

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

ФИЗИКА-ТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

КАСИМОВ ФАХРИДДИН ШАДМАНКУЛОВИЧ

**ҚУЁШ НУРЛАНИШИНИ ТУБИДАН ЮТУВЧИ ҲАЖМИЙ
ҚУЁШ СУВ ИСИТГИЧ КОЛЛЕКТОРЛАРИНИНГ ИССИҚЛИК
РЕЖИМЛАРИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА ПАРАМЕТРЛАРИНИ
ОПТИМАЛЛАШ**

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

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

ҚАРШИ – 2021

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

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

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

Касимов Фахриддин Шадманкулович

Қуёш нурланишини тубидан ютувчи ҳажмий қуёш сув иситгич
коллекторларининг иссиқлик режимларини моделлаштириш ва
параметрларини оптималлаш

3

Касимов Фахриддин Шадманкулович

Моделирование теплового режима и оптимизация параметров емкостных
солнечных водонагревательных коллекторов с донным поглощением
излучения.....

23

Kasimov Fakhriddin Shadmankulovich

Design of the thermal mode and optimization of parameters of capacity
solar water heaters collectors with the ground absorption of
radiation.....

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**

ФИЗИКА-ТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

КАСИМОВ ФАХРИДДИН ШАДМАНКУЛОВИЧ

**ҚУЁШ НУРЛАНИШИНИ ТУБИДАН ЮТУВЧИ ҲАЖМИЙ
ҚУЁШ СУВ ИСИТГИЧ КОЛЛЕКТОРЛАРИНИНГ ИССИҚЛИК
РЕЖИМЛАРИНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА ПАРАМЕТРЛАРИНИ
ОПТИМАЛЛАШ**

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

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

ҚАРШИ – 2021

Техника фанлари буйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2016.2.Т.Т680 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Физика-техника институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.qmii.uz) ва «Ziynet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Авезов РаббонакулРаҳмонович

техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Рашидов Юсуф Каримович

техника фанлари доктори, профессор

Мирзаев Шавкат Мустақимович

техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

ЎзР ФА Қуёш энергияси халқаро институти

Диссертация ҳимояси Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти ҳузуридаги PhD.03/30.09.2020.Т.111.03рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «21» август соат 12⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 180100, Қарши шаҳри, Мустақиллик кучаси, 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 (№ 9- рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 180100, Қарши шаҳри, Мустақиллик кучаси, 225-уй. Тел.:(99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

Диссертация автореферати 2021 йил «9» август куни тарқатилди.
(2021 йил «8» августдаги №3- рақамли реестр баённомаси).



Ғ.Н. Узоқов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор

Х.А. Давлонов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
илмий котиби, техника фанлари
буйича фалсафа доктори (PhD)

Б. Уришев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
қошидаги Илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, доцент

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD)диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳонда иссиқлик таъминоти тизимлари учун қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланиш, ресурс тежамкор ва иш унумдорлиги юқори бўлган қуёш иситиш қурилмаларини қўллаш етакчи ўринлардан бирини эгалламоқда. «Дунё миқёсида иссиқ сув таъминоти тизимларида қўлланилаётган ясси қуёш сув иситгич коллекторлари максимал қувватининг ўсиш суръати 2009 йилдан (170 ГВт) 2019 йилгача (480 ГВт) 10,94 % ни ташкил қилиши ва шу даврда уларнинг ўрнатилган умумий юзаси 242,86 млн. м² дан 685,71 млн. м² гача ошганлигини ҳисобга олсак»¹, иссиқлик таъминоти тизимларида энергия тежамкор қуёш сув иситгич коллекторларини амалиётга жорий этишни тақозо этади. Шу жиҳатдан иссиқлик таъминоти тизимлари учун самарадорлиги юқори ҳамда энергия-ресурстежамкор қуёш қурилмаларидан фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда ясси қуёш сув иситгич коллекторларининг нур ютувчи иссиқлик алмаштиргич панеллари конструкцияларини такомиллаштириш ҳамда уларнинг иссиқлик унумдорлиги ва коррозияга чидамлилигини оширишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда². Бу борада, ясси қуёш сув иситгич коллекторларининг иш унуми юқори, содда конструкцияга ва кам металл сифимига эга бўлган янги авлодларини яратиш ҳамда иссиқлик-техникавий параметрларини асослашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамызда автоном иссиқлик таъминоти тизимларида энергия сарфини камайтириш, ёқилғи ресурсларни тежаш, юқори иш унумига эга қуёш сув иситгич коллекторларини ишлаб чиқиш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «...иктисодийнинг ресурс ва энергия ҳажмдорлигини камайтириш, ишлаб чиқаришда энергия тежамкор технологияларни жорий қилиш, қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш...»³ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан, қуёш нурланишини тубидан ютувчи ҳажмий қуёш сув иситгич коллекторларини яратишнинг илмий-техникавий ечимларини ишлаб чиқиш, уларнинг энергия ва ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган параметрларини асослаш муҳим аҳамият касб этмоқда.

¹ REN21.Renewables2019. Global Status Report.18 June 2019. Secretariat. Solar Water Heating Collectors Global Capacity, 2008-2018.

²Wang, Dengjia, Gao, Qian, Liu, Yanfeng, Wang, Yingying, Chen, Yaowen, Liu, Yuan, Liu Jiaping. Experimental study on heating characteristics and parameter optimization of transpired solar collectors. Applied Energy, Elsevier, vol. 238(C), pp.534-546.

³Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 10 июлдаги ПФ-4779-сон «Иқтисодиётнинг энергия самарадорлигини ошириш ва мавжуд ресурсларни жалб этиш орқали иқтисодиёт тармоқларининг ёқилғи-энергетика маҳсулотларига қарамлигини камайтиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги Фармони ва Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2020 йил 23 июлдаги 452-сон «Қайта тикланувчи энергия манбалари қурилмаларининг ва уларда ишлаб чиқариладиган энергиянинг давлат ҳисобини юритиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Биноларнинг иссиқлик таъминоти тизимларида ясси қуёш сув иситгич коллекторларини қўллаш, ушбу тизимларнинг энергия самарадорлигини ошириш ва қуёш қурилмаларининг янги авлодларини яратиш ҳамда уларнинг иссиқлик-техникавий параметрларини асослаш ва тадқиқ этиш билан хорижда У.Бекман, С.Клейн, Ж.Даффи, О.С. Попель, Р.Б. Байрамов, А.Д. Ушакова, Д.С. Стребков, Б.В. Тарнижевский, А.И. Исманжанов шуғулланишган.

Республикамизда қуёш энергиясидан самарали фойдаланиш қурилмалари ваясси қуёш сув иситгич коллекторларини яратиш, такомиллаштириш ва уларнинг иссиқлик режимларини тадқиқот қилиш бўйича тадқиқотлар Р.А.Захидов, Р.Р.Авезов, Ш.И. Клычев, А. Абдурахмонов, Н.Р. Авезова, Б.Э. Хайриддинов ва бошқалар томонидан бажарилган.

Мазкур тадқиқотлар натижасида яратилган энергия тежамкор қурилмалар қуёш нурланиш энергиясидан фойдаланишга асосланган иссиқ сув таъминоти тизимларида муайян ижобий натижаларга эришилган ҳолда қўлланилиб келинаётган бўлсада, аммо йилнинг иссиқ мавсумида иссиқ сув таъминоти тизимларида қуёш нурланишини тубидан ютувчи ҳажмий қабул қилгичли ясси қуёш сув иситгич коллекторларининг иссиқлик режимларини моделлаштириш ва уларнинг иссиқлик-техникавий параметрларини асослаш бўйича тадқиқотлар етарлича ўтказилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим ёки илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Физика-техника институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ № Ф-037«Ясси қуёш иссиқлик коллекторларининг «шаффоф қоплама - нур ютувчи иссиқлик алмаштиргич

панел» тизимининг оптикавий ва иссиқлик-техникавий тавсифларини тадқиқ қилиш» мавзусидаги фундаментал лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади қуёш нурланишини тубидан ютувчи шаффоф пластиклардан ясалган ҳажмий нур қабул қилгичли ясси қуёш сув иситгич коллекторини ишлаб чиқиш, унинг иссиқлик режимлари ва ресурс кўрсаткичларини асослашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

қуёш нурланишини тубидан ютувчи шаффоф пластиклардан ясалган ҳажмий нур қабул қилгичли ясси қуёш сув иситгич коллекторининг конструкциясини ишлаб чиқиш;

қуёш нурланишини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қопламали ясси қуёш сув иситгич коллекторининг иссиқлик-техникавий параметрларини асослаш;

қуёш нурланишини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қопламали ясси қуёш сув иситгич коллекторининг иссиқлик режимларини моделлаштириш ва иссиқлик-техникавий параметрларини оптималлаш;

қуёш нурланишини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қопламали ясси қуёш сув иситгич коллекторининг тажриба нусхаларининг иссиқлик синовларини ўтказиш ҳамда ресурс кўрсаткичларини аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида қуёш нурланишини тубидан ютувчи ҳажмий нур қабул қилгичли ясси қуёш сув иситгич коллектори ва унинг иссиқлик режими олинган.

Тадқиқотнинг предмети қуёш нурланишини тубидан ютувчи ҳажмий нур қабул қилгичли ясси қуёш сув иситгич коллекторида қуёш энергиясининг иссиқликка айланиш қонуниятлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида қуёш нурланиш энергиясини иссиқликка айланиш жараёнларини математик моделлаштириш, иссиқлик техникасининг назарий асослари, амалий оптика ва экспериментал усуллардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

иссиқлик йўқотишларини камайтириш ва сув иситиш самарадорлигини ошириш учун қуёш нурланишини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қопламали ҳажмий қуёш сув иситиш коллектори ишлаб чиқилган;

ташқи ҳаво ҳарорати ва қуёш радиациясининг суткалик ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда, қуёш нурланишини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қопламали ҳажмий қуёш сув иситиш коллекторини нобарқарор иссиқлик режимининг ўзгариш қонуниятлари аниқланган;

қуёш нурланишини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қопламали ҳажмий қуёш сув иситиш коллекторининг “сув қатлами – қорайтирилган туб” тизими учун қуёш нурланишини самарали ютиш коэффицентини аниқлаш бўйича боғлиқликлар олинган;

қуёш нурланишини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қопламали ҳажмий қуёш сув иситиш коллекторининг атроф-муҳитга иссиқлик

йўқотишларини ҳисобга олган ҳолда, унинг иссиқлик бериш ва энергия самарадорлик коэффициентлари аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

куёш энергияси асосида ишлайдиган энергия ва ресурс тежамкор, куёш нурланишини тубидан ютувчи ҳажмий нур қабул қилгичли ясси куёш сув иситгич коллектори яратилган;

куёш нурланишини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қопламали ясси куёш сув иситгич коллекторининг ресурс кўрсаткичлари асосланган ҳамда металл сарфининг камайиши аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги изланишларнинг кўп йиллик ўртача статистик метео маълумотлардан, иссиқлик моделлаштиришнинг замонавий усуллари, ўлчаш ва ҳисоблаш техникаси воситаларидан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, назарий ва иссиқлик-техникавий тадқиқотларнинг ўзаро адекватлиги, бажарилган тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган куёш нурланишини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қопламали ясси куёш сув иситгич коллектори қурилмаси синовларининг ижобий натижалари ва амалиётга жорий этилганлиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти куёш нурини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қоплама асосидаги куёш нурланишини ҳажмий қабул қилгичли ясси куёш сув иситгич коллекторларининг мақбул иссиқлик-техник параметрлари асосланганлиги ҳамда олинган математик модел ва аналитик боғланишларни куёш сув иситгичларининг параметрларини ҳисоблашда қўллаш мумкинлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти куёш нурланишини ҳажмий қабул қилгичли ясси куёш сув иситгич коллектори иссиқлик самарадорлигини оширишга имкон бериши ва энергия ресурслари ҳамда металл харажатларини камайтириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Куёш нурланишини тубидан ютувчи ҳажмий куёш сув иситгич коллекторларининг иссиқлик режимларини моделлаштириш ва параметрларини асослаш бўйича олинган натижалар асосида:

ҳажмий куёш сув иситиш коллектори қурилмаси учун Интеллектуал мулк агентлигининг фойдали моделига патент олинган («Ҳажмий куёш сув иситиш коллектори» FAP 01185, 2015 й). Натижада, сув иситиш коллекторида иссиқлик йўқотилишининг камайрилишига ва сув иситиш самарадорлигининг оширилишига эришилган;

куёш нурланишини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қопламали ҳажмий куёш сув иситиш коллекторининг “сув қатлами – қорайтирилган туб” тизими учун куёш нурланишини самарали ютиш коэффициентини аниқлайдиган боғлиқликлар олинган (Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 19 июлдаги 05/032-3045-сонли маълумотномаси). Натижада, коллекторнинг бир метр квадрат юзасидан мос равишда мавсум давомида

($\delta_{\text{суг}}=0,05\text{м}$ бўлганда)29,2 дан ($\delta_{\text{суг}}=0,07\text{м}$ бўлганда)49,9 м³ гача ҳажмдаги 47-55°С ҳароратли иссиқ сув олиш имконияти яратилган ва мос равишда ($\delta_{\text{суг}}=0,05\text{м}$ бўлганда) 42,57 кгш.ё/м² дан ($\delta_{\text{суг}}=0,07\text{м}$ бўлганда)49,82 кгш.ё/м² гача шартли ёқилғи тежаб қолинишига эришилган;

куёш нурланишини тубидан ютувчи, шаффоф пластик қопламали ясси куёш сув иситгич коллектори Сирдарё вилоятида фермер хўжаликларида жорий қилинган (Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 19 июлдаги 05/032-3045-сонли маълумотномаси). Натижада, фермер хўжалиklarининг иссиқ сувга бўлган мавсумий эҳтиёжларини қондириш имкониятлари яратилган ва йиллик 150 млн сўм соф фойда олинишига эришилган;

куёш нурланишини тубидан ютувчи, ясси куёш сув иситгичи коллекторининг “сув қатлами – қорайтирилган туб” тизими учун куёш нурланишини самарали ютиш коэффициентини аниқлаш учун ҳисобий ифода олинган ҳамда коллекторнинг иссиқлик йўқотиш ва иссиқлик самарадорлиги коэффициентлари аниқланган ва унинг ресурс кўрсаткичлари асосланган (Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 13 ноябрдаги 89-03-4688-сонли маълумотномаси). Натижада Гулистон давлат университетидан “Куёш энергиясидан фойдаланиш асослари” ва “Қайта тикланувчи энергия манбалари ва барқарор атроф муҳит физикаси” фанларидан ўқитиш жараёни сифатини оширишга эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий конференцияларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 18 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан 2 таси республика ва 6 таси хорижий журналларда нашр этилган. Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлигидан 1 та фойдали моделга патент ва 1 та дастурий маҳсулот учун муаллифлик гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, умумий хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 105 бетни ташкил этган.

Муаллиф Гулистон давлат университети доценти, техника фанлари номзоди Ш.К.Ниязовга куёш нурланишини тубидан ютувчи ҳажмий иссиқлик қабул қилувчи ясси куёш сув иситгич коллекторларининг тажриба синов намунасини яратишда ва ГулДУ куёш майдончасида табиий шароитларда 2008-2017 йилларнинг иссиқ мавсумида тажриба ўтказишда яқиндан кўрсатган ёрдами учун миннатдорчилик билдиришни ўз бурчи деб билади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор

йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Қуёш нурланишини тубида ютувчи хажмий қабул қилгичли ясси қуёш сув иситгич коллекторларни ишлаб чиқиш ва фойдаланиш бўйича тадқиқотлар таҳлили**» га бағишланган биринчи бобида қуёш нурланиши (ҚН)ни хажмий қабул қилгичли ясси қуёш сув иситгич коллекторлари (ЯҚСК)нинг асосий конструктив ечимлари, мазкур турдаги ЯҚСКдаги иссиқлик жараёнлари ҳисоблари, қиздириладиган сув ҳароратининг кун давомидаги ўзгаришини аниқлаш бўйича тадқиқотлар натижаларининг таҳлили келтирилган.

Диссертациянинг «**Шаффоф пластиклардан тайёрланган ва қуёш нурланишини тубида ютувчи (ҚНТЮ) ясси қуёш сув иситгич коллекторларининг асосий иссиқлик техникавий параметрлари**»ни ўрганишга бағишланган иккинчи бобида маҳаллий қурилиш ашёларидан тайёрланган, ҚНТЮ шаффоф пластик (ШП)лардан ясалган хажмий қабул қилгичли ЯҚСКларнинг асосий иссиқлик-техникавий параметрларини аниқлаш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган.

Кўриб чиқилаётган коллекторларнинг асосий иссиқлик техникавий параметрлари, бошқа анъанавий ясси ҚСИК да бўлгани каби, улар энергетик мукамаллиги даражасини кўрсатувчи ва иссиқлик самарадорлигига таъсир этувчи, коллектор юзасининг бирлик юзасига тенг бўлган йиғинди иссиқлик йўқотиш коэффициенти ($K_{\kappa_{p-a}}^{\Sigma}$) ва қуёш нурланишини ютгичнинг иссиқлик самарадорлиги коэффициенти ($\eta_{\text{ую}}$) ҳисобланади.

Қаралаётган турдаги коллекторларнинг иссиқлик баланси тенгламалар системасини ечиш, шунингдек коллекторнинг принципиал ҳисобий иссиқлик схемаси (1-расм) дан фойдаланиш асосида унинг иссиқлик-техникавий кўрсаткичлари $K_{\kappa_{p-a}}^{\Sigma}$ ва $\eta_{\text{ую}}$ нинг қийматларини аниқлаш бўйича қуйидаги ифодалар таклиф қилинган:

$$K_{\kappa_{p-a}}^{\Sigma} = a \left(K_{c_{p-a}}^{\kappa, \lambda} + K_{c-x}^{\text{сқв.л}} \frac{t_c - t_o}{t_p - t_a} \right) + \epsilon K_{\text{туб}} + c K_{\text{ёд}} \frac{t_c - t_o}{t_p - t_a}, \quad (1)$$

$$\eta_{\text{ую}} = \left[1 + K_{\text{келт. } p-a}^{\Sigma} \left(\frac{\delta_w}{\lambda_w} + \frac{1}{\alpha_{\text{Кички}}} \right) \right]^{-1}, \quad (2)$$

бунда қаралаётган коллектор пастки иссиқлик изоляцияси орқали иссиқлик йўқотиш коэффициентларининг қийматлари $K_{\text{туб}}$ ва $K_{\text{ёд}}$ ни аниқлаш бўйича қуйидаги ифодалар таклиф этилган:

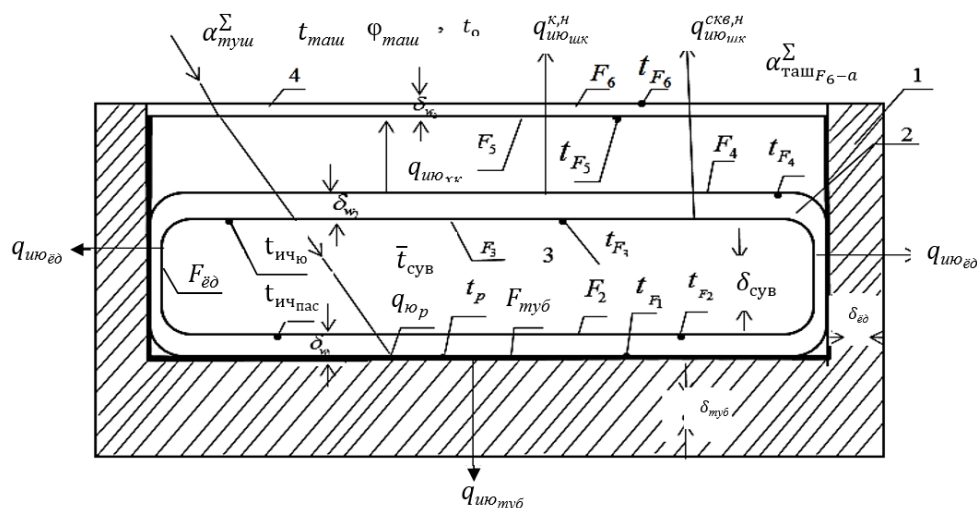
$$K_{\text{туб}} = \left(\frac{\delta_{\text{бю}}}{\lambda_{\text{бю}}} + \frac{\delta_{\text{кю}}}{\lambda_{\text{кю}}} \right)^{-1}. \quad (3)$$

ва

$$K_{\dot{e}o_{p-a}} = \left(\frac{\delta_{\dot{e}o}}{\lambda_{\dot{e}o}} + \frac{1}{\alpha_{\Sigma_{таш}}} \right)^{-1} \quad (4)$$

бу ерда $\delta_{\dot{e}o}$, $\lambda_{\dot{e}o}$ - бетон плитадан тайёрланган коллектор қалинлиги ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти; $\delta_{кю}$, $\lambda_{кю}$ - қамишли плитадан тайёрланган коллектор тубидаги ҳимоя қатламининг қалинлиги ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти; $\delta_{\dot{e}o}$, $\lambda_{\dot{e}o}$ - коллектор ён девори қалинлиги ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти.

ҚН нинг ютилган иссиқлиги сув қатламларига юқоридан бериладиган, металл асосида тайёрланган ҳажмий ҚНЮ лардан фақли ўлароқ, ҚНТЮ да иссиқлик иситилаётган сувга пастдан берилади. Шу сабабли, (2) да келтирилган $\alpha_{кю}$ қиймати ҚНни тубда ютувчи ҳажмий қабул қилгичли ЯҚСКда иссиқликни юқоридан узатишга мўлжалланган ҳажмий ҚНЮ ларга қараганда 2÷3 барабар катта бўлади. Кўриб чиқиладиган ҚНТЮда ҚНнинг ютилиш коэффицентининг шаклланиш механизми анъанавий ҚНЮ ларда ҳосил бўлиш механизидан бир оз фарқ қилади.



1-расм. ҚНТЮ ИҚ нурланишни қисман ўтказувчи ШПдан ясалган, ҚН ни ҳажмий ютувчи ЯҚСК йиғинди иссиқлик йўқотиш коэффицентини ташкил этувчиларининг қийматларини аниқлаш учун принципиал ҳисобий иссиқлик схемаси.

Асосий фарқ ҚНТЮ нинг юқори шаффоф девори орқали ўтган ҚНнинг ($\alpha_{суб}$) ютилиш коэффицентига эга бўлган сув қатлами орқали қисман ютилиши ва ушбу ҚНТЮ нинг иссиқлик балансига киритилиши ҳисобланади. ҚН энергиясини “сув қатлами–қорайтирилган туб” тизимида ютилиш қийматини аниқлашнинг принципиал схемаси 2-расмда келтирилган. Принципиал ҳисобий чизма (2-расм) га мос равишда юза сиртида ютилган қуёш нурлариниши $q_{юм}^{суб-туб}$ ва қаралаётган “сув қатлами – қорайтирилган туб” тизимидаги $\alpha_{эфф}^{суб-туб}$ қуёш нурланишининг эффектив ютилиши коэффицентини кўп мартаба ички қайтишлар қатор йиғиндиси

орқали аниқланади, бу ерда $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ сув юзаси ва коллектор асоси қорайтирилган сирти зичлиги 1, 2, 3, ... q_n шарт учун

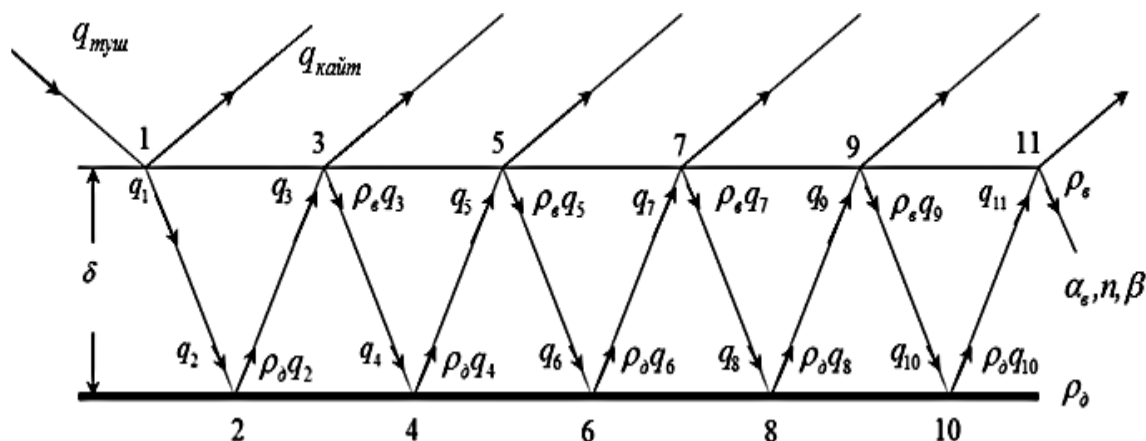
$$q_{\text{юм}}^{\text{сுவ-тув}} = q_1 - q_2 + (\rho_{\text{тув}} q_2 - q_3) + (\rho_{\text{сுவ}} q_3 - q_4) + (\rho_{\text{тув}} q_4 - q_5) + \dots + (\rho_{\text{сுவ}} q_5 - q_6) + (\rho_{\text{тув}} q_6 - q_7) + (\rho_{\text{сுவ}} q_7 - q_8) + \dots + (1 - \rho_{\text{тув}}) q_2 + (1 - \rho_{\text{тув}}) q_4 + (1 - \rho_{\text{тув}}) q_6 + (1 - \rho_{\text{тув}}) q_8 + \dots, \quad (5)$$

ва бизга маълум муносабат асосида олинган $\alpha_{\text{эфф}}^{\text{сுவ-тув}}$ ифода

$$\alpha_{\text{эфф}}^{\text{сுவ-тув}} = \frac{q_{\text{юм}}^{\text{сுவ-тув}}}{q_{\text{муш}}}, \quad (6)$$

бу ҳолатда қуйидагича ифодаланади:

$$\alpha_{\text{эфф}}^{\text{сுவ-тув}} = (1 - \rho_{\text{сுவ}}) \frac{1 - \rho_{\text{сுவ}} (1 - \alpha_{\text{сுவ}})^2}{1 - \rho_{\text{сுவ}} \rho_{\text{сுவ}} (1 - \alpha_{\text{сுவ}})^2}. \quad (7)$$



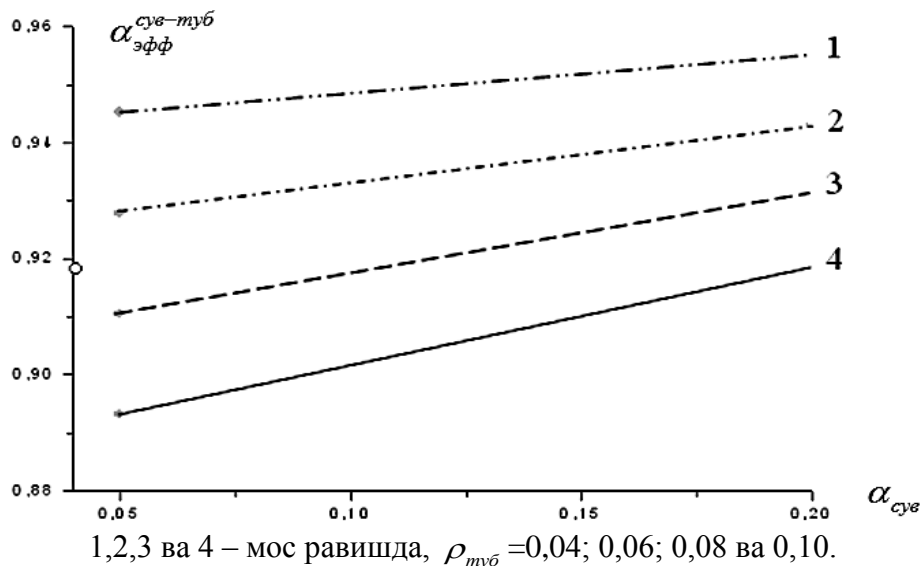
1,3,5,7,9 ... ва 2.4.6.8 ..., мос равишда сув қатламининг юкори ва қуйи чегаралари учун шартли нуқталар: δ - сув қатламиқалинлиги; $\rho_{\text{сுவ}}$ ва $\rho_{\text{тув}}$ - мос равишда, сув юзасининг қайтариш ва қорайтирилган тубнинг ютиш коэффицентлари.

2-расм. ҚНТЮли ҳажмий ЯҚСК “сув қатлами - қорайтирилган туб” тизимида $\alpha_{\text{эфф}}^{\text{сுவ-тув}}$ ни аниқлашнинг принцинал чизмаси.

(7) дан кўришиб турибдики, “сув қатлами –қорайтирилган туб” тизимида ҚНнинг эффеktiv ютилиш коэффиценти қийматини аниқлаш учун $\alpha_{\text{сுவ}}$ билан биргаликда $\rho_{\text{сுவ}}$ ва $\rho_{\text{тув}}$ ларнинг мос қийматлари талаб қилинади.

3-расмда $\alpha_{\text{эфф}}^{\text{сுவ-тув}}$ нинг $\rho_{\text{сுவ}} = 0,02$ қийматда $\alpha_{\text{сுவ}}$ ва $\rho_{\text{тув}}$ га боғлиқлиги келтирилган.

3-расмдаги график таҳлилидан кўринадики, барча бир хил шароитларда ($\rho_{\text{сுவ}}$ назарда тутилади) кутилганидек, $\alpha_{\text{эфф}}^{\text{сுவ-тув}}$ нинг қиймати асосан коллектор туби қорайтирилган асосининг ҚНни қайтариш коэффиценти қиймати билан аниқланади $\rho_{\text{тув}} = 1 - \alpha_{\text{тув}}$. Масалан, $\rho_{\text{сுவ}} = 0,02$ ва $\alpha_{\text{сுவ}} = 0,1$ да $\alpha_{\text{тув}}$ нинг 0,90 дан 0,96 гача ўзгариши $\alpha_{\text{эфф}}^{\text{сுவ-тув}}$ қийматининг мос равишда 0,9120 дан 0,9489 гача, яъни 5,2% га ошишига олиб келади.



3-расм. ҚН сув юзасига нормал тушганда ($\rho_{сув} = 0,02$) $\alpha_{эфф}^{сув-туб}$ нинг $\alpha_{сув}$ ва $\alpha_{туб}$ га боғлиқлиги.

Айни вақтнинг ўзида $\alpha_{туб} = 0,94$ қийматнинг ўзгариши $\alpha_{с}$ 0,05 дан 0,20 гача ёки $\beta\delta$ -0,51 дан 0,223 (бу ерда β -сусайтириш коэффициентини) δ -коллектордаги сув қалинлиги), яъни $\alpha_{эфф}^{сув-туб}$ қийматининг мос равишда 4 марта 0,9279 дан 0,9431 гача (яъни 1,63%) ортишига олиб келади. Кўришиб турибдики, очиқ юзали ҳажмий ҚКларида $\alpha_{эфф}^{сув-туб}$ қийматининг шаклланишида асосий қийматни қорайтирилган асоснинг ютиш коэффициенти ташкил қилади.

Диссертациянинг «Қуёш нурланишини тубида ютувчи ҳажмий ясси қуёш сув иситгич коллекторларнинг нобарқарор иссиқлик режимларини моделлаштириш»га бағишланган учинчи бобида ҚНТЮ шаффоф пластиклардан ясалган ҳажмий қабул қилгичли ЯҚСКларнинг нобарқарор иссиқлик режими тадқиқотлари натижалари келтирилган.

Кўриб чиқиладиган турдаги қуёш коллекторлари учун, ($t_{сув}$) нинг тушаётган ҚН ($q_{муш}$) ва ташқи муҳит (t_a) ҳароратига аналитик боғлиқлигини ўрнатиш учун ностационар иссиқлик баланси дифференциал тенгламаларини ечиш зарур

$$\varphi c_{келт} \frac{dt_{с}}{d\tau} = \eta_{тн} \left[q_{ют}^{сув-туб} - k_{келт, p-a}^{\Sigma} (t_{сув} - t_a) \right], \quad (8)$$

бу ерда

$$\varphi c_{келт} = \frac{(mc_p)_{сув}}{c_{келт}} \quad (9)$$

қуёш коллекторининг келтирилган самарали иссиқлик сифимидаги ($c_{келт}$) ҚНТЮ даги сув иссиқлик сифимининг улуши $(mc_p)_{сув}$, ҚНТЮнинг туби ва ён деворлари иссиқлик сифимининг таъсири ҳисобга олинган;

$$m_{сув} = (\delta\rho)_{сув} \quad (10)$$

коллектордаги солиштирма (ҚНТЮ юза бирлигига келтирилган) сув ҳажми;
 $\frac{dt_{\text{суб}}}{d\tau}$ - ҚНТЮ даги сув ҳароратининг ўзгариш суръати.

Анъанавий иссиқлик қабул қилгичга эга бўлган ЯҚСКларидан фаркли равишда, ўрганилаётган қуёш коллекторлари юза бирлигига келтирилган сув ҳажми 40-100 л/м² ни ташкил қилади. Бунда, нисбатан оддий ҳисоблашлардан кўришиб турибдики, $c_{\text{келт}}$ нинг тегишли қийматидан қаралаётган қуёш коллекторлари учун мос келадиган қиймат 192÷436 КЖ/(м²·°С) оралиғида, сувнинг иссиқлик сиғими улуши коллектор самарадор иссиқлик сиғимининг $\varphi=82-90\%$ ни ташкил қилади. $K_{\text{келт}}^{\Sigma} = 7,0 \div 8,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ бўлганда (бир қаватли шаффоф қопламали коллекторлар учун) ва $\eta_{\text{онм}}=0,90 \div 0,92$ да ҳажмий ҚНТЮга эга бўлган ва $c_{\text{келт}}$ ли коллекторнинг “доимий вақт” қиймати

$$\tau_{\text{сйо}} = \frac{c_{\text{ёи}}}{k_{\text{келт}} \eta_{\text{ую}}} = 8,5 \div 16,4 \text{ соат}. \quad (11)$$

Табиийки, кўрсатилган вақт оралиғида $q_{\text{юм}}^{\text{суб-туб}}$ ва t_a (8) даги қийматлари сезиларли даражада ўзгаради ва ушбу шароитларда (9)ни интеграллаш мумкин эмас. Шу муносабат билан, ҳажмий ҚНТЮли қуёш коллекторларида ($t_{\text{суб}}$) кунлик юришининг коллектор юза бирлигига тушаётган ҚН ($q_{\text{муш}}$) ва ташқи ҳаво ҳарорати (t_a) нинг кун давомида ўзгаришига ўзаро боғлиқлигини аниқлаш учун кетма-кет оралиқлар усулидан фойдаланилади. 9-тенгламани $\Delta\tau_{0-1}, \Delta\tau_{1-2}, \Delta\tau_{2-3}, \dots, \Delta\tau_{(i-1)-i}, \frac{q_{\text{юм}}^{\text{суб-туб}}}{K_{\text{келт}}^{\Sigma}} + t_a$ вақт оралиқларида босқичма-босқич интеграллаш асосида, $\frac{q_{\text{юм}}^{\text{суб-туб}}}{K_{\text{келт}}^{\Sigma}} + t_a$ нинг ўртача қийматини ҳисобга олган ҳолда, куннинг исталган вақтида $t_{\text{суб}}$ нинг қийматларни ҳисоблаш учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$t_{\text{суб}_i} = t_{\text{суб}_{i-1}} e^{-\frac{\eta_{\text{мн}} K_{\text{келт}}^{\Sigma}}{\varphi c_{\text{келт}}} \Delta\tau_{(i-1)-i}} + 0,5 \left(1 - e^{-\frac{\eta_{\text{мн}} K_{\text{келт}}^{\Sigma}}{\varphi c_{\text{келт}}} \Delta\tau_{(i-1)-i}} \right) \left(\frac{q_{\text{ютил}_{i-1}}^{\text{суб-туб}} + q_{\text{ютил}_i}^{\text{суб-туб}}}{K_{\text{келт}}^{\Sigma}} + t_{a_{i-1}} + t_{a_i} \right), \quad (12)$$

бу ерда $q_{\text{ютил}_{i-1}}^{\text{суб-туб}}, q_{\text{ютил}_i}^{\text{суб-туб}}, t_{a_{i-1}}, t_{a_i}$ - мос равишда, $(i-1)-i$ ва i вақтлардаги “сув қатлами- қорайтирилган туб» тизимида ютилган йиғинди ҚН оқимиларининг сиртий зичлиги ва атроф муҳит ҳарорати.

ҚНни ҳажмий ютувчида фойдали ютилган қуёш иссиқлиги оқимининг кунлик ўзгаришлари қуйидаги ифодадан аниқланади

$$q_{\text{фой}_{(i-1)-i}} = (\delta\varphi c_{\text{келт}})(t_{\text{суб}_i} - t_{\text{суб}_{i-1}}). \quad (13)$$

Ўртача вақт оралиғи $\tau_{(i-1)-i}$ да коллекторнинг иссиқлик самарадорлиги қуйидаги муносабатдан аниқланади

$$\eta_{(i-1)-i} = \frac{(\delta \rho c_{келт})(t_{cув_i} - t_{cув_{i-1}})}{q_{муш_{(i-1)-i}} \Delta \tau_{(i-1)-i}}. \quad (14)$$

Кун давомида тўпланган (ёки кундузги иситиш вақти оралиғида) ҚНнинг ютилган фойдали иссиқлиги миқдори ва унга мос равишда коллекторнинг куннинг маълум бир давридаги иссиқлик самарадорлиги қиймати қуйидаги ифодалардан аниқланади:

$$\sum_{i=1}^n q_{фой_{o-1}} = (\delta \rho c_p)_{cув} (t_{cув_i} - t_{cув_o}) \quad (15)$$

ва

$$\eta_{o-1} = \frac{(\delta \rho c_p)_{cув} (t_{cув_i} - t_{cув_o})}{\sum_{i=1}^n q_{муш_{(i-1)-i}} \Delta \tau_{(i-1)-i}}. \quad (16)$$

(14) ифодадан кўришиб турибдики, ЯҚСКда сув ҳароратининг кунлик ўзгаришини аниқлаш учун, бошқа барча шароитлар бир хил бўлганда t_a ва $q_{муш}^{\Sigma}$ нинг қийматларини билиш талаб қилинади.

4- ва 5-расмларда атроф-муҳит ҳароратининг кунлик ўзгаришининг ўртача ойлик (t_a) ҳаракати ва мавсумнинг танланган характерли кунлари учун коллектор фронтал юзасига тушаётган йиғинди ҚНнинг $q_{муш}^{\Sigma}$ сиртий зичлиги кўрсатилган.

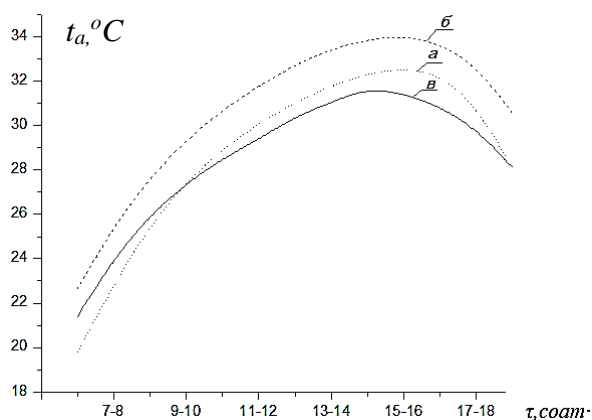
4- ва 5-расмларда келтирилган графиклар таҳлилидан кўришиб турибдики, t_a ва ларнинг максимал қийматлари куннинг 15-16 соатларига тўғри келади ва $31^{\circ}C$, $34,05^{\circ}C$ ва $32,6^{\circ}C$ ни ташкил қилади, $q_{муш}^{\Sigma}$ бўйича эса кундузи соат 12^{30} - 13^{00} га тўғри келади ҳамда мос равишда $911,11 \text{ Вт/м}^2$, $916,67 \text{ Вт/м}^2$ ва $872,22 \text{ Вт/м}^2$ ни ташкил қилади. Ушбу графикларни таққослаш орқали иккала қиймат учун максимал қийматлар ($34,05^{\circ}C$) ва ($916,67 \text{ Вт/м}^2$) 15.VII. га тўғри келишини аниқлаш мумкин.

ЯҚСКнинг “шаффоф қоплама – сув қатлами” тизимининг оптик самарадорлиги $\alpha_{эфф}^{cув-туб}$ ни ҳисобга олган ҳолда, “сув қатлами – қорайтирилган туб” тизими орқали ютилган йиғинди ҚНнинг сирт зичлигининг кунлик ҳаракати ва қийматларини аниқлаш қуйидаги ифода орқали амалга оширилди:

$$\alpha_{юм}^{cув-туб} = \tau_{спэфф} \alpha_{юм}^{cув-туб} q_{муш}^{\Sigma}, \quad (17)$$

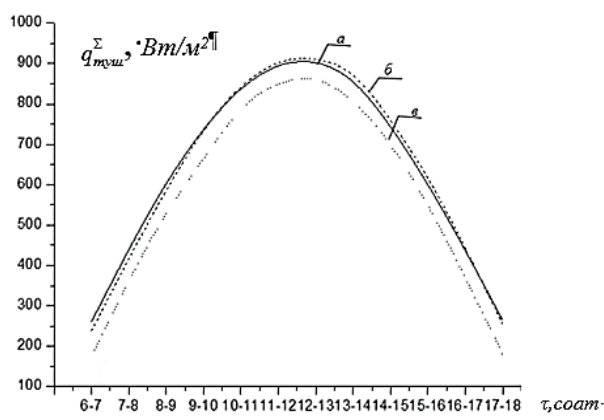
ва ҚНЮдаги сув қатламининг қалинлиги (δ_g) $0,05 \text{ м}$ ва $0,07 \text{ м}$ бўлганда ёзнинг энг иссиқ ойи учун ҳисоб-китоблар натижалари 6-расмда келтирилган.

6-расмдан кўринадикки, $q_{юм}^{\Sigma}$ нинг кунлик ўзгариши асосан $\delta_{cув}$ га боғлиқ. Сув қатламининг қалинлиги $0,05 \text{ м}$ бўлганда ва унинг сусайтириш коэффициентининг ўртача қиймати (β) 2 м^{-1} да $0,10$ ни, ва $0,07 \text{ м}$ да ютиш коэффициентининг ($\alpha_{cув}$) қиймати мос равишда $0,13$ ни ташкил қилади.



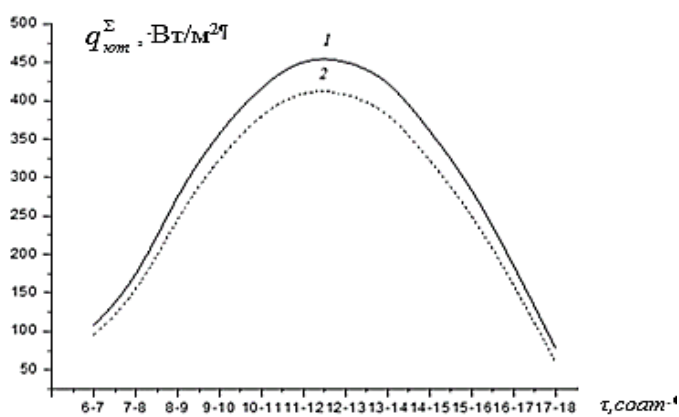
а, б ва в – мос равишда 15.VI, 15.VII, 15.VIII.

4-расм. t_a кунлик ўзгаришининг ўртача ойлик ҳаракатлари учун.



а, б ва в – мос равишда 15.VI, 15.VII, 15.VIII.

5-расм. Коллектор фронтал юзасига тушаётган кунлик ўзгаришлар $q_{муш}^Σ$ нинг ўртача ойлик ҳаракати учун.



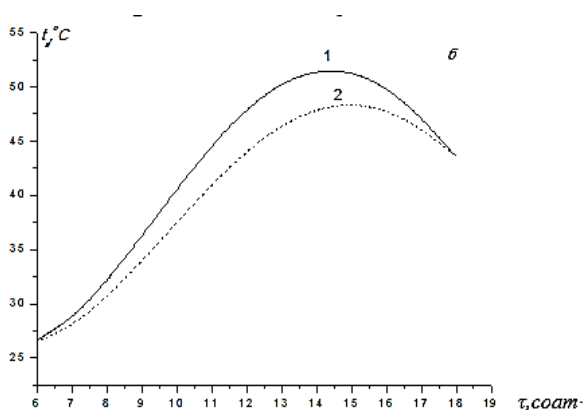
1 ва 2 – мос равишда $\delta_{суб} = 0,07 м$ ва $0,05 м$.

6-расм. $q_{юм}^Σ$ кунлик ўзгаришининг ўртача ойлик ҳаракати, а, б ва в – мос равишда 15.VI, 15.VII ва 15.VIII учун.

Кўриниб турибдики, бир хил шароитларда (τ ни ҳисобга олган ҳолда) $\delta_{суб}$ қийматнинг $0,05 м$ дан $0,07 м$ (яъни на 40%) гача оширилиши $\alpha_{р_{суб}}$ қийматининг 30% га ошишига олиб келади.

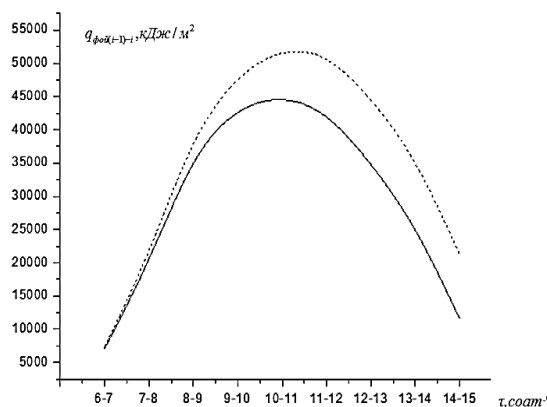
7-расмдаги графикларда йилнинг энг иссиқ оyi (15.VII) учун $t_{суб}$ кунлик ҳаракатини $\delta_{суб} = 0,05 м$ ва $\delta_{суб} = 0,07 м$ қийматларда аниқлаш бўйича ҳисобий изланишлар келтирилган, $t_{суб_i}$ нинг максимал қиймати $\delta_{суб} = 0,05 м$ да $51,54^\circ C$ (15.VII), $\delta_{суб} = 0,07 м$ да эса, $48,51^\circ C$ (15.VII)га яқинлашади, шунингдек, коллектордан иссиқ сув олиш вақти куннинг 14-15- соатига тўғри келади.

8-расмда йилнинг (15.VI) оyi учун $\delta_{суб} = 0,05 м$ ва $\delta_{суб} = 0,07 м$ қийматларда $q_{фой(i-1)-i}$ нинг кунлик ўзгариши бўйича ҳисобий изланишлар келтирилган, $q_{фой(i-1)-i}$ кунлик ўзгаришининг максимал қиймати $\delta_{суб} = 0,05 м$ да $828,97 КЖ/м^2$ (15.VI) га, $\delta_{суб} = 0,07 м$ да $961,29 КЖ/м^2$ (15.VI) га тенг ва $q_{фой(i-1)-i}$



1-2 – мос холда $\delta_{сyв}=0,05м$ ва $\delta_{сyв}=0,07 м$.

7-расм. Ҳажмий иссиқлик қабул қилгичли ЯҚСҚида сув ҳароратининг кунлик ўзгариши, 15.VIучун.



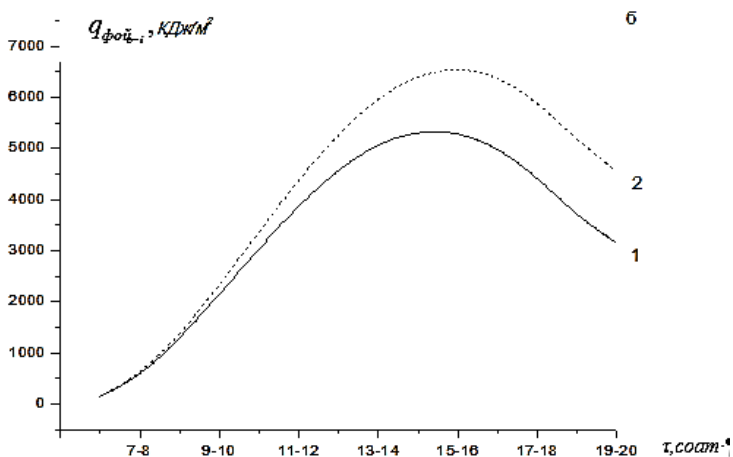
1-2- мос холда $\delta_{сyв}=0,05м$ ва $\delta_{сyв}=0,07 м$.

8-расм. Ҳажмий иссиқлик қабул қилгичли ЯҚСҚ иссиқлик ишлаб чиқарувчанлигининг кунлик ўзгариши 15.VII учун.

кунлик ўзгаришининг максимал қиймати куннинг 10⁰⁰-11⁰⁰ - соатларига тўғри келади ва кутилганидек $\delta_{сyв}=0,05м$ да ва бошқа барча шароитлар бир хил бўлганда $\delta_{сyв}=0,07м$ га нисбатан паст – 132,30КЖ/м² (15.VI) бўлади.

Йилнинг кўрсатилган даврлари учун $\sum q_{\phi o \dot{y}_{i-1}}$ кунлик ўзгаришини аниқлаш бўйича ҳисоблаш ишларининг натижалари 9-расмда келтирилган ва уларнинг таҳлилидан кўриниб турибдики, $\sum_{i=1}^n q_{\phi o \dot{y}_{(i-1)-i}}$ нинг қиймати $\delta_{сyв}=0,07м$ бўлганда $\delta_{сyв}=0,05м$ бўлгандагига нисбатан доимо юқори. Шунингдек, 15.VI да $\sum_{i=1}^n q_{\phi o \dot{y}_{(i-1)-i}}$ нинг максимал қийматига 15-16 соатда эришилади ва $\delta_{сyв}=0,07м$ бўлганда 6016,85 КЖ/м² ни, $\delta_{сyв}=0,05м$ бўлганда эса соат 14-15 ларда эришади ва 4913,21 КЖ/м² ни ташкил қилади.

Сонли ҳисоблашлар учун блок-схемалар кўринишидаги алгоритм ишлаб чиқилган, яратилган модел, «Ҳажмий новсимон иссиқлик қабул қилгичли ясси қуёш коллекторининг иссиқлик режимини математик моделлаштириш» дастурий таъминоти учун 27.02.2012 йилда Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг № DGU 02426 сонли гувоҳномаси олинган.



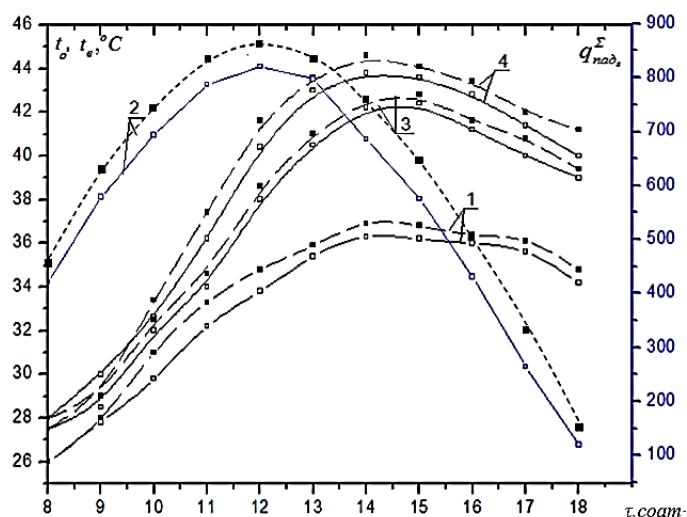
1-2 – мос равишда $\delta_{сyв}=0,05м$ ва $\delta_{сyв}=0,07 м$ учун.

9-расм. Ҳажмий иссиқлик қабул қилгичли ЯҚСҚ йиғинди иссиқлик ишлаб чиқарувчанлигининг кунлик ўзгариши 15.VII учун.

Диссертациянинг тўртинчи боби «ҚНТЮ шаффоф пластиклардан ясалган ҳажмий қабул қилгичли ЯҚСКларнинг ишлаш режимларини тажрибавий тадқиқ қилиш» ҚНТЮ ШПлардан ясалган ҳажмий қабул қилгичли ЯҚСКларда ўтказилган амалий тадқиқотларга, яъни горизонтал ҳолатда жойлаштирилган яъни коллекторларнинг текис асосининг узун ўқи шарқдан ғарбга йўналтирилган қуёш коллекторларининг ҳарорат режими ва иссиқлик самарадорлигининг табиий шароитдаги қиёсий тажрибавий тадқиқотлар натижаларига бағишланган. Табиий шароитларда ўтказилган тажрибаларнинг мақсади ҳисоблаш ва тажрибалар натижаларини текшириш; очиқ сиртли ҚНТЮли ЯҚСКдан буғланган намлик миқдорини аниқлаш; ҚНТЮда иссиқ сув ҳароратининг сув қатламининг қалинлигига боғлиқлик даражасини аниқлаш; иссиқлик ишлаб чиқарувчанликни ва қаралаётган коллекторларнинг иссиқлик самарадорлигини ҳамда мавсумий ИСТТларида улардан оқилона фойдаланиш шартларини белгилашдан иборат. Шу мақсадда, кўриб чиқиладиган турдаги ЯҚСКнинг табиий шароитлардаги тажриба ва тажриба-саноат нусхалари яратилди ва табиий шароитда синовдан ўтказилди.

Қуёш нурланишини тубида ютилишига мосланган 2 дона ЯҚСКларнинг тўртбурчак шаклдаги нусхаларининг ташқи сандартлар бўйича умумий ўлчамлари қуйидагича: узунлиги – 1,6 м; кенлиги – 0,8 м; юзаси (ён деворларнинг олдинги юзаларини ҳам ҳисобга олган ҳолда) 1,28 м². Коллекторларнинг ён деворлари ва пастки қисми қурилиш бетонидан ясалган ва қалинлиги 0,1 м га тенг, ички юзалари қурилиш битуми ёрдамида сув ўтказмайдиган қатлам билан ҳимояланган, ҳамда ерга горизонтал равишда ўрнатилади. Коллекторларнинг умумий ички ҳажми 0,5 м³ ни ташкил қилади. Иситилган сув 0,1 мм қалинликдаги ШПлардан тайёрланган контейнер шаклидаги резервуарга қуйилади, бу сув манбаини (совуқ ва иссиқ (ёки илиқ)) сув билан тўлдириш ва ичкарига шиша симоб термометрларини киритиш учун мослама билан жиҳозланган. Корпусдаги сув қатламининг максимал мумкин бўлган қалинлиги 0,1 м.

Тадқиқотлар давомида ҳар 30 дақиқада ўлчовлар ўтказилди: коллекторнинг фронтал (горизонтал) сиртига тушувчи қуёш нурланиши оқими зичлигининг кунлик ўзгариши (П=80М пиранометр ёрдамида) ташқи ҳавонинг ҳарорати ва коллекторда иситиладиган сувнинг ҳарорати (электрон термометрлари ёрдамида) ва шамол тезлигининг кунлик курси (анемометр ёрдамида МС-13) ўлчаб борилди. Кўриб чиқиладиган турдаги қуёш коллекторларидаги иситиладиган сувнинг ҳароратини ва шамол тезлиги ҚН тушувчи юзага боғлиқ равишда ўлчаш бўйича тадқиқотлар, Тошкент шаҳри (ЎзР ФА Физика-Қуёш ИИЧБ ФТИ гелиополигони) ва Гулистон (Гулистон давлат университети қуёш майдончаси) шароитида 2008-2017 йилларнинг иссиқ даврида ўтказилди (10-расм).



1-атроф-мухит ҳароратининг кунлик ҳаракатлари (t_m); 2-коллектор юзасига тушган йиғинди ҚН кунлик ҳаракати ($q_{\text{муш.}}^{\Sigma}$); 3 - коллектордаги сувнинг кунлик ҳарорати ($t_{\text{суб}}$) 0,07м; 4- коллектордаги сувнинг кунлик ҳарорати 0,05 м.

10- расм. 2017 йилнинг 10 июл (узлуксиз чизик) ва 8 август (узук чизик) даври оралиғи учун $\delta_{\text{суб}}=0,05$ ва $\delta_{\text{суб}}=0,07$ м бўлганда очик сиртли ҚНТЮ ШПлардан ясалган ҳажмий қабул қилгичли ЯҚСК тажриба нусхасида олиб борилган бир кунлик қиёсий тадқиқотлар натижалари.

Тажриба натижаларининг таҳлили шуни кўрсатадики, коллекторларнинг очик сиртидан буғланган намлик миқдори уларга қуйиладиган сувнинг ҳароратига ва атроф-мухит ҳавосининг нисбий намлигига боғлиқ ва кунига 3,8÷4,5 литргача ўзгариб туради. Сув қатламининг қалинлиги ($\delta_{\text{суб}}$) 0,05 м бўлган коллекторларда буғланган намлик миқдори ҳар доим 0,07 м дан ($\delta_{\text{суб}}$) дагидан кўп бўлади. Графикдан кўришиб турибдики, кўриб чиқиладиган турдаги коллекторлар бирламчи юзаларининг иссиқлик ишлаб чиқарувчанлигининг максимал қийматлари кундузги 14-15 соат ичида содир бўлади ва ўртача $\delta_{\text{суб}}=0,05$ м ҳолатида $3,768 \text{ MJ/m}^2$ ва $\delta_{\text{суб}}=0,07$ м ҳолатида $5,275 \text{ MJ/m}^2$ га тенг бўлади. Бунда қаралаётган турдаги коллекторнинг самарадорлиги мос равишда сув қатламининг қалинлиги 0,05м да 14% ва 0,07м да 17% га тенг бўлади.

ҚНТЮ шаффоф пластиклардан ясалган ҳажмий қабул қилгичли ЯҚСКларининг ўртача кунлик иссиқлик ишлаб чиқарувчанлигини аниқлаш бўйича тажриба маълумотларини умумлаштириш натижалари 2017 йилнинг очик ва ярим очик кунлари учун 1-жадвалда келтирилган. 1-жадвалда келтирилган тажриба маълумотлари таҳлилидан кўринадики, кутилганидек, $\delta_{\text{суб}}=0,07$ м да, намуна олиш пайтида (куннинг 15- соатида) сувнинг ҳарорати $\delta_{\text{суб}}=0,05$ м дагидан ўртача 3÷4°C паст бўлади, аммо иссиқлик самарадорлиги $\delta_{\text{суб}}=0,05$ м дагидан 0,04-0,06 га ошади, бу сув ҳароратининг ошиши билан коллекторда иссиқлик йўқотишларининг кўпайиши билан изоҳланади.

ҚНТЮ шаффоф пластиклардан ясалган ҳажмий қабул қилгичли ЯҚСКлари ўртача кунлик иссиқлик ишлаб чиқарувчанлигини аниқлаш бўйича тажрибамаълумотларини умумлаштириш натижалари (2017 йилнинг очик ва ярим очик кунлари учун)

Ойлар	Коллектор бир ойда ишлаган кунлар	$m_{\text{сுவ}}$, литр	$t_{\text{сுவ}}$, °C	$Q_{\text{фой}_{9-15}}$, МДж
$\delta_{\text{сுவ}} = 0,05 \text{ м}$				
Май	18	4500	42÷43	312,13
Июнь	19	4750	50÷53	565,34
Июль	27	6750	53÷55	759,90
Август	29	7250	53÷55	1065,75
Сентябрь	24	6000	47÷48	334,55
Мавсумда	117	29250		3119,31
$\delta_{\text{сுவ}} = 0,07 \text{ м}$				
Май	18	6300	40 ÷ 42	327,95
Июнь	19	6650	47÷49	664,08
Июль	27	9450	49÷50	949,57
Август	29	10150	46÷47	1248,50
Сентябрь	24	8400	41÷43	370,51
Мавсумда	117	40950		3650,23

Олинган иссиқ (ёки илиқ) сувнинг ҳарорати 40-42°C дан юқори бўладиган иш кунларининг сони: май ойида – 18 кун, июн ойида – 19 кун, июл ойида – 27 кун, август ойида – 29 кун ва сентябр ойида – 24 кунни ташкил қилди. Коллектордан мавсум давомида (йилнинг V-IX ойлари) олинган иссиқ (ёки илиқ) сувнинг умумий ҳажми 29,250 литрни ташкил этди. Сувнинг ҳарорати эса 0,05 м да сув олиш вақтида (14 соат 50 минут÷15 соат 10 минут) - май ойида - 47÷48°C, июн ойида - 45÷53°C, июл ва август ойларида - 53÷55°C, сентябрда 40÷42°Cга тенг бўлди. Ушбу даврда коллектордан олинган иссиқ сувнинг умумий ҳажми 0,07 м да 40,950литрни ташкил этди, бу эса 0,05 м даги сув ҳароратидан 3-4°C га паст бўлади.

Ушбу турдаги коллектордан фойдаланиш натижасида тежалган анъанавий ёқилғи миқдори куйида келтирилган тенгликдан аниқланади:

$$G_{\text{иё}}^{\text{сол}} = \frac{Q_{\text{фой}}^{\text{мавсум}}}{\eta_{\text{иак}} \cdot q_{\text{иё}}} \quad (18)$$

кам қувватли анъанавий иссиқлик манбалари ($\eta_{\text{иак}}$) 0,5 дан фойдаланишда, анъанавий ёқилғининг иссиқлик ҳосил қилиш қиймати ($q_{\text{иё}}$) 0,05 м да бир мавсумда 29,3076 ГЖ/ш.ё ни, 42,57 кгш.ё/м²·мавсум ва 0,07 м да 49,82 кг шё/м² мавсумни ташкил қилади. Демак, коллекторни яшаш харажатларини қоплаш муддати нархлар ўзгаришига қараб 1 ойдан 3 ойгача, атроф муҳитга чиқаётган иссиқхона газларининг камайиши, ёқилғи турига қараб ҳар квадрат метрдан 1 мавсумда 93,7 кг (табiiй газ) дан 260,1 кг (қўнғир кўмир) гачани ташкил қилади.

11-расмда маҳаллий қурилиш ашёларидан тайёрланган ЯҚСКнинг умумий кўриниши тасвирланган.



a



б



в

a - $0,84 \text{ м}^2$ юзали ЯҚСК, *б*- 5 м^2 юзали шаффоф пластик қопламасиз ЯҚСК,
в - 5 м^2 юзали шаффоф пластиклиқопламали ЯҚСК.

11-расм. Маҳаллий қурилиш ашёларидан тайёрланган ясси қуёш сув иситгич коллектор умумий кўриниши.

ХУЛОСА

Диссертация ишида қўйилган вазифаларни ҳал этиш бўйича тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосаларга келиш мумкин:

1. Инфрақизил нурланишни қисман ютувчи шаффоф сиртга эга бўлган, ҳажмий қуёш нурланишини тубидан ютувчи ясси қуёш сув иситгич коллектори деворларининг иссиқлик йўқотиш коэффициенти шаклланишининг қонуниятлари ўрганилган. Натижада, горизонтал сув қатламига иссиқлик оқимини юқоридан узатишга нисбатан қуйидан узатишда қуёш нурланишини ҳажмий ютувчи коллекторнинг иссиқлик самарадорлиги коэффициенти 6-10 % га юқори бўлиши аниқланган.

2. «Сув қатлами-қорайтирилган туб» тизимида сув қатлами томонидан қуёш нурланишининг самарали ютилиш коэффициентини аниқлаш бўйича ҳисобий ифода таклиф қилинган ҳамда кун давомидаги ўртача соатлик, кунлик йиғинди иссиқлик самарадорлигининг ўзгаришини аниқлаш мақсадида сонли тажрибалар ўтказилган. Натижада, бир хил шароитларда қуёш нурланишининг самарали ютилиш коэффициенти 4 мартагача ортиши аниқланган.

3. Қуёш нурланишини тубидан ютувчишаффоф пластиклардан ясалган ҳажмий қабул қилгичли ясси қуёш сув иситгич коллекторининг нобарқарор иссиқлик режими учун математик модель ишлаб чиқилган. Натижада иссиқлик тўплаш динамикасини ҳамда коллектордаги сув ҳароратининг кунлик ўзгаришини аниқлаш учун ифодалар олинган.

4. Қуёш нурланишини тубидан ютувчи шаффоф пластиклардан ясалган ҳажмий қабул қилгичли ясси қуёш сув иситгич коллекторининг тажриба (лаборатория) ва тажриба-саноат нусхалари ишлаб чиқилган. Натижада, табиий шароитда ўтказилган тажрибалар натижасида коллекторлардан олинган иссиқ сув ҳароратининг кунлик ўзгаришини, уларнинг солиштирма иссиқлик ишлаб чиқарувчанлигини ва иссиқлик самарадорлигини аниқлаш бўйича ҳисобий ва тажриба натижаларининг мослиги асосланган.

5. Таклиф қилинаётган коллектор тажриба-саноат намунасида қилинган. Натижада қаралаётган турдаги коллектордан йил давомида 42°C дан юқори бўлган иссиқ сувни олиш мумкин бўлган иш кунлари сони 117 кунни ташкил этиши ва иситилаётган сув қатламининг қалинлиги 0,05 м ва 0,07 м бўлганда олинадиган иссиқ сув ҳажми мос равишда, $29,2 \text{ м}^3$ ва $40,9 \text{ м}^3$ ни ташкил қилиши аниқланган.

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

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАСИМОВ ФАХРИДИН ШАДМАНКУЛОВИЧ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА И ОПТИМИЗАЦИЯ
ПАРАМЕТРОВ ЕМКОСТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ
ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ С ДОННЫМ
ПОГЛОЩЕНИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ**

05.05.06 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

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

КАРШИ – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №B2016.2.T680

Диссертация выполнена в Физико-техническом институте.

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

Научный руководитель:

Авезов Раббанакул Рахмонович

доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Рашидов Юсуф Каримович

доктор технических наук, профессор

Мирзаев Шавкат Мустакимович

доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Международный институт солнечной энергии АН РУз

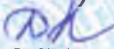
Защита состоится «21» августа 2021 года в 12⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.T.111.03 при Каршинском инженерно-экономическом институте. (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Зал конференции Каршинского инженерно-экономического института. Тел/Факс: (75) 224-02-89/224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Каршинского инженерно-экономического института (зарегистрирована за № 9). (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Тел: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

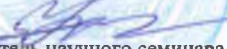
Автореферат диссертации разослан «9» августа 2021 года.
(протокол рассылки №3 от «8» августа 2021 г.)

**Г.Н. Узаков**

Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, профессор

**Х.А. Давлонов**
Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней,

доктор философии (PhD) по техническим наукам

**Б. Уришев**
Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Использование возобновляемых источников энергии, разработка и применение ресурсосберегающих и высокоэффективных солнечных нагревательных устройств в системах теплоснабжения являются мировыми лидерами. В настоящее время, в развивающихся странах, несмотря на то, что темпы роста пиковой мощности плоских солнечных водонагревательных коллекторов, используемых в системах горячего водоснабжения, “постоянно растут с 2009 г. (170 ГВт) по 2019 г. (480 ГВт), составляя 10,94% в год, и их общая установленная площадь за этот период росла от 242,86 млн. м² до 685,71 млн. м²”¹, особое внимание уделяется вопросам “повышения тепловой эффективности данных установок и улучшения их выходных показателей”².

В мире ведутся исследования по совершенствованию конструкций лучепоглощающих теплообменных панелей, являющихся основными элементами плоских солнечных водонагревательных коллекторов, повышению их теплопроизводительности, а также коррозионной стойкости². В связи с этим, важно создать плоские солнечные водонагреватели нового поколения с высокой производительностью, простой конструкцией и малой металлоемкостью, а также провести целевые исследования для обоснования теплотехнических параметров.

В нашей республике принимаются масштабные меры по снижению энергопотребления в автономных системах отопления, экономии топливных ресурсов, разработке высокоэффективных солнечных водонагревателей, а также уделяется особое внимание разработке эффективных солнечных устройств, адаптированных к климатическим условиям регионов. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы отмечены задачи «...сокращения энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, расширение использования возобновляемых источников энергии...»³. При выполнении этих задач целесообразно провести исследования в таких направлениях, как разработка научно-технических решений по созданию емкостных солнечных водонагревателей, с донным поглощением солнечного излучения, обосновать их параметры, обеспечивающие экономию энергии и ресурсов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4779 от 10 июля 2020 года «О дополнительных мерах по сокращению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической

¹IREN21.Renewables2019.Global Status Report.18 June 2019.Secretariat.Solar Water Heating Collectors Global Capacity, 2008-2018.

²Wang, Dengjia, Gao, Qian, Liu, Yanfeng, Wang, Yingying, Chen, Yaowen, Liu, Yuan, Liu Jiaping. Experimental study on heating characteristics and parameter optimization of transpired solar collectors. AppliedEnergy, Elsevier, vol. 238(C), pp.534-546.

³Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

продукции путем повышения энергоэффективности экономики и задействования имеющихся ресурсов» и Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан №452 от 23 июля 2020 года «О мерах по ведению государственного учета установок возобновляемых источников энергии и вырабатываемой ими энергии», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой области.

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

Степень изученности проблемы. Исследование использования плоских солнечных водонагревателей в системах отопления зданий, повышение энергоэффективности этих систем и создание новых поколений солнечных устройств и обоснование их тепловых параметров У.Бекман, С.Клейн, Ж.Даффи, О.С. Попель, Р.Б. Байрамов, А.Д. Ушакова, Д.С. Стребков, Б.В. Тарнижевский, А.И. Исманжанови др.

В республике по направлению создания и совершенствованию солнечных энергоэффективных устройств и плоских солнечных водонагревателей в республике, и научные исследования их тепловых режимов проводили Р.А. Захидов, Р.Р.Авезов, Ш.И. Клычев, А.Абдурахманов, Н.Р. Авезова, Б. Хайриддинов и другие.

Созданные в результате исследований энергосберегающие устройства находят применение в системах горячего водоснабжения, основанных на использовании солнечной энергии, с определенными положительными результатами. Однако в этих исследованиях недостаточно изучены вопросы моделирования тепловых режимов объемных приемников плоских солнечных водонагревателей и обоснования их тепловых параметров в системах горячего водоснабжения в теплое время года.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ. Исследование выполнено в Физико-техническом институте в рамках фундаментального проекта Ф-037 «Исследование оптических и теплотехнических характеристик системы «светопрозрачная изоляция – лучепоглощающая теплообменная панель» плоских солнечных тепловых коллекторов» (2007-2011 гг.).

Целью исследования является разработка плоского солнечного водонагревательного коллектора с емкостным светоприемником из прозрачного пластика, с донным поглощением солнечного излучения, обоснование их тепловых режимов и ресурсных показателей.

Задачи исследования:

разработка конструкции плоских солнечных водонагревательных коллекторов с емкостными поглотителями, изготовленных из светопрозрачных пластиков с донным поглощением солнечного излучения;

обоснование теплотехнических параметров плоских солнечных водонагревательных коллекторов из светопрозрачных пластиков с донным поглощением солнечного излучения;

моделирование тепловых режимов и оптимизация основных теплотехнических показателей плоских солнечных водонагревательных коллекторов из светопрозрачных пластиков с донным поглощением солнечного излучения;

проведение тепловых испытаний опытных и опытно-производственных образцов коллекторов рассматриваемого типа в натуральных условиях и определение их ресурсных показателей.

Объектом исследования являются плоские солнечные водонагревательные коллекторы с емкостными приемниками из светопрозрачных пластиков с донным поглощением солнечного излучения.

Предметом исследования является закономерности преобразования солнечной энергии в тепло в плоском солнечном водонагревательном коллекторе с емкостным светоприемником, с донным поглощением солнечного излучения.

Методы исследования. В исследовании использованы математическое моделирование преобразования солнечной энергии в тепло, теоретические основы теплотехники, прикладная оптика и экспериментальные методы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан емкостной плоский солнечный водонагревательный коллектор с прозрачным пластиковым покрытием, с донным поглощением солнечного излучения для снижения тепловых потерь и увеличение эффективности нагрева воды;

определены закономерности изменения нестабильного теплового режима емкостного солнечного водонагревательного коллектора с прозрачным пластиковым покрытием, с донным поглощением солнечного излучения с учетом суточного хода температуры наружного воздуха и солнечной радиации;

получены зависимости для определения эффективного коэффициента поглощения солнечного излучения для системы «слой воды - зачерненное дно» емкостного солнечного водонагревательного коллектора с прозрачным пластиковым покрытием, с донным поглощением солнечного излучения;

определен коэффициент теплоотдачи и энергоэффективности с учетом потерь тепла в окружающую среду емкостного плоского солнечного водонагревательного коллектора с прозрачным пластиковым покрытием, с донным поглощением солнечного излучения.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан плоский солнечный водонагревательный коллектор емкостными приемниками с донным поглощением солнечного излучения с использованием местных строительных материалов;

разработаны научно-обоснованные данные для проектирования плоских солнечных водонагревательных коллекторов с емкостными приемниками из светопрозрачных пластиков с донным поглощением солнечного излучения.

Достоверность результатов исследований подтверждается использованием многолетних среднестатистических метеопараметров окружающей среды, применением современных методов теплового моделирования солнечных тепловых установок, средств вычислительной техники, близким совпадением результатов расчетных и экспериментальных результатов при одинаковых значениях исходных данных.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследований заключается в том, что результаты исследования вносят определенный вклад в развитие теории и практики теплового расчета плоских солнечных водонагревательных коллекторов с емкостными поглотителями солнечного излучения из светопрозрачных пластиков с донным поглощением солнечного излучения.

Практическая значимость результатов состоит в реализации разработанных методик теплового расчета плоских солнечных водонагревательных коллекторов с емкостными поглотителями солнечного излучения из светопрозрачных пластиков при создании их новых неметаллоемких поколений.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов исследований по моделированию теплового режима и оптимизации параметров емкостных солнечных водонагревательных коллекторов с донным поглощением излучения:

получен патент на полезную модель Агентства интеллектуальной собственности на «Солнечного коллектора объемного нагрева воды» (№FAP 01185, 22.02.2017г.). В результате достигнуто снижение тепловых потерь в коллекторе и повышения эффективности нагрева воды;

получен зависимость для определения эффективного коэффициента поглощения солнечного излучения для системы «слой воды - зачерненное дно» емкостного солнечного водонагревательного коллектора с прозрачным пластиковым покрытием, с донным поглощением солнечного излучения (выдана справка №05/032-3045 от 19 июля 2021 года Министерством Сельского хозяйства Республики Узбекистан). В результате достигнуто с каждого квадратного метра коллектора, получина горячая вода с температурой 47-55°C в объеме от (при $\delta_{вода}=0,05$ м) 29,2 до (при $\delta_{вода}=0,07$ м) 40,9 м³соответственно в теплое время года;

плоский солнечный водонагревательный коллектор с прозрачным пластиковым покрытием, с донным поглощением солнечное излучения, внедрен в фермерских хозяйствах Сырдарьинской области (выдана справка №05/032-3045 от 19 июля 2021 года Министерством Сельского хозяйства Республики Узбекистан). В результате создана возможность обеспечение сезонных потребностей фермерских хозяйств в горячей воде и получить чистую прибыль в размере 150 млн сумов в год;

определены ресурсные показатели емкостных приемников плоских солнечных водонагревательных коллекторов из светопрозрачных пластиков с донным поглощением солнечного излучения и внедрены в учебный процесс (выдана справка №89-03-4688 от 13 ноября 2020 года Министерства высшего

и среднего специального образования Республики Узбекистан). В результате, получена возможность повышения качества обучения в учебном процессе подготовки бакалавров по направлению «Основы использования солнечной энергии» и магистров по специальности «Возобновляемые источники энергии и физика устойчивой окружающей среды» в Гулистанском государственном университете.

Апробация результатов исследования. Основные результаты исследования были обсуждены на 3 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 18 печатных работ, из них 7 научных статей в зарубежных журналах, реферируемых в базе данных Scopus, 1 статья в республиканском изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан, получен 1 патент на полезную модель, 1 авторское свидетельство на программный продукт.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка опубликованных работ. Текст диссертации приведен на 105 страницах.

Автор считает своим долгом выразить глубокую благодарность канд. тех. наук, доценту Гулистанского госуниверситета Ш.К.Ниязову, за оказание практической помощи по созданию опытно-производственного образца ПСВК с емкостным ПСИ с донным поглощением солнечного излучения и проведении его тепловых испытаний в натуральных условиях на гелиоплощадке ГулГУ в течение тепловых периодов 2008-2017 гг.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагается научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «Обзор исследований по разработке и использованию плоских солнечных водонагревательных коллекторов с емкостными приемниками солнечного излучения» приведен анализ результатов исследований по основным конструктивным решениям плоских солнечных водонагревательных коллекторов (ПСВК) с емкостными поглотителями солнечного излучения (ПСИ), состоянии научных исследований по тепловым расчетам данных коллекторов, определению дневного хода температуры нагреваемой воды.

Во второй главе диссертации «Основные теплотехнические параметры ПСВК с емкостными ПСИ с донным лучепоглощением, изготовленными из светопрозрачных покрытий» приведены результаты исследований по определению основных теплотехнических параметров ПСВК с емкостными ПСИ с донным поглощением солнечного излучения (СИ), изготовленных из светопрозрачных пластиков (СП).

Основными теплотехническими параметрами водонагревательных коллекторов рассматриваемого типа, показывающими степень их энергетического совершенства, и влияющие на их тепловую эффективность, как и у других традиционных ПСВК являются, приведенный к единице площади фронтальной поверхности корпуса коллектора суммарный коэффициент тепловых потерь (K_{np-p-o}^{Σ}) и коэффициент тепловой эффективности ПСИ (η_{mn}).

Для определения значений K_{np-p-o}^{Σ} и η_{mn} коллекторов рассматриваемого типа в работе предложены выражения

$$K_{np-p-o}^{\Sigma} = a \left(K_{cn-p-o}^{к,л} + K_{6-nc}^{ck6.л} \frac{t_6 - t_{nc}}{t_p - t_o} \right) + \varepsilon K_{\partial n} + c K_{\delta c} \frac{t_6 - t_o}{t_p - t_o}, \quad (1)$$

и

$$\eta_{mn} = \left[1 + K_{np-p-o}^{\Sigma} \left(\frac{\delta_w}{\lambda_w} + \frac{1}{\alpha_{K_{6n}}} \right) \right]^{-1}, \quad (2)$$

которые получены на основе реализации систем уравнений теплового баланса (т.е. математической модели) коллектора, при составлении которых использована принципиальная расчетная тепловая схема составляющих суммарного коэффициента тепловых потерь коллектора (рис.1).

Для определения значений коэффициентов тепловых потерь через нижнюю теплоизоляцию в коллекторе рассматриваемого типа, предложены следующие выражения:

$$K_{\partial n-p-o} = \left(\frac{\delta_{\delta n}}{\lambda_{\delta n}} + \frac{\delta_{kn}}{\lambda_{kn}} \right)^{-1} \quad (3)$$

и

$$K_{\delta c-p-o} = \left(\frac{\delta_{\delta c}}{\lambda_{\delta c}} + \frac{1}{\alpha_{нар}^{\Sigma}} \right)^{-1} \quad (4)$$

где $\delta_{\delta n}$, $\lambda_{\delta n}$ - соответственно толщина и коэффициент теплопроводности дна коллектора из бетонной плиты; δ_{kn} , λ_{kn} - толщина и коэффициент теплопроводности слоя теплоизоляции дна коллекторов из камышитовой плиты; $\delta_{\delta c}$, $\lambda_{\delta c}$ - толщина и коэффициент теплопроводности материала боковой стенки корпуса коллектора.

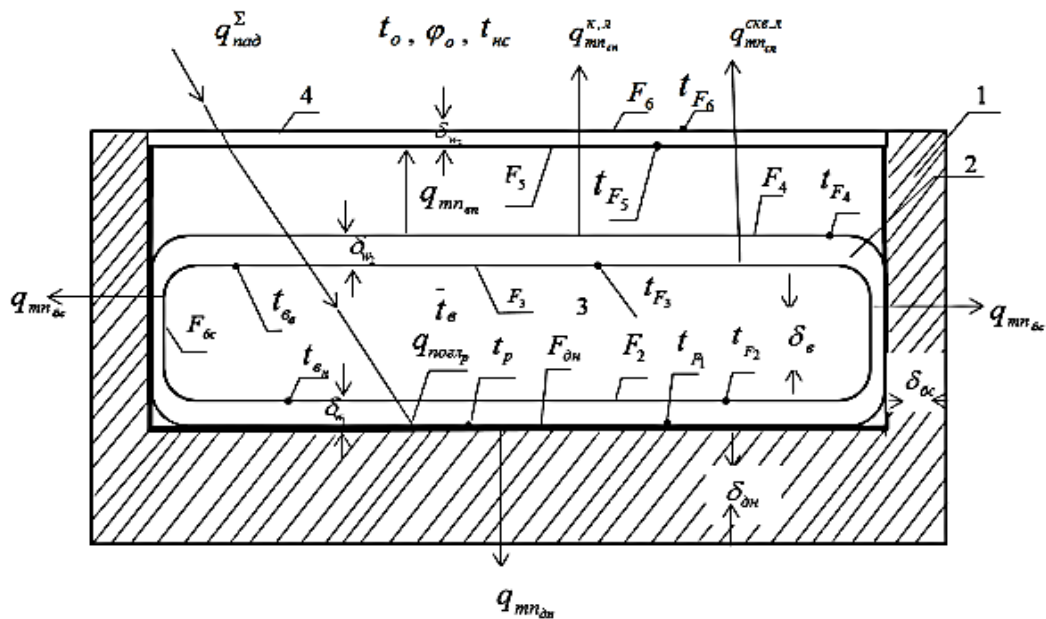
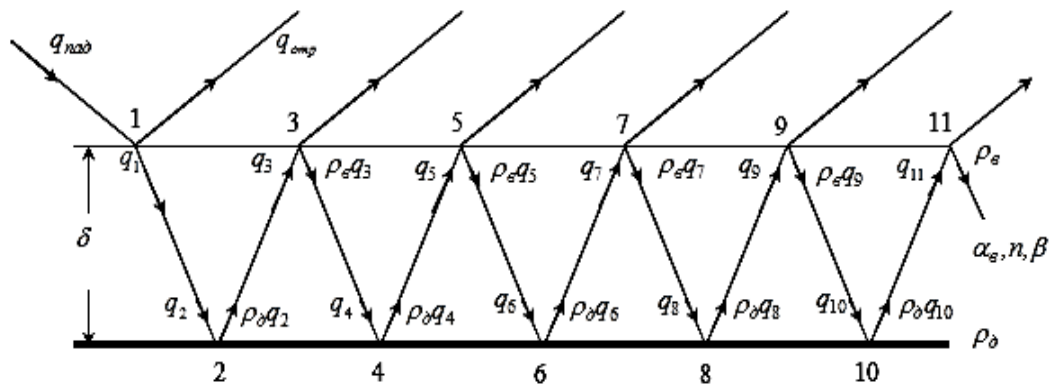


Рис.1. Принципиальная расчетная тепловая схема для определения значений составляющих суммарного коэффициента тепловых потерь ПСВК с емкостными ПСИ из светопрозрачного пластика, частично проницаемого для ИК излучения с донным поглощением СИ

В отличие от металлических емкостных ПСИ, в которых поглощенное тепло СИ слою воды подводится сверху, в емкостных ПСИ с донным поглощением СИ тепла к слою нагреваемой воде подводится снизу. По этой причине значение $\alpha_{к,он}$ в выражение (2) для ПСВК с емкостными ПСИ с донным поглощением СИ в 2÷3 раза больше, чем у ПСИ с подводом тепла сверху. Механизм формирования коэффициента поглощения СИ в ПСИ рассматриваемого типа несколько отличается от таковых у традиционных ПСИ. Главное отличие заключается в частичном поглощении СИ, прошедшего через верхнюю светопрозрачную стенку ПСИ, слоем воды в нем с коэффициентом поглощения СИ (α_s) и учет его в тепловом балансе данного ПСИ. Принципиальная расчетная схема определения значения поглощенной в системе «слой воды–зачерненное дно» энергии СИ приведена на рис. 2. α_s, n, β -соответственно, коэффициенты поглощения, преломления и ослабления СИ воды; $q_{пад}^{\Sigma}$ и $q_{отп}^{\Sigma}$ - соответственно, поверхностные плотности потоков падающего на поверхность СