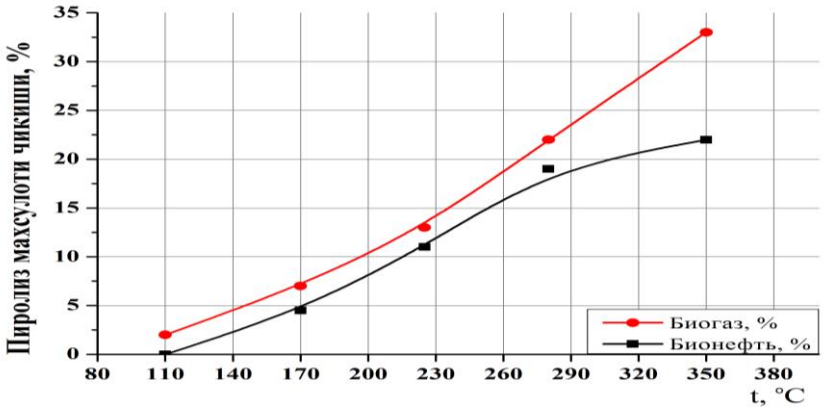
Ўтказилган тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатадики, пиролиз маҳсулотларининг чиқиш миқдори жараён кечадиган ҳарорат, қиздириш тезлиги, юкланган хом ашёнинг ва жараён содир бўладиган муҳитнинг иссиқлик-физик хоссаларига бевосита боғлиқ бўлади. Дарахт ва ўсимлик биомассасининг пиролизи жараёни 170÷350 ˚С ҳарорат оралиғида интенсив бўлиб, органик моддаларнинг термик парчаланиши суръати юқори бўлиши тажрибада аниқланди.

1-жадвал

Пиролиз қурилмасида турли хил органик чиқиндилардан муқобил ёқилғи олиш учун ўтказилган тажриба натижалари

№	Хом ашё тури	Юкланган хом ашё массаси (кг)	Биореакторнинг ишчи ҳарорати ºС	Тажрибанинг бошланиш вақти	Тажрибанинг тугаш вақти	Олинган маҳсулотлар		
						Суюқ (кг)	Газ (кг)	Кўмир (кг)
1	Терак қириндиси	100	350÷375	10 – 00	13-00	20	30	50
2	Мол экскременти	100	350÷375	10 – 00	13-00	15	50	35
3	Ғўзапоя чиқиндиси	100	350÷375	10 – 00	13-00	25	40	35

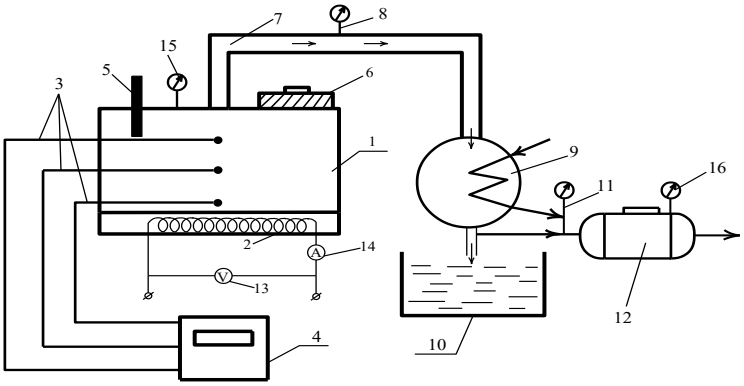
Реакторда пиролиз жараёнида ҳосил бўладиган суюқ ва газсимон маҳсулотларнинг чиқиш миқдорининг ҳароратга боғлиқлик графиги 3-расмда келтирилган.



3-расм. Суюқ ва газсимон пиролиз маҳсулотлари чиқиш миқдорининг пиролиз жараёнининг ҳароратига боғлиқлик графиги

3-расмда келтирилган тажриба натижалари шуни кўрсатадики, ўсимлик биомассасининг пиролизи жараёнида чиқадиган суюқ ва газсимон ёқилғиларнинг миқдорининг пиролиз жараёни ҳарорати ошиши билан ортиб бориши аниқланди.

Пиролиз бўйича лаборатория шароитида тезкор тажриба тадқиқотларини олиб бориш мақсадида электр қиздиргичли лаборатория қурилмаси яратилди (4-расм). Қурилма пиролиз реактори, конденсатор-совутгич, газгольдер ва суюқ пиролиз маҳсулотини йиғадиган идишдан (бак) иборат. Қурилма лаборатория шароитида турли биомассани пиролизи тадқиқотларини тезкор ўтказиш имконини беради.



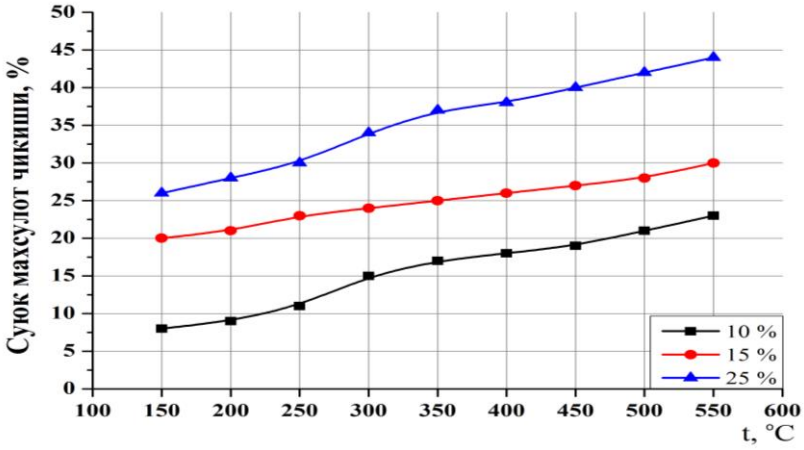
1-реактор; 2-электрқиздиргич; 3-термопара; 4-потенциометр КСП-4; 5-термометр; 6-юклаш қопқоғи; 7-буғ-газ қувури; 8- сарф ўлчаш асбоби; 9-конденсатор-совутгич; 10-суюқ ёқилғи баки; 11-газ сарфини ўлчаш асбоби; 12-газгольдер; 13-вольтметр; 14-амперметр; 15,16-манометр.

4-расм. Биомасса пиролизини тадқиқот қилиш учун лаборатория қурилмасининг схемаси

Биомассани лаборатория шароитида 2019 йилнинг ноябрь ойида пиролиз бўйича тажрибалар қуйидаги методика бўйича олиб борилди. Тажриба бошланишидан аввал бошланғич намлиги 10, 15 ва 25% ва ўлчами 5-10; 10-25; 25-40; 40-80 мм бўлган биомасса (майдаланган терак дарахти массаси) намуналари тайёрланди. Юкланадиган биомассанинг массаси электрон тарози,

намлиги эса рақамли универсал AR971 русумли намлик ўлчаш асбоби ёрдамида ±2% аниқликда ўлчаб олинди. Хом ашё реакторга юкланди ва жараённинг ҳарорат режимини ҳосил қилиш учун электр қиздиргич ишга туширилди. Реакторнинг ички қисмида юкланган биомассани қиздириш натижасида ҳосил бўлган буғ-газли аралашма реактордан чиқиб сувли конденсатор-совутгичда совутилади ва конденсацияланади. Конденсацияланган суюқ смола конденсатордан идишда йиғилади. Конденсацияланмаган газ газгольдерга йўналтирилади. Ҳосил бўлган суюқ пиролиз маҳсулотининг массаси электрон тарози, газларнинг миқдори газ ўлчагич орқали ўлчаб борилди.

Қувурсимон реакторнинг баландлиги бўйича характерли нуқталардаги ҳароратлар ХК типдаги терможуфтлар ва автоматик равишда КСП-4 русумли потенциометр ёрдамида қайд қилиб борилди. Биореакторнинг ҳарорат режими ЛАТР – лаборатория автотрансформатори ёрдамида бошқарилди. Реакторга юкланадиган хом ашёнинг намлигини пиролиз жараёнида чиқадиган суюқ маҳсулотлар миқдорига таъсири тажрибада тадқиқот қилинди. 2019 йилнинг ноябрь ойида олиб борилган тадқиқот ва ўлчаш натижалари 5-расмда келтирилган. 5-расмдаги график маълумотларининг таҳлили шуни кўрсатадики, биомасса пиролизида чиқадиган суюқ маҳсулотлар миқдори хом ашёнинг намлигига боғлиқ бўлади ва жараён ҳарорати ўзгариши билан чизиқли ўзгаради. Юкланган хом ашёнинг намлиги 10 % дан 25 % га ўзгартирилганда, пиролиз жараёнининг ҳарорати 500 ºС га етганда чиқадиган суюқ маҳсулот миқдори 1,86 мартагача ошиши аниқланди.

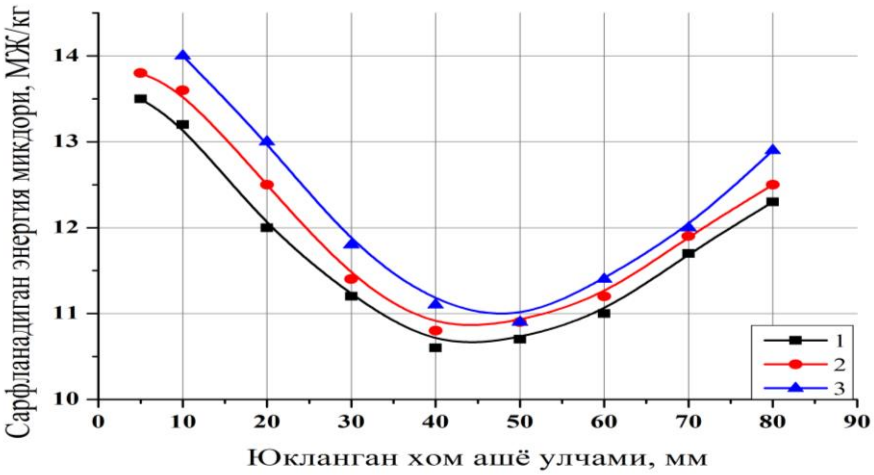


5-расм. Суюқ пиролиз маҳсулотлари чиқишининг биомасса намлиги ва жараён ҳароратига боғлиқлик графиги

Реакторга юкланган хом ашёнинг намлиги ва ўлчамларининг унда кечадиган пиролиз жараёни учун сарфланадиган энергия миқдорига таъсирини ўрганиш бўйича тажриба натижалари қуйидаги графикларда тасвирланди (6-расм).

Шундай қилиб, қуёш иссиқхоналарини ёқилғи билан таъминлаш мақсадида биомасса пиролизи бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижаси биомасса пиролизи учун сарфланадиган энергия миқдори ва жараён давомийлиги хом ашёнинг ўлчами 30 ÷ 45 мм фракциягача камайиб бориши тажрибада аниқланди. Юкланадиган хом ашёнинг ўлчамлари 45 мм дан ортиши

билан жараён учун энергия сарфи ва жараён давомийлиги ортиб боради, натижада пиролиз жараёнини амалга ошириш учун энг кам энергия сарфига мос келадиган биомассанинг оптимал катталик ўлчамини аниқлаш имконини беради.



1-намлик 10%; 2- намлик 15%; 3-намлик 25%.

6-расм. Биомасса пиролизи учун сарфланадиган энергия миқдорига хом ашё намлиги ва ўлчамларининг таъсири графиги

Тажрибалар натижасида минимал энергия сарфи билан биомассани самарали пиролиз қилишни таъминлайдиган хом ашёнинг оптимал геометрик ўлчами 35-45 мм эканлиги асосланди. Тажрибаларда олинган натижалар пиролиз қурилмаларининг технологик ва энергетик параметрларини оптималлаштириш ва муқобил ёқилғи олиш учун биомасса пиролизининг энергетик самарали режимларини ишлаб чиқиш учун хизмат қилади.

Реакторда биомассани термик усулда қайта ишлашда маълум миқдорда иссиқлик энергияси талаб қилинади. Бу иссиқлик реактор ҳарорат режимини ўрнатиш ва сақлаш учун сарф бўлади. Биомассани термик қайта ишлаш жараёнининг энергия сиғимини аниқлаш учун реакторнинг иссиқлик баланси тадқиқот қилинди.

Биореакторга киритилган (берилган) тўлиқ иссиқлик, реакторда ишлатилган фойдали иссиқлик ва иссиқлик йўқотишлар миқдори реакторнинг иссиқлик баланси тенгламаси орқали ифодаланади. Қувурсимон биореактор учун иссиқлик баланси тенгламасининг умумий кўриниши қуйидагича бўлади:

$$q_{кир} = q_{сарф}, кЖ/кг \qquad (1)$$

бунда, $q_{кир}$ - реакторга киритилган иссиқлик, кЖ/кг; $q_{сарф}$ - реакторда сарфланган иссиқлик, кЖ/кг;

Биореакторнинг иссиқлик баланси тенгламаси 1 кг ёқилғи учун қуйидагича бўлади:

$$q_{сарф} = q_{фой} + q_{т.г} + q_{й.а.м.} + q_{й.х.} + q_{й.м.} + q_{й.ш.} \qquad (2)$$

бунда, $q_{фой}$, $q_{т.г}$, $q_{й.а.м.}$ – мос равишда реакторда хом ашё билан фойдали ишлатилган иссиқлик, тутун газлари билан йўқотиладиган иссиқлик, атроф-

муҳитга йўқотиладиган иссиқлик; $q_{й.х.}$ - ёқилғининг химиявий чала ёниши туфайли йўқотиладиган иссиқлик; $q_{й.м.}$ - ёқилғининг механик чала ёниши туфайли йўқотиладиган иссиқлик; $q_{й.ш.}$ - ёқилғининг шлаки орқали йўқотиладиган иссиқлик, кЖ/кг.

Агар газсимон (ёки суюқ) ёқилғи ёнишида кул ажралмаслигини ҳисобга олсак, у ҳолда

$$q_{й.м.} = 0;\ q_{й.ш.} = 0;$$

Реакторга берилган иссиқлик:

$$q_{кир} = Q_р^н + c_{ёк} \cdot t_{ёк} + \alpha \cdot \alpha_0 \cdot c_х \cdot t_х + c_б \cdot m_б \cdot t_б \qquad (3)$$

ёки

$$q_{кир} = Q_р^н + q_{ёк} + q_х + q_б; \qquad (4)$$

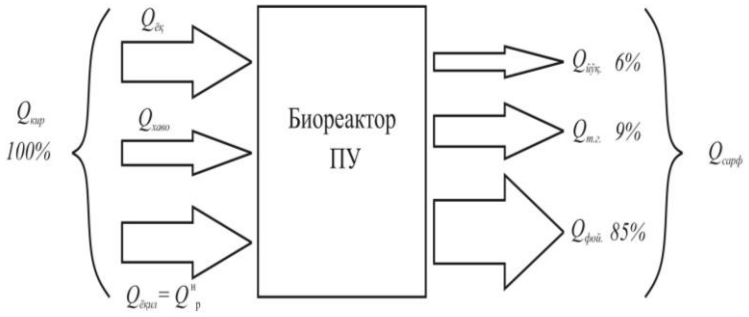
бунда, $Q_р^н$ - ёқилғининг қуйи ёниш иссиқлиги, кЖ/кг.

Қувурсимон биореакторнинг Ф.И.Ки:

$$\eta = \frac{q_{фой}}{Q_р^н}, \qquad (5)$$

Ҳисоблаш натижаларига кўра $q_{фой} = 17000$ кЖ/кг, $Q_р^н$ = 20000 кЖ/кг бўлганда ва иссиқлик йўқотишларни ҳисобга олсак, биореакторнинг Ф.И.Ки қуйидагига тенг бўлди: η =0,85 (85%).

Биореакторда иссиқлик оқимларнинг диаграммаси 7-расмда келтирилди.



7-расм. Биореакторнинг иссиқлик баланси схемаси.

Пиролиз қурилмаси реакторининг энергетик самарадорлигини ва ҳақиқий энергия йўқотишларини баҳолаш учун биореакторнинг эксергетик баланси тенгламасини тузамиз. Яъни:

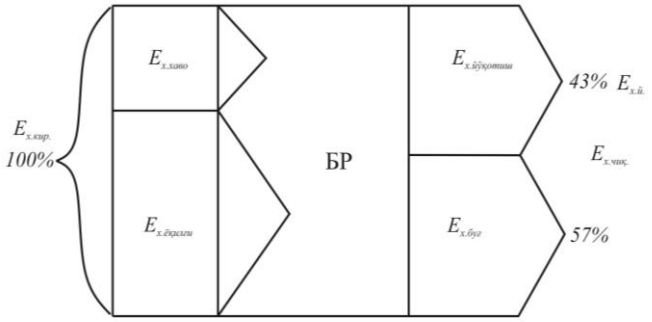
$$E_{ёк} + E_{хаво} = E_{буг} + \Delta E_{ём} + \Delta E_{ам} + \Delta E_{ён} \qquad 6)$$

бунда, $E_{ёк}$ - ёқилғининг эксергияси, кЖ/кг.

Ҳисоблаш натижаларига кўра $E_{ёк} = 20800$ кЖ/кг, $E_{буг} = 11800$ кЖ/кг бўлганда биореакторнинг эксергетик Ф.И.Ки реакторда ҳосил қилинган буғ эксергиясининг ёқилғи эксергиясига нисбатига тенг бўлади. Яъни:

$$\eta = \frac{E_{буг}}{E_{ёк}} = 0{,}57 \quad (57\%).$$

Биореакторнинг эксергетик диаграммаси 8- расмда келтирилди.



8-расм. Биореакторнинг эксергетик диаграммаси.

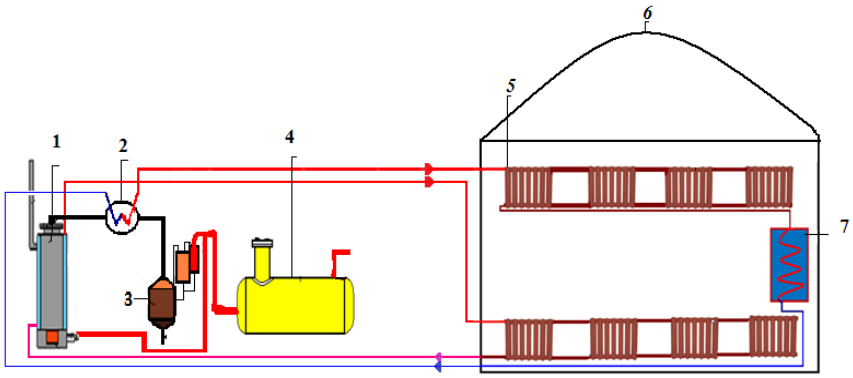
Олиб борилган ҳисоблар натижаси шуни кўрсатадики, қувурсимон биореакторнинг энергия баланси асосида аниқланган Ф.И.Ки 85 % тенг бўлиб, реакторнинг эксергетик Ф.И.Ки эса 57% дан ошмайди. Демак, қурилманинг эксергетик ҳисоби ишончли натижа беради деб хулоса қилиш мумкин. Пиролиз реакторининг эксергетик анализи қурилмада ҳақиқий энергия исрофларини баҳолаш ва унда иссиқхонанинг иситиш тизимида фойдаланиш имконини беради.

Диссертациянинг **«Пиролиз қурилмалари асосида қуёш иссиқхоналарининг автоном иситиш тизимини ишлаб чиқиш ва тадқиқот қилиш»** деб номланган учинчи бобида пиролиз қурилмалари асосида қуёш иссиқхоналари иситиш тизимининг принципиал иссиқлик схемалари ишлаб чиқилган, иситиш тизимининг иссиқлик техник параметрлари асосланган ва пиролиз қурилмали қуёш иссиқхоналарининг иссиқлик баланси ҳамда иссиқлик режими тадқиқот қилинган.

Олиб борилган тадқиқотларда иссиқхоналарнинг энергия баланси ва иситиш тизимида энергия ресурслари сарфи таҳлил қилинган, ҳамда қайта тикланадиган энергия манбаларидан, хусусан қуёш ва биомасса энергиясидан биргаликда фойдаланиш усули таклиф этилган ва энергетик самарадорлиги асосланган.

Таклиф этилган пиролиз қурилмали ва иссиқлик энергияси утилизатори асосидаги иситиш тизимининг принципиал схемаси 9-расмда келтирилган. Фойдали майдони 100 м^2 бўлган тажриба қуёш иссиқхонаси учун ишлаб чиқилган қуёш ва биомасса энергиясидан фойдаланиладиган комбинациялашган иситиш тизими реактор (иссиқлик генератори), конденсатор-совутгич, сепаратор, газгольдер, иситиш батареялари ва иссиқлик энергиясининг утилизаторидан ташкил топган.

Пиролиз реактори бир вақтда иккита функцияни бажаради: биринчидан биореактор сифатида юкланган биомассани термик қайта ишлаш орқали ёқилғи олиш, иккинчидан иссиқлик генератори–сув иситиш қозони сифатида иситиш тизимини иссиқ сув билан таъминлаш амалга оширилади.



1.Биореактор-иссиқлик генератор. 2. Конденсатор-совутгич. 3. Сепаратор. 4.Газгольдер. 5. Иситиш батареяси.6. Иссиқхона. 7. Сувли аккумулятор.

9-расм. Иссиқхонанинг пиролиз қурилмали ва иссиқлик утилизаторли иситиш тизимининг принципиал иссиқлик схемаси.

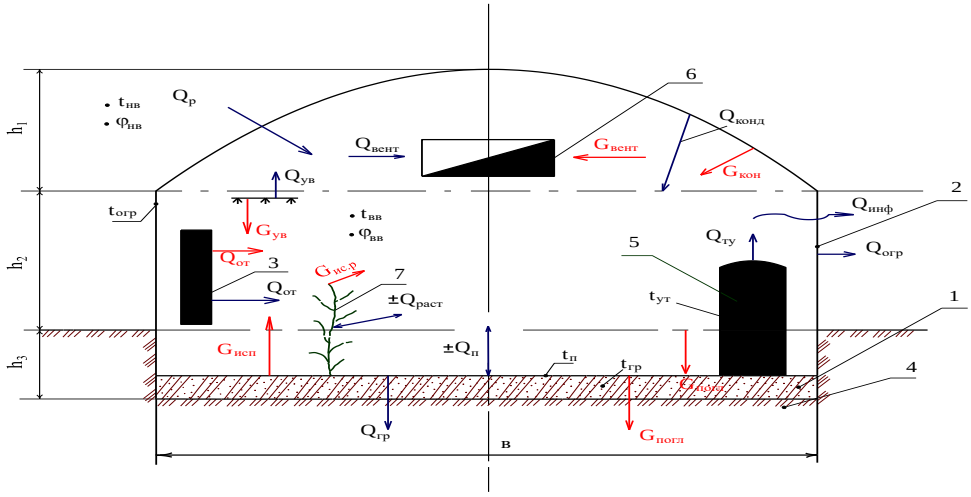
Пиролиз реактори «қувур-қувурда» типда цилиндр шаклида бўлиб, ички қувурда 350-500 ºС ҳароратда биомасса пиролизи содир қилинади, ташқи қувурда атроф-муҳитга йўқотиладиган иссиқликни утилизация қилиш орқали иситиш тизими учун сув 50-70 ºС гача қиздирилади. Бундан ташқари пиролиз қурилмасининг конденсатор қисмида буғ-газ аралашмасининг конденсацияланишида ажраладиган иссиқлик (иссиқ сув) иссиқхонани иситиш учун утилизация қилинади. Шундай қилиб, таклиф этилган иситиш тизимида пиролиз реактори ва конденсаторида ташландиқ иссиқлик энергияси иккиламчи энергия ресурси сифатида, яъни исиган сув орқали утилизация қилиш имконияти яратилади. Ишлаб чиқилган пиролиз қурилмаси иссиқхонани иситиш тизимини иссиқ сув билан таъминлайди, биомассадан муқобил ёқилғилар олиш ва конденсаторда конденсацияланиш иссиқлигини иккиламчи энергия ресурси сифатида иссиқхонани иситиш учун утилизация қилиш имконини беради.

Иссиқхонанинг пиролиз қурилмали ва иситиш утилизаторли иситиш тизими учта контурдан иборат. Биринчи контур-пиролиз, иккинчи контур-иссиқхонани сувли иситиш, учинчи контур-пиролиз кондесаторининг ташландиқ иссиқлигини утилизация қилишни ўз ичига олади.

Ишлаб чиқилган иситиш тизимининг энергетик самарадорлигини баҳолаш учун пиролиз иситиш қурилмали ва иссиқлик утилизаторли қуёш иссиқхонасининг иссиқлик баланси тадқиқот қилинди. Бунда иссиқхонани иситиш, вентиляция, ҳавони намлантириш, иссиқликни утилизация қилиш, аккумуляциялаш қурилмалари ва деворларининг иссиқлик-техник параметрлари билан биргаликда яхлит энергетик тизим сифатида қараймиз.

Пиролиз иситиш қурилмали ва иссиқлик утилизаторли қуёш иссиқхонасининг энергия баланси ҳисоб схемаси 10-расмда келтирилган. Ҳисоб схемасига асосан иссиқхонанинг энергия балансини ифодаловчи тенгламалар тизими, яъни иссиқлик балансининг математик модели ишлаб чиқилди.

Иссиқхонанинг иссиқлик балансини моделлаштириш ва ҳисоблаш иситиш тизимининг талаб этиладиган иссиқлик юкламаси, ҳарорат режими ва бошқа иссиқлик–техник параметрларини аниқлаш имконини беради.



1-тупроқ; 2-девор; 3-иситиш батареяси; 4-грунт; 5-иссиқлик энергияси утилизатори – иссиқлик аккумулятори; 6- вентиляция туйнуги; 7-ўсимлик.

10-расм. Пиролиз иситиш қурилмали ва иссиқлик утилизаторли қуёш иссиқхонасининг энергия баланси схемаси.

Қуёш иссиқхонасининг иссиқлик балансини моделлаштириш зарурати шундан иборатки, таклиф этилаётган математик модел маълум моделларга нисбатан қўшимча равишда ҳавони намлантириш тизимидан сув орқали кирадиган иссиқлик, утилизация тизимидан киритиладиган иссиқлик энергияси, плёнка қопламасининг ички сиртида конденсацияланиш иссиқлиги ва жисмлар ўртасидаги нурий иссиқлик алмашинувини ҳисобга олади.

Иссиқхонанинг иссиқлик балансини математик моделлаштиришда қуйидаги чекланишлар қабул қилинган:

- ташқаридаги ва иссиқхона ичкарисидаги ҳавонинг ҳарорати вақт давомида ўзгармайди, яъни иссиқхона ичида ва ташқарисида иссиқлик ва масса алмашинуви жараёни барқарор (стационар) шароитда содир бўлади;
- шаффоф қопламанинг термик қаршилиги ҳисобга олинмайди;
- иссиқхона девори, тупроғи, ҳавосининг ҳароратларининг ўртача қийматлари қабул қилинади;
- масса алмашинуви жараёнлари иссиқхонанинг фақат ишчи ҳажмида содир бўлади;
- иссиқхонани юпқа шаффоф қобиқ билан чегаралланган ва бир жинсли газ билан тўлдирилган фазо шаклида қабул қилинди.

Иссиқхонанинг иссиқлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади:

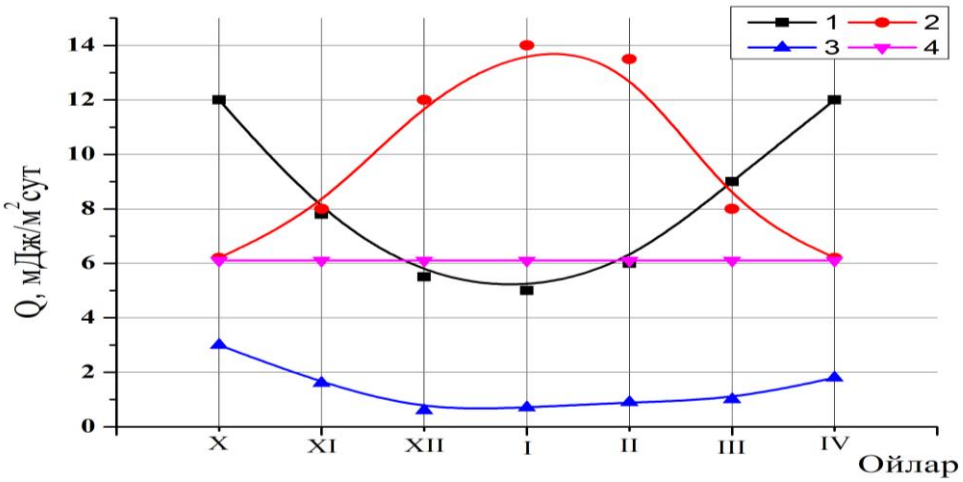
$$Q_{ис.т.}+Q_{рад}+Q_{иэ.ут}=Q_{дев}+Q_{вен}+Q_{инф}+Q_{туп}+Q_{гр}+Q_{ўс}-Q_{конд}-Q_{нам}-Q_{ў.н.о.}-Q_{эк} \quad (7)$$

бунда, $Q_{ис.т}$ –иситиш тизимининг иссиқлик қуввати, Вт; $Q_{рад}$ –иссиқхонага кирадиган қуёш нурланиш энергияси (қуёш радиацияси), Вт; $Q_{иэ.ут.}$ –иссиқлик энергиясини утилизация қилиш тизимидан олинадиган иссиқлик, Вт; $Q_{дев}$ –иссиқхона девори орқали йўқотиладиган иссиқлик, Вт; $Q_{вен}$ –вентиляция ҳавоси орқали йўқотиладиган иссиқлик, Вт; $Q_{инф}$ –инфильтрация жараёни

орқали йўқотиладиган иссиқлик, Вт; $Q_{туп}$ – тупроқ билан иссиқлик алмашинувида бериладиган иссиқлик, Вт; $Q_{грунт}$ – грунт орқали йўқотиладиган иссиқлик, Вт; $Q_{ўсим}$ – ўсимликлар билан иссиқлик алмашинувидаги иссиқлик, Вт; $Q_{конд}$ – иссиқхона шаффоф қопламасининг ички сиртида сув буғининг конденсацияланишида ажраладиган иссиқлик, Вт; $Q_{нам}$ – ҳавони намлантириш тизимидан сув орқали иссиқхонага кирадиган иссиқлик, Вт; $Q_{ў.н.о.}$ – ўсимликларни нафас олиш иссиқлиги, Вт; $Q_{экс}$ – эксплуатацион иссиқлик, Вт.

Қарши шаҳри иқлим шароитида $F_{фой}$=100 м^2 майдонли икки қатлам плёнка қопламали гелиоиссиқхона иссиқлик балансининг ҳисоби натижаларига кўра $Q_{дев}$= 16,4 кВт, $Q_{вен}$=1,2 кВт, $Q_{инф}$ =3,2 кВт, $Q_{туп}$=0,42 кВт, $Q_{ўсим}$=1,33 кВт ни ташкил қилди.

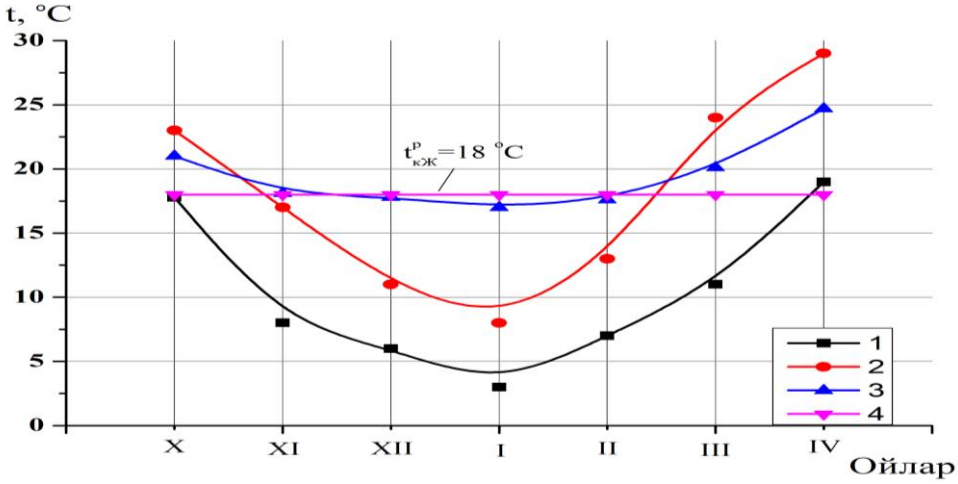
Фойдали майдони 100 м^2 бўлган қуёш иссиқхонасининг иссиқлик баланси ва ҳарорат режими Қарши шаҳрининг табиий – иқлим шароитида тадқиқот қилинди ва натижалар 11 ва 12-расмларда график шаклида келтирилди.



1-иссиқхонага кирадиган йиғинди қуёш радиацияси ($Q_{пр}$) ; 2-иссиқхонадан йўқотиладиган йиғинди иссиқлик($Q_{тп}$); 3-тупроқда ютиладиган қуёш энергияси($Q_{поч}$); 4-иссиқлик утилизаторидан иссиқхонага бериладиган иссиқлик.

11-расм. Гелиоиссиқхонада иссиқлик оқимларининг ўзгариш динамикаси.

Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатадики, Қарши шаҳрининг радиацион – иқлим шароитида пленкали иссиқхоналарнинг қишги режимда иссиқлик юкламасини атига 25-30 % қисмини қуёш энергияси ҳисобидан қоплаш мумкин. Бажарилган тажрибавий ва назарий тадқиқотлар натижаларига кўра иссиқхоналарда биомасса ва қуёш энергиясидан комбинациялашган ҳолда қўлланилиши орқали иссиқхонанинг иситиш тизимининг иссиқлик юкламасини тўлиқ қоплаш мумкинлиги исботланди. Бунда пиролиз қурилмасининг конденсаторидан иссиқ сув орқали утилизация қилинадиган иссиқлик энергияси иссиқхонанинг 29,5÷44,7 % иссиқлик юкламасини қоплаши асосланди.



1-ташқи ҳаво ($t_{нв}$); 2-иситилмайдиган режимда иссиқхонанинг ички ҳавоси ($t_{вв}$); 3-иситиладиган режимда иссиқхонанинг ички ҳавоси ($t_{вв}$); 4-иссиқхона ички ҳавосининг талаб этиладиган ҳисобий ҳарорати.

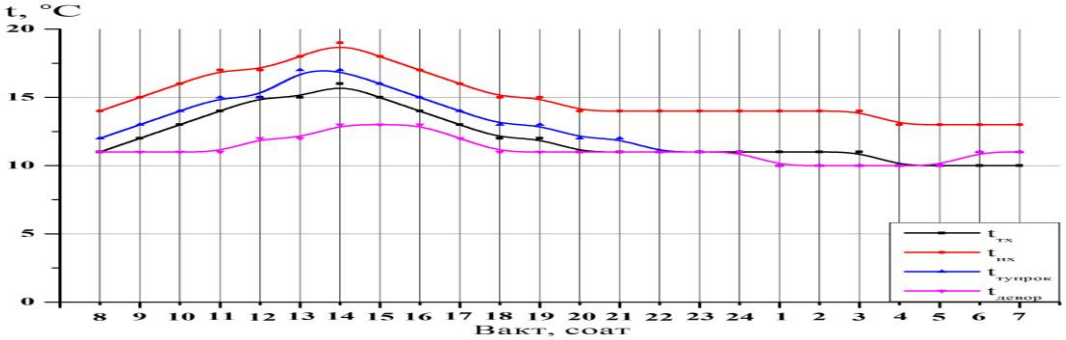
12-расм. Ҳарорат ўзгаришининг ўртача ойлик қийматлари.

Фойдали майдони $F_ф$=100 м^2 бўлган пиролиз иситиш қурилмали аркасимон плёнка қопламали тажрибавий гелиоиссиқхонанинг ҳарорат-намлик режими 2019 йилнинг январь-февраль ойларида тадқиқот қилинди. Бажарилган тадқиқотнинг мақсади пиролиз қурилмали плёнкали гелиоиссиқхона ҳавоси ва тупроғи ҳарорати динамикасини ўрганиш, ўрнатилган ҳарорат-намлик режимини ва пиролиз иситиш тизимининг самарадорлигини таҳлил қилишдан иборат.

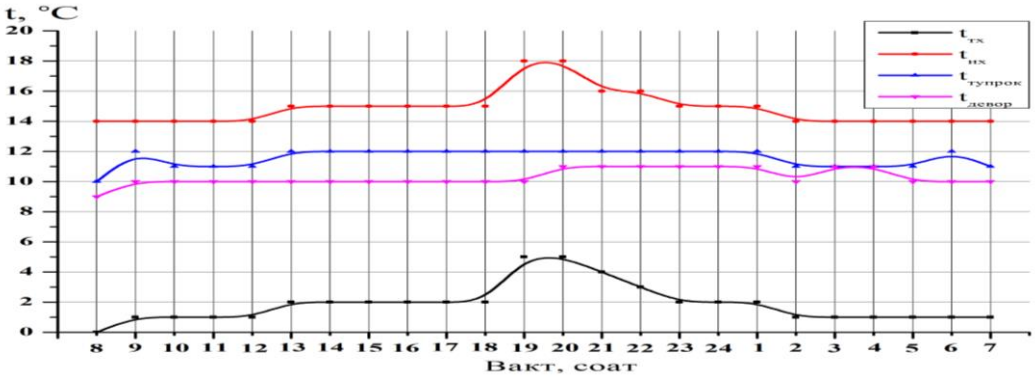
Тадқиқотнинг тажриба қисми Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти «Иссиқлик энергетикаси» кафедрасида қурилган фойдали майдони $F_ф$=100м^2, аркасимон плёнкали тажрибавий гелиоиссиқхонада олиб борилди. Плёнкали иссиқхонада бодиринг етиштириш учун ҳарорат-намлик режими параметрлари ўлчанди. Бунда ташқаридаги ҳаво, иссиқхона ичкарисидаги ҳаво, тупроғи ва ички девори сиртларининг ҳароратлари замонавий иссиқлик-техник ўлчов асбоблари билан аниқланди. Ҳавонинг ҳарорати ҳар соатда иссиқхона тупроғи сиртидан 1 метр баландликда ҳар 3 метрда ўлчанди. Иссиқхона тупроғининг ҳарорати эса 7 та нуқтада иссиқхона бўйлама ўқи бўйлаб ҳар 3 метрда ТМ-5 термометри, КСП-4 потенциометр жамланмаси, оптик пирометр НТ-8865 билан, ҳавонинг ҳарорати эса М-16 термографи, WTQ-280, НТС-1 термовлагомер, ҳавонинг намлиги эса ВИТ-1 гигрометри, психрометрлар каби асбоблар билан, қуёш радиациясининг қийматлари эса актинометр (MacSolar) билан ўлчанди. Тажрибалар иссиқлик техникасида қабул қилинган тадқиқотлар методикаси асосида ўтказилди.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, 2019 йил 5 февраль куни пиролиз қурилмали иситиш тизими ишлаганда ташқи ҳаво ҳарорати эрталаб 8^{00}дан 12^{00}гача 0÷1 °С атрофида қайд қилинди. Иссиқхона ичкарисидаги ҳаво ҳарорати эса худди шу вақт оралиғида 14-15 °С дан пасаймади. Кузатилган суткада иссиқхона ҳавосининг ҳарорати ўртача 15-18 °С атрофида бўлди, ташқи ва ички ҳаво ҳароратлари фарқи эса Δt=13-14 °С ни ташкил қилди. Иссиқхона ичида тупроқнинг ўртача ҳарорати 12 °С атрофида қайд қилинди.

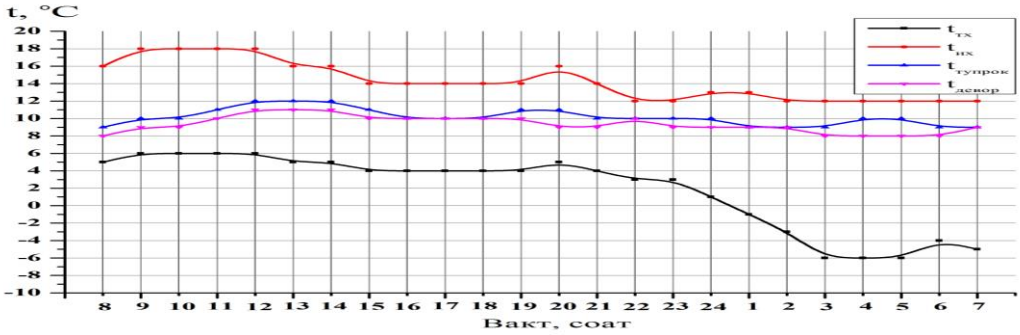
Тажрибалар 2019 йил 20 февраль куни ҳам олиб борилди. Ўлчаш натижалари шуни кўрсатадики, ушбу суткада соат 8^{00}дан 12^{00}гача ташқи ҳаво ҳарорати 6 °С га тенглиги кузатилди, иссиқхона ичкарисида пиролиз қурилмали иситиш тизими ишлаши сабабли ҳавонинг ҳарорати 18 °С дан пасаймади. Тунги режимда (21.02.2019 й) соат 1^{00} дан 6^{00} оралиғида ташқи ҳавонинг ҳарорати -6÷-7 °С гача пасайиши аниқланди, ичкари ҳаво ҳарорати 12 °С ни ташкил этди. Иссиқхонанинг иссиқлик-техник параметрларининг ўлчаш натижалари умумлаштирилди ва ҳарорат режими графиги 13-расмда келтирилди.



а) 2019 йил 29 январь куни (иситиш тизими қўшилмаган)



б) 2019 йил 5 февраль куни (иситиш тизими қўшилган)



в) 2019 йил 20 февраль куни (иситиш тизими қўшилган)

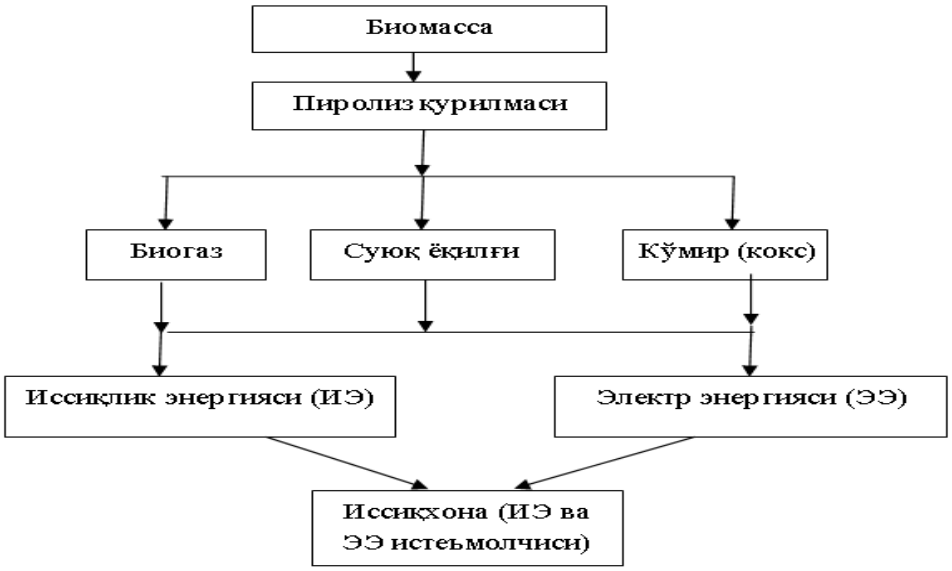
13-расм. Қарши шаҳри шароитида гелиоиссиқхона ҳарорат режими графиги.

Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатадики, иссиқхонада пиролиз қурилмали тўлиқ автоном иситиш тизимини қўлланилиши натижасида Қарши

шаҳри шароитида қишги режимда иссиқхона ички ҳавосининг ҳароратини 15 ÷ 18°С гача бўлишини таъминлаш мумкин.

Диссертациянинг «**Қуёш иссиқхоналарининг иситиш тизимида пиролиз қурилмалари қўлланилишининг техник-иқтисодий самарадорлигини аниқлаш**» деб номланган тўртинчи бобида қуёш иссиқхоналарининг пиролиз қурилмали ва иссиқлик утилизаторли иситиш тизими энергетик таҳлил қилинди ва техник-иқтисодий самарадорлиги аниқланди.

Олиб борилган тадқиқотларга асосан иссиқхоналарнинг энергия самарадорлигини ошириш, иситиш тизимини узлуксиз ёқилғи билан таъминлаш ва анъанавий энергия ресурсларини тежаш мақсадида иссиқхонада биомасса энергиясидан фойдаланиш блок-схемаси таклиф қилинди (14-расм).



14-расм. Иссиқхонанинг иссиқлик ва электр таъминоти тизимида биомасса энергиясидан фойдаланиш блок-схемаси.

Пиролиз қурилмали иссиқхона иситиш тизимининг энергетик кўрсаткичлари табиий газда ишлайдиган иситиш қозонли анъанавий иситиш тизими билан қиёсий таққосланди ва натижалар 3-жадвалда келтирилди.

3-жадвал.

Иссиқхона иситиш тизимининг қиёсий энергетик кўрсаткичлари (Қарши шаҳри шароитида)

Кўрсаткичлар	Автоном иситиш манбаи тури	
	АКГВ-29-3 иситиш қозонли анъанавий иситиш тизими	ПҚ-100 пиролиз қурилмаси асосидаги иситиш тизими
Иссиқхонанинг иситиш майдони, м^2	100	100
Иссиқлик юкламаси, кВт	22,5	22,5
Газ босими, Па	600-650	600-650
Ёқилғи сарфи (табиий газ) м^3 /сут.	60-65	20
Ф.И.К, %	70	85
Тежалган ёқилғи (табиий газ) м^3 /сут.	-	45

Қарши шаҳри шароитида 100 м^2 фойдали майдонли тажрибавий иссиқхонада олиб борилган тадқиқотлар ва ҳисоблар натижаси шуни кўрсатадики, пиролиз қурилмали иссиқлик утилизаторли иситиш тизимини қўлланилиши натижасида 45 м^3/сутка табиий газ тежалишига эришилади.

Олиб борилган илмий-тадқиқотлар ва бажарилган техник-иқтисодий ҳисоблар натижалари таҳлили шуни кўрсатадики, пиролиз қурилмали иситиш тизимининг қўлланилиши 100 м^2 фойдали майдонли иссиқхонада энергия харажатларини 38 % камайтириш имконини беради. Анъанавий иситиш тизимли иссиқхонага нисбатан бодринг етиштиришда маҳсулот таннархи 44% гача камайишига эришилади ва олинадиган фойда 47,7% га ортади.

ХУЛОСА

Диссертацияда қўйилган вазифаларни ҳал этиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижаларига кўра қуйидаги хулосалар таклиф қилинди:

1. Гелиоиссиқхоналарнинг автоном иситиш тизимини ёқилғи билан таъминлаш мақсадида биомассадан муқобил ёқилғи олиш учун пиролиз қурилмаси ишлаб чиқилди ва унинг асосий иссиқлик-техник параметрлари асосланди.

2. Қувурсимон пиролиз реакторида турли хил биомассаларнинг пиролиз жараёни экспериментал тадқиқот қилинди ва натижаларга асосан пиролиз маҳсулотларининг чиқиш миқдори ҳарорат, юкланадиган хом ашё (биомасса)нинг намлиги ва гранулометрик таркибига боғлиқлиги аниқланди. Ўсимлик чиқиндиларини пиролизи натижасида 30-33 % биогаз, 20-22 % суюқ ёқилғи ва 40-45 % ёғоч кўмирининг намуналари олинди.

3. Биомасса пиролизи маҳсулотларининг чиқиш миқдори, реакторга юкланган хом ашё намлигига ва ўлчамларига боғлиқлиги ўрганилди. Бунда:

- биомасса намлигини 10 % дан 25 % гача оширилиши 500 °С ҳароратли режимда суюқ пиролиз маҳсулотларининг чиқиш миқдорини 1,86 мартага ошиши аниқланди;

- ўртача ўлчами 25-40 мм бўлган хом ашё намлигининг 10 % дан 25 % гача оширилиши билан пиролиз жараёнининг энергия сарфи 20 % га ортиши аниқланди.

4. Пиролиз қурилмаси реакторининг иссиқлик ва эксергетик балансининг математик моделлари ишлаб чиқилди ва қурилманинг ишчи ҳарорат режимида иссиқлик энергияси ва эксергия йўқотишлари аниқланди. Ишлаб чиқилган ҳажми 0,5 м^3 бўлган биореакторда суткасига ўртача 100-120 м^3 биогаз олиниши асосланди.

5. Иссиқхонани иситиш учун ёқилғи ва иссиқлик билан таъминлаш, ҳамда конденсатор ташландиқ иссиқлигини утилизация қилиш имконини берадиган «қувур-қувурда» типидаги пиролиз қурилмали автоном иситиш тизими ишлаб чиқилди.

6. Иситиш тизимининг талаб этиладиган иссиқлик юкламаси, ҳарорат режими ва пиролиз қурилмасидан утилизация қилинадиган иссиқликни аниқлаш имконини берадиган пиролиз иситиш қурилмали ва иссиқлик

утилизаторли гелиоиссиқхона иссиқлик балансининг математик модели ишлаб чиқилди ва икки қатлам плёнка қопламали иссиқхонанинг иссиқлик юкламасининг 70-74 % ни реактордан утилизация қилинган иссиқлик ҳисобидан қопланиши аниқланди.

7. Таклиф этилган пиролиз қурилмали ва иссиқлик утилизаторли иситиш тизими гелиоиссиқхонанинг иссиқлик энергиясига эҳтиёжини тўлиқ таъминлаши асосланди. Қарши шаҳри шароитида фойдали майдони 100 $м^2$ бўлган иссиқхонанинг иситиш тизимида пиролиз қурилмаларининг қўлланилиши анъанавий иситиш тизимига нисбатан суткасига 45 $м^3$ табиий газни тежалиши ва энергия харажатларини 38 % га қисқартириш имконини бериши аниқланди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.30.05.2018.FM/T.34.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ДАВЛОНОВ ХАЙРУЛЛА АЛЛАМУРОТОВИЧ

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ГЕЛИОТЕПЛИЦ НА ОСНОВЕ ПИРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК

05.05.06 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

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

Ташкент – 2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № B2018.1.PhD/T606.

Диссертация выполнена в Каршинском инженерно-экономическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.fti.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:	**Узаков Гулом Норбоевич** доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	**Абдурахмонов Абдужаббор** доктор технических наук, профессор
	Авезов Раббонакул Рахмонович доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	**Бухарский государственный университет**

Защита состоится «9» 01 2020 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.30.05.2018.FM/T.34.01 при Физико-техническом институте. Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Чингиза Айтматова, 2б. Административное здание Физико-технического института, зал конференций. Тел/Факс: (99871) 235-42-91, e-mail: ftikans@uzsci.net.

С диссертацией можно ознакомиться в информационно–ресурсном центре Физико-технического института (зарегистрирована за №248). Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Чингиза Айтматова, дом 2Б. Физико-технический институт. Тел/факс: (+99871) 235-42-91.

Автореферат диссертации разослан «20» 12 2019 года.

(протокол рассылки №11 от «20» 12 2019 года.)

Н.Р. Авезова
Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., ведущий научный сотрудник

А.Г. Комилов
Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, к.т.н.

А.В. Каримов
Председатель научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.ф-м.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире одна из третьей части расходуемой энергии используется для нужд сельского хозяйства. В частности, 20 % потребляемой тепловой энергии используется в сооружениях защищенного грунта.

В развитых странах мира, как Голландия и Германия, являющейся одним из ведущих мировых производителей сельскохозяйственной продукции, потребление энергии в теплицах составляет 20-35 % общего потребления энергии в сельском хозяйстве. В настоящее время удельные затраты энергии в себестоимости овощной продукции, выращиваемой в теплицах составляют 60-70 %[1].

В Республике в тепличных хозяйствах, предназначенных для производства сельскохозяйственных продуктов, для выращивания 1 кг овощной продукции расходуется около 6-10 кг условного топлива. В связи с этим первоочередными задачами развития данной отрасли является повышение энергоэффективности, снижение энергопотребления и внедрение энергосберегающих технологий в системах производства и переработки сельскохозяйственных продуктов. Для реализации вышеуказанных задач Руководством страны приняты ряд руководящих документов. В частности в стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы поставлены приоритетные задачи по использованию возобновляемых источников энергии, повышению энергоэффективности в производственных и технологических процессах и внедрению эффективных энергосберегающих систем[2]. Создание современных энергоэффективных и ресурсосберегающих тепличных комплексов с использованием возобновляемых источников энергии, в частности использование энергии биомассы и солнца в системах отопления теплиц является актуальной научно-технической задачей.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач по развитию использования возобновляемых источников энергии, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-3012 от 26 мая 2017 года «О програме мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффектифности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 годы», №ПП-3379 от 8 ноября 2017 года «О мерах по обеспечению рациального использования энергоресурсов» и №ПП-4020 от 20 ноября 2018 года «О мерах по созданию дополнительных условий для развития тепличных комплексов».

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением науки и технологии Республики Узбекистан: II. «Энергетика, энергоресурсосбережение и возобновляемые источники энергии».

---

[1] Опыт использования солнечной энергии в сельском хозяйстве. http: // www.mensh.ru

[2] «Стратегия действий по дальнейшему развитию Узбекистана в 2017-2021 годах». Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года.

Степень изученности проблемы. Анализ научно-технической литературы, касающийся исследований по разработке энергоэффективных способов в системах отопления теплиц, свидетельствует о значительных достижениях, полученных в результате теоретических и практических исследований в этой области. Научные исследования, направленные на повышение энергоэффективности систем отопления теплиц, внедрение энергосберегающих технологии ведутся ведущими научно-техническими центрами мира, в том числе Shandong Ruixu Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Qingzhou Rainbow Modern Agriculture Development Co., Ltd. (Китай), Эко-культура (Россия), NatureSweet Tomatoes (США)**,** Venlo Projecten Holding B.V. (Нидерландия), Dal Holding Investment Co., Ltd. (Турция), Московский энергетический институт (Россия), институт энергетики НАН Беларусь, Беларусский технический университет (Республика Беларусь) и НПО «Физика-Солнце» АН РУз (Узбекистан).

Научные исследования по повышению энергоэффективности систем отопления и эффективному использованию солнечной энергии и биомассы в гелиотеплицах проведены учеными разных стран мира, таким как Бридгватер А.В., Мохан Д., Питтман Ч.У., Стиль П.Х., Пракаш Н., Карунанити Т., Кравченко Г.М., Мазаев Л.Р[3]., Кравченко Ю.Г., Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Е., Пенджиев А.М[4]. и др. Исследования по разработке эффективных систем отопления гелитеплиц проведены Р.А. Захидовым, Р.Р. Авезовым, А.Б., Вардияшвили, Т.С. Содыковым, Авезовой Н.Р., Б.Э. Хайриддиновым, Г.Н. Узаковым, Т.А. Файзиевым, Ш.К. Ниязовым, С.А. Саидовым и другими узбекскими учеными. В частности, в этих научных школах выполнены исследования по разработке эффективных способов использования и аккумулирования солнечной энергии с целью повышения энергоэффективности теплиц, созданию оптимальных температурно-влажностных режимов, моделирования и регулирования тепломассообменных процессов с учетом весогабаритных параметров теплиц.

Однако, несмотря на полученные положительные научные результаты, в настоящее время недостаточно проведены исследования по разработке энергоэффективных систем отопления гелиотеплиц с учетом климатических условий регионов Республики, потенциала и комплексного применения энергии солнечного излучения и биомассы, с целью экономии традиционных топливно-энергетических ресурсов. В связи с этим повышение энергоэффективности теплиц с комбинированным использованием энергии солнечного излучения и биомассы является актуальной научно-технической задачей.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Исследование выполнено в рамках инновационного проекта ИОТ-2014-3-1-«Внедрение в производство пиролизной установки для получения альтернативного топлива из местных органических отходов» (2014-2015 г.г.) и

---

[3] Мазаев Л.Р. Метод расчета и проектирования солнечной теплицы для региона Сибири. Автореф.дисс....канд.техн.наук. – Улан-Удэ. 2011. – 21 с.

[4] Пенджиев А.М. Термический режим в комбинированных культивационных сооружений. // Гелиотехника. – 2018. – № 2. – с.47-58.

прикладного проекта ОТ-Атех-2018-30 – «Разработка автономной системы теплоснабжения теплиц на основе пиролизных установок» (2018-2019 гг.).

Целью исследования является разработка и обоснование параметров энергоэффективной системы отопления гелиотеплиц с использованием пиролизных установок.

Задачи исследования:

разработка и исследование пиролизной установки для получения альтернативного топлива из местной биомассы и органических отходов;

исследование влияния влажности и размеров сырья на выход жидких продуктов пиролиза и расхода энергии на пиролиз биомассы;

разработка автономной системы отопления гелиотеплиц на основе пиролизных установок;

моделирование теплового баланса и исследование температурного режима гелиотеплицы с пиролизной установкой;

обоснование энергетической и технико-экономической эффективности систем отопления гелиотеплиц с пиролизной установкой.

Объектом исследования являются системы отопления гелиотеплиц на основе пиролизных установок (энергии биомассы).

Предметом исследования являются пиролизные установки для получения альтернативного топлива из биомассы, тепловой баланс, температурный режим, энергетические и теплотехнические параметры гелиотеплиц с пиролизной установкой.

Методы исследования. В работе использованы методы балансов энергии, теории тепло-и массообмена, физико-математического моделирования и общепризнанные методы экспериментального исследования технологических процессов переработки биомассы и обработка их результатов.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

разработана трубчатая пиролизная установка для получения альтернативного топлива из биомассы и местных органических отходов с интенсификацией теплообмена и нагреваемая за счет рециркуляции дымовых газов;

получены зависимости выхода продуктов пиролиза биомассы от температуры процесса, начальной влажности и гранулометрических размеров загружаемой сырья;

разработана математическая модель теплового баланса гелиотеплицы с пиролизной установкой, позволяющая определить тепловую нагрузку, температурного режима, количество утилизированного тепла из реактора и основные теплотехнические характеристики систем отопления;

разработана комбинированная установка в виде «труба в трубе», одновременно обеспечивающая топливом и горячей водой систему отопления гелиотеплицы;

разработаны усовершенствованные принципиальные тепловые схемы систем отопления гелиотеплиц с совмещенным «пиролизным реактором – отопительным котлом» на основе пиролизных установок.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана комбинированная установка, одновременно обеспечивающая топливом и горячей водой систему отопления гелиотеплицы (патент Республики Узбекистан на полезную модель № FAP 20180200/5 «Устройство для отопления теплицы» от 26.12.2018 г.);

разработана и определены показатели технико-экономической эффективности систем отопления гелиотеплиц с пиролизной установкой и утилизатором тепловой энергии.

Достоверность результатов исследования обосновывается многочисленными экспериментальными данными, полученными в натурных условиях, с использованием современных средств и методик проведения исследований, базируется на применении общепризнанных методов проведения и обработки результатов теплотехнического эксперимента, на результатах производственных опытов и близким совпадением расчетных и экспериментальных результатов, при одинаковых исходных условиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследований заключается в расширении научных представлений о процессах термической переработки биомассы, протекающих в пиролизных установках, получении закономерности влияния теплофизических свойств биомассы на продолжительность процесса, расход энергии и на количество выхода продуктов пиролиза.

Практическая значимость результатов работы состоит в разработке систем отопления теплиц с пиролизной установкой, основанных на использовании энергии биомассы, позволяющей снизить расход традиционных топливно-энергетических ресурсов и вредных выбросов в окружающую среду, а также проектировать энергоэффективные тепличные комплексы.

Внедрение результатов исследования. На основе разработки энергоэффективной системы отопления гелиотеплиц с использованием пиролизных установок:

разработана комбинированная установка в виде «труба в трубе», одновременно обеспечивающая топливом и горячей водой систему отопления гелиотеплицы и получен патент на полезную модель «Устройство для отопления теплицы» Агентства Интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (№ FAP 20180200., 2018 г.). В результате пиролиза органических отходов создана возможность производства альтернативного топлива и отопления теплиц;

внедрена энергоэффективная система отопления гелиотеплиц с пиролизной установкой в фермерских хозяйствах Кашкадарьинской области (Справка министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан о внедрении за №02/023-2546 от 24.09.2019 г). В результате внедрения пиролизных установок в системах отопления теплиц с площадью 100 м^2 позволило сэкономить 8100 м^3 природного газа в период отопления и снизить энергетические затраты на 38 % по сравнению с традиционной системой отопления.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 2 Международных и 11 Республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 24 научных работ, в том числе 2 монографии, 7 научных статей в Международных (2) и Республиканских (5) журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, получен 1 патент на полезную модель.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов исследования, представлены результаты апробации работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Анализ современного состояния систем отопления гелиотеплиц**» проведен анализ современного состояния применения возобновляемых источников энергии в системах отопления гелиотеплиц. Анализ выполненных научных исследований и опубликованных научных работ по теме диссертационной работы показывает, что в нашей Республике недостаточно исследован пиролиз биомассы с целью получения альтернативного топлива. Особенно, недостаточно проведены научно-прикладные исследования по процессам термической переработки местных биомасс для получения альтернативного топлива и вопросам применения пиролизных установок в системах отопления теплиц.

Проведенный анализ научных литератур[5] и исследований в области пиролиза биомассы показывает, что получение альтернативного топлива из биомассы и использование их в системах отопления теплиц является энергетически и экологически эффективным направлением.

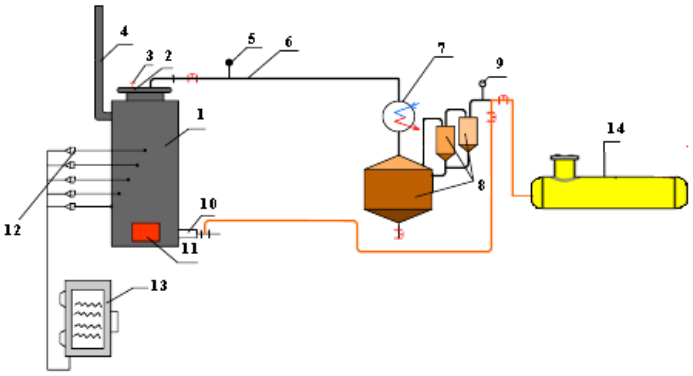
На основании проведенного научного анализа, с учетом тенденции к расширению уровня исследований в области энергосбережения и повышения эффективности использования энергии солнечного излучения и биомассы в теплицах, сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

---

[5] 1. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А.Обзор современных технологий получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом.Часть. 1// Экотехнологии и ресурсосбережение. №2, 2000, Киев. – С 3-10. 2. Кожухов В.А., Михеева Н.Б., Семенов А.Ф. Повышение эффективности энергообеспечения теплицы // Вестник КрасГАУ. 2009. №6. 127-132 с. 3. Биоэнергетические установки ООО «Сиприс».//www.msx-consult.ru.

Во второй главе диссертации **«Исследование процесса получения альтернативных топлив в пиролизной установке для отопления теплиц»** разработана пиролизная установка для получения топлива из местной биомассы и приведены результаты исследования получения альтернативных топлив из различных биомасс способом пиролиза.

Разработанная опытная пиролизная установка состоит из трубчатого реактора, конденсатора-охладителя, газгольдера, систем очистки газа, дымовой трубы и систем труб (рис.1).



1-реактор; 2- крышка для загрузки сырья; 3-клапан; 4- дымовая труба; 5- расходомер; 6- труба парогазовой смеси; 7- конденсатор; 8- сепаратор; 9- расходомер; 10-инжектор; 11-топочная камера; 12-термопары: 13-потенциометр КСП-4; 14-газгольдер.

Рис.1. Схема опытной пиролизной установки.

Разработанный пиролизный-реактор изготовлен из стальной трубы диаметром 0,8 м, высотой 1,0 м и объемом 0,5 м^3 , в реактор можно загрузить 100 кг исходного сырья (биомассы) при плотности биомассы 200 кг/м^3 и влажностью 20-30 %. Требуемый температурный режим в разработанной установке обеспечивается с использованием собственным пиролизным газом, полученным при пиролизе биомассы. Основным отличием предложенной пиролизной установки от известных состоит в том, что реактор изготовлен в форме «труба в трубе», который позволяет утилизировать потери теплоты через поверхности трубы в окружающую среду и позволяет дополнительно получить горячую воду для систем отопления теплиц. Газоход для удаления дымовых газов из рактора выполнен многоходовым, на выходе из реактора соединен с общим коллектором, который обеспечивает рециркуляции горячих дымовых газов для интенсивного нагрева загруженной биомассы.

Предложенная конструкция реактора обеспечивает создание равномерного температурного поля по всему объему реактора и стабильный температурный режим процесса пиролиза. Созданное равномерное температурное поле положительно влияет на интенсивность процесса пиролиза биомассы в внутри реактора. Общий вид опытной пиролизной установки (ПУ-100) приведен на рис.2.

В опытной пиролизной установке с целью обеспечения альтернативным топливом систем отопления теплиц исследован пиролиз различной местной биомассы (растительная биомасса, опилки тополя, экскремент крупного рогатого скота и отходы хлопчатника). Результаты пиролиза биомассы

показывают, что биореактор объемом 0,5 м^3 производит 100-120 м^3 биогаза в сутки. Экспериментом установлено, что 20-30 % полученного биогаза расходуется на собственные нужды, т.е. для поддержания температурного режима реактора.

Рис.2. Общий вид опытной пиролизной установки (г. Карши).

На основе проведенных экспериментальных исследований в результате пиролиза 100 кг биомассы (опилки тополя) было получено 50 % древесного угля, 20 % жидкое и 30 % газообразное топливо (табл.1). Результаты пиролиза различных биомасс (опилки тополя, навоз и отходы хлопчатника) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспериментов для получения альтернативного топлива в пиролизной установке

№	Сырьё (биомасса)	Масса загруженной биомассы (кг)	Рабочая температура биореактора, °С	Время в начало эксперимента	Время в конце эксперимента	Полученные топлива		
						Жидкое (кг)	Биогаз (кг)	Уголь (кокс) (кг)
1	Опилка тополя	100	350÷375	10 – 00	13-00	20	30	50
2	Экскремент к.р.с.	100	350÷375	10 – 00	13-00	15	50	35
3	Отходы хлопчатника	100	350÷375	10 – 00	13-00	25	40	35

Результаты проведенных иссследований показывают, что выход продуктов пиролиза зависит от температуры процесса, скорости нагрева, теплофизических свойств загружаемого сырья и физической среды процесса.

Экспериментом установлено, что пиролиз растительных биомасс в интервале температур 170-350 ºС более интенсивен, с ростом температуры процесса скорость термического разложения органических веществ повышается. Температурная зависимость выхода жидких и газообразных продуктов в процессе пиролиза в реакторе приведена на рис.3.

Результаты экспериментов приведенных на рис.3 показывают, что в процессе пиролиза растительной биомассы количество выхода газообразных и жидких продуктов пиролиза с ростом температуры увеличивается.

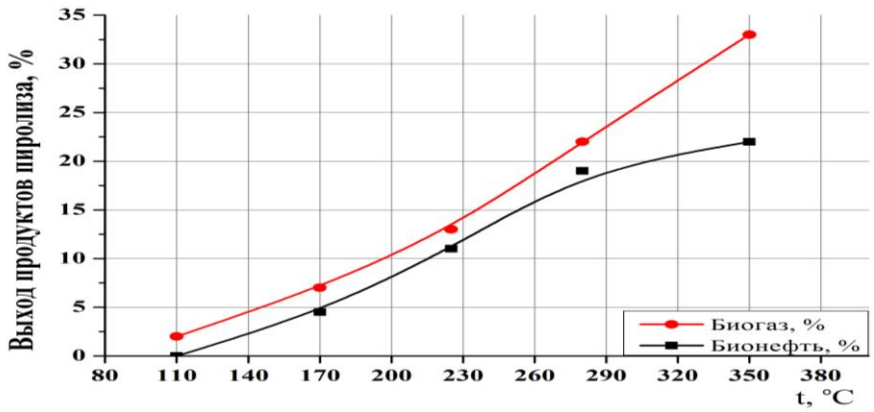
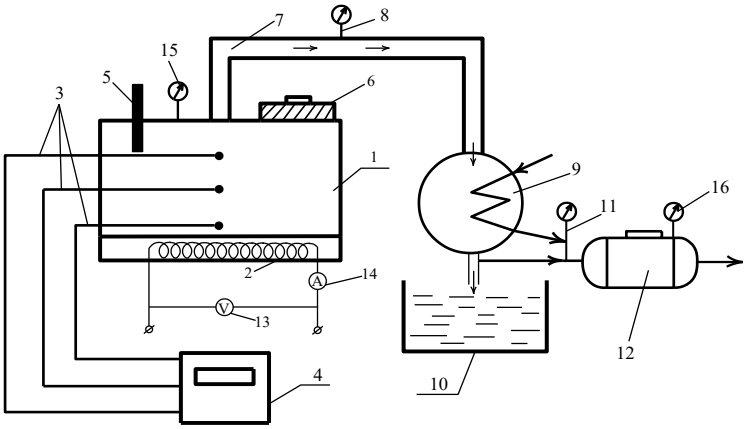


Рис.3. График зависимости выхода жидких и газообразных продуктов пиролиза от температуры.

Для проведения исследований в лабораторных условиях нами создана лабораторная пиролизная установка с электронагревателем (рис.4.). Установка состоит из пиролизного реактора, электронагревателя, конденсатора-охладителя, газгольдера и емкости (бака) для жидкого продукта пиролиза. Предложенная установка позволяет проводить ускоренные эксперименты и получить достоверные данные по пиролизу различных проб биомасс в лабораторных условиях.



1-реактор; 2-электронагреватель; 3-термопары; 4-потенциометр КСП-4; 5-контрольный термометр; 6-крышка для загрузки сырья; 7-трубопровод парогазовой смеси; 8- расходомер; 9-конденсатор-охладитель; 10-ёмкость для сбора жидких продуктов пиролиза; 11-газосчетчик; 12-газгольдер; 13-вольтметр; 14-амперметр; 15,16-манометр.

Рис 4. Схема лабораторной установки для исследования пиролиза биомассы.

Эксперименты проводились по следующей методике. Подготовили пробы биомассы с начальной влажностью 10, 15 и 25% и разной крупности 5-10; 10-25; 25-40; 40-80 мм. Исходное сырье загрузили в реактор, включили электронагреватель для нагрева реактора. Масса загружаемой биомассы и количество жидких продуктов пиролиза измеряли с применением электронных весов, а выход газообразного продукта расходомером. Пары полученных продуктов, выходящих из реактора, проходят через водяной охладитель-конденсатор, где охлаждаются и конденсируются. Сконденсированная жидкая смола из конденсатора стекает в емкость, а газы направляются в газгольдер.

Температуры по высоте цилиндрического реактора в характерных точках измерялись термопарами типа ХК и автоматически регистрировались с помощью самопищущего прибора КСП-4. При этом температуру пиролиза контролировали термометром. В начале эксперимента влажность исходной биомассы перед загрузкой измеряли универсальным цифровым влагомером AR971(измеритель влажности древесины) с точностью ±2% . Температурный режим процесса пиролиза регулировали с помощью лабораторного автотрансформатора ЛАТР.

Экспериментально изучено влияние влажности исходного сырья (измельченная масса тополя) на выход жидких продуктов пиролиза. Результаты этих исследований представлены на рис.5. Анализ данных рис.5 также показывает, что выход жидких продуктов пиролиза биомассы сильно зависит от влажности исходного сырья и линейно возрастает с изменением температуры процесса. Установлено, что при влажности загружаемой биомассы от 10 до 25 % и в температуре процесса пиролиза 500 °С выход жидких продуктов увеличивается в 1,86 раз.

Анализ результатов проведенных экспериментов показывает, что влажность сырья существенно влияет на длительность пиролиза и удельный расход энергии (тепла).

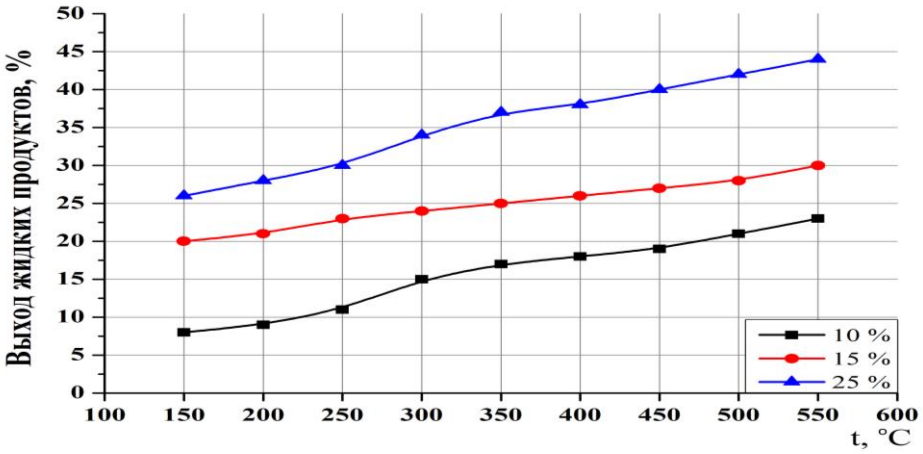
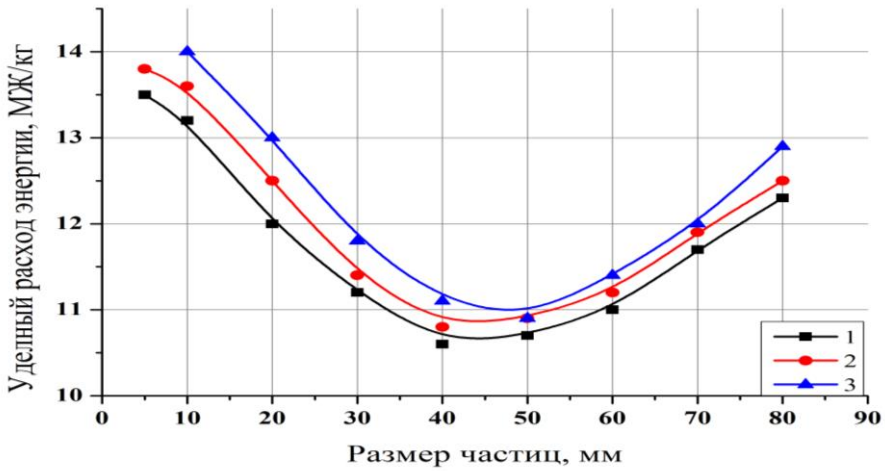


Рис.5. График зависимости массового выхода жидких продуктов пиролиза от температуры процесса и влажности биомассы.

Влияние влажности и размеров частиц сырья на расход энергии при пиролизе можно наглядно установить по результатам экспериментов в виде следующих графиков (рис.6).

Установлено, что расход времени и энергии на пиролиз биомассы уменьшается с возрастанием крупности сырья вплоть до использования фракции 30-45 мм. Дальнейшее укрупнение частиц увеличивает параметры процесса, делая его менее эффективным. Таким образом, полученные результаты позволяют найти ту оптимальную крупность сырья, при которой удельный расход энергии на процесс пиролиза будет минимальным.

По результатам экспериментов определена оптимальная крупность сырья, обеспечивающая его эффективную переработку пиролизом при минимальном удельном расходе тепла. Оптимальным являются сырье крупностью 35-45 мм.



1-влажность 10%; 2-влажность 15%; 3-влажность 25%.

Рис.6. Влияние влажности и размеров частиц сырья на расход энергии при пиролизе биомассы.

Проведенные экспериментальные исследования позволили уточнить влияние влажности исходной биомассы на параметры пиролиза. Показано, что с повышением влажности сырья расход энергии на переработку биомассы увеличивается. Полученные экспериментальные данные служат для оптимизации технологических и энергетических параметров пиролизных установок и разработки энергоэффективных режимов пиролиза биомассы для получения альтернативного биологического топлива.

Термическая переработка биомассы в реакторе требует определенный расход тепловой энергии. Тепловая энергия расходуется для создания и поддержания температурного режима пиролизного реактора. Исследован тепловой баланс трубчатого реактора для определения энергоемкости процесса термической переработки биомассы.

Общее количество тепла, подаваемого в биореактор, количество полезной тепловой энергии и тепловые потери выражаются уравнением теплового баланса реактора. Общий вид уравнения теплового баланса для трубчатого реактора можно представить в виде:

$$q_{прих} = q_{расх} \qquad (1)$$

где, $q_{прих}$ – подведенная тепловая энергия к реактору, кДж/кг; $q_{расх}$ - расход тепла в реакторе, кДж/кг. Уравнение теплового баланса биореактора для 1 кг топлива имеет следующий вид:

$$q_{рас} = q_{пол} + q_{д.г} + q_{п.ос} + q_{пх} + q_{пм} + q_{пш} \qquad (2)$$

где, $q_{пол}, q_{д.г}, q_{п.ос}$ – соответственно, полезная теплота используемая сырьем в биореакторе, тепло с уходящими дымовыми газами и теряемое окружающую среду, $q_{пх}$ – потеря от химической неполноты сгорания топлива, $q_{пм}$ – потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива, $q_{пш}$ – потеря тепла с физическом теплом шлаков, кДж/кг.

Если учесть, что при сжигании газообразного (или жидкого) топлива отсутствует зола, тогда:

$$q_{пм} = 0;\ q_{пш} = 0$$

Приход тепла в реактор можно определить по выражению:

$$q_{прих} = Q_р^н + c_т \cdot t_т + \alpha \cdot \alpha_0 \cdot c_в \cdot t_в + c_б \cdot m_б \cdot t_б \qquad (3)$$

или

$$q_{прих} = Q_р^н + q_{топл} + q_{воз} + q_б; \qquad (4)$$

где, $Q_р^н$ - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; $q_{топл}$, $q_{воз}$, $q_б$ - тепло вносимое в реактор топливом, воздухом и биомассой.

Явное тепло топлива, воздуха и биомассы обычно не велико, поэтому в инженерных расчетах можно ими пренебречь. Тогда уравнение теплового баланса биореактора имеет следующий вид:

$$q_{прих} = q_{расх} \approx Q_р^н$$

С учетом выше изложенных допущений можно представить КПД трубчатого биореактора:

$$\eta = \frac{q_{пол}}{Q_р^н}, \qquad (5)$$

Соглано результатам расчетов, $q_{пол}$ =17000 $кДж/кг$, $Q_р^н$ = 20000 $кДж/кг$ и с учетом тепловых потерь реактора, КПД раектора равна: η =0,85 (85%).

На рис.7 представлена диаграмма тепловых потоков в биореакторе.

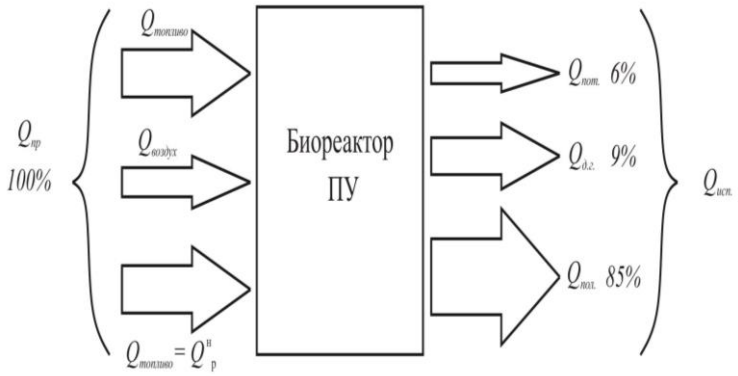


Рис.7. Схема теплового баланса биореактора.

Для оценки энергетической эффективности разработанной установки и действительных потерь энергии составлен эксергетический баланс биореактора в следующем виде:

$$E_{топл} + E_{воздух} = E_{пар} + \Delta E_{пс} + \Delta E_{ос} + \Delta E_{гор} \qquad (6)$$

где, $E_{топл}$ - эксергия исходного топлива, $кДж/кг$; $E_{воздух}$ - эксергия воздуха, $кДж/кг$; $E_{пар}$ - эксергия пара полученного при пиролизе биомассы, $кДж/кг$; $\Delta E_{пс}$ - потери эксергии продуктов сгорания, $кДж/кг$; $\Delta E_{ос}$ - потери эксергии в

окружающую среду, $кДж/кг$; $\Delta E_{гор}$- потери эксергии вследствии необратимости процесса горения, $кДж/кг$.

Согласно результатам расчетов, при $E_{тол}$=20800 $кДж/кг$, $E_{пар}$= 11800 $кДж/кг$ эксергетическая КПД биореактора равна отношению эксергии полученного пара в биореакторе на эксергию израсходаванного топлива. Таким образом, эксергетический КПД биореактора составил

$$\eta = \frac{E_{пар}}{E_{топл}} = 0{,}57 \quad (57\%).$$

Эксергетическая диаграмма биореактора представлена на рис.8.

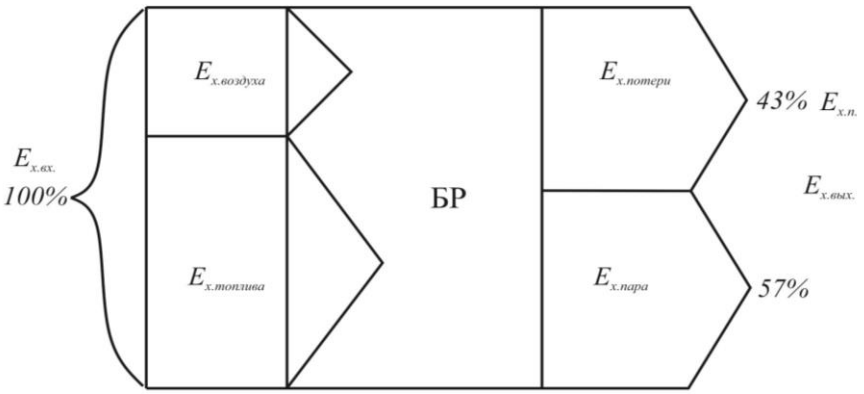


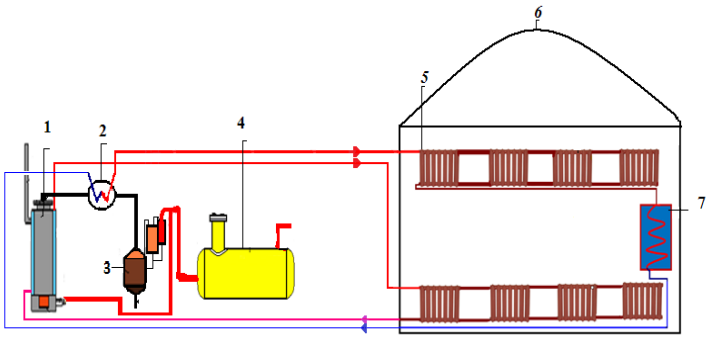
Рис.8. Эксергетическая диаграмма биореактора.

Результаты расчетов показывает, что КПД биореактора, определенная на основе энергетического баланса биореактора составляет 85 %, а его эксергетический КПД не превышает 57 %. Таким образом, можно сделат вывод, о том, что эксергетический расчет реактора даёт более надёжные результаты для оценки эффективности установки.

Проведенный эксергетический анализ реактора позволяет оценить реальные потери энергии и утилизировать их для использования в системе отопления теплиц.

В третьей главе диссертации **«Разработка и исследование автономной системы отопления гелиотеплиц на основе пиролизных установок»** разработаны уговершенствованные принципиальные тепловые схемы систем отопления гелиотеплиц с пиролизной установкой, обоснованы теплотехнические параметры предложенной системы отопления, исследованы тепловой баланс и температурный режим гелиотеплиц с пиролизной установкой.

В проведенных исследованиях проанализированы тепловой баланс теплиц и расход энергоресурсов в системах отопления, предложен способ использования возобновляемых источников энергии, в частности обоснована энергетическая эффективность совместного использования энергии солнца и биомассы. Принципиальная схема предложенной комбинированной системы отопления гелиотеплицы с пиролизной отопительной установкой и утилизатором тепловой энергии приведена на рис.9.



1-пиролизный реактор-теплогенератор; 2-конденсатор-охладитель; 3- сепаратор; 4-газгольдер; 5- отопительная батарея; 6- гелиотеплица; 7- утилизатор тепловой энергии.

Рис.9. Принципиальная схема систем отопления гелиотеплицы с пиролизной установкой и утилизатором тепловой энергии.

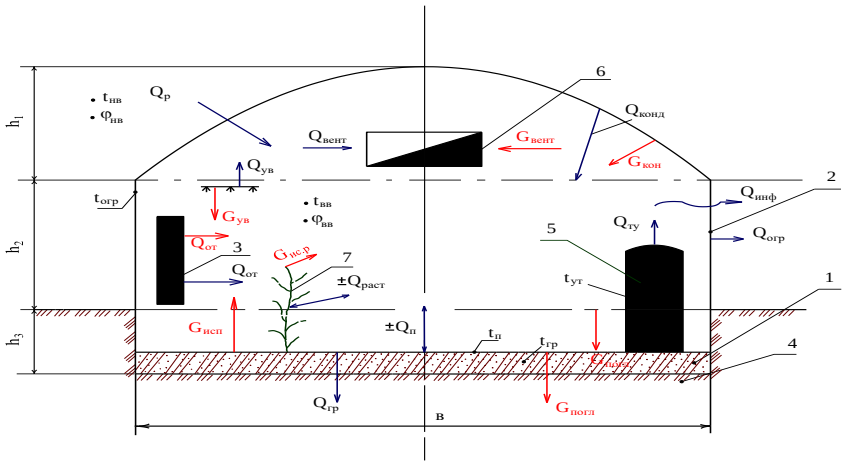
Система отопления опытной теплицы с полезной площадью 100 м^2 состоит из пиролизного реактора (теплогенератор), конденсатор-охладителя, газгольдера, отопительных батарей и утилизатора тепловой энергии. Пиролизной реактор одновременно выполняет две функции, т.е. является биореактором для термической переработки биомассы с целью получения альтернативного топлива, и одновременно служит теплогенератором – водогрейным котлом для систем водяного отопления гелиотеплицы. Пиролизный реактор имеет конструкции рубашечного типа «труба в трубе», во внутренней трубе происходит пиролиз биомассы при температуре 350-500℃, а во внешней трубе нагревается вода до температуры 50-70℃ за счет использования теплоты уходящей из поверхности биореактора в окружающую среду. Кроме этого дополнительно из конденсаторного узла пиролизной установки теплота конденсации парогазовой смеси утилизируется для обогрева теплицы.

Таким образом, предложенная установка обеспечит горячей водой систему отопления теплицы, производя одновременно альтернативное топливо (твердое, жидкое и газообразное) из биомассы и позволит утилизировать теплоту конденсации конденсатора для обогрева теплица.

Для оценки эффективности предложенной системы рассмотрен тепловой баланс солнечной теплицы с пиролизной отопительной установкой (ПОУ) и утилизатором тепловой энергии (УТЭ). При этом сооружение рассматриваем как единую энергетическую систему, включающую в себя отопление, вентиляцию, увлажнение, утилизацию и аккумуляцию тепловой энергии, и теплотехнику ограждающих конструкций.

Расчетная схема энергетического баланса теплицы с ПОУ и УТЭ представлена на рис.10.

На основании разработанной расчетной схемы составляем систему уравнений энергетического баланса сооружения, представляющих собой физико-математическую модель формирования энергетического режима в теплице. Моделирование и расчет теплового баланса рассматриваемой теплицы позволяет определить требуемую тепловую мощность системы отопления, температурный режима (температура воздуха, почвы, ограждений и т.п.) и другие параметр микроклимата.



1-почва теплицы; 2-ограждение; 3-отопительная батарея; 4-подпочвенный грунт; 5-утилизатор тепловой энергии - тепловой аккумулятор; 6- вентиляционный проем; 7-растения.

Рис.10. Расчетная схема энергетического баланса гелиотеплицы с пиролизной отопительной установкой и утилизатором тепловой энергии.

Необходимость моделирования теплового баланса рассматриваемой гелиотеплицы объясняется тем, что предложенная нами математическая модель дополнительно учитывает тепловые потоки вносимые водой от системы увлажнения воздуха, тепловую энергию из системы утилизации ВЭР пиролизной установки и теплоту конденсации водяного пара, образующиеся на внутренних поверхностях прозрачных покрытий теплиц и теплообмен излучением между телами.

При математическом моделировании теплового баланса приняты следующие допущения:

- температуры наружного и внутреннего воздуха в рассматриваемом времени постоянные, т.е. условия протекания процессов тепло-и массообмена в теплице и снаружи стационарные;
- пренебрегается термическое сопротивление прозрачных покрытий;
- приняты осредненные величины температур поверхностей ограждений, почвы, слоев воздуха и потоков тепла;
- массообменные процессы происходят только в рабочей зоне теплицы;
- теплицу рассматриваем, как некоторое пространство, заполненное однородным газом и ограниченное тонкой полупрозрачной оболочкой, а также поверхностью полуограниченного массива.

Уравнение теплового баланса теплицы в целом имеет следующий вид:

$$Q_{от}+Q_{р}+Q_{ту}=Q_{огр}+Q_{вент}+Q_{инф}+Q_{поч}+Q_{гр}+Q_{рас}-Q_{конд}-Q_{увл}-Q_{др}-Q_{экс} \quad (7)$$

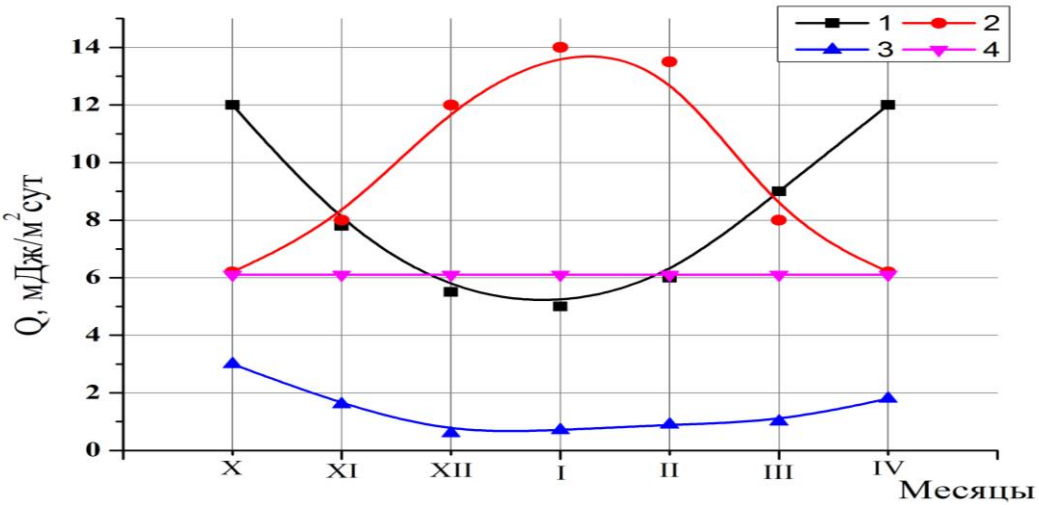
где, $Q_{от}$ – теплоотдача (тепловая мощность) системы отопления, Вт; $Q_{р}$ – проникающая солнечная радиация, Вт; $Q_{ту}$ – тепловой поток из системы утилизации тепловой энергии, Вт; $Q_{огр}$ –потери теплоты через ограждение, Вт; $Q_{вент}$ – потери теплоты с вентиляционным воздухом, уходящим из теплицы через вытяжной вентиляционный проем, Вт; $Q_{инф}$ – потери тепла через

неплотности в ограждении (инфильтрация), Вт; $Q_{поч}$ – теплообмен с почвой, Вт; $Q_{гр}$ – теплопотери через грунт, Вт; $Q_{рас}$ – теплообмен с растениями, Вт; $Q_{конд}$ – теплота, выделяемая при конденсации водяного пара с внутренней поверхностей прозрачных покрытий теплицы, Вт; $Q_{увл}$ – теплота, вносимая увлажняющей водой из системы увлажнения воздуха, Вт; $Q_{др}$ – тепловой поток, выделяемый при дыхании растений, Вт; $Q_{экс}$ – эксплуатационные теплопритоки, Вт.

По результатам расчетов теплового баланса гелиотеплицы с полезной площадью 100 м^2 с двух плёночным покрытием с условиях г. Карши составляет $Q_{огр}$ = 16,4 кВт, $Q_{вен}$ =1,2 кВт, $Q_{инф}$ =3,2 кВт, $Q_{туп}$ =0,42 кВт, $Q_{раст}$ =1,33 кВт.

Исследован тепловой баланс и температурный режим гелиотеплицы с полезной площадью 100 м^2 в природно-климатических условиях г.Карши и результаты приведены в виде графиков на рис . 11 и 12.

Анализ полученных результатов показывает, что в радиационных–климатических условиях г.Карши энергообеспеченность пленочных гелиотеплиц за счет солнечной энергии составляет 25-30% (в зимой). На основе проведенных расчетных и экспериментальных исследований установлено, что за счет комбинированного использования солнечной энергии и биомассы полностью обеспечивается теплопотребность теплицы на отопление. При этом теплота, утилизируемая, из конденсатора пиролизной установки покрывает 29,5÷44,7 % тепловой нагрузки теплицы.

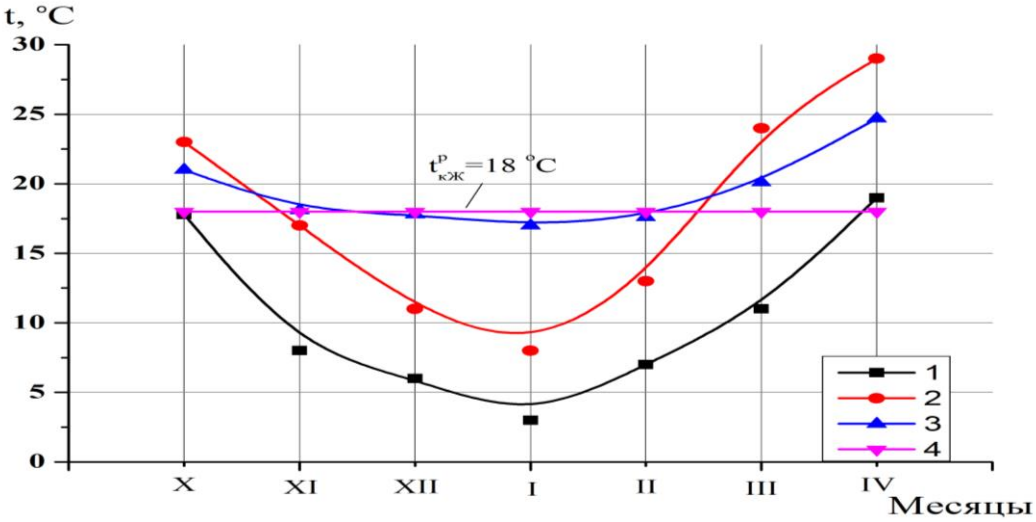


1-суммарная солнечная радиация ($Q_{пр}$) прошедшая в гелиотеплице; 2-суммарные теплопотери ($Q_{тп}$) в теплице; 3-солнечная энергия поглощенная почвой ($Q_{поч}$); 4-теплота отданная в теплицу от утилизатора тепловой энергии.

Рис.11. Динамика изменения тепловых потоков в гелиотеплице.

Исследован температурный режим экспериментальной пленочной теплицы с полезной площадью $F_{пол}$= 100 м^2 в январе – феврале 2019 года. Целью исследования является изучение динамики температуры воздуха и почвы пленочной гелиотеплицы с пиролизной установкой, проанализировать

установленный температурный режим и эффективность пиролизной отопительной системы.



1-наружного воздуха ($t_{нв}$); 2-внутреннего воздуха в теплице при неотапливаемом режиме ($t_{вв}$); 3-внутреннего воздуха в теплице при отопливаемом режиме ($t_{вв}$); 4-требуемая расчетная температура внутреннего воздуха в теплице.

Рис.12. Среднемесячные значения температуры.

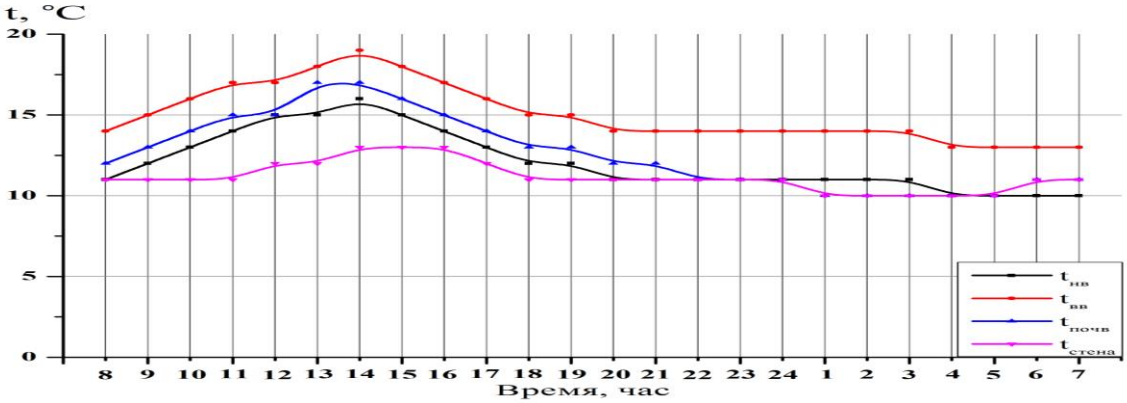
Экспериментальная часть исследования проводились в опытной пленочной гелиотеплице с полезной площадью 100 м^2 созданной на кафедре «Теплоэнергетика» Каршинского инженерно-экономического института.

Параметры температурно-влажностного режима гелиотеплицы для выращивания тепличных огурцов измерены с использованием современных теплотехнических приборов. Измерены температуры внешнего воздуха, внутренного воздуха, поверхности стенки и почвы в теплице. Температура воздуха в теплице измерена на высоте 1 м, через каждый 3 метров по длине. При измерении температуры почвы и стенки были использованы термометры ТМ-5, комплект потенциометра КСП-4, оптические пирометры НТ-8865. Температура и влажность воздуха измерена термографом М-16, термовлагомерами WTQ-8, НТС-1, гигрометром ВИТ-1, солнечная радиция измерена актинометром (Mac Solar). Эксперименты проводились на основе общепризнанных методик исследований в теплотехнике.

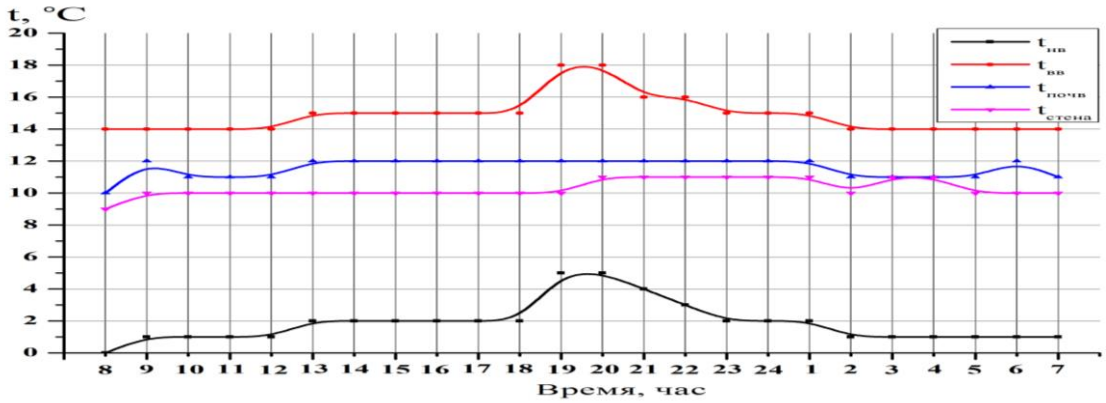
Результаты исследования показывают, что 5 февраля 2019 года, когда работала система отопления с пиролизной установкой, температура наружного воздуха утром с 8^{00} до 12^{00} зафиксированна равной 0÷1 °С. Температура внутри теплицы не опускалась ниже 14-15 °С в течение этого периода. Среднесуточная температура внутреннего воздуха в наблюдаемый день составляла около 15-18 °С, а разность между внешней и внутренней температурами составляла $\Delta t =$ 13-14 °С. Средняя температура почвы в теплице составляла около 12 °С.

Эксперименты также проводились 20 февраля 2019 года. Результаты измерений показывают, что температура наружного воздуха в период с 8^{00} до 12^{00} составляла 6 °С, и внутренная температура не опускалась ниже 18 °С из-за работы системы отопления с пиролизной установкой. В ночном режиме в период от 1^{00} до 6^{00} (21.02.2019) температура наружного воздуха снижалась до -

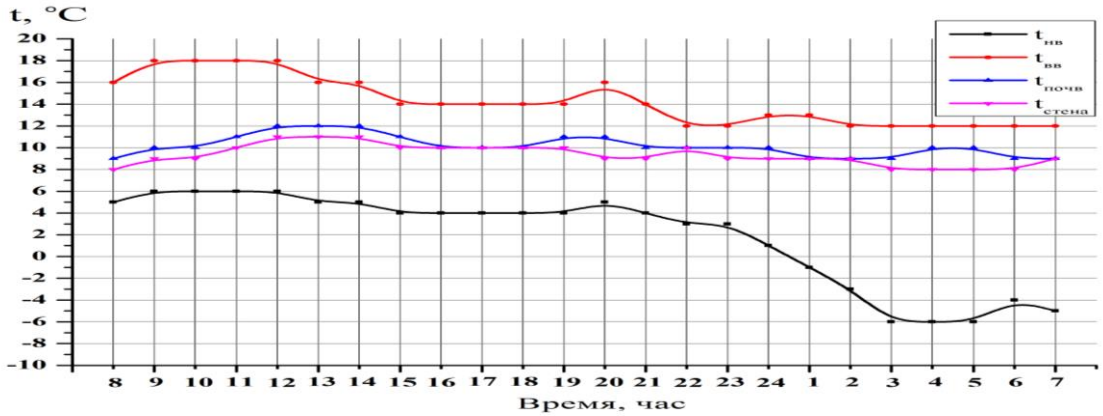
6 ÷ -7 °С, а внутренняя температура составляла 12 °С. Результаты измерения температурного режима теплицы обобщены и представлены в виде графиков на рис. 13.



а) 29 января 2019 года (системы отопления выключена)



б) 5 февраля 2019 года (система отопления включена)



в) 20 февраля 2019 г. (система отопления включена)

Рис. 13. График температурного режима гелиотеплицы в условиях г.Карши.

Анализ графиков температурного режима гелиотеплицы в условиях г. Карши показывает, что применение предложенной системы отопления гелиотеплицы с пиролизной установкой обеспечивает требуемую температуру внутреннего воздуха в пределах 15-18°С в зимний период.

Четвертая глава диссертации **«Определение технико-экономической эффективности применения пиролизных установок в системах отопления гелиотеплиц»** посвящена к энергетическому анализу и определению технико-экономической эффективности разработанной системы отопления гелиотеплиц с пиролизной установкой и утилизатором тепловой энергии. На основании проведенных исследований была предложена блок-схема использования энергии биомассы в теплицах для повышения энергоэффективности теплиц, безперебойного обеспечения топливом системы отопления и экономии традиционных энергоресурсов. (рис.14.).

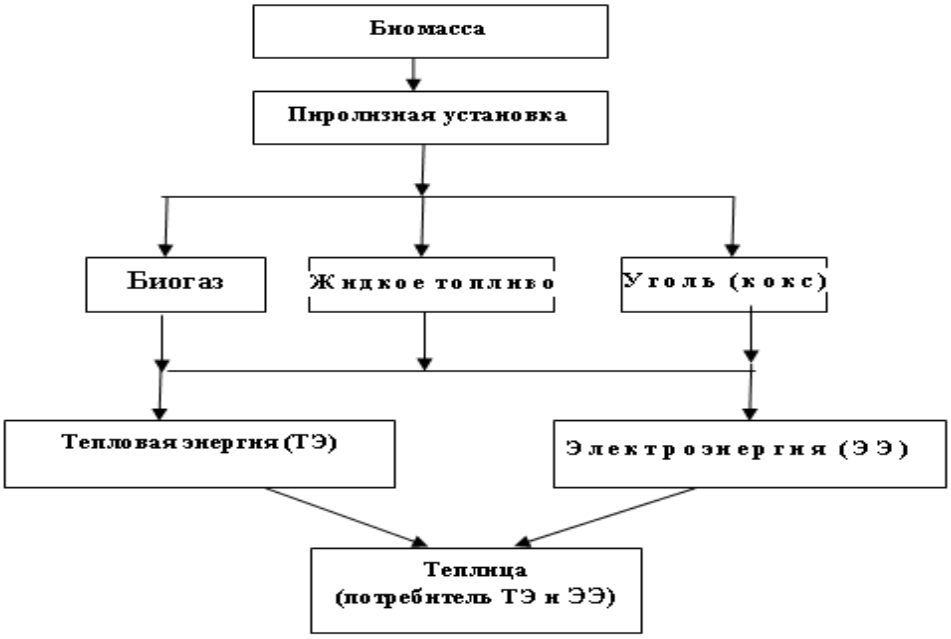


Рис. 14. Блок-схема использования энергии биомассы в системах теплоснабжения и электроснабжения теплицы.

Сравнительные энергетические характеристики систем отопления гелиотеплиц с пиролизной установкой и традиционной системы с газовым отопительным котлом приведены в таблице 3.

Таблица 3

Сравнительные энергетические показатели системы отопления теплиц (в условиях города Карши)

Показатели	Вид источников автономного отопления	
	Традиционное отопление с отопительным газовым котлом АКГВ-29-3	Система отопления на основе пиролизной установки ПУ-100
Площадь отопления теплицы, $м^2$	100	100
Тепловая нагрузка, кВт	22,5	22,5
Давление газа, Па	600-650	600-650
Расход топлива (природный газ), $м^3$ /сут.	60-65	20
К.П.Д, %	70	85
Экономия топлива (природный газ) $м^3$ /сут.	-	45

Результаты проведенных расчетов и исследований показывают, что применение системы отопления с пиролизной установкой и утилизатором тепловой энергии в опытной теплице с полезной площадью 100 м^2 в условиях г.Карши позволяет сэкономить 45 м^3 природного газа в сутки.

Анализ результатов проведенных исследований и технико-экономических расчетов показали, что применение пиролизных установок в системе отопления гелиотеплиц с полезной площадью 100 м^2 снижает энергетические затраты на 38 % и себестоимость продукции при выращивании огурцов на 44 % по сравнению с традиционной системой отопления, работающей на газе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследований, по решению поставленных в диссертации задач, предлагается следующее заключение:

1. Разработана пиролизная установка для получения альтернативного топлива из биомассы и обоснованы её основные теплотехнические параметры с целью обеспечения топливом автономной системы отопления гелиотеплицы.

2. Экспериментально исследованы процессы пиролиза различных биомасс в трубчатом реакторе и на основании результатов установлено, что выход продуктов пиролиза зависит от температуры, влажности и гранулометрического состава сырья. В результате пиролиза растительных отходов было получено 30-33 % биогаза, 20-22 % жидкого топлива и 40-45 % древесного угля.

3. Изучены зависимости выхода продуктов пиролиза биомассы от влажности и размеров загружаемого сырья. При этом:

- установлено, что при изменении влажности загружаемой биомассы от 10 до 25 % и при температуре процесса пиролиза 500 °С выход жидких продуктов увеличивается в 1,86 раза;

- установлено, что с увеличением влажности сырья от 10 до 25 %, расход энергии на процесс пиролиза биомассы со средними размерами частиц 25-40 мм увеличивается примерно на 20 %.

4. Разработана математическая модель теплового и эксергетического баланса биореактора, определены основные потери тепловой энергии и эксергии. Результаты пиролиза различной биомассы показывают, что предложенный биореактор объемом 0,5 м^3 производит в среднем 100-120 м^3 биогаза в сутки, из них 20-30 % полученного биогаза расходуется на поддержание температурного режима самого реактора.

5. Разработана автономная система отопления гелиотеплиц с пиролизной установкой в виде «труба в трубе» и утилизатором тепловой энергии, позволяющая обеспечить топливом и горячей водой, а также утилизировать сбросную теплоту конденсатора для обогрева теплицы.

6. Разработана математическая модель теплового баланса гелиотеплицы с пиролизной отопительной установкой и утилизатором тепловой энергии, позволяющая определить требуемую тепловую мощность систем отопления, температурные режимы и тепловую энергию из системы утилизации

пиролизной установки и определена возможность замещения тепловой нагрузки двухпленочной теплицы 70-74 % тепловой энергией, утилизированного из реактора.

7. Предложенная система отопления с пиролизной установкой и утилизатором тепловой энергии полностью обеспечит теплопотребности гелиотеплицы. Установлено, что применение пиролизных установок в системе отопления гелиотеплиц с полезной площадью 100 $м^2$ в условиях г.Карши позволяет сэкономить 45 $м^3$ природного газа в сутки и снизить энергетические затраты на 38 % по сравнению с традиционной системой отопления.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.30.05.2018.FM/T.34.01
ON AWARD OF THE SCIENTIFIC DEGREES
AT PHYSICAL-TECHNICAL INSTITUTE**

KARSHI ENGINEERING - ECONOMICS INSTITUTE

DAVLONOV KHAYRULLA ALLAMUROTOVICH

DEVELOPMENT OF AN ENERGY EFFICIENT SOLAR HEATING SYSTEM FOR GREENHOUSES BASED ON PYROLYSIS PLANTS

05.05.06 – Power installations on the basis of renewable energy

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

Tashkent – 2019

The topic of dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under No. B2018.1.PhD/T606.

The dissertation has been prepared at the Karshi engineering-economics institute.

The abstract of the dissertation is posted in three (Uzbek, Russian, English (resume)) languages on the website (www.fti.uz) and on Information and Educational portal «ZiyoNet» (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:	**Uzakov Gulom Norboevich** Doctor of Technical Sciences, Professor
Official opponents:	**Abdurakhmonov Abdujabbar** Doctor of Technical Sciences, Professor
	Avezov Rabbonokul Rakhmonovich Doctor of Technical Sciences, Professor
Lead organization:	**Bukhara State Universite**

The dissertation defense will take place «8» 01 2020 at 14⁰⁰ at a meeting of the Scientific Council number DSc.30.05.2018.FM/T.34.01 at the Physical-technical Institute. (Address: 100084, Tashkent, Chingiz Aytmatov street, 2-B. Phone/fax: (99871) 235-42-91; e-mail: ftikans@uzsci.net).

The dissertation is possible to review in information resource center at Physical-technical Institute (registered under No. 248). Address: 100084, Tashkent, Chingiz Aytmatov street 2-B. Phone/fax: (+99871) 235-30-41.

The abstract of the dissertation sent out on «20» 12 2019.

(Registry record No. 11 on «20» 12 2019).

N.R. Avezova
Chairman of Scientific Council on award of Scientific degrees, DSc in techniques, senior scientific researcher

A.G. Komilov
Scientific Secretary of the Scientific Council on award of Scientific degrees, candidate of technical sciences

A.V. Karimov
Chairman of Scientific Seminar under scientific council on award of scientific degrees, doctor of physical-mathematics sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

The actuality and relevance of the research work. In the developed countries of the world energy consumption in agriculture is high, 1/3 of all thermal energy is used in the agricultural sector. In particular, 20% of the consumed thermal energy is used in greenhouses.

In many countries of the world, including the Netherlands and Germany, which is one of the world's leading producers of agricultural products, energy consumption in greenhouses makes up 20-35% of the total energy consumption in agriculture. Currently, the specific energy costs in the cost of vegetables grown in greenhouses are 60-70%.

In our country, large-scale measures are also being taken to increase energy efficiency, reduce energy consumption and introduce energy-saving technologies in the systems of production and processing of agricultural products, which are one of the most important sectors of the economy. The strategy of action in five priority areas of the development of the Republic of Uzbekistan for 2017–2021 sets priority tasks for the use of renewable energy sources, improving energy efficiency in production and technological processes, and introducing effective energy-saving systems. The creation of modern greenhouse complexes using alternative energy sources, in particular the use of biomass and solar energy in heating greenhouses, is an important scientific and technical task.

The aim of the research work is the development and justification of energy and technical and economic parameters of an autonomous greenhouse heating system based on the use of pyrolysis plants.

Tasks of the research work development and research of a pyrolysis plant for producing alternative fuels from local biomass and organic waste; study of the influence of humidity and size of raw materials on the yield of liquid pyrolysis products and energy consumption on the pyrolysis of biomass the development of an autonomous heating system for solar heaters based on pyrolysis plants; modeling of heat balance and study of the temperature regime of a solar greenhouse with a pyrolysis plant; substantiation of the energy and technical and economic efficiency of solar heating systems with a pyrolysis installation.

The scientific novelty of the research work is as follows: a tubular pyrolysis plant was developed to produce alternative fuel from biomass and local organic waste with intensification of heat transfer and heated by flue gas recirculation; the dependences of the yield of biomass pyrolysis products on the process temperature, initial humidity and particle size distribution of the feedstock were obtained; a mathematical model of the heat balance of a solar greenhouse with a pyrolysis plant has been developed, which allows one to determine the heat load, temperature conditions, the amount of utilized heat from the reactor and the main thermotechnical characteristics of heating systems; a combined installation in the form of a «pipe in pipe» has been developed, which at the same time provides fuel and hot water for a solar heating system; Improved thermal diagrams of solar heating systems with combined «pyrolysis reactor – heating boiler» based on pyrolysis plants have been developed.

Scientific and practical significance of the research results. The scientific significance of the research lies in the expansion of scientific ideas about the processes of thermal processing of biomass occurring in pyrolysis plants, obtaining the laws of the influence of the thermophysical properties of biomass on the duration of the process, energy consumption and the amount of output of pyrolysis products.

The practical significance of the results of the work consists in the development of heating systems for greenhouses with a pyrolysis plant, based on the use of biomass energy, which allows reducing the consumption of traditional fuel and energy resources and harmful emissions into the environment, as well as designing energy-efficient greenhouse complexes.

Implementation of research results. Based on the development of an energy-efficient solar heating system based on pyrolysis plants:

a combined installation in the form of «pipe in pipe» was developed, which simultaneously provides fuel and hot water for a solar heating system and a patent for the utility model «Device for heating a greenhouse» of the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan (No. FAP 20180200., 2018) was obtained. As a result of the pyrolysis of organic waste, the possibility of producing alternative fuel and heating greenhouses has been created;

An energy-efficient solar heating system with a pyrolysis installation was introduced in farms of the Kashkadarya region (Certificate of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan on implementation No. 02/023-2546 of 09.24.2019). As a result of the introduction of pyrolysis plants in heating systems of greenhouses with an area of 100 m2, it saved 8,100 m3 of natural gas during the heating period and reduced energy costs by 38% compared to a traditional heating system.

The publication of the results of the study. On the topic of the dissertation, a total of 24 scientific papers were published, including 2 monographs, 7 scientific articles in journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publishing the main scientific results of dissertations, 1 patent for a utility model was obtained by the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of used literature and applications. The volume of the dissertation is 118 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I част, part I)

1. Узаков Г.Н., Раббимов Р.Т., Давлонов Х.А., Узакова Ю.Г. Применение пиролиза биомассы для получения альтернативных топлив. - Ташкент: Фан, 2015. –120 с.

2. Узоқов Ғ.Н., Давлонов Х.А. Гелиоиссиқхоналарнинг энергия тежамкор иситиш тизимлари. - Тошкент: Ворис, 2019. – 140 б.

3. Uzakov G.N., Davlonov Kh.A., Holikov K.N. Study of the Influence of the Source Biomass Moisture Content on Pyrolysis Parameters// Applied Solar Energy, 2018, Vol. 54, No. 6, pp, 481-484. (05.00.00; №4. Scopus CiteScore 2018, IF:0.9)

4. Uzakov G.N., Davlonov K.A. Modeling of the heat and moisture balance of the helio-greenhouse with the pyrolysis heating installation and the heat energy utilization// European science review. Vienna, Austria,. 2018, No. 7-8, pp, 262-267.(05.00.00; №3. Global 2018, IF:1.36).

5. Узоқов Ғ.Н., Давлонов Х.А., Вардияшвили Аф.А. Иссиқхоналарнинг пиролиз қурилмаси асосидаги энергия тежамкор иситиш тизими //Фарғона политехника институти илмий-техника журнали. Фарғона. 2017 йил. №3-сон. 92-96 б.(05.00.00; №20).

6. Узоқов Ғ.Н., Давлонов Х.А., Раббимов Р.Т. Исследование термической переработки биомассы для получения альтернативного топлива// Гелиотехника. Тошкент. 2017 йил.№3-сон. 34-38 б. (05.00.00; №1).

7. Узоқов Ғ.Н., Давлонов Х.А. Қуёш иссиқхоналарининг пиролиз қурилмали ва иссиқлик утилизаторли иситиш тизимининг энергетик таҳлили// Фарғона политехника институти илмий-техника журнали. Фарғона. 2018 йил. Махсус сон. 86-91 б. (05.00.00; №20).

8. Давлонов Х.А., Узаков Г.Н., Алиярова Л.А. Пиролиз қурилмали гелиоиссиқхонанинг ҳарорат-намлик режимини тадқиқот қилиш //Инновацион технологиялар журнали. Қарши. 2019/2(34)-сон. 49-54 б. (05.00.00; №38).

9. Давлонов Х.А., Хатамов И. Алиярова Л.А. Пиролиз қурилмали қуёш иссиқхонаси иситиш тизимининг энергетик ва техник-иқтисодий самарадорлигини ҳисоблаш// Инновацион технологиялар журнали. Қарши. 2019/4(36)-сон. 49-56 б. (05.00.00; №38).

II бўлим (II част, part II)

10. Патент на полезную модель № FAP 20180200 от 26.12.2018. «Устройство для отопления теплицы». Авторы: Узаков Г.Н., Давлонов Х.А. Узакова М.

11. Узаков Г.Н., Давлонов Х.А., Хужакулов С.М., Холиков К.Н. Оценка энергетической эффективности пиролизной установки для систем топливоснабжения теплиц/ Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference «International Trends in Science and Technology» Vol. 1, May 31, 2019, Warsaw, Poland. 33-35.

12. Узоқов Ғ.Н., Давлонов Х.А., Файзиев Т.А. Иссиқхоналар учун пиролиз қурилмалари асосидаги энергиятежамкор автоном иссиқлик таъминоти тизими/ «Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва оптималлаштиришнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги халқаро илмий-техник конференцияси материаллари тўплами. Қарши. 2017 йил 17-18 ноябрь. 259-262 б.

13. Узоқов Ғ.Н., Давлонов Х.А. Тепловой баланс солнечной теплицы с пиролизной отопительной установкой и утилизатором тепловой энергии/ Материали Республиканской научно-технической конференции «Использование возобновляемых источников энергии: новые исследования, технологии и инновационные подходы» 25-26 сентября 2018 г. НПО «Физика-Солнце» АН РУЗ им. С.А.Азимова институт Материаловедения. Ташкент. С 296-304.

14. Узаков Г.Н., Давлонов Х.А., Вардияшвили А.А., Султонов С.. Автономная система отопления и топливоснабжения гелиотеплиц с использованием пиролизных установок/ «Қайта тикланувчи энергия манбалари ва барқарор атроф-муҳит физикаси» мавзусидаги Республика илмий-техникавий анжуман материаллари тўплами. Қарши. 24-25 апрель 2019 йил. 211-213 б.

15. Узаков Г.Н., Давлонов Х.А., Хатамов И.А. Иссиқхоналарда маҳсулот етиштиришнинг энергия ва ресурстежамкор технологияси/ «Саноат ва қишлоқ хўжалигининг долзарб муаммоларини ечишда инновацион технологияларнинг аҳамияти» мавзусида Республика илмий-амалий конференцияси материаллари тўплами. Қарши. 26-27 апрель 2019 йил. 514-516 б.

16. Узоқов Ғ.Н., Давлонов Х.А. Пиролиз қурилмалари асосида қуёш иссиқхоналари иситиш тизимининг такомиллаштирилган иссиқлик схемалари/ «Қайта тикланувчи энергетиканинг замонавий муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий а нжумани материаллари тўплами. Қарши. 18-19 май 2018 йил. 169-173 б.

17. Давлонов Х.А., Узоқов Ғ.Н. Пиролиз қурилмали қуёш иссиқхоналарининг иситиш тизимининг иссиқлик юкламасини ҳисоблаш/ «Қайта тикланувчи энергетиканинг замонавий муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. Қарши. 18-19 май 2018 йил. 173-176 б.

18. Давлонов Х.А., Алмардонов Ҳ. Иссиқхоналар учун қишлоқ хўжалиги чиқиндиларидан пиролиз усулида муқобил ёқилғи олиш қурилмаси/ «Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини етиштириш, сақлаш ва дастлабки қайта ишлашнинг қишлоқ хўжалиги, экология ва табиий ресурслардан самарали фойдаланишни ривожлантиришдаги ўрни» мавзусида Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. Қарши. 14-15 апрель 2017 йил. 113-114 б.

19. Узоқов Ғ.Н., Давлонов Х.А. Иссиқхоналарнинг иситиш тизимида қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш истиқболлари/ «Муқобил энергия манбаларидан фойдаланишда энергия тежамкорлик муаммолари» мавзусида Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. Қарши. 28-29 апрель 2017 йил. 33-35 б.

20. Узоқова Ю.Ғ., Давлонов Х.А. Ўзбекистонда биомасса энергиясидан фойдаланиш истиқболлари/ «XXI Аср – интеллектуал авлод асри» мавзусидаги

Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. Қарши. 20-21 июнь 2016 йил. 392-394 б.

21. Узоқов Ғ.Н., Давлонов Х.А., Рахматов О. Анализ современных технологий получения альтернативных энергетических ресурсов методом пиролиза/ «Иқтисодиётни модернизация қилиш ва технологик янгилаш шароитида фан-таълим-ишлаб чиқариш интеграциясини ривожлантириш муаммолари ва ечимлари» мавзусидаги республика илмий-амалий конференцияси материаллар тўплами. 29-30 май 2015 йил. 6-10 б.

22. Узаков Г.Н., Раббимов Р.Т., Давланов Х.А. Пиролизная установка для получения альтернативного топлива из биомассы/ Труды Республиканской конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы физики» посвященной к 100-летию академика С.А.Азимова, Ташкент, 2014 йил ноябрь. 219-220 б.

23. Узоқов Ғ.Н., Давлонов Х., Рахимов С. Маҳаллий шароитда биогаз олиш қурилмаларининг қўлланилишини техник-иқтисодий асослаш/ «Муқобил энергия манбаларидан фойдаланишнинг долзарб муаммолари» Республика илмий-техникавий анжумани материаллари тўплами, Қарши. 28-29 апрель 2014. 275-276 б.

24. Узаков Г.Н., Давлонов Х.А., Раббимов Р.Т. Установка для получения альтернативного топлива из местных органических отходов. Республика VI – «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳалар ярмаркаси» КАТАЛОГИ., 2013 йил. 54 б.

Автореферат «Til va adabiyot ta'limi» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлари ўзаро мувофиқлаштирилди (11.12.2019 йил).

Босишга рухсат этилди:«20» 12 2019 йил.
Бичими 60x84 $^{1}/_{16}$, «Times New Roman» гарнитурада рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи 3,4. Адади: 100. Буюртма: № 196.

Ўзбекистон Республикаси ИИВ Академияси,
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68.

«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ»
Давлат унитар корхонасида чоп этилди.