

**ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК – ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК – ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

АЛИЯРОВА ЛОЛА АБДИЖАББОРОВА

**ИССИҚХОНАЛАРДА ҲАВОГА ИССИҚЛИК-НАМЛИК ИШЛОВ БЕРИШ
УЧУН ГЕЛИОҚИЗДИРИШ ТИЗИМИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.05.06 – Қайта тикланадиган энергия турлари
асосидаги энергия қурилмалари**

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

Қарши – 2022

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

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

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

Алиярова Лола Абдижабборовна

Иссиқхоналарда ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш учун
гелиоқиздириш тизимини ишлаб чиқиш 3

Алиярова Лола Абдижабборовна

Разработка гелионагревательной системы для тепловлажностной
обработки воздуха в теплицах 23

Aliyarova Lola Abdizhabborovna

Development of a solar heating system for heat and humidity treatment of
air in greenhouses 43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 47

**ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК – ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК – ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

АЛИЯРОВА ЛОЛА АБДИЖАББОРОВА

**ИССИҚХОНАЛАРДА ҲАВОГА ИССИҚЛИК-НАМЛИК ИШЛОВ БЕРИШ
УЧУН ГЕЛИОҚИЗДИРИШ ТИЗИМИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.05.06 – Қайта тикланадиган энергия турлари
асосидаги энергия қурилмалари**

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

Қарши – 2022

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида №В2018.1.PhD/Т605 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институтида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.qmii.uz) ва «Ziyounet» Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: Узоқов Гулом Норбоевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оponentлар: Мирзаев Шавкат Мустақимович
техника фанлари доктори, профессор
Ахатов Жасуржон Саидович
техника фанлари номзоди, катта илмий ходим

Етакчи ташкилот: Бухоро муҳандислик-технология институти

Диссертация химояси Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти ҳузуридаги PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «11» 02 соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 180100, Қарши шаҳри, Мустақиллик кўчаси, 225-уй. Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти конференциялар зали. Тел.: (99875) 224-02-89; факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

Диссертация билан Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 14 - рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 180100, Қарши шаҳри, Мустақиллик кўчаси, 225-уй. Тел.: (99875) 224-02-89; факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

Диссертация автореферати 2022 йил «28» 01 кун тарқатилди.
(2022 йил «27» 01 даги № 7 - рақамли реестр баённомаси).



Б.Э. Хайридинов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси ўринбосари,
техника фанлари доктори, профессор

Х.А. Давланов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
ишмий котиби, техника фанлари
бўйича фалсафа доктори (PhD)

Б. Уришев
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳондаги ривожланган мамлакатларни энергетик стратегиясининг таҳлили шуни кўрсатадики, иқтисодиётнинг турли соҳаларида энергия самарадорликни ошириш, анъанавий энергия ресурсларини тежаш муҳим йўналишлар этиб белгиланган. Европа иқтисодий ҳамжамияти комиссиясининг маълумотларига кўра, қишлоқ хўжалигида 75 фоиздан кўп иссиқлик энергияси иссиқхоналарни иситиш учун сарфланади. Бунда иссиқхона маҳсулотларининг таннархида энергия харажатларининг улуши 40-60 фоизни ташкил қилади¹. Шу сабабли, дунёда ёқилғи-энергетика балансини қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантириш ҳисобига диверсификациялаш ва энергия тежамкор инновацион технологияларни жорий этиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади².

Жаҳонда иссиқхона комплексларининг иссиқлик таъминоти тизимларини такомиллаштириш, қайта тикланадиган энергия манбаларини қўллаш ва иссиқлик-техник параметрларини оптималлаштириш орқали энергия самарадорлигини ошириш ҳамда анъанавий энергия ресурсларини сарфини камайтиришга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, энергия тежамкор иссиқлик таъминоти тизимларини ишлаб чиқиш, куёш энергиясидан самарали фойдаланиш асосида иссиқхона иншоотларида технологик жараёнларнинг энергия сарфини камайтириш ва энергия самарадорлигини ошириш бўйича тадқиқотлар устувор ҳисобланади. Шу сабабли, иссиқхона ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш тизими учун энергия тежамкор гелиоқиздириш қурилмаларини яратиш ва уларнинг асосий иссиқлик-техник параметрларини асослашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда аҳолини сифатли мева-сабзавот маҳсулотлари билан таъминлаш мақсадида энергия сарфи камайишини таъминловчи янги замонавий энергия самарадор иссиқхона комплексларини қуриш ишлари амалга оширилиб, ҳимояланган тупроқ иншоотларини ривожлантириш бўйича муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 20 ноябрдаги ПҚ-4020-сон қарорида «...муқобил энергия манбалари, энергия самарадор ва энергия тежамкор технологиялардан фойдаланиб замонавий иссиқхона мажмуаларини яратиш...»³ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Шунинг учун гелиоқиздириш тизимли энергия тежамкор иссиқхона мажмуалари ва ҳимояланган тупроқ иншоотларини яратиш долзарб илмий-техник вазифа ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг республика иқтисодиёт тармоқларида қайта тикланадиган энергия манбалари асосида энергия тежамкор технологиялар ва тизимларни жорий қилиш, энергия сарфини камайтириш бўйича қабул қилинган 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон «2017-2021 йилларда қайта тикланувчи энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодиёт тармоқлари ва

¹ Пенджиев А.М. Термический режим в комбинированных культивационных сооружениях. // Гелиотехника. – Ташкент, 2018. – №2. – с. 47-58.

² Аллаев К.Р. Энергетика нуждается в стратегии. // Экономическое обозрение. – Ташкент, 2018. – №6(222). – с. 40-47.

³ Постановление Президента Республики Узбекистан ПП-4020 от 20 ноября 2018 года «О создании дополнительных мер для развития тепличных комплексов».

ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги, 2018 йил 20 ноябрдаги ПҚ-4020-сон “Иссиқхона комплексларини ривожлантириш учун кўшимча шарт-шароитлар яратиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2019 йил 22 августдаги ПҚ-4422-сон “Иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳанинг энергия самарадорлигини ошириш, энергия тежовчи технологияларни жорий этиш ва қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантиришнинг тезкор чора-тадбирлари тўғрисида”ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазибаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Диссертация иши бўйича тадқиқотлар фан ва технологиялар ривожланишининг IV. “Қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш усулларини ривожлантириш, нанотехнологиялар, фотоника ва бошқа замонавий илғор технологиялар ва қурилмаларни яратиш” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Иссиқхоналарнинг иссиқлик таъминоти тизимларида гелиоқурилмалардан фойдаланиш соҳасидаги тадқиқотларни ривожлантиришга таниқли хорижлик олимлар, жумладан, В.В. Есин, А.Г. Егизаров, М.С. Илюхин, В.В. Харченко, А.Р. Мазаев, Л.Г. Прищеп, Л.Е. Рыбакова, Р.Б. Байрамов, Б.И. Казанджан, Ю.Т. Кравченко, А.М. Пенджиев, А.И. Исманжановлар қатта ҳисса қўшган.

Республикамизда иссиқхоналарда талаб этиладиган иссиқлик-намлик режимларини таъминлаш учун гелиоқиздириш қурилмаларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш борасида етакчи олимлар Р.А. Захидов, Р.Р. Аvezов, Ю.Н. Якубов, Ш.М. Мирзаев, А.Б. Вардияшвили, Н.Р. Аvezова, Ғ.Н. Узоқов, З.С. Исқандаров ва Б.Э. Хайриддиновлар томонидан илмий изланишлар олиб борилган. Хусусан, улар томонидан иссиқхоналарнинг иссиқлик-намлик режимларини такомиллаштириш, қуёш қурилмаларини қўллаш асосида энергия самарадор иссиқхоналарни ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар олиб борилган ҳамда қуёш энергиясини аккумуляциялашнинг самарадор усуллари ва ҳимояланган тупроқ иншоотларида зарур микроклимни яратиш учун гелиоқурилмалар ишлаб чиқилган.

Эришилган ижобий илмий натижаларга қарамасдан, ҳозирги вақтда иссиқхоналарнинг оптимал микроклиминини яратиш учун ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимларида паст потенциалли қуёш иссиқлигинини самарали қўлланилиши етарлича ўрганилмаган. Шу сабабли, иссиқхоналар ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш учун самарадор гелиоқиздириш тизимини ишлаб чиқиш долзарб масала ҳисобланади.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Қарши муҳандислик - иқтисодиёт институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ ИОТ-2016-3-8 “Қуёш энергиясининг сувли аккумулятори асосида мева-сабзавот омборлари ҳавосини намлантириш тизимини жорий этиш” мавзусидаги инновацион лойиҳа (2016-2017 й.й), ИТД-4-

06 “Қайта тикланувчи энергия манбалари асосида совутиш камераларининг энергия тежамкор ёпиқ энергия таъминоти ва вентиляция тизимини ишлаб чиқиш” (2012-2014 й.й.) мавзусида давлат илмий-техникавий дастурининг амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади паст потенциалли қуёш қурилмаларидан фойдаланиб иссиқхона ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимини ишлаб чиқиш ва параметрларини асослашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимли гелиоиссиқхоналарнинг ҳарорат-намлик режимларини математик моделлаштириш ва асосий иссиқлик-техник параметрларини аниқлаш;

иссиқхоналарни вентиляция ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш учун комбинациялашган сув-ҳаво коллекторли гелиоқиздириш тизимининг иссиқлик схемасини ишлаб чиқиш;

иссиқхоналарни вентиляция ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш учун комбинациялашган қуёш коллекторли ва аралаштирувчи иссиқлик алмаштиргичли гелиоқиздириш қурилмасини ишлаб чиқиш;

вентиляция ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов берадиган гелиоқиздириш қурилмасининг иссиқлик-гидродинамик режимларини моделлаштириш ва тадқиқот қилиш;

қуёш энергиясининг сувли аккумулятори асосида шамоллатиш ҳавосини намлантириш тизимини ишлаб чиқиш;

гелиоқиздириш қурилмаларидан фойдаланиб иссиқхона ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимининг техник-иктисодий кўрсаткичларни аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида гелиоқиздиргич қурилмали иссиқхоналарнинг иссиқлик-намлик режимлари ва ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизими олинган.

Тадқиқотнинг предмети ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш учун паст потенциалли гелиоқиздириш қурилмалари, ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимида иссиқлик ва масса алмашинув жараёнлари, гелиоқурилмали иссиқхоналарнинг ҳарорат ва намлик режимлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида математик моделлаштириш, иссиқлик техникасининг назарий асослари, иссиқлик технологик жараёнларни тажрибавий тадқиқот қилиш ва тажриба натижаларини умумлаштириш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қуруқ-иссиқ иқлим шароитида иссиқхоналарда талаб этиладиган ҳарорат-намлик режимини таъминлаш учун вентиляция ҳавосига иссиқлик-намлик билан ишлов берувчи гелиоқиздириш тизимининг такомиллаштирилган иссиқлик схемаси ишлаб чиқилган;

иссиқхоналарни ҳавосини қиздириш, совутиш, намлантириш, қўшимча иссиқ сув олиш ва вентиляция ҳавосига иссиқлик-намлик билан ишлов бериш учун комбинациялашган сув-ҳаволи қуёш коллекторли ва аралаштирувчи иссиқлик алмаштиргичли гелиоқиздириш қурилмаси ишлаб чиқилган;

атроф-муҳит, ички ҳаво ва иссиқхона девори конструкциясини иссиқлик-техник параметрларини ҳисобга олган ҳолда вентиляция ҳавосига иссиқлик-намлик билан ишлов берувчи гелиоқиздириш тизимли иссиқхонанинг ҳарорат-намлик режимини ҳисоблаш имконини берадиган математик модел ишлаб чиқилган;

комбинациялашган сув-ҳаволи қуёш коллектори иссиқлик-гидродинамик режимларининг тажрибавий тадқиқоти натижаларини умумлаштириш асосида қуёш коллекторининг қувурларида гидравлик қаршилик ва иссиқлик бериш коэффицентини аниқловчи эмпирик тенгламалар олинган;

қуёш энергиясининг сувли аккумулятори асосида вентиляция ҳавосини намлантирувчи иссиқлик технологик қурилма таклиф этилган ва энергетик самарадорлиги асосланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

иссиқхонани вентиляция ҳавосига иссиқлик-намлик билан ишлов берувчи сув-ҳаволи қуёш коллекторли гелиоқиздириш тизими ва унинг такомиллаштирилган иссиқлик схемаси яратилган;

иссиқхонани вентиляция ҳавосига иссиқлик-намлик билан ишлов бериш ва ички ҳавони ўта қизишини бартараф этиш имконини берадиган комбинациялашган қуёш қурилмаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги табиий шароитда замонавий асбоб-ускуналар ва тадқиқот усулларида фойдаланган ҳолда олинган кўп сонли тажриба натижалари билан асосланади, иссиқлик-техник тажрибаларни ўтказиш ва натижаларни қайта ишлашнинг умум эътироф этилган усуллари қўлланилганлиги, ишлаб чиқариш тажриба натижалари, бир хил дастлабки шароитларда ҳисобий ва тажриба натижаларини мос келиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти иссиқхоналарда микроклимни таъминлаш тизимларида кечадиган ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш жараёнларида аралаштирувчи иссиқлик алмаштиргичли комбинациялашган қуёш коллекторидан фойдаланиш тўғрисидаги илмий-назарий тушунчаларни кенгайтириши ва комбинациялашган қуёш коллектори қувурларида гидравлик қаршилик ва иссиқлик бериш коэффицентларини аниқлайдиган эмпирик тенгламалар олинганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти анъанавий энергия манбалари сарфини камайишини таъминловчи гелиоқиздириш қурилмали ҳавога иссиқлик-намлик билан ишлов бериш тизимини ишлаб чиқиш ва иссиқхона мажмуаларида ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш учун самарадор гелиоқиздиргичларни кенг қўламда қўлланилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Иссиқхона ҳавосига иссиқлик-намлик билан ишлов бериш учун гелиоқиздириш тизимини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ҳавога иссиқлик-намлик ишлов берувчи комбинациялашган сув-ҳаволи қуёш коллекторли энергия тежамкор гелиоқиздириш тизими Қашқадарё вилоятининг “Қашқадарё парник таракқиёт инвест” МЧЖ иссиқхонасида жорий қилинган

(Қишлоқ хўжалик вазирлигининг 2021 йил 15 декабрдаги №02/022-5081-сон маълумотномаси). Натижада, фойдали майдони 100 м² бўлган иссиқхонада бир мавсум давомида 12792÷12800 кВт-соат электр энергияси тежалишига эришилган.

иссиқхона вентиляция ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш учун комбинациялашган қуёш коллекторли ва аралаштирувчи иссиқлик алмаштиргичли гелиоқиздириш қурилмаси Қашқадарё вилоятининг “Тараққиёт сари” МЧЖ иссиқхона хўжаликларида жорий қилинган (Қишлоқ хўжалик вазирлигининг 2021 йил 15 декабрдаги №02/022-5081-сон маълумотномаси). Натижада, майдони 100 м² бўлган иссиқхонада мавсум давомида 22...25% шартли ёқилғи тежалишига эришилган;

ҳавога иссиқлик-намлик ишлов берувчи гелиоқиздириш тизими бир гектар майдонли иссиқхоналарда жорий этилган (Қишлоқ хўжалик вазирлигининг 2021 йил 15 декабрдаги №02/022-5081-сон маълумотномаси). Натижада, анъанавий тизимда ишловчи иссиқхоналарга нисбатан 377,6 млн. сўм иқтисод қилиш имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 5 та илмий-амалий анжуманларда, шу жумладан, 2 та ҳалқаро ва 3 та республика анжуманларида апробациядан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 22 та илмий ишлар чоп этилган бўлиб, шу жумладан, 2 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия қилинган 2 та ҳалқаро ва 4 та республика журналларида илмий мақолалар нашр қилинган ҳамда ЭХМ учун 2 та дастурий маҳсулотга муаллифлик гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 114 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

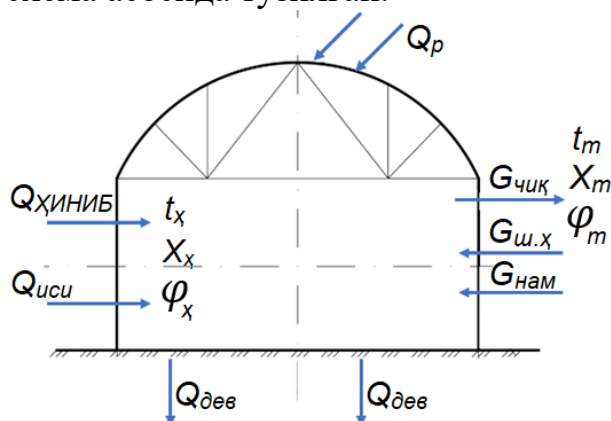
Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган ҳамда республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги аниқланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилиниши, ишнинг апробацияси, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг “**Гелиоиссиқхона ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимининг замонавий ҳолати таҳлили**” деб номланган биринчи бобида жаҳон амалиётида қўлланилаётган гелиоиссиқхоналарда ҳавога иссиқлик-намлик билан ишлов бериш тизимлари, гелиоиссиқхоналарда ҳавога иссиқлик-намлик билан ишлов бериш усуллари, шунингдек, гелиоиссиқхона ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимида қўлланиладиган гелиоқиздириш қурилмаларининг

таҳлили келтирилган. Бажарилган илмий-тадқиқотларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, баҳорги-кузги даврда гелиоиссиқхоналарда ички ҳавони ўта қизиқ кетиш муаммолари кам ўрганилган. Эришилган муҳим натижаларга қарамасдан, ҳавога иссиқлик-намлик билан ишлов бериш тизимларидаги технологик жараёнларда энергия сарфини камайтириш масалалари етарлича ўрганилмаган, шунингдек, иссиқхона ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш учун комбинациялашган сув-ҳаво қуёш коллекторидан фойдаланиш имкониятлари етарлича тадқиқот қилинмаган. Ўтказилган илмий-таҳлил асосида ва иссиқхоналарнинг иссиқлик таъминоти тизимларида энергия тежаш соҳасида тадқиқотлар кўламининг кенгайтириш тенденцияларини ҳисобга олиб диссертациянинг мақсади ва вазифалари шакллантирилди.

Диссертациянинг “**Ҳавога иссиқлик-намлик билан ишлов бериш тизимли гелиоиссиқхоналарнинг ҳарорат-намлик режимининг ҳисобий тадқиқоти**” деб номланган иккинчи бобида ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимли гелиоиссиқхоналарнинг ҳарорат-намлик режимининг математик модели ва назарий тадқиқот натижалари, ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимли гелиоиссиқхоналарнинг иссиқлик балансини энергетик таҳлили, шунингдек, гелиоиссиқхоналарда термодинамик жараёнларни нам ҳавонинг *i-d* диаграммасидан фойдаланиб ҳисоблаш натижалари келтирилган.

Ҳарорат-намлик режимини тадқиқот қилиш учун фойдали майдони 100 м² бўлган пленка қопламали тажриба гелиоиссиқхона яратилган. Тажриба қуёш иссиқхонасининг ҳарорат-намлик режимини математик модели 1-расмда кўрсатилган ҳисобий схема асосида тузилган.



1-расм. Ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимли гелиоиссиқхонанинг ҳарорат-намлик режимини ҳисобий схемаси.

Тунги режимда қуёш радиацияси ҳисобга олинмаганда тажриба гелиоиссиқхонанинг иссиқлик баланси тенгламаси куйидаги кўринишга эга:

$$\rho V C_{p\text{Ҳаво}} \frac{dt(\tau)}{d\tau} = Q_{\text{иси}} - (\sum Q_{\text{дев}} + Q_{\text{ҲИНИБ}}) \quad (1)$$

Иссиқхонага иситиш тизимидан узатилган иссиқлик миқдори:

$$Q_{\text{иси}} = G_{\text{иссиқ}} C_{\text{иссиқ}} (t_6 - t_0) \quad (2)$$

Иссиқхонанинг деворлари орқали йўқотиладиган иссиқлик:

$$Q_{\text{дев}} = \sum k F (t_{\text{и}} - t_{\text{т}}) \quad (3)$$

Шамоллатиш ҳавоси орқали йўқотиладиган иссиқлик:

$$Q_{\text{ХИНИБ}} = G_{\text{ш.х}} C_{\text{хаво}} (t_{\text{и}} - t_{\text{т}}) \quad (4)$$

(1-4) тенгламаларни Эйлер методи билан ечиш орқали иссиқхона иссиқлик балансининг умумий ечимини ифодаловчи қуйидаги тенглама олинган:

$$t(\tau) = \frac{\left[\frac{G_{\text{иссиқ}} C_{\text{иссиқ}} (t_{\text{б}} - t_0) - t_{\text{б}} (\sum kF + G_{\text{ш.х}} C_{\text{хаво}})}{(\sum kF + G_{\text{ш.х}} C_{\text{хаво}})} \right] \left(e^{\frac{(\sum kF + G_{\text{ш.х}} C_{\text{хаво}}) \tau}{\rho V c_{p \text{ хаво}}}} - 1 \right) + t_0}{e^{\frac{(\sum kF + G_{\text{ш.х}} C_{\text{хаво}}) \tau}{\rho V c_{p \text{ хаво}}}}}. \quad (5)$$

Тадқиқот қилинган тажриба гелиоиссиқхонасининг намлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\rho V \frac{dX(\tau)}{d\tau} = G_{\text{ш.х}} X_{\text{ш.х}} - G_{\text{чиқ}} X + G_{\text{нам}} \quad (6)$$

Бир нечта математик ўзгартиришлардан сўнг ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимли гелиоиссиқхонасининг намлик баланси тенгламасининг ечими бошланғич шартлар $\tau = 0$; $X(\tau) = X(0)$ бўлганда қуйидаги кўринишда олинган:

$$X(\tau) = \frac{\left(\frac{G_{\text{ш.х}} X_{\text{ш.х}} + G_{\text{нам}}}{G_{\text{чиқ}}} \right) \left(e^{\frac{G_{\text{чиқ}} \tau}{\rho V}} - 1 \right) + X_0}{e^{\frac{G_{\text{уш}} \tau}{\rho V}}}. \quad (7)$$

Кундузги режимда қуёш радиацияси ҳисобга олинганда иссиқхонасининг иссиқлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\rho V C_{\text{рвоз}} \frac{dt(\tau)}{d\tau} = Q_{\text{от}} + Q_{\text{р}} - (\sum Q_{\text{огр}} + Q_{\text{ТВОВ}}) \quad (8)$$

Қуёш радиациясининг иссиқхонага тушадиган умумий оқими:

$$Q_{\text{р}} = \bar{q}_{\text{туш}} k_{\text{ўтк}} \alpha_{\text{ўтк}} F \quad (9)$$

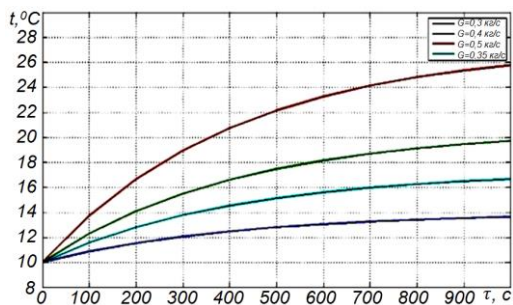
$\tau = 0$; ($t = t_0$) бошланғич шартларни ҳисобга олиб, бир нечта математик ўзгартиришлардан сўнг қуйидаги охириги умумий ечим олинган:

$$t(\tau) = \frac{\left[\frac{G_{\text{исс}} C_{\text{исс}} (t_{\text{б}} - t_0) + \bar{q}_{\text{туш}} k_{\text{ўтк}} \alpha_{\text{ўтк}} F + t_{\text{б}} (\sum kF + G_{\text{ш.х}} C_{\text{хаво}})}{(\sum kF + G_{\text{ш.х}} C_{\text{хаво}})} \right] \left(e^{\frac{(\sum kF + G_{\text{ш.х}} C_{\text{хаво}}) \tau}{\rho V c_{p \text{ хаво}}}} - 1 \right) + t_0}{e^{\frac{(\sum kF + G_{\text{ш.х}} C_{\text{хаво}}) \tau}{\rho V c_{p \text{ хаво}}}}}. \quad (10)$$

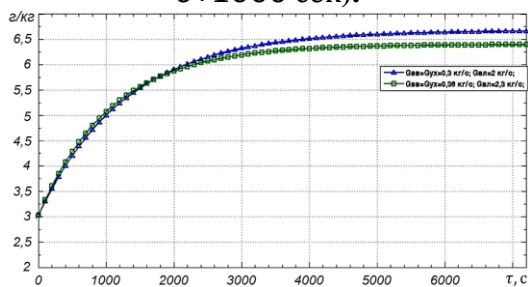
Тажриба иссиқхонасининг иссиқлик-намлик режимларини моделлаштириш Matlab дастурида бажарилган ҳисоблари натижалари 2-7-расмларда кўрсатилган.

Иссиқхонасининг ҳарорат-намлик режимларини моделлаштириш натижалари таҳлили шуни кўрсатадики, фойдали майдони 100 м² бўлган тажриба гелиоиссиқхонасида йилнинг қишги мавсумида (Қарши шаҳри шароити учун) зарур ҳарорат режимини (+18...+20°C) яратиш учун $G_{\text{и.т}} = 0,4$ кг/с иссиқлик ташувчининг сарфи талаб этилади (2 ва 3-расм).

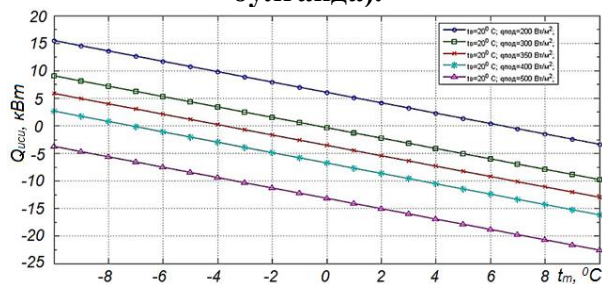
Қиш мавсумида ташқи ҳаво ҳарорати $t_{\text{т}} = 0 \dots -5^\circ\text{C}$ бўлганда иссиқхонада зарур $t_{\text{х}} = 20^\circ\text{C}$ ҳароратни таъминлаш учун иссиқхона иситиш тизимининг иссиқлик юкламаси 18...24 кВт ни ташкил этади (5-расм).



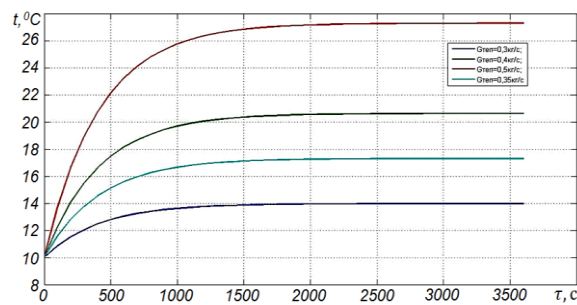
2-расм. Иссиқхона ички ҳавоси ҳароратини иситиш тизими иссиқлик ташувчиси сарфига ва вақтга боғлиқ ҳолда ўзгариши графиги ($\tau = 0 \div 1000$ сек).



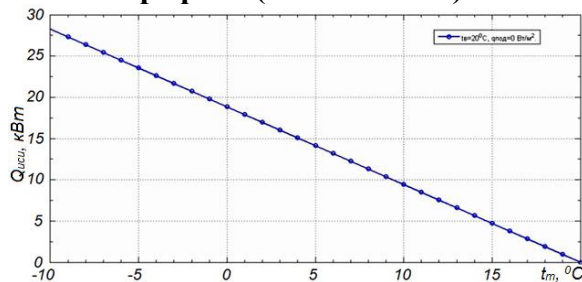
4-расм. Иссиқхона ички ҳавоси намлигини намлик сарфига боғлиқ ҳолда ўзгариши графиги ($\tau = 0 \div 7000$ сек бўлганда).



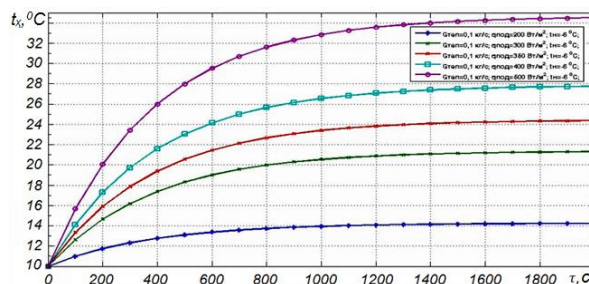
6-расм. Иссиқхона иситиш тизими иссиқлик қувватини ташқи ҳаво ҳароратига боғлиқ ҳолда ўзгариши графиги ($q_{\text{туш}}^- = 200 \div 500$ Вт/м² бўлганда).



3-расм. t_x ни $G_{\text{и.т}}$ ва τ га боғлиқлик графиги ($\tau = 0 \div 4000$ сек).



5-расм. Тажриба иссиқхонасининг иситиш юклагасини ташқи ҳаво ҳароратига боғлиқ ҳолда ўзгариши графиги ($q_{\text{туш}}^- = 0$).



7-расм. Тажриба иссиқхонаси ички ҳавоси ҳароратини қуёш иссиқлик оқими ҳисобга олинганда вақт бўйича ўзгариши графиги (иситиш тизими ишлаганда).

Агар иссиқхонанинг умумий иссиқлик балансига қуёш радиацияси таъсирини ҳисобга олсак, у ҳолда $q_{\text{туш}} = 300$ Вт/м² шароитда иситишга зарур иссиқлик юклагаси икки марта камаяди ($t_T = -10^\circ\text{C}$) (6-расм).

Тадқиқотларда олинган маълумотларга мувофиқ иссиқхонада оптимал +18...+20°C ҳарорат режимини таъминлаш учун иссиқхонани иситишга зарур иссиқлик юклага ташқи ҳаво ҳарорати $t_T = -6^\circ\text{C}$ бўлганда $Q_{\text{исси}} = 22 \dots 24$ кВт ни ташкил этади. Шунингдек, иссиқхона иссиқлик балансини моделлаштириш асосида иситиш тизими ишлаганда иссиқхона ички ҳавосининг ҳароратини вақт ва қуёш иссиқлик оқими га боғлиқ ҳолда ўзгариш графиги олинган (7-расм).

Шундай қилиб, гелиоиссиқхона ҳарорат-намлик режимини ишлаб чиқилган математик модели ҳудуднинг ташқи ҳаво ҳарорати ва тушадиган қуёш радиацияси ўзгаришига боғлиқ равишда иссиқлик юкламасини бошқариш имконини беради.

Қарши шаҳри табиий иқлим шароитида фойдали майдони 100 м² бўлган тажриба гелиоиссиқхонасининг иссиқлик балансини ҳисоблаш амалга оширилган. Иссиқлик балансини ҳисоблаш натижалари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Фойдали майдони 100 м² бўлган тажриба гелиоиссиқхонаси иссиқлик балансининг иссиқлик-техник параметрлари

№	Гелиоиссиқ-хонанинг иш режимлари	$t_r, ^\circ\text{C}$	$t_i, ^\circ\text{C}$	$Q_{\text{дев}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{инф}}, \text{кВт}$	$Q_p, \text{кВт}$	$Q_{\text{хин}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{ис}}, \text{кВт}$
ҳарорат $t_r = 0^\circ\text{C}$ бўлганда								
I	Тунги режим	0	18	15,66	3,13	-	-	18,79
II	Кундузги режим	0	18	15,66	3,13	7,35	5,4	9,64
ҳарорат $t_r = -6^\circ\text{C}$ бўлганда								
I	Тунги режим	-6	18	20,1	5,01	-	-	25,1
II	Кундузги режим	-6	18	20,1	5,01	4,9	4,0	16,21

Тажриба иссиқхонаси иссиқлик балансининг энергетик таҳлили шуни кўрсатадики, иссиқхонани тунги ишлатиш режимида девор орқали иссиқлик йўқотилиши иситиш тизимининг иссиқлик юкламасини 79-83% ини ташкил этади. Кундузги режимда ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизими орқали киритиладиган қуёш иссиқлик оқими умумий иссиқлик балансининг 28% ини ташкил этади, шаффоф қоплама орқали кирган қисми эса 40,8% га тенг бўлиши аниқланди. Шундай қилиб, кундузги режимда ҳавога иссиқлик-намлик ишлов беришнинг гелиоқиздириш тизимидан ва шаффоф тўсиқ орқали ўтган қуёш радиациясидан фойдаланиш натижасида 60-68% иссиқлик энергияси тежалади (1-жадвал).

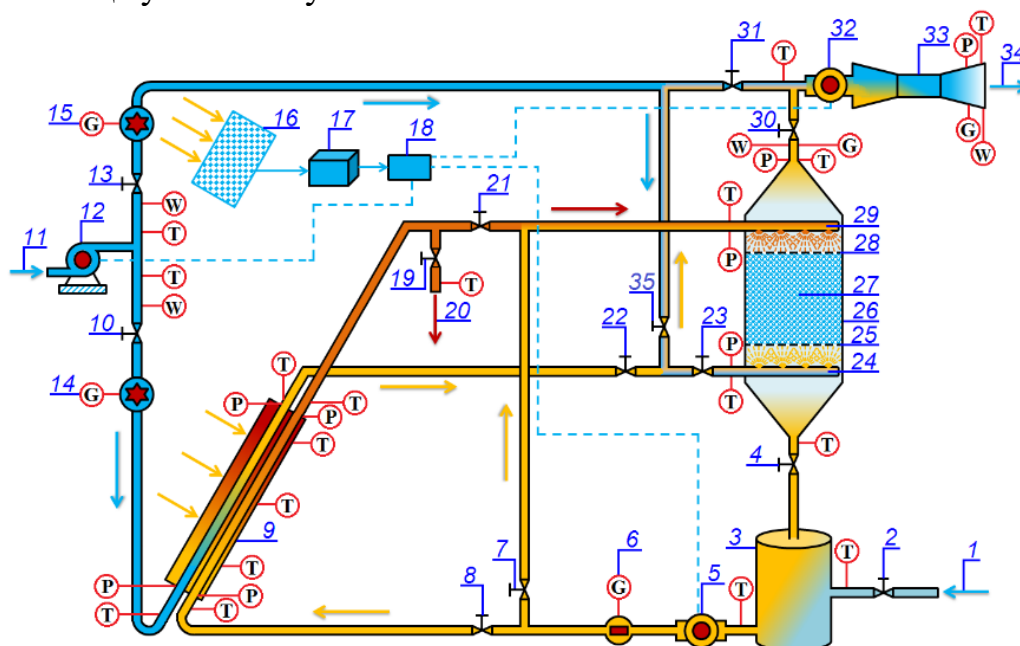
Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, ташқи ҳавонинг ўртача кунлик ҳарорати $t_r = -6^\circ\text{C}$ бўлган совуқ кунларда тунги режимда иссиқлик юкламаси 6,31 кВт га ортади, яъни 34% га кўпаяди ва 25,1 кВт га етади. Қарши шаҳри шароитида кундузги режимда иссиқлик юкламаси 8,89 кВт га камаяди ва 16,21 кВт ни ташкил этади (1-жадвал).

Диссертациянинг **“Иссиқхоналарда ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш учун гелиоқиздириш тизимини ишлаб чиқиш ва тадқиқот қилиш”** деб номланган учинчи бобида тажриба қурилмасининг тавсифи, тажрибани ўтказиш услуги, комбинациялашган қуёш коллекторининг текис қувурида гидродинамика ва иссиқлик алмашинуви бўйича ўтказилган тажриба натижалари ҳамда натижаларни умумлаштириш асосида олинган эмпирик тенгламалар келтирилган.

Олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, йилнинг иссиқ даврида гелиоиссиқхоналарда, айниқса куруқ-иссиқ иқлимли ҳудудларда иссиқхона ички ҳавосининг ҳарорати 35-40^oC гача етади. Тадқиқот ишида гелиоиссиқхона ички ҳавоси ҳароратини ўта қизишини бартараф этиш ва талаб этиладиган иссиқлик-намлик режимини яратиш учун гелиоқиздириш тизими таклиф қилинган.

Иссиқхоналарда анъанавий ёқилғи-энергия ресурсларини (табiiй газ, кўмир ва ҳ.к.з.) тежаш мақсадида ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш учун комбинациялашган қуёш коллекторли ва аралаштирувчи иссиқлик алмаштиргичли гелиоқиздириш тизими ишлаб чиқилган (8-расм).

Таклиф этилган гелиоқиздириш тизими иссиқхонани вентиляция ҳавосига иссиқлик-намлик билан ишлов бериш учун хизмат қилади ва ҳавони қиздириш, совитиш, қуритиш ва намлантиришни таъминлайди, шунингдек тизимдан бир вақтда иссиқхонани тупроқ ости иситиш ва томчили суғориш тизими учун қўшимча иссиқ сув олиш мумкин.

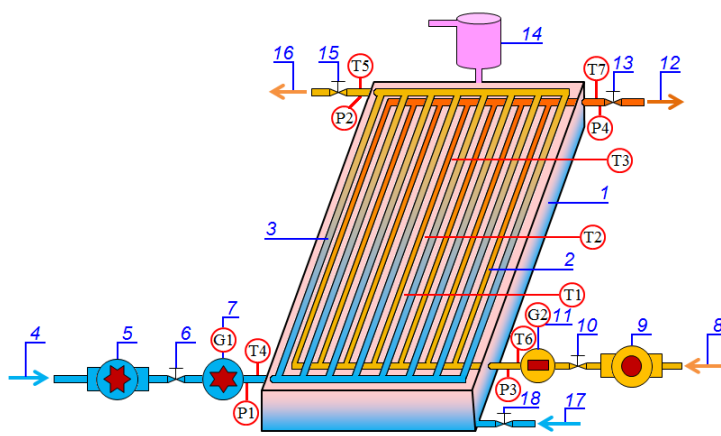
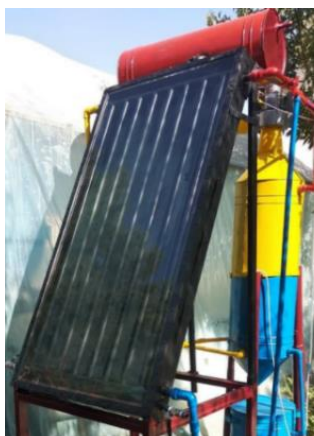


- 1-совуқ сув; 2, 4, 7, 8, 10, 13, 19, 21, 22, 23, 30, 31, 35-вентиллар; 3-совуқ сув учун идиш; 5-циркуляцион насос; 6-сув учун сарф ўлчагич; 9-комбинацияланган сув-ҳаво қуёш коллектори; 11-атмосфера ҳавоси; 12, 32-вентиллятор; 14, 15-ҳаво учун сарф ўлчагич; 16-фотоэлектрик ўзгартиргич; 17-аккумулятор; 18-қучланиш инвертори; 20-иссиқ сув; 24-ҳаво форсункаси; 25-пастки тарелка; 26-аралаштирувчи иссиқлик алмаштиргич; 27-насадка; 28-юқори панжара; 29-сув форсункаси; 33-эжектор; 34-намланган ҳаво.

8-расм. Иссиқхонада ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш учун аралаштирувчи иссиқлик алмаштиргичли гелиоқиздириш тизимининг принцинал схемаси.

Тажриба қурилмаси (9-расм) аралаштирувчи иссиқлик алмаштиргичли комбинациялашган сув-ҳаволи қуёш коллекторида иссиқлик ташувчининг турли тезлик ва сарфларида гидродинамик ва иссиқлик алмашинув жараёнларини моделлаштириш ва тажрибавий тадқиқот қилиш учун мўлжалланган.

Ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимининг асосий иссиқлик-техник қурилмаси паст потенциалли ясси комбинациялашган қуёш коллектори (КҚК) ҳисобланади. 9-расмда ишлаб чиқилган комбинациялашган сув-ҳаво қуёш коллекторининг тажриба қурилмаси кўрсатилган.



1-қуёш коллектори корпуси; 2-сув қувири; 3-ҳаво қувири; 4-атмосфера ҳавоси; 5-вентилятор; 6, 10, 13, 15, 18-вентиллар; 7, 11-сарф ўлчагичлар; 8-сув; 9-циркуляцион насос; 12-иссиқ сув; 14-кенгайтирувчи бак; 16-исиган ҳаво; 17-дастлабки сув.

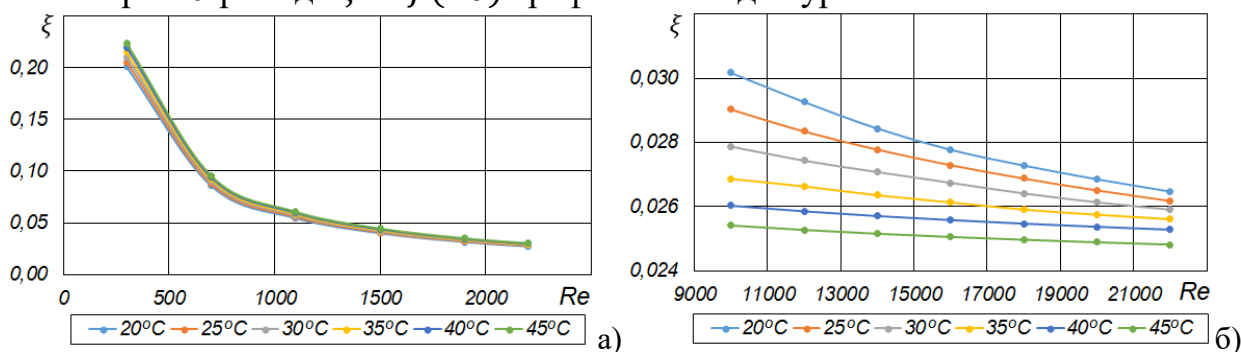
9-расм. Аралаштирувчи иссиқлик алмаштиргичли комбинациялашган сув-ҳаволи қуёш коллекторининг умумий кўриниши ва ўлчаш схемаси.

Қуёш коллекторининг ҳаво қувирида гидродинамик жараёнларни тажрибавий тадқиқотлари асосий параметрларнинг қуйидаги қийматлари оралиғида ўтказилган:

а) ламинар режимда: ҳавонинг сарфи $G_1 = 0,83 \dots 6,06 \cdot 10^{-4}$ кг/с, тезлиги $w_1 = 0,23 \dots 1,66$ м/с, ҳавонинг киришдаги ҳарорати $t_{\text{ҳаво}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$, девор ҳарорати $t_{\text{дев}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$, Рейнольдс сони $Re = 300 \dots 2200$.

б) турбулент режимда: ҳавонинг сарфи $G_1 = 0,29 \dots 0,65 \cdot 10^{-2}$ кг/с, ҳавонинг тезлиги $w_1 = 8,0 \dots 17,61$ м/с, ҳавонинг киришдаги ҳарорати $t_{\text{ҳаво}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$, Рейнольдс сони $Re = 10000 \dots 22000$.

Қуёш коллекторининг силлиқ қувурларида ҳавонинг ламинар ва турбулент оқим режимларида ва қуёш коллектори қувири деворининг ҳароратлари турлича бўлганда гидравлик қаршилик коэффиценти бўйича олинган тажриба натижалари 10-расмда $\xi = f(Re)$ график шаклида кўрсатилган.



10-расм. Ҳавонинг ламинар (а), турбулент (б) оқим режимларида ва турли ҳароратларида гидравлик қаршилик коэффиценти Рейнольдс сонига боғлиқлик графиги.

Ҳавонинг ламинар ва турбулент оқим режимларида қуёш коллекторининг силлиқ қувурларида олинган тажриба натижаларини умумлаштириш асосида гидравлик қаршилик коэффиценти аниқлаш учун қуйидаги эмпирик тенгламалар олинган:

ламинар оқим режимида:

$$\xi = \frac{61,91}{Re_{\text{хаво}}^{1,003}} \left(\frac{\mu_{\text{дев}}}{\mu_{\text{хаво}}} \right)^{1,312} \quad (11)$$

(11) формула $300 < Re < 2200$; $t_{\text{дев}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$; $t_{\text{хаво}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$; $0,95 < \mu_{\text{дев}} / \mu_{\text{хаво}} < 1,07$ ораликларда ўринли бўлиб, ҳисоблаш хатолиги $\pm 5\%$ ни ташкил этди.

Турбулент оқим режимида:

$$\xi = \frac{0,0838}{Re_{\text{хаво}}^{0,12}} \quad (12)$$

(12) формула $10000 < Re < 22000$; $t_{\text{хаво}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$ ораликларда ўринли бўлиб, ҳисоблаш хатолиги эса $\pm 6\%$ ни ташкил этади.

Қуёш коллекторининг сув қувурларида гидродинамик жараённи тажрибавий тадқиқотлари асосий параметрларнинг қуйидаги оралиғида ўтказилган:

а) ламинар режимда: сувнинг сарфи $G_1 = 0,83 \dots 6,06 \cdot 10^{-4}$ кг/с, тезлиги $w_1 = 0,23 \dots 1,66$ м/с, сувнинг киришдаги ҳарорати $t_{\text{сув}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$, девор ҳарорати $t_{\text{дев}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$, Рейнольдс сони $Re = 300 \dots 2200$.

б) турбулент режимда: сувнинг сарфи $G_1 = 0,107 \dots 0,16$ кг/с, тезлиги $w_1 = 0,6 \dots 0,9$ м/с, сувнинг киришдаги ҳарорати $t_{\text{сув}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$, девор ҳарорати $t_{\text{дев}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$, Рейнольдс сони $Re = 10000 \dots 15000$.

Сувнинг ламинар ва турбулент оқим режимларида қуёш коллекторининг силлиқ қувурларида олинган тажриба натижаларини умумлаштириш асосида гидравлик қаршилик коэффицентини аниқлаш учун қуйидаги эмпирик тенгламалар олинган:

ламинар оқим режимида изотермик оқимда ишқаланиш қаршилиги коэффицентини:

$$\xi = \frac{61,03}{Re^{1,01}} \quad (13)$$

Қувурларда суюқликнинг қовушқоқ ($GrPr < 8 \cdot 10^5$) ноизотермик оқимида ишқаланиш қаршилиги коэффицентини қуйидаги эмпирик тенглама бўйича аниқланди:

$$\xi = \frac{66,83}{Re} \left(\frac{\mu_{\text{дев}}}{\mu_{\text{сув}}} \right)^{1,16} \quad (14)$$

Тажрибалар асосида қуёш коллектори қувурларида суюқликнинг қовушқоқ-гравитацион ($GrPr > 8 \cdot 10^5$) ноизотермик оқимида ишқаланиш қаршилиги коэффицентини қуйидаги эмпирик тенглама олинди:

$$\xi = \frac{0,471}{Re_{\text{сув}}^{0,641}} \left(\frac{Pr_{\text{дев}}}{Pr_{\text{сув}}} \right)^{0,408} \left(\frac{Gr_{\text{сув}} Pr_{\text{сув}}}{Re_{\text{сув}}} \right)^{0,319} \quad (15)$$

(13)-(15) формулалар $300 < Re < 2200$; $t_{\text{дев}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$; $t_{\text{сув}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$; $0,95 < \mu_{\text{дев}} / \mu_{\text{сув}} < 1,07$ ораликларда ўринли ҳисобланади.

Турбулент режимда изотермик оқимда ишқаланиш қаршилиги коэффицентини қуйидаги ифода орқали аниқланди:

$$\xi = \frac{0,164}{Re_{\text{сув}}^{0,185}} \quad (16)$$

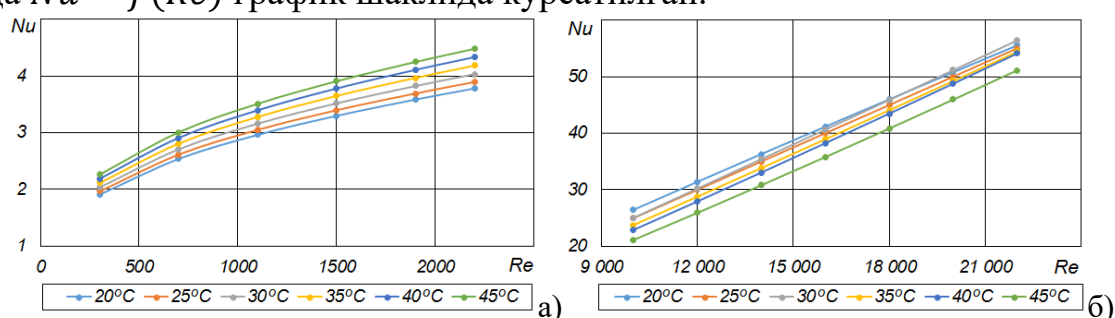
Тажрибалар натижаларини умумлаштириб, қувурларда суюқликнинг ноизотермик турбулент оқим режимида ишқаланиш қаршилиги коэффицентини қуйидаги эмпирик тенглама олинди:

$$\xi = \frac{0,204}{Re_{\text{сув}}^{0,207}} \left(\frac{Pr_{\text{дев}}}{Pr_{\text{сув}}} \right)^{0,33} \quad (17)$$

(16)-(17) формулалар $10000 < Re < 15000$; $t_{\text{дев}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$; $t_{\text{сув}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$; $3,925 < Pr_{\text{дев}}/Pr_{\text{сув}} < 7,02$ ораликларда ўринли. Ҳисоблашлар хатолиги 5% дан ошмайди.

Иссиқхона ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимлари учун комбинациялашган сув-ҳаво қуёш коллекторининг иссиқлик режимини тажрибавий тадқиқотлари 9-расмда кўрсатилган тажриба қурилмасининг сув-ҳаво контурида ўтказилган.

Қуёш коллекторининг силлиқ қувурларида ҳавонинг ламинар ва турбулент оқим режимларида ва қуёш коллектори қузури деворининг ҳароратлари турлича бўлганда иссиқлик бериш коэффиценти бўйича олинган тажриба натижалари 11-расмда $Nu = f(Re)$ график шаклида кўрсатилган.



11-расм. Ҳавонинг ламинар (а), турбулент (б) оқим режимларида ва турли ҳароратларида иссиқлик бериш коэффиценти Рейнольдс сонига боғлиқлик графиги.

Ҳавонинг ламинар ва турбулент оқим режимларида қуёш коллекторининг силлиқ қувурларида олинган тажриба натижаларини умумлаштириш асосида иссиқлик бериш коэффиценти аниқлаш учун қуйидаги эмпирик тенгламалар олинган:

ламинар оқим режимида иссиқлик бериш коэффиценти аниқлаш учун мезонли тенглама:

$$Nu = 0,115Re^{0,34}Gr^{0,102} \quad (18)$$

(18) формула $10000 < Re < 22000$; $t_{\text{ҳаво}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$; $1827 < Gr < 10325$ ораликларда ўринли. Турбулент оқим режимида мезонли тенглама қуйидаги кўринишда олинди:

$$Nu = 0,0156Re^{0,81} \quad (19)$$

(19) формула $10000 < Re < 22000$; $t_{\text{ҳаво}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$ ораликларда ўринли.

Сувнинг ламинар ва турбулент оқим режимларида қуёш коллекторининг силлиқ қувурларида олинган тажриба натижаларини умумлаштириш асосида иссиқлик бериш коэффиценти аниқлаш учун қуйидаги эмпирик тенгламалар олинган:

ламинар оқим режимида қувурларда суюқликнинг қовушқоқ ($GrPr < 8 \cdot 10^5$) ноизотермик оқимида иссиқлик бериш коэффиценти қуйидаги эмпирик тенглама:

$$Nu = 0,126Re^{0,34}Pr^{0,44} \left(\frac{Pr_{\text{сув}}}{Pr_{\text{дев}}} \right)^{0,24} \quad (20)$$

Қувурларда суюқликнинг ковушқоқ-гравитацион ($GrPr > 8 \cdot 10^5$) ноизотермик оқимида иссиқлик бериш коэффициентлари куйидаги эмпирик тенглама:

$$Nu = 0,287Re^{0,34} Pr^{0,42} Gr^{0,04} \left(\frac{Pr_{сув}}{Pr_{дев}} \right)^{0,21} \quad (21)$$

(20)-(21) формулалар $300 < Re < 2200$; $t_{дев} = 20 \dots 45^\circ C$; $t_{сув} = 20 \dots 40^\circ C$; $3,925 < Pr_{сув} < 7,02$; $164000 < Gr < 473000$ ораликларда ўринли.

Турбулент оқим режимида:

$$Nu = 0,012Re^{0,86} Pr^{0,4} \left(\frac{Pr_{сув}}{Pr_{дев}} \right)^{0,25} \quad (22)$$

(22) формула $10000 < Re < 15000$; $t_{дев} = 20 \dots 45^\circ C$; $t_{сув} = 20 \dots 45^\circ C$; $3,925 < Pr_{дев}/Pr_{сув} < 7,02$ ораликларда ўринли бўлиб, ҳисоблашлар хатолиги $\pm 5\%$ ни ташкил этди.

Ҳисоблаш-тажриба тадқиқотлари асосида комбинациялашган сув-ҳаво қуёш коллекторининг иссиқлик техник параметрларини аниқлаш бўйича олинган натижалар 2-жадвалда келтирилган. Тажриба натижалари шуни кўрсатадики, ишлаб чиқилган комбинациялашган қуёш коллектори “сув+ҳаво” қиздириш режимида ишлаганда иссиқлик ташувчиларнинг ҳарорати мос равишда $40 \dots 42^\circ C$ (ҳаво) ва $45 \dots 50^\circ C$ (сув) гача етиши аниқланди, яъни олинган натижалар иссиқхона ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш тизими учун мақбул параметрлар ҳисобланади.

2-жадвал

Комбинациялашган қуёш коллекторининг сув+ҳаво режимидаги тажриба тадқиқотлари натижалари

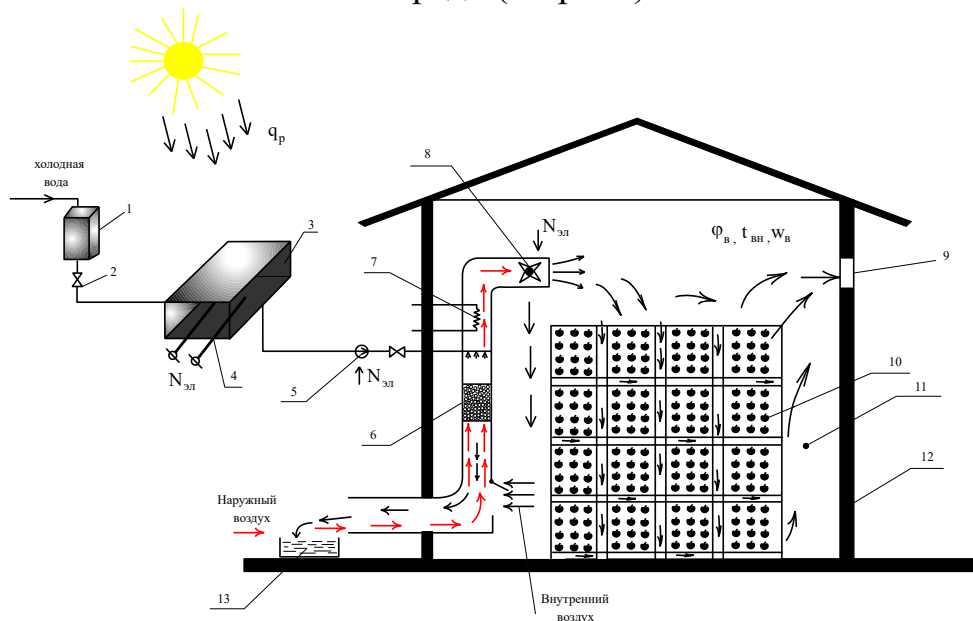
Маҳаллий вақт	Сувнинг чиқишдаги ҳарорати, $t_1, ^\circ C$	Ҳавонинг чиқишдаги ҳарорати, $t_2, ^\circ C$	Сув қабул қилган иссиқлик, $Q_{вод}, Вт$	Ҳаво қабул қилган иссиқлик, $Q_{воз}, Вт$	Коллектор қабул қилган иссиқлик, $Q_k, Вт$	Коллектор юзасидаги умумий қуёш радиацияси оқимининг интенсивлиги, $Q_p, Вт$	Коллекторнинг ФИК, η
9:00	25	24	167	138	305	970	0,31
10:00	32	29	402	138	540	1150	0,46
11:00	37	35	569	276	845	1200	0,70
12:00	41	37	703	276	979	1350	0,72
13:00	44	42	737	414	1151	1400	0,82
14:00	45	40	838	414	1252	1500	0,83
15:00	43	39	770	414	1184	1450	0,81
16:00	37	34	569	138	707	1400	0,50
17:00	31	30	368	138	506	1350	0,37
18:00	23	29	100	138	238	1100	0,21

Тажриба натижалари комбинациялашган қуёш коллекторини “сув+ҳаво” қиздириш режимида ишлаши мавжуд ўхшаш сув ва ҳаволи коллекторлар билан таққосланганда ФИК ортисини кўрсатди. КҚК ҳаво қиздириш режимида ишлаганда ўртача кунлик ФИК $\bar{\eta} = 0,48$ ташкил этади, сув қиздириш режимида ишлаганда $\bar{\eta} = 0,51$ бўлиши аниқланди. КҚК “сув+ҳаво” қиздириш режимида ишлаганда ўртача кунлик ФИК $\bar{\eta}_{ўрт}^{КҚК} = 0,57$ ташкил этади. Тажриба тадқиқотлари

шуни кўрсатдики, КҚК нинг ўртача кунлик ФИК $\bar{\eta}_{\text{кун}} = 0,57$ га тенг бўлиб, бу қиймат худди шундай ҳаволи қуёш коллекторига нисбатан 15...16% га, сувли қуёш коллекторига нисбатан 13...15% га юқори бўлиши аниқланди. Тажриба натижаларининг кўрсатишича ҳавонинг сарфи 0,05 м³/с дан 0,1 м³/с гача ортганда ўртача кунлик ФИК ни икки марта ортади.

Диссертациянинг “Иссиқхона мажмуалари омборларида қуёш энергияси сувли аккумулятори асосида ҳавони намлантириш тизимларининг самарадорлиги” деб номланган тўртинчи бобида қуёш энергияси сувли аккумулятори асосида вентиляция ҳавосини намлантириш тизими, омбор ҳавосини намлантириш тизими учун ясси қуёш сув қиздириш қурилмасининг иссиқлик режими тадқиқоти натижалари, иссиқхонада ҳавога иссиқлик-намлик ишлов беришнинг гелиоқиздириш тизими самарадорлигини техник-иқтисодий таҳлиллари келтирилган.

Ҳавони намлантириш учун ишлаб чиқилган қурилма асосида иссиқхона омборлари учун намлантириш тизими яратилган. Қуёш энергияси сувли аккумулятори асосидаги ҳавони намлантириш тизими нисбий намлиги 80% дан кам бўлмаган нам ҳавони олиш ва мева-сабзавот камераларида зарур намлик режимини таъминлаш имконини беради (12-расм).



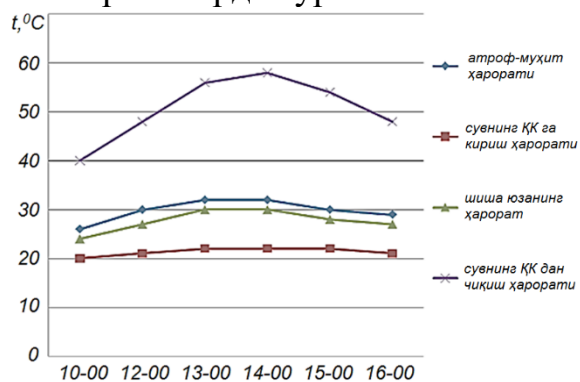
- 1-совуқ сув баки; 2-совуқ сув сарфини ростловчи клапан; 3-қуёш сув аккумулятори (қуёш коллектори); 4-қувурли электр қиздиргич (ҚЭҚ, дублёр); 5-сув насоси; 6-ҳавони намлантириш блоки; 7-иссиқлик насоси буғлатгичи; 8-вентилятор; 9-тортувчи туйнук;
10-маҳсулот тахлами; 11-маҳсулотларни сақлаш камераси; 12-камера девори; 13-сув йиғиш учун бак.

12-расм. Қуёш энергияси сувли аккумулятори асосидаги вентиляция ҳавосини намлантириш тизимининг принципаал схемаси.

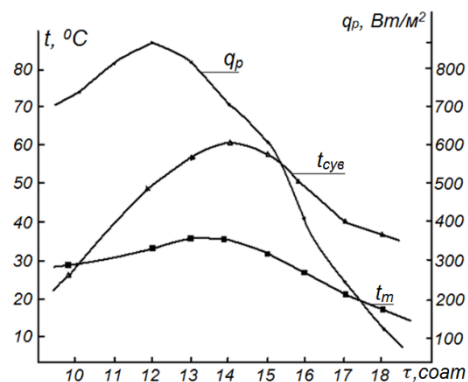
Таклиф қилинган тизимнинг асосий элементи қуёш энергияси сувли аккумулятори (ҚСА) – қуёш коллектори (КҚ) ҳисобланади. Ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимининг ўхшаш аналогларига қараганда асосий афзаллиги, қуёшли сув аккумуляторидан фойдаланиш ҳисобига ҳавони намлантиришга энергия сарфининг камлиги ҳисобланади. Иккинчи афзаллиги шундаки, ҳавони намлантириш вентиляция каналида, яъни қурилмадан

ташқарида амалга оширилади. Натижада, юзаларда ва маҳсулот қатламида намлик тушиб қолишини бартараф этади, ҳамда намлик ҳисобидан маҳсулотларни бузилиши ҳолатини бартараф этиш имконини беради. Таклиф қилинган тизимнинг учинчи ижобий фарқи шундаки, яъни ютилмаган сув камера ташқарисида йиғиб олинади ва ушбу сувдан намлантириш тизимида иккиламчи қайта фойдаланиш имконияти мавжуд.

Қарши шаҳри шароитида қурилманинг иссиқлик режими синови натижалари 13 ва 14-расмларда кўрсатилган.



13-расм. Қарши шаҳри шароитида ҚКнинг ҳарорат характеристикаси графиги (2020 йил 15 октябрь).



14-расм. Сувни қиздириш жараёнини ташқи ҳаво ҳарорати ва йиғинди қуёш радиациясига боғлиқлик графиги.

Қурилмани табиий синов натижалари шуни кўрсатдики, Қарши шаҳри шароитида қуёшли кунда соат 14⁰⁰ да исиган сувнинг ҳарорати 70...75°C ни ташкил этади. 2020 йил 15 октябрда ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатдики, соат 10⁰⁰ дан 18⁰⁰ гача ҳарорати 40°C дан паст бўлмаган иссиқ сув олиш мумкин. Иссиқ сувнинг максимал ҳарорати 68°C ни ташкил этди.

Табиий шароитда ўтказилган синов натижаларининг таҳлили шуни кўрсатдики, қурилманинг ФИК асосан иқлимнинг метрологик ва радиацион параметрларга боғлиқ бўлиб, тушувчи қуёш радиацияси 700...800 Вт/м² бўлганда қурилманинг ФИК 50...70% га етади. Ўтказилган тажриба тадқиқотлари ва табиий синов натижаларининг таҳлили шуни кўрсатдики, совуқ сув 15...24°C ҳароратда узатилганда, ясси қуёш коллектори 40...70°C ҳароратли иссиқ сув олишни таъминлайди, бунда қуёш энергиясидан фойдаланиш ҳисобига тежалган иссиқлик энергияси ўртача 17...20 МЖ/(м²·кун) ни ташкил этади. Таклиф этилган қуёш энергияси сувли аккумулятори асосида иссиқхона омбори вентиляция ҳавосини намлантириш тизими буғли усулга нисбатан энергия сарфини 2,5-3,0 марта, УЗР-У қурилмали ультра товушли усулга нисбатан 2 марта камайишини таъминлайди.

Таклиф қилинган гелиоқиздиргичли иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимининг асосий техник-иқтисодий параметрлар ҳисоби натижалари 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Иссиқхоналарнинг ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимларида (ҲИНИБТ) энергия сарфлари ($F_{\text{фой}} = 100 \text{ м}^2$)

№	ҲИНИБТ учун энергия манбаси	Электр энергияси сарфи,	Табиий газ ва шартли ёқилғида ҳисоблаш
---	-----------------------------	-------------------------	--

		кВт-соат	Табиий газ, нм ³	Шартли ёқилғи, кг ш. ё.
1	Электрокалорифер (ҳавони қиздириш учун)	13263	3863	4642
2	ҚЭЖ (сувни иситиш учун)	123,5	36,1	43,25
3	КҚК (ҳаво ва сувни иситиш учун)	594	173,25	208

Шундай қилиб, ҲИНИБ тизими учун қуёшли қиздиришни электр усули билан техник-иқтисодий таққослаш шуни кўрсатдики, иссиқхонани бир ишлатиш мавсумида КҚК ни қўллаш 12792 ÷ 12800 кВт-соат электр энергияси ёки 4480 кг шартли ёқилғини тежашни таъминлайди.

Ўтказилган тажриба тадқиқотлари ва техник-иқтисодий ҳисоблар шуни кўрсатдики, Қарши шаҳри шароитида фойдали майдони 100 м² бўлган гелиоиссиқхоналарда КҚКли ҲИНИБ тизими қўлланилганда иссиқлик энергиясининг сарфи анъанавий тизимларга нисбатан 22...25% га камаяди.

ХУЛОСА

Диссертация ишида қўйилган вазифаларни ҳал этиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақлиф қилинди:

1. Ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш учун гелиоқиздириш тизимли гелиоиссиқхонанинг ҳарорат-намлик режимининг математик модели микроклимни таъминлашнинг муҳандислик тизимлари ва атроф-муҳит, ички ҳавосининг иссиқлик-техник параметрларини ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда ишлаб чиқилган. Ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимли гелиоиссиқхонанинг иссиқлик ва намлик балансини ҳисоблаш тенгламаси олинган ва ушбу тенглама иссиқхона намлик режимини таъминлашда зарур намлик миқдорини аниқлаш имконини беради.

2. Иссиқхонада бодринг маҳсулотини етиштириш учун ҳавога иссиқлик-намлик ишлов бериш тизимларида ҳаво сарфи $G_{\text{ҳаво}} = 1000 \text{ м}^3/\text{соат}$ бўлганда, талаб этиладиган намлик режимини $\varphi_{\text{в}} = 75\%$ атрофида таъминлаш учун ўртача 2,0 ... 3,8 кг/соат намлик кераклиги аниқланди. 100 м² майдонли иссиқхонада вентиляторнинг унумдорлиги $G_{\text{ҳаво}} = 1000 \text{ м}^3/\text{соат}$, ҳавонинг параметрлари $t_{\text{т}} = 30^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{\text{ҳаво}} = 75\%$ га тенг бўлганда ҳавони намлантириш тизими учун сувнинг кунлик сарфи $W_{\text{нам}} = 50 \text{ кг/кун}$ эканлиги аниқланди.

3. Иссиқхонани вентиляция ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш учун комбинацияланган сув-ҳаво қуёш коллекторли ва аралаштирувчи иссиқлик алмаштиргичли гелиоқиздириш тизими ишлаб чиқилган. Табиий шароитларда ўтказилган тажрибалар натижасида тизимнинг иссиқлик-техник ва гидродинамик режимларининг асосий параметрлари аниқланган.

4. Ўтказилган тажриба тадқиқотлари асосида ишлаб чиқилган комбинацияланган қуёш коллектори “сув+ҳаво” қиздириш режимида ишлаганда иссиқлик ташувчининг ҳарорати мос равишда 40...42°C (ҳаво) ва 45...50°C (сув) гача етиши аниқланган бўлиб, иссиқхона ҳавосига иссиқлик-намлик ишлов бериш тизими учун мақбул параметрлар ҳисобланади.

5. Иссиқлик самарадорлиги бўйича ўтказилган тажриба натижалари шуни кўрсатадики, комбинациялашган қуёш коллектори “сув+ҳаво” қиздириш режимида ишлаганда ўхшаш сув ва ҳаволи коллекторларга нисбатан ФИКи ортиши аниқланди. Комбинациялашган қуёш коллектори ҳаво қиздириш режимида ишлаганда ўртача кунлик ФИК $\bar{\eta} = 0,4 \dots 0,48$ ташкил этди, сув қиздириш режимида ишлаганда $\bar{\eta} = 0,51 \dots 0,6$, “сув+ҳаво” қиздириш режимида ишлаганда ўртача кунлик ФИК $\bar{\eta}_{\text{ўрт}}^{\text{ККК}} = 0,57$ ташкил этди. Тажриба тадқиқотлари шуни кўрсатдики, комбинацияланган қуёш коллекторининг ўртача кунлик ФИК $\bar{\eta}_{\text{кун}} = 0,57$ га тенг бўлди, бу қиймат худди шундай ҳаволи қуёш коллекторига қараганда 15...16% га, сувли қуёш коллекторига қараганда 13...15% га юқори эканлиги аниқланди.

6. Қуёш энергияси сувли аккумулятори асосида иссиқхона омборларининг вентиляция ҳавосини намлантириш тизими таклиф этилган бўлиб, ушбу тизим бўғли усулга нисбатан энергия сарфини 2,5-3,0 марта, ультратовушли усулга нисбатан 2 марта камайштириш имконини беради.

7. Қарши шаҳри шароитида фойдали майдони 100 м² бўлган иссиқхонада вентиляция ҳавосига иссиқлик намлик ишлов бериш учун комбинациялашган сув-ҳаво қуёш коллекторли гелиоқиздириш тизимини қўлланилиши иссиқхона эксплуатациясининг бир даврида 12792 ÷ 12800 кВт·соат электр энергиясини тежаш имконини беради ва энергия харажатлари анъанавий тизимга қараганда 22...25% га камаяди.

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

КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

АЛИЯРОВА ЛОЛА АБДИЖАББОРОВНА

**РАЗРАБОТКА ГЕЛИОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ
ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В ТЕПЛИЦАХ**

05.05.06 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

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

Карши – 2022

Тема диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2018.1.PhD/Т605.

Диссертация выполнена в Каршинском инженерно-экономическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (русский, узбекский, английский) размещен на веб-странице Научного совета (www.qmii.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziyo.net).

Научный руководитель: Узаков Гулом Норбоевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Мирзаев Шавкат Мустакимович
доктор технических наук, профессор
Ахатов Жасуржон Саидович
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Ведущая организация: Бухарский инженерно-технологический институт

Защита состоится « 11 » 02 2022 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 при Каршинском инженерно-экономическом институте. (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик 225. Тел: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95 e-mail: kiei_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Каршинского инженерно-экономического института (зарегистрирована за № 14). (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик 225. Тел: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95 e-mail: kiei_info@edu.uz).

Автореферат диссертации разослан « 28 » 01 2022 года.

(протокол рассылки № 4 от « 24 » 01 2022 г.)



Б.Э. Хайриддинов

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

Х.А. Давлонов

Учредитель секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., (PhD)

Б. Уришев

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

Актуальность и востребованность темы диссертации. Анализ энергетических стратегий развитых стран мира показывает, что экономия традиционных энергоресурсов и повышение энергоэффективности в различных отраслях экономики являются важными направлениями. Согласно данным комиссии Европейского экономического сообщества более чем 75% тепловой энергии в сельском хозяйстве затрачивается на отопление теплиц. При этом доля энергозатрат в себестоимости тепличной продукции сооружений защищенного грунта составляет от 40 до 60 %¹. В связи с этим в мире диверсификации структуры топливно-энергетического баланса за счет развития возобновляемых источников энергии и внедрения энергосберегающих инновационных технологий имеет важное значение².

В мире проводятся научные исследования по усовершенствованию систем теплоснабжения и повышению энергоэффективности тепличных комплексов путем оптимизации их теплотехнических параметров и применением возобновляемых источников энергии, направленные на снижение затрат традиционных топливно-энергетических ресурсов. В этом направлении, в том числе за счет разработки энергосберегающих систем теплоснабжения приоритетным считаются исследования по повышению энергоэффективности и снижению энергоемкости технологических процессов тепличных сооружений, и на основе эффективного использования солнечной энергии. В связи с этим, особое внимание уделяется созданию энергосберегающих гелионагревательных установок для систем тепловлажностной обработки воздуха и обоснованию основных теплотехнических параметров гелиоустановок для автономного теплоснабжения теплиц.

В нашей Республике уделяется особое внимание на развитие объектов защищенного грунта с целью обеспечения населения качественной плодоовощной продукцией, ведется строительство новых современных энергоэффективных тепличных комплексов, позволяющих снизить энергоемкость производства тепличных продуктов. Руководством нашей страны поставлены задачи по разработке и внедрению энергосберегающих тепличных комплексов с использованием альтернативных источников энергии. В Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-4020 от 20 ноября 2019 года отмечены задачи «...создание современных тепличных комплексов с использованием альтернативных источников энергии, энергоэффективных и энергосберегающих технологий»³. Поэтому создание энергосберегающих тепличных комплексов и сооружений защищенного грунта с эффективными гелионагревательными системами 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 программе мер по дальнейшему развитию

¹ Пенджиев А.М. Термический режим в комбинированных культивационных сооружениях. // Гелиотехника. – Ташкент, 2018. – №2. – с. 47-58.

² Аллаев К.Р. Энергетика нуждается в стратегии. // Экономическое обозрение. – Ташкент, 2018. – №6(222). – с. 40-47.

³ Постановление Президента Республики Узбекистан ПП-4020 от 20 ноября 2018 года «О создании дополнительных мер для развития тепличных комплексов».

возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 годы”, № ПП-4020 от 20 ноября 2018 года “О мерах по созданию дополнительных условий для развития тепличных комплексов” и № ПП-4422 от 22 августа 2019 года “Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии”, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой области, в которых поставлены приоритетные задачи по сокращению энергоемкости, внедрению энергосберегающих технологий и систем на основе возобновляемых источников энергии в отраслях экономики.

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

Степень изученности проблемы. В развитии исследований в области использования гелиоустановок в системах теплоснабжения теплиц значительный вклад внесли известные зарубежные ученые, как Есин В.В., Егиазаров А.Г., Илюхин М.С., Харченко В.В., Мазаев А.Р., Прищеп Л.Г., Рыбакова Л.Е., Байрамов Р.Б., Казанджан Б.И., Кравченко Ю.Т., Пенджиев А.М., Исманжанов А.И. и др.

В Республике по разработке и совершенствованию гелионагревательных установок для обеспечения, требуемого тепловлажностного режима теплиц проводили научные исследования Захидов Р.А., Авезов Р.Р., Якубов Ю.Н., Мирзаев Ш.М., Вардияшвили А.Б., Авезова Н.Р., Узаков Г.Н., Искандаров З.С. и Хайриддинов Б.Э. В частности, ими выполнены исследования по совершенствованию тепловлажностных режимов, разработке энергоэффективных теплиц с применением солнечных установок, разработаны эффективные способы аккумулирования солнечной энергии и гелиоустановки для создания требуемого микроклимата в сооружениях защищенного грунта.

Однако, несмотря на полученные положительные научные результаты, в настоящее время недостаточно исследовано эффективное применение низкопотенциального солнечного тепла в системах тепловлажностной обработки воздуха для создания оптимального микроклимата теплиц. В связи с этим разработка эффективных гелионагревательных систем для тепловлажностной обработки воздуха теплиц является актуальной.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Работа выполнена по плану научно-исследовательских работ Каршинского инженерно-экономического института, по проектам Государственных научно-технических программ ИОТ-2016-3-8 «Внедрение системы увлажнения воздуха плодоовощехранилищ на основе водяного аккумулятора солнечной энергии» (2016-2017 гг.), ИТД-4-06 «Разработка энергосберегающей замкнутой системы энергоснабжения и вентиляции

холодильных камер с использованием возобновляемых источников энергии» (2012-2014 гг.).

Целью исследования является разработка и обоснование параметров систем тепловлажностной обработки воздуха теплиц с использованием низкопотенциальных солнечных установок.

Задачи исследования:

- математическое моделирование и определение основных теплотехнических параметров температурно-влажностного режима гелиотеплицы с системами тепловлажностной обработки воздуха;

- разработка тепловой схемы гелионагревательной системы для тепловлажностной обработки приточного вентиляционного воздуха теплиц с комбинированным водовоздушным коллектором;

- разработка гелионагревательной установки для тепловлажностной обработки приточного вентиляционного воздуха теплиц с комбинированным солнечным коллектором и контактными теплообменником;

- моделирование и исследование теплогидродинамического режима гелионагревательной установки для тепловлажностной обработки приточного вентиляционного воздуха;

- разработка систем увлажнения приточного вентиляционного воздуха на основе водяного аккумулятора солнечной энергии;

- определение технико-экономических показателей применения разработанных систем тепловлажностной обработки воздуха теплиц с использованием гелионагревательных установок.

Объектом исследования являются системы тепловлажностной обработки воздуха и тепловлажностные режимы теплиц с гелионагревательными установками.

Предметом исследования являются низкопотенциальные гелионагревательные установки для систем тепловлажностной обработки воздуха, тепло-и массообменные процессы тепловлажностной обработки воздуха, температурные и влажностные режимы теплиц с гелиоустановками.

Методы исследования. В работе использованы методы математического моделирования, теоретических основ теплотехники и общепризнанные методы экспериментального исследования теплотехнологических процессов и обработки их результатов.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- предложена усовершенствованная тепловая схема гелионагревательной системы тепловлажностной обработки приточного воздуха для обеспечения требуемого температурно-влажностного режима теплиц в условиях жаркого-сухого климата местности;

- разработана гелионагревательная установка для тепловлажностной обработки приточного вентиляционного воздуха теплиц с комбинированным водовоздушным солнечным коллектором и контактными теплообменником, позволяющая нагревать, охлаждать и увлажнять воздух и дополнительно получить горячую воду;

- разработана математическая модель температурно-влажностного режима теплицы с гелионагревательной системой для тепловлажностной обработки приточного воздуха с учетом теплотехнических параметров окружающей среды, внутреннего воздуха и ограждающих конструкций теплицы;

- получены эмпирические уравнения, определяющие коэффициенты гидравлического сопротивления и теплоотдачи в трубах комбинированного солнечного коллектора, на основе обобщения результатов экспериментального исследования теплогидродинамических режимов комбинированного водовоздушного солнечного коллектора;

- предложена и обоснована энергетическая эффективность теплотехнологической установки для увлажнения приточного вентиляционного воздуха на основе водяного аккумулятора солнечной энергии.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

предложена усовершенствованная тепловая схема гелионагревательной системы с водовоздушным солнечным коллектором для тепловлажностной обработки приточного вентиляционного воздуха теплиц;

разработана комбинированная солнечная установка для тепловлажностной обработки приточного вентиляционного воздуха и снятия перегрева внутреннего воздуха теплиц.

Достоверность результатов исследования обосновывается многочисленными экспериментальными данными, полученными в натуральных 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 научно-теоретических представлений о процессах тепловлажностной обработки воздуха с использованием комбинированного солнечного коллектора и контактным теплообменником, протекающих в системах обеспечения микроклимата теплиц и получении эмпирических уравнений для определения коэффициентов гидравлического сопротивления и теплоотдачи в трубах комбинированных солнечных коллекторов. Практическая значимость результатов работы состоит в разработке систем тепловлажностной обработки воздуха с гелионагревательными установками, позволяющими снизить расход традиционных энергоресурсов и проектировать эффективные гелионагреватели для тепловлажностной обработки воздуха тепличных комплексов.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов исследования по разработке гелионагревательной системы тепловлажностной обработки воздуха в теплицах:

система тепловлажностной обработки воздуха с комбинированным водовоздушным солнечным коллектором внедрена в ООО «Қашқадарё парник тараққиёт инвест» Кашкадарьинской области (Справка Министерство сельского хозяйства №02/022-5081 от 15 декабря 2021 г.). В результате за один период

эксплуатации теплиц с площадью 100 м² сэкономлено 12972÷12800 кВт·час электроэнергии.

гелионагревательная установка для тепловлажностной обработки приточного вентиляционного воздуха теплиц с комбинированным солнечным коллектором и контактным теплообменником внедрена в ООО «Тараккиёт сари» Кашкадарьинской области (Справка Министерство сельского хозяйства №02/022-5081 от 15 декабря 2021 г.). В результате в теплицах с площадью 100 м² сэкономлено 22-25% условного топлива.

гелионагревательная система для тепловлажностной обработки воздуха внедрена в теплицах с площадью одного гектара (Справка Министерство сельского хозяйства №02/022-5081 от 15 декабря 2021 г.). В результате экономическая эффективность составил 377,6 млн. сум. по сравнению с традиционными системами.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований апробированы на 5 научно-практических конференциях, в том числе 2 международных и 3 республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 22 научные работы, в том числе 2 монографии, 2 статьи в зарубежных и 4 статьи в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, а также получен 2 программный продукт для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 114 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, указаны объект и предмет исследования, определено соответствие проведенных исследований с основным приоритетным направлением развития науки и технологий в республике, изложена научная новизна и практические результаты исследований, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, приведены краткие сведения о внедрении результатов исследования и апробации работы, а также сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Анализ современного состояния систем тепловлажностной обработки воздуха гелиотеплиц**» проведен анализ существующих систем тепловлажностной обработки воздуха гелиотеплиц в мировой практике, способы тепловлажностной обработки воздуха в гелиотеплицах, а также гелионагревательные установки для систем тепловлажностной обработки воздуха гелиотеплиц. Несмотря на значительные достижения, недостаточно рассмотрены вопросы снижения энергоемкости технологических процессов в системах тепловлажностной обработки воздуха (ТВОВ) теплиц с использованием комбинированных гелионагревательных установок, также недостаточно изучены возможности использования,

комбинированного водовоздушного солнечного коллектора для тепловлажностной обработки воздуха теплиц. Малоизученными являются проблемы перегрева внутреннего воздуха гелиотеплицы в весенне-осеннем периодах. На основе проведенного научного анализа, с учетом тенденции к расширению уровня исследований в области энергосбережения в системах теплоснабжения гелиотеплиц, сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе диссертации «**Расчетные исследования температурно-влажностного режима гелиотеплицы с системами тепловлажностной обработки воздуха**» приведена математическая модель температурно-влажностного режима гелиотеплицы с системами тепловлажностной обработки воздуха, результаты энергетического анализа теплового баланса гелиотеплицы с системой тепловлажностной обработки воздуха, результаты расчета термодинамических процессов в гелиотеплицах с использованием i-d диаграммы влажного воздуха, а также данные опытной гелиотеплицы.

Для исследования температурно-влажностного режима создана опытная гелиотеплица с пленочным светопрозрачным покрытием с полезной площадью 100 м². Математическая модель температурно-влажностного режима опытной гелиотеплицы составлена на основе расчетной схемы, представленный на рис. 1.

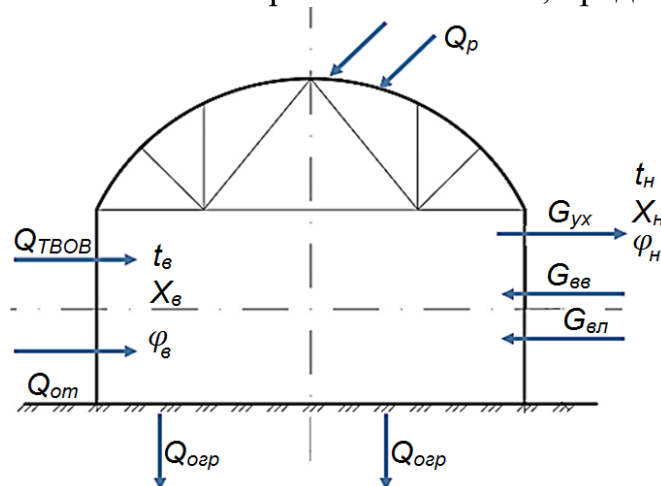


Рис. 1. Расчетная схема температурно-влажностного режима гелиотеплицы с системой ТВОВ.

Уравнение теплового баланса, влияющей на изменение температуры воздуха внутри теплицы в ночном режиме без учета солнечной радиации имеет вид:

$$\rho V C_{p\text{воз}} \frac{dt(\tau)}{d\tau} = Q_{\text{от}} - (\sum Q_{\text{огр}} + Q_{\text{ТВОВ}}) \quad (1)$$

Тепловой поток от системы отопления:

$$Q_{\text{от}} = G_{\text{тепл}} C_{\text{тепл}} (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) \quad (2)$$

Тепловые потери через ограждающие конструкции теплицы:

$$Q_{\text{огр}} = \sum k F (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (3)$$

Теплопотери на обогрев приточного вентиляционного воздуха:

$$Q_{\text{ТВОВ}} = G_{\text{вв}} C_{\text{воз}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (4)$$

Математическая модель температурно-влажностного режима гелиотеплицы решена методом Эйлера с применением пакетов программ MATLAB SIMULINK.

После решения уравнений (1-4) получено общее решение уравнения теплового баланса теплицы:

$$t(\tau) = \frac{\left[\frac{G_{\text{тепл}} c_{\text{тепл}} (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) - t_{\text{н}} (\sum kF + G_{\text{ВВ}} c_{\text{ВВ03}})}{(\sum kF + G_{\text{ВВ}} c_{\text{ВВ03}})} \right] \left(e^{\frac{(\sum kF + G_{\text{ВВ}} c_{\text{ВВ03}}) \tau}{\rho V c_{\text{рВ03}}}} - 1 \right) + t_0}{e^{\frac{(\sum kF + G_{\text{ВВ}} c_{\text{ВВ03}}) \tau}{\rho V c_{\text{рВ03}}}}} . \quad (5)$$

Влажностный баланс опытной теплицы имеет следующий вид:

$$\rho V \frac{dX(\tau)}{d\tau} = G_{\text{ВВ}} X_{\text{ВВ}} - G_{\text{УХ}} X + G_{\text{ВЛ}} \quad (6)$$

После некоторых преобразований получено решение влажностного баланса гелиотеплицы с системой ТВОВ при начальных условиях $\tau = 0$; $X(\tau) = X_0$:

$$X(\tau) = \frac{(G_{\text{ВВ}} X_{\text{ВВ}} + G_{\text{ВЛ}}) \left(e^{\frac{G_{\text{УХ}} \tau}{\rho V}} - 1 \right) + X_0}{e^{\frac{G_{\text{УХ}} \tau}{\rho V}}} . \quad (7)$$

Полученное уравнение позволяет определить количество влаги, необходимое для обеспечения оптимального влажностного режима теплицы.

Уравнение теплового баланса в дневном режиме с учетом солнечной радиации можно написать в следующем виде:

$$\rho V c_{\text{рВ03}} \frac{dt(\tau)}{d\tau} = Q_{\text{от}} + Q_{\text{р}} - (\sum Q_{\text{огр}} + Q_{\text{ТВОВ}}) \quad (8)$$

Общий поток солнечной радиации:

$$Q_{\text{р}} = \bar{q}_{\text{пад}} k_{\text{проп}} \alpha_{\text{п}} F \quad (9)$$

После некоторых математических преобразований получено следующее окончательное решение при начальных условиях $\tau = 0$; $t = t_0$:

$$t(\tau) = \frac{\left[\frac{G_{\text{тепл}} c_{\text{тепл}} (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) + \bar{q}_{\text{пад}} k_{\text{проп}} \alpha_{\text{п}} F + t_{\text{н}} (\sum kF + G_{\text{ВВ}} c_{\text{ВВ03}})}{(\sum kF + G_{\text{ВВ}} c_{\text{ВВ03}})} \right] \left(e^{\frac{(\sum kF + G_{\text{ВВ}} c_{\text{ВВ03}}) \tau}{\rho V c_{\text{рВ03}}}} - 1 \right) + t_0}{e^{\frac{(\sum kF + G_{\text{ВВ}} c_{\text{ВВ03}}) \tau}{\rho V c_{\text{рВ03}}}}} \quad (10)$$

Результаты расчетов моделирования тепловлажностного режима опытной теплицы представлены на рис. 2-7.

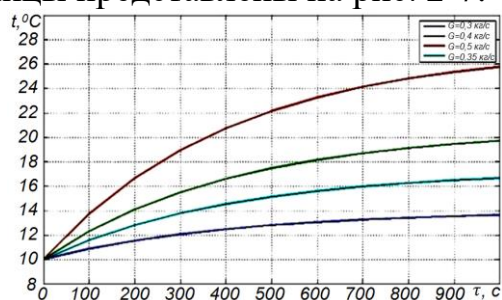


Рис. 2. График изменения температуры внутреннего воздуха теплицы в зависимости от расхода теплоносителя системы отопления и времени (при $\tau = 0 \div 1000$ сек).

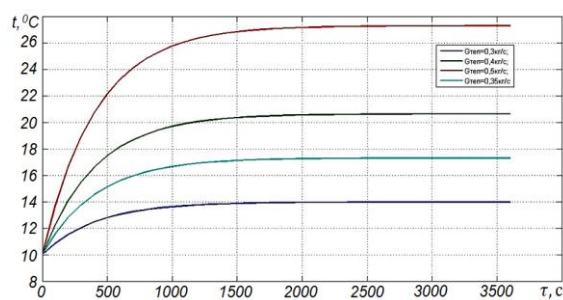


Рис. 3. График зависимости $t_{\text{в}}$ от $G_{\text{теп}}$ и τ (при $\tau = 0 \div 4000$ сек).

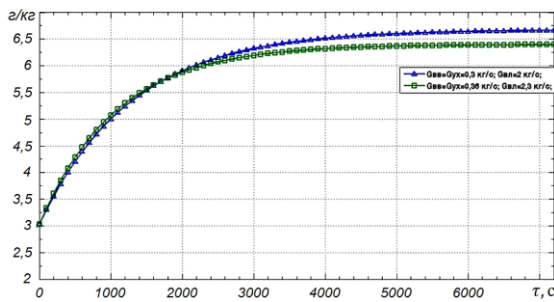


Рис. 4. График изменения влажности внутреннего воздуха теплицы в зависимости от расхода влаги (при $\tau = 0 \div 7000$ сек).

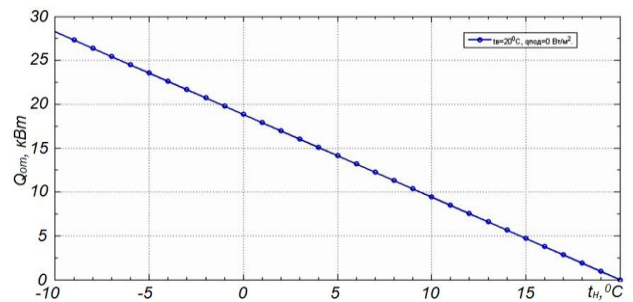


Рис. 5. График изменения отопительной нагрузки опытной теплицы в зависимости от температуры наружного воздуха (при $q_{\text{пад}}^- = 0$).

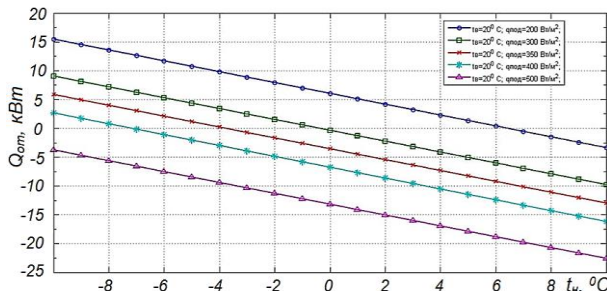


Рис. 6. График изменения тепловой мощности отопления теплицы от температуры наружного воздуха и падающей солнечной радиации (при $q_{\text{пад}}^- = 200 \div 500$ Вт/м²).

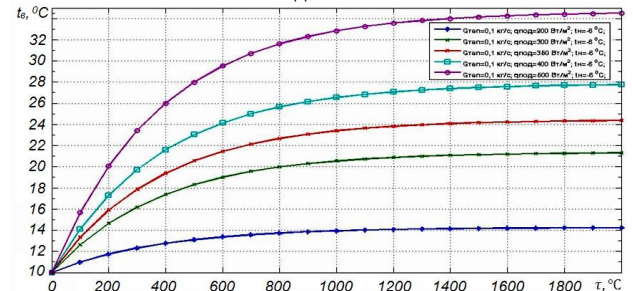


Рис. 7. График изменения температуры внутреннего воздуха опытной теплицы во времени с учетом солнечного теплопритока (при работе систем отопления).

Анализ результатов моделирования температурно-влажностного режима теплицы показывает, что в опытной гелиотеплице с полезной площадью 100 м² в зимних условиях года (для условий г. Карши) для создания требуемого температурного режима (+18...+20°C) требуется расход теплоносителя $G_{\text{теп}} = 0,4$ кг/с (рис. 2 и 3).

В зимних условиях при температуре наружного воздуха $t_n = 0 \dots -5^\circ\text{C}$ для обеспечения требуемой температуры в теплице $t_v = 20^\circ\text{C}$ тепловая нагрузка на отопление теплицы составляет 18...24 кВт (рис. 5).

Если учесть влияние солнечной радиации в общем тепловом балансе теплицы, тогда требуемая тепловая нагрузка на отопление в этих условиях при $q_{\text{пад}} = 300$ Вт/м² уменьшается в два раза ($t_n = -10^\circ\text{C}$) (рис.6).

Согласно полученных данных, можно определить требуемую нагрузку на отопление теплицы для поддержания оптимального температурного режима в теплице +18...+20°C, которая составит при температуре наружного воздуха $t_n = -6^\circ\text{C}$, $Q_{\text{от}} = 22 \dots 24$ кВт. На основе моделирования также получены графики изменения температуры внутреннего воздуха в теплице в зависимости от времени и солнечного теплопритока при отключении и работе систем отопления (рис. 7).

Таким образом, разработанная математическая модель температурно-влажностного режима гелиотеплицы позволит регулировать отопительную нагрузку в зависимости падающей солнечной радиации и температуры наружного воздуха местности.

Произведен расчет теплового баланса опытной гелиотеплицы с полезной площадью 100 м² для природных условий г. Карши. Результаты расчетов теплового баланса опытной теплицы приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Теплотехнические параметры теплового баланса опытной гелиотеплицы с полезной площадью 100 м²

№	Режим работы гелиотеплицы	$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_b, ^\circ\text{C}$	$Q_{огр}, \text{кВт}$	$Q_{инф}, \text{кВт}$	$Q_p, \text{кВт}$	$Q_{ТВОВ}, \text{кВт}$	$Q_{от}, \text{кВт}$
при температуре $t_n = 0^\circ\text{C}$								
I	Ночной режим	0	18	15,66	3,13	-	-	18,79
II	Дневной режим	0	18	15,66	3,13	7,35	5,4	9,64
при температуре $t_n = -6^\circ\text{C}$								
I	Ночной режим	-6	18	20,1	5,01	-	-	25,1
II	Дневной режим	-6	18	20,1	5,01	4,9	4,0	16,21

Энергетический анализ теплового баланса опытной теплицы показывает, что потери тепла через ограждения в ночном режиме эксплуатации составляет 79-83% тепловой нагрузки на системы отопления. При дневном режиме солнечный теплоприток через системы ТВОВ в общем тепловом балансе составил 28%, а через светопрозрачное покрытие – 40,8%. Таким образом, при дневном режиме за счет использования гелионагревательной системы ТВОВ и солнечной радиации через светопрозрачное ограждение экономия тепловой энергии составляет 60-68% (табл. 1).

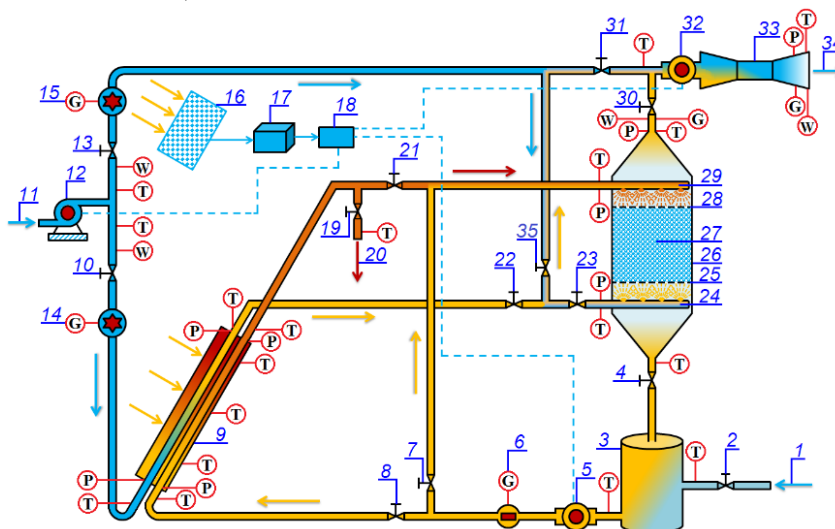
В холодные сутки в ночном режиме при среднесуточной температуре наружного воздуха $t_n = -6^\circ\text{C}$ тепловая нагрузка возрастает на 6,31 кВт, т.е. 34% и достигает до 25,1 кВт. В дневном режиме в условиях г. Карши тепловая нагрузка снижается на 8,89 кВт и составляет 16,21 кВт (табл. 1).

В третьей главе диссертации «**Разработка и исследование гелионагревательной системы для тепловлажностной обработки воздуха в теплицах**» приведено описание экспериментальной установки, методики проведения экспериментов, приведены результаты проведенных экспериментов по гидродинамике и теплообмену в гладкой трубе комбинированного солнечного коллектора и эмпирические уравнения, полученные на основе обобщения экспериментальных данных.

Проведенные исследования показывают, что в гелиотеплицах в теплый период года, особенно в местах жарким-сухим климатом происходит перегрев внутреннего воздуха, при этом температура внутри теплицы достигает до 35-40 °С. В работе для снятия перегрева внутреннего воздуха гелиотеплицы и создания требуемого тепловлажностного режима предложена гелионагревательная система тепловлажностной обработки воздуха.

С целью экономии традиционных топливно-энергетических ресурсов (природный газ, уголь и т.п.) разработана гелионагревательная система для тепловлажностной обработки воздуха (ГНС ТВОВ) с комбинированным водовоздушным солнечным коллектором и контактными теплообменником для тепловлажностной обработки приточного воздуха теплицы (рис. 8).

Предложенная ГНС служит для тепловлажностной обработки приточного воздуха теплицы, которая позволит нагревать, охлаждать, осушать и увлажнять воздух, от этой системы дополнительно можно получить и горячую воду для подпочвенного обогрева и полива теплицы.

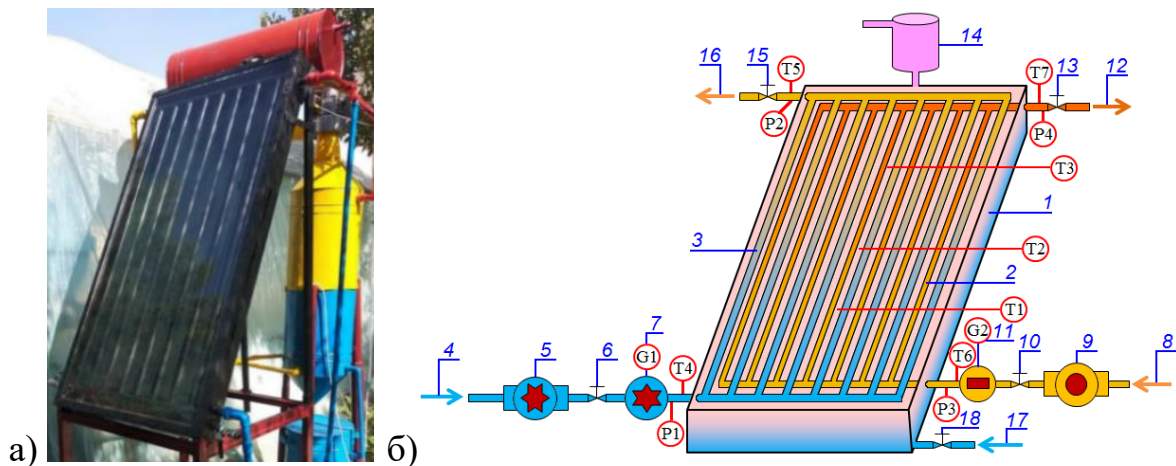


- 1-холодная вода из водопровода; 2, 4, 7, 8, 10, 13, 19, 21, 22, 23, 30, 31, 35-вентили;
 3-резервуар (бак) для холодной воды; 5-циркуляционный насос; 6-расходомер для воды; 9-комбинированный водо-воздушный солнечный коллектор (КВВСК); 11-атмосферный воздух; 12, 32-вентилятор; 14, 15-расходомеры для воздуха; 16-фотоэлектрический преобразователь; 17-аккумулятор; 18-инвертор напряжения; 20-нагретая вода к потребителю; 24-форсунка для воздуха; 25-нижняя тарелка; 26-контактный теплообменник; 27-насадка; 28-верхняя решетка; 29-форсунка для воды; 33-эжектор; 34-увлажненный воздух.

Рис. 8. Принципиальная схема гелионагревательной системы с контактным теплообменником для ТВОВ теплиц.

Основным теплотехническим устройством системы тепловлажностной обработки воздуха (СТВОВ) является низкопотенциальный плоский солнечный коллектор. На рис. 9 представлена схема разработанного экспериментального комбинированного водовоздушного солнечного коллектора (КВВСК).

Экспериментальная установка (рис. 9) предназначена для моделирования и экспериментального исследования гидродинамических и теплообменных процессов в комбинированном водо-воздушном солнечном коллекторе (КВВСК) с контактным теплообменником при различных скоростях и расходах теплоносителей.



1-корпус солнечного коллектора; 2-водяные трубки; 3-воздушные трубки; 4-атмосферный воздух; 5-вентилятор; 6, 10, 13, 15, 18-вентили; 7, 11-расходомеры; 8-вода из резервуара; 9-циркуляционный насос; 12-нагретая вода; 14-бак-расширитель; 16-нагретый воздух; 17-вода из водопровода.

Рис. 9. Общий вид (а) и измерительная схема (б) комбинированного солнечного коллектора с контактным теплообменником.

Экспериментальное исследование процессов гидродинамики в воздушных трубках солнечного коллектора (СК) проводилось в следующем диапазоне основных параметров:

а) ламинарный режим:

расход воздуха $G_1 = 0,83 \dots 6,06 \cdot 10^{-4}$ кг/с, скорость воздуха $w_1 = 0,23 \dots 1,66$ м/с, температура воздуха на входе $t_{\text{воз}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$, температура стенки $t_{\text{ст}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$, число Рейнольдса $Re = 300 \dots 2200$.

б) турбулентный режим:

расход воздуха $G_1 = 0,29 \dots 0,65 \cdot 10^{-2}$ кг/с, скорость воздуха $w_1 = 8,0 \dots 17,61$ м/с, температура воздуха на входе $t_{\text{воз}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$, число Рейнольдса $Re = 10000 \dots 22000$.

Экспериментальные данные по коэффициенту гидравлического сопротивления при различных температурах стенки трубы СК при ламинарном и турбулентном режиме течения воздуха в гладких трубках представлена на рис. 10 в виде графика $\xi = f(Re)$.

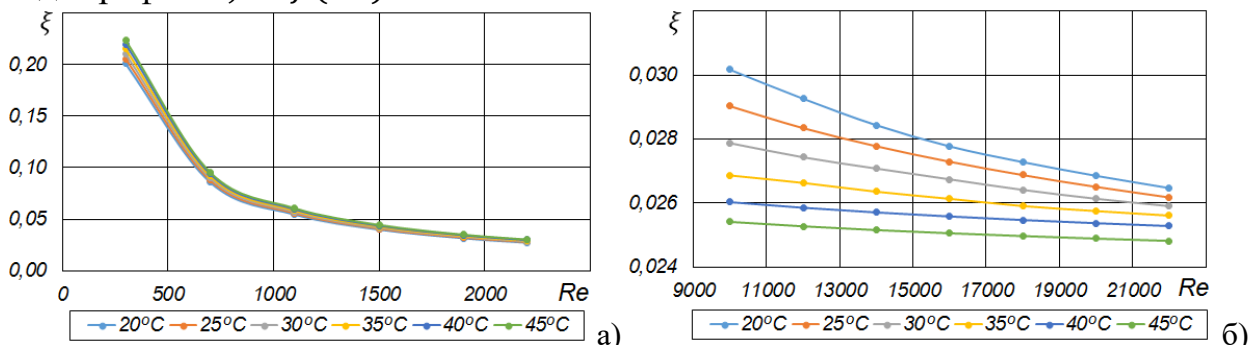


Рис. 10. График зависимости коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса при различных температурах воздуха в ламинарном (а) и турбулентном (б) режимах течения воздуха.

На основе обобщения полученных экспериментальных результатов в трубках СК при ламинарном и турбулентном режимах течения воздуха, были получены

следующие эмпирические уравнения для определения коэффициента гидравлического сопротивления.

При ламинарном режиме течения:

$$\xi = \frac{61,91}{Re_{\text{ВОЗ}}^{1,003}} \left(\frac{\mu_{\text{СТ}}}{\mu_{\text{ВОЗ}}} \right)^{1,312} \quad (11)$$

Формула (11) справедлива при $300 < Re < 2200$; $t_{\text{СТ}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$; $t_{\text{ВОЗ}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$; $0,95 < \mu_{\text{СТ}}/\mu_{\text{ВОЗ}} < 1,07$. Погрешность вычислений $\pm 5\%$.

При турбулентном режиме течения:

$$\xi = \frac{0,0838}{Re_{\text{ВОЗ}}^{0,12}} \quad (12)$$

Формула (12) справедлива при $10000 < Re < 22000$; $t_{\text{ВОЗ}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$. Погрешность вычислений составляет $\pm 6\%$.

Экспериментальное исследование процессов гидродинамики в водяных трубках СК проводилось в следующем диапазоне основных параметров:

а) при ламинарном режиме:

расход воды $G_1 = 0,83 \dots 6,06 \cdot 10^{-4}$ кг/с, скорость воды $w_1 = 0,23 \dots 1,66$ м/с, температура воды на входе $t_{\text{В}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$, температура стенки $t_{\text{СТ}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$, число Рейнольдса $Re = 300 \dots 2200$.

б) при турбулентном режиме:

расход воды $G_1 = 0,107 \dots 0,16$ кг/с, скорость воды $w_1 = 0,6 \dots 0,9$ м/с, температура воды на входе $t_{\text{В}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$, температура стенки $t_{\text{СТ}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$, число Рейнольдса $Re = 10000 \dots 15000$.

На основе обобщения полученных экспериментальных результатов в трубах СК при ламинарном и турбулентном режимах течения воды, были получены следующие эмпирические уравнения для определения коэффициента гидравлического сопротивления.

При изотермическом течении в ламинарном режиме коэффициент сопротивления трения:

$$\xi = \frac{61,03}{Re^{1,01}} \quad (13)$$

При вязкостном ($GrPr < 8 \cdot 10^5$) не изотермическом течении жидкости в трубах коэффициент сопротивления трения можно определить по следующей эмпирической формуле:

$$\xi = \frac{66,83}{Re} \left(\frac{\mu_{\text{СТ}}}{\mu_{\text{В}}} \right)^{1,16} \quad (14)$$

При вязко-гравитационном ($GrPr > 8 \cdot 10^5$) не изотермическом течении жидкости в трубах коэффициент сопротивления трения можно определить по следующей эмпирической формуле:

$$\xi = \frac{0,471}{Re_{\text{В}}^{0,641}} \left(\frac{Pr_{\text{СТ}}}{Pr_{\text{В}}} \right)^{0,408} \left(\frac{Gr_{\text{В}} Pr_{\text{В}}}{Re_{\text{В}}} \right)^{0,319} \quad (15)$$

Формулы (13)-(15) справедлива при $300 < Re < 2200$; $t_{\text{СТ}} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$; $t_{\text{В}} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$; $0,95 < \mu_{\text{СТ}}/\mu_{\text{В}} < 1,07$, погрешность вычислений составляет $\pm 5\%$.

При изотермическом течении в турбулентном режиме коэффициент сопротивления трения:

$$\xi = \frac{0,164}{Re_{\text{В}}^{0,185}} \quad (16)$$

При не изотермическом турбулентном течении жидкости в трубах коэффициент сопротивления трения можно определить по следующей эмпирической формуле:

$$\xi = \frac{0,204}{Re_B^{0,207}} \left(\frac{Pr_{CT}}{Pr_B} \right)^{0,33} \quad (17)$$

Формулы (16)-(17) справедливы при $10000 < Re < 15000$; $t_{CT} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$; $t_B = 20 \dots 45^\circ\text{C}$; $3,925 < Pr_{CT}/Pr_B < 7,02$. Погрешность вычислений составила $\pm 5\%$.

Экспериментальное исследование теплового режима КВВСК для систем ТВОВ теплиц проводилось на водо-воздушном контуре экспериментальной установки, представленной на рис. 9.

Полученные экспериментальные данные по коэффициенту теплоотдачи при различных температурах стенки трубы СК в ламинарном и турбулентном режимах течения воздуха в гладких трубах представлены на рис. 11 в виде графика $Nu = f(Re)$.

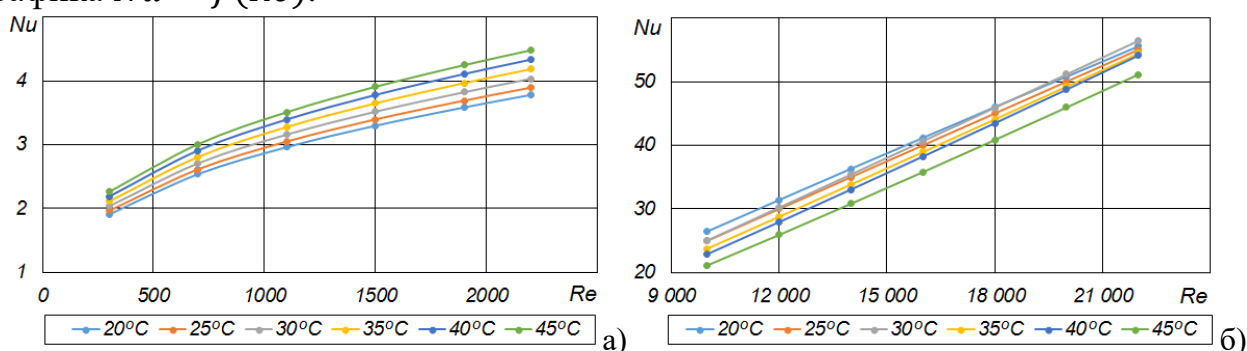


Рис. 11. График зависимости коэффициента теплоотдачи от числа Рейнольдса при различных температурах воздуха в ламинарном (а) и турбулентном (б) режимах течения воздуха.

На основе обобщения полученных экспериментальных результатов в трубах СК при ламинарном и турбулентном режимах течения воздуха, были получены следующие эмпирические уравнения для определения коэффициента теплоотдачи.

Для ламинарного режима течения:

$$Nu = 0,115Re^{0,34}Gr^{0,102} \quad (18)$$

Формула (18) справедлива при $10000 < Re < 22000$; $t_{в03} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$; $1827 < Gr < 10325$. При этом погрешность вычислений составила $\pm 5\%$.

При турбулентном режиме течения воздуха получено следующее уравнение:

$$Nu = 0,0156Re^{0,81} \quad (19)$$

Формула (19) справедлива при $10000 < Re < 22000$; $t_{в03} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$.

На основе обобщения полученных экспериментальных результатов в трубах СК при ламинарном и турбулентном режимах течения воды, были получены следующие эмпирические уравнения для определения коэффициента теплоотдачи.

При ламинарном режиме течения:

при вязкостном ($GrPr < 8 \cdot 10^5$) не изотермическом течении жидкости в трубах для определения коэффициента теплоотдачи, получено следующее эмпирическое уравнение:

$$Nu = 0,126Re^{0,34}Pr^{0,44} \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_{ст}}\right)^{0,24} \quad (20)$$

При вязко-гравитационном ($GrPr > 8 \cdot 10^5$) не изотермическом течении жидкости в трубах для определения коэффициента теплоотдачи, получено эмпирическое уравнение в следующем виде:

$$Nu = 0,287Re^{0,34}Pr^{0,42}Gr^{0,04} \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_{ст}}\right)^{0,21} \quad (21)$$

Формулы (20) и (21) справедлива при $300 < Re < 2200$; $t_{ст} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$; $t_{в} = 20 \dots 40^\circ\text{C}$; $3,925 < Pr_{в} < 7,02$; $164000 < Gr < 473000$.

При турбулентном режиме течения:

$$Nu = 0,012Re^{0,86}Pr^{0,4} \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_{ст}}\right)^{0,25} \quad (22)$$

Формула (22) справедлива при $10000 < Re < 15000$; $t_{ст} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$; $t_{в} = 20 \dots 45^\circ\text{C}$; $3,925 < Pr_{ст}/Pr_{в} < 7,02$. Погрешность вычислений составил $\pm 5\%$.

Результаты расчетно-экспериментального исследования по определению теплотехнических параметров комбинированного водо-воздушного солнечного коллектора представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты экспериментального исследования комбинированного солнечного коллектора в режиме нагрева «вода+воздух»

Местное время	Температура воды на выходе, $t_1, ^\circ\text{C}$	Температура воздуха на выходе, $t_2, ^\circ\text{C}$	Тепло, воспринятое водой, $Q_{вод}, \text{Вт}$	Тепло, воспринятое воздухом, $Q_{воз}, \text{Вт}$	Тепло, воспринятое коллектором, $Q_{к}, \text{Вт}$	Интенсивность потока полной солнечной радиации на площадь коллектора, $Q_p, \text{Вт}$	КПД коллектора, η
9:00	25	24	167	138	305	970	0,31
10:00	32	29	402	138	540	1150	0,46
11:00	37	35	569	276	845	1200	0,70
12:00	41	37	703	276	979	1350	0,72
13:00	44	42	737	414	1151	1400	0,82
14:00	45	40	838	414	1252	1500	0,83
15:00	43	39	770	414	1184	1450	0,81
16:00	37	34	569	138	707	1400	0,50
17:00	31	30	368	138	506	1350	0,37
18:00	23	29	100	138	238	1100	0,21

Установлено, что в разработанном комбинированном солнечном коллекторе (КСК) температура теплоносителей, на выходе в режиме нагрева «вода+воздух» достигает соответственно до $40 \dots 42^\circ\text{C}$ (воздух) и до $45 \dots 50^\circ\text{C}$ (вода), которые приемлемы для систем тепловлажностной обработки воздуха теплиц.

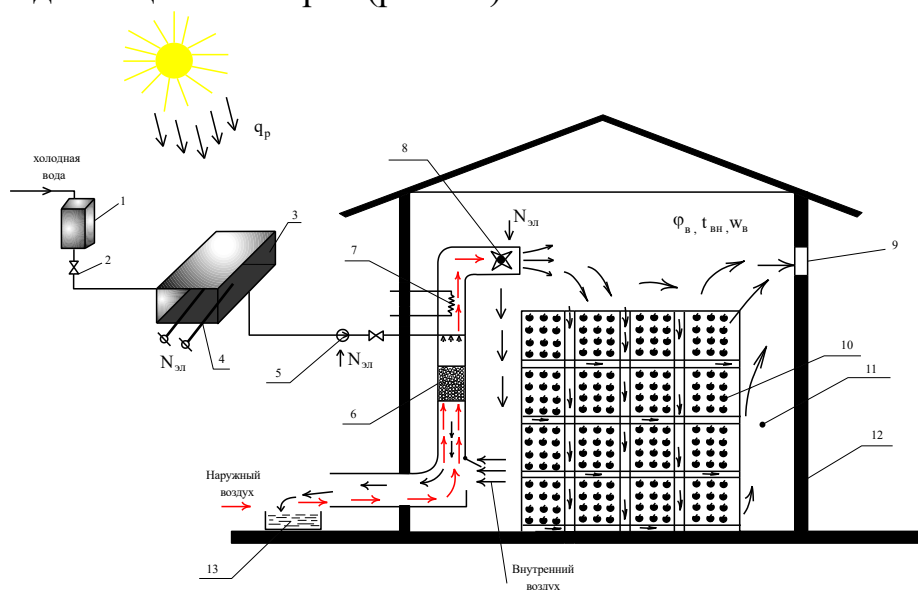
Экспериментальные исследования показали превышение КПД комбинированного солнечного коллектора в режиме нагрева «вода+воздух» по сравнению с аналогичными водяными и воздушными коллекторами. Среднедневной КПД КСК в режиме нагрева воздуха составил $\bar{\eta} = 0,48$, а в режиме нагрева воды $\bar{\eta} = 0,51$. Среднедневной КПД разработанного КСК в режиме нагрева «вода+воздух» составляет $\bar{\eta}_{ср}^{КСК} = 0,57$. Экспериментальные исследования показали, что среднедневной КПД КСК составляет $\bar{\eta}_{сут} = 0,57$, т.е.

больше на 15-16% по сравнению с аналогичным воздушным, больше на 13-15% по сравнению с аналогичным водяным солнечным коллектором.

Результаты экспериментов показывают, что повышение расхода воздуха от $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$ до $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ увеличивает среднесуточный КПД в два раза. Таким образом, разработанный комбинированный солнечный коллектор по теплотехническим показателям соответствует режиму тепловлажностной обработки воздуха в гелиотеплицах.

В четвертой главе диссертации «**Эффективность систем увлажнения воздуха в хранилищах тепличных комплексов на основе водяного аккумулятора солнечной энергии**» представлена система увлажнения приточного вентиляционного воздуха на основе водяного аккумулятора солнечной энергии, приведены результаты испытания теплового режима плоской солнечной водонагревательной установки для систем увлажнения воздуха хранилищ, проведен технико-экономический анализ эффективности гелионагревательной системы для тепловлажностной обработки воздуха в теплицах.

На основе водяного аккумулятора солнечной энергии для увлажнения воздуха создана система увлажнения для плодоовощехранилищ тепличного комплекса. Система увлажнения воздуха на основе водяного аккумулятора солнечной энергии предназначена для получения влажного воздуха относительной влажностью не ниже 80% и поддержания требуемой влажностного режима в плодоовощных камерах (рис. 12).



- 1-бак для холодной воды; 2-регулирующий клапан холодной воды; 3-водяной аккумулятор солнечной энергии (солнечный коллектор); 4-трубчатый электронагреватель (ТЭН, дублер); 5-водяной насос; 6-блок увлажнения воздуха; 7-испаритель ТН; 8-вентилятор; 9-вытяжная форточка; 10-штабель ПОП; 11-камера хранения ПОП; 12-стена камеры; 13-поддон для воды.

Рис. 12. Принципиальная схема системы увлажнения приточного вентиляционного воздуха на основе водяного аккумулятора солнечной энергии.

Основным элементом предложенной системы является водяной аккумулятор солнечной энергии (ВАСЭ) - солнечной коллектор (СК). Основным преимуществом предложенной системы ТВОВ по сравнению с аналогами,

является низкая энергоемкость увлажнения воздуха за счет применения солнечного подогрева с использованием ВАСЭ. Вторым преимуществом является, что увлажнение воздуха осуществлено в приточном канале вентиляции, т.е. вне камеры. Это устраняет процесс выпадения влаги на поверхности и в слой продуктов, в которых при выпадении влаги усиливается порча продуктов. Третьим положительным отличием предложенной системы является, что не поглощенная вода с воздухом удаляется наружу из камеры и имеется возможность повторного использования воды в системе увлажнения.

Результаты испытаний теплового режима установки в условиях г. Карши представлены на рис. 13 и 14.

Результаты натуральных испытаний установки показывают, что в условиях г. Карши при ясной погоде температура нагретой воды в 14⁰⁰ достигает 50...55°C. Эксперименты, проведенные, 15 октября 2020 года показывают, что с 10⁰⁰ до 18⁰⁰ можно получить горячую воду с температурой не ниже 40°C. В проведенных экспериментах максимальная температура горячей воды составила 60...65°C.

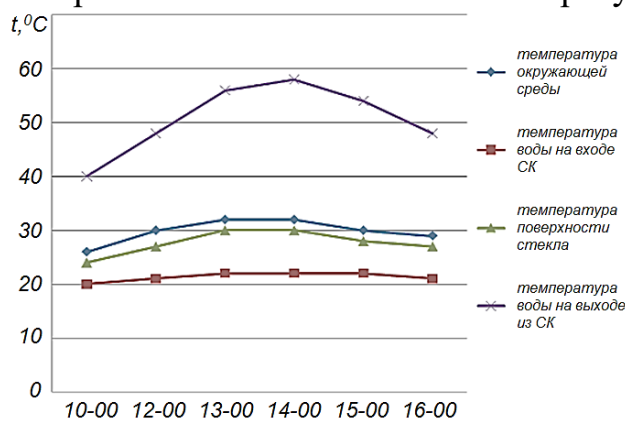


Рис. 13. График температурных характеристик СК в условиях г. Карши (15.10.2020 г.).

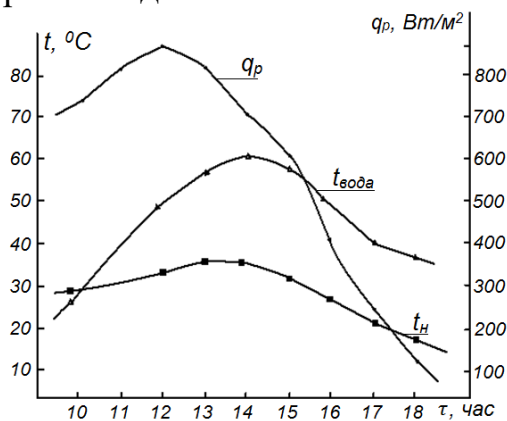


Рис. 14. Дневной ход нагрева воды в зависимости от температуры наружного воздуха и суммарной солнечной радиации.

Анализ результатов натуральных испытаний показывает, что КПД установки в основном зависит от метеорологических и радиационных параметров местности, при падающей солнечной радиации 700...800 Вт/м² КПД достигает 50...70%. Анализ проведенных экспериментальных исследований и результаты натуральных испытаний установки показывают, что при подачи холодной воды с температурой 15...24°C плоский солнечный коллектор обеспечивает получение горячей воды с температурой 40...60°C, при этом за счет использования солнечной энергии экономия тепловой энергии составила в среднем 17...20 МДж/(м²·день).

Предложенная система увлажнения приточного вентиляционного воздуха на основе водяного аккумулятора солнечной энергии обеспечит снижение энергоемкости систем по сравнению паровым способом в порядке 2,5-3,0 раза, в 2 раза сравнительно со способом с УЗР-У.

Результаты технико-экономического расчета предложенной системы тепловлажностной обработки воздуха с комбинированным водо-воздушным солнечным коллектором представлены в табл. 3.

Таблица 3

Расходы энергии в системах ТВОВ теплиц ($F_{\text{пол}} = 100 \text{ м}^2$)

№	Источники энергии на СТВОВ	Расход электроэнергии, кВт·ч	Пересчет на природного газа и условное топливо	
			природный газ, нм^3	Условное топливо, кг у.т
1	Электрокалорифер (для нагрева воздуха)	13263	3863	4642
2	ТЭН (для нагрева воды)	123,5	36,1	43,25
3	КСК (для нагрева воздуха и воды)	594	173,25	208

Таким образом, технико-экономическое сравнение солнечного обогрева для систем ТВОВ с электрическими способами показывает что, применение КСК позволяет сэкономить $12792 \div 12800$ кВт·час электроэнергии или 4480 кг условного топлива за один период эксплуатации теплиц.

Анализ результатов проведенных исследований и технико-экономических расчетов показали, что применение СТВОВ с КСК в гелиотеплице с полезной площадью 100 м^2 в условиях г.Карши снижает расход тепловой энергии на $22 \div 25\%$ по сравнению с традиционной системой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

1. Разработана математическая модель температурно-влажностного режима гелиотеплицы с гелионагревательными системами тепловлажностной обработки воздуха с учетом изменений теплотехнических параметров окружающей среды, внутреннего воздуха и инженерных систем обеспечения микроклимата гелиотеплицы. Получено уравнение, которое является решением влажностного баланса гелиотеплицы с системой тепловлажностной обработки воздуха и позволяет определить количество влаги, необходимое для обеспечения влажностного режима теплицы.

2. Установлено, что в системах тепловлажностной обработки воздуха для поддержания требуемого влажностного режима $\varphi_{\text{в}}=75\%$ для выращивания тепличных огурцов при расходе воздуха около $G_{\text{в}}=1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ требуется в среднем $2,0 \div 3,8$ кг/ч влаги. Суточный расход воды в теплице с площадью 100 м^2 для систем увлажнения воздуха при производительности вентилятора $G_{\text{в}}=1000 \text{ м}^3/\text{час}$ составляет при условиях $t_{\text{н}}=30^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{\text{в}}=75\%$, $W_{\text{вл}}=50$ кг/сут.

3. Разработана гелионагревательная система с комбинированным водовоздушным солнечным коллектором и контактным теплообменником для тепловлажностной обработки приточного воздуха теплиц. В результате натурных экспериментов были определены основные параметры теплотехнического и гидродинамического режима системы.

4. На основе проведенных экспериментальных исследований установлено, что в разработанном комбинированном солнечном коллекторе температура

теплоносителей, на выходе в режиме нагрева «вода+воздух» достигает параметров соответственно до 40-42°C (воздух) и до 45-50°C (вода), которые приемлемы для систем тепловлажностной обработки воздуха теплиц.

5. Проведенные экспериментальные исследования по тепловой эффективности показали превышение КПД комбинированного солнечного коллектора в режиме нагрева «вода+воздух» по сравнению с аналогичными водяными и воздушными коллекторами. В результате установлено, что среднедневной КПД комбинированного солнечного коллектора в режиме нагрева воздуха составил $\bar{\eta} = 0,40 \dots 0,48$, а в режиме нагрева воды $\bar{\eta} = 0,51 \dots 0,60$. Среднедневной КПД разработанного комбинированного солнечного коллектора в режиме нагрева «вода+воздух» составляет $\bar{\eta}_{\text{ср}}^{\text{КСК}} = 0,45 \dots 0,57$.

6. Предложена система увлажнения приточного вентиляционного воздуха для хранилищ тепличных хозяйств на основе водяного аккумулятора солнечной энергии, которая обеспечит снижение энергоемкости систем по сравнению с паровым способом в порядке 2,5-3,0 раза, в 2 раза сравнительно с ультразвуковым способом с УЗР-У.

7. Предложенная гелионагревательная система с комбинированным водовоздушным солнечным коллектором для тепловлажностной обработки приточного вентиляционного воздуха в теплицах с полезной площадью 100 м² в условиях г.Карши позволяет сэкономить 12792-12800 кВт·час электроэнергии за один период эксплуатации теплиц и снизить энергетические затраты на 22-25% по сравнению с традиционной системой.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/30.09.2020.T.111.03 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT
KARSHI ENGINEERING-ECONOMICS INSTITUTE**

KARSHI ENGINEERING-ECONOMICS INSTITUTE

ALIYAROVA LOLA ABDIJABBAROVNA

**DEVELOPMENT OF A HELIO HEATING SYSTEM FOR HEAT HUMIDITY
TREATMENT OF AIR IN GREENHOUSES**

05.05.06 – Power plants on the basis of renewable energy

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

KARSHI – 2022

Theme 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 №B2018.1.PhD/T605.

Dissertation has been prepared at Karshi engineering-economics institute.
The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the scientific council (www.qmii.uz) and on Information and education portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor: Uzakov Gulom Norboyevich
Doctor of technical sciences, professor

Official opponents: Mirzayev Shavkat Mustakimovich
Doctor of technical sciences, professor

Axatov Jasur Saidovich
Doctor of technical sciences

Leading organization: Bukhara engineering-technological institute

The defense of PhD dissertation will take place 11 "02" 2022 at 14⁰⁰ at the meeting of the Scientific Council PhD.03/30.09.2020.T.111.03 at Karshi engineering-economics institute. (Address: 180100, Uzbekistan, Karshi city, Mustakillik street, 225. Conference hall of the Karshi engineering-economics institute. Phone: (+99875) 224-02-89; Fax: (+99875) 224-13-95, e-mail: qmii@qmii.uz).

The PhD thesis can be founded at the Information-resource Center of Karshi engineering-economics institute (registered with number 17). Address: 180100, Uzbekistan, Karshi city, Mustakillik street, 225. Karshi engineering-economics institute. Phone: (+99875) 224-02-89; Fax: (+99875) 224-13-95, e-mail: qmii@qmii.uz).

Abstract of dissertation sent on "28" 01 2022 year.
(Register of the distribution protocol on "17" 27.01 2022 year).


B.E. Xayriddinov
Chairman of the Scientific Council
on awarding scientific degrees, DSc,

X.A. Davlanov
Secretary of the Scientific
Council on award scientific degrees,

B. Urishev
Chairman of Scientific seminar under
Scientific Council on award of
scientific degrees, DSc, prof.

The aim of the research work to develop and substantiate the parameters of systems for heat and humidity processing of air in greenhouses using low-grade solar installations.

Tasks of research:

- mathematical modeling and determination of the main thermal engineering parameters of the temperature and humidity conditions of a solar greenhouse with systems for heat and humidity treatment of air;

- development of a thermal diagram of a solar heating system for heat and humidity treatment of the supply ventilation air of greenhouses with a combined water-air collector;

- development of a solar heating unit for heat and humidity treatment of the supply ventilation air of greenhouses with a combined solar collector and a contact heat exchanger;

- modeling and research of the heat-hydrodynamic regime of a solar heating unit for heat and humidity treatment of the supply ventilation air;

- development of supply ventilation air humidification systems based on solar water accumulator;

- determination of technical and economic indicators of the application of the developed systems for heat and humidity treatment of air in greenhouses using solar heating units.

The object of the research is the systems of heat and moisture treatment of air and heat and moisture regimes of greenhouses with solar heating units.

The scientific novelty of the research is as follows:

- an improved thermal diagram of a solar heating system for heat and humidity treatment of the supply air is proposed to ensure the required temperature and humidity conditions for greenhouses in a hot-dry climate of the area;

- a solar heating unit for heat and humidity treatment of the supply ventilation air of greenhouses with a combined water-air solar collector and a contact heat exchanger has been developed, which allows heating, cooling and humidifying the air and additionally obtaining hot water;

- a mathematical model has been developed for the temperature and humidity regime of a greenhouse with a solar heating system for heat and humidity treatment of the supply air, taking into account the thermal parameters of the environment, internal air and the greenhouse enclosing structures;

- empirical equations were obtained that determine the coefficients of hydraulic resistance and heat transfer in the pipes of a combined solar collector, based on the generalization of the results of an experimental study of the heat-hydrodynamic modes of a combined water-air solar collector;

- proposed and substantiated the energy efficiency of a heat-technological installation for humidifying the supply ventilation air based on a solar water accumulator.

Implementation of the research results. Based on the results of research on the development of a solar heating system for heat and moisture treatment of air in greenhouses:

a system of heat and humidity air treatment with a combined water-air solar collector was introduced at “ Qashqadaryo parnik taraqqiyot invest” LLC of the

Kashkadarya region (Reference from the Ministry of Agriculture No. 02 / 022-5081 dated December 15, 2021). As a result, during one period of operation of greenhouses with an area of 100 m², 12,972÷12,800 kWh of electricity were saved.

a solar heating unit for heat and humidity treatment of the supply ventilation air of greenhouses with a combined solar collector and a contact heat exchanger has been introduced at “Tarakkiyot Sari” LLC of the Kashkadarya region (Reference from the Ministry of Agriculture No. 02 / 022-5081 dated December 15, 2021). As a result, 22-25% of the equivalent fuel was saved in greenhouses with an area of 100 m².

a solar heating system for heat and humidity treatment of air has been introduced in greenhouses with an area of one hectare (Reference from the Ministry of Agriculture No. 02 / 022-5081 of December 15, 2021). As a result, the economic efficiency amounted to 377.6 million soums per compared to traditional systems.

Approbation of the research results. The research results were tested at 5 scientific and practical conferences, including 2 international and 3 republican conferences.

Publication of the research results. On the topic of the dissertation, a total of 22 scientific works were published, including 2 monographs, 2 articles in foreign and 4 articles in republican journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, and 2 software products for computers were obtained.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the thesis is 114 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Ибрагимов У.Х. Научно - практические основы энергосбережения в системах тепловлажностной обработки воздуха гелиотеплиц. (Монография). Карши.: «Интеллект» – 2021 г. – 147 с.

2. Узаков Г.Н., Хужакулов С.М., Алиярова Л.А. Энергосберегающие системы увлажнения воздуха. (Монография). Ташкент.: «Фан ва технология» – 2017 г. – 100 с.

3. Алиярова Л.А., Узаков Г.Н., Ибрагимов У.Х., Рахимов Н.З. Экспериментальное исследование гидродинамического режима комбинированного солнечного коллектора. // Проблемы Энерго- и ресурсосбережения. – Ташкент, 2021. - №3. – с. 328-338. (05.00.00; №21).

4. Aliyarova L.A., Uzakov G.N., Toshmamatov B.M. The efficiency of using a combined solar plant for the heat and humidity treatment of air. // ESDCA 2021 IOP Publishing. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 723 (2021) 052002. DOI:10.1088/1755-1315/723/5/052002. (www.scopus.com).

5. Uzakov G.N., Aliyarova L.A., Davlanov K.A. The Use of Solar energy in systems of heat-moisture treatment of air of heliogreenhouse. //Trans Stellar. 2020, №3, 3813-3820. (05.00.00; Paper Id.: IJMPERDJUN2020362. №35).

6. Алиярова Л.А. Методика расчета термодинамических параметров систем тепловлажностной обработки влажного воздуха в гелиотеплицах. //Инновацион технологиялар. – Қарши, 2020, Махсус сон. – 42-47 бетлар. (05.00.00; №38).

7. Алиярова Л.А., Узаков Г.Н., Тошмаматов Б.М. Экспериментальное исследование тепловой эффективности комбинированного солнечного коллектора для систем тепловлажностной обработки воздуха теплиц. //Фан ва технологиялар тараққиёти. – Бухоро, 2020. - №6. – 109-116 бетлар. (05.00.00; №24).

8. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Тошмаматов Б.М. Гелионагревательная система для тепловлажностной обработки воздуха в солнечных теплицах. //Фан ва технологиялар тараққиёти. – Бухоро, 2019. - №4. – 87-91 бетлар. (05.00.00; №24).

II бўлим (II часть; II part)

9. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А. Программа расчета требуемой влаги для увлажнения воздуха в теплицах // №DGU 10702. 30.03.2021 г.

10. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Алимардонов Х.А., Турсунов М.А. Программа расчета параметров систем тепловлажностной обработки воздуха в теплицах // №DGU 09356. 09.11.2020 г.

11. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Тошмаматов Б.М. Теплотехнический расчет систем тепловлажностной обработки воздуха в гелиотеплицах с водовоздушным

солнечным коллектором // *Universum: технические науки: научный журнал.* – Москва: 2021, №3(84). Часть 4, М., Изд. «МЦНО», с. 25-31.

12. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Ибрагимов У.Х., Тошмаматов Б.М. Исследование комбинированного водо-воздушного солнечного коллектора при ламинарном гидродинамическом режиме // *Альтернативная энергетика.* №1., 2021. – с. 33-40.

13. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Ибрагимов У.Х., Мамедова Д.Н. Исследование теплообменных процессов в комбинированных солнечных коллекторах // *Сборник материалов XVIII международной конференции «Возобновляемая и малая энергетика-2021».* Москва, НИУ «МЭИ», 2021 г.

14. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Рахматов М.И. Создание влажностного режима в плодоовощехранилищах на основе водяного аккумулятора солнечной энергии // *Техника. Технологии. Инженерия.* – Россия: 2017. - №2. с.58-60.

15. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Давланов Х.А. Расчет технико-экономической эффективности системы увлажнения воздуха на основе водяного аккумулятора солнечной энергии // *Инновацион технологиялар.* - Қарши: 2016. - №3(23), 18-21 бет.

16. Алиярова Л.А., Ибрагимов У.Х. Техничко-экономический анализ эффективности ГНС для тепловлажностной обработки воздуха в теплицах. // *Энерго- и ресурсосбережение: новые исследования, технологии и инновационные подходы.* Международная конференция, 24-25 сентября 2021. – г. Карши, 2021. – с. 334-336.

17. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Тошмаматов Б.М., Хатамов И.А. Энергосберегающая система для тепловлажностной обработки воздуха в солнечных теплицах. «Инновацион техника ва технологияларнинг кишлок хўжалиги – озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари» мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани тўплами, Ташкент. 2020 йил 24-25 апрель, 109-110 –бет.

18. Алиярова Л.А., Тошмаматов Б.М., Хатамов И.А., Рахматов А. Исследование гелионагревательной системы для тепловлажностной обработки воздуха в солнечных теплицах. *International Conference “SOLAR ENERGY: PRIORITYRESEARCH AND DEVELOPMENT TRENDS”* Tashkent, Uzbekistan 2019. 24-25 December.

19. Алиярова Л.А. Способы составления теплового баланса холодильных камер. «Қайта тикланувчи энергиянинг замонавий муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани тўплами, ҚМШИ, Қарши. 2018 йил май, 558-559 –бет.

20. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А. Анализ энергоёмкости систем увлажнения приточного вентиляционного воздуха в холодильных камерах. «Ишлаб чиқариш корхоналарининг энергиятежамкорлик ва энергия самарадорлик муаммоларини ечишда инновацион технологияларнинг аҳамияти» мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани тўплами, ҚМШИ, Қарши. 2016 йил май, 187-189 –бет.

21. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А. Солнечная установка увлажнения воздуха. «XXI аср-интеллектуал авлод асри» мавзусидаги Қашқадарё вилояти ёш олимлар

ва талабалар иштирокидаги ҳудудий илмий-амалий анжумани тўплами, ҚарДУ, Қарши. 2015 йил, 272-275-бет.

22. Алиярова Л.А., Узаков Г.Н. Снижение энергоемкости систем увлажнения воздуха в холодильных камерах с применением низкотемпературных солнечных установок. «Иқтисодиётни модернизация қилиш ва технологик янгилаш шароитида фан-таълим-ишлаб чиқариш интеграциясини ривожлантириш муаммолари ва ечимлари» мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани тўплами, ҚМИИ, Қарши. 2015 йил 29-30 май, 11-12-бет.

Автореферат “Инновацион технологиялар” илмий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва унинг ўзбек, рус ва инглиз (резюме) тиллардаги матнлари мослиги текширилди (27.12.2021 й)

Босишга рухсат этилди: 27.01.2022 йил
Бичими 60x45 $\frac{1}{8}$, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 3,15. Адади: 100.
Буюртма: № 94.

ҚарМИ «INTELLEKT» нашриёти МИУ да чоп этилган.
Қарши шаҳри, Мустақиллик кўчаси, 225-уй.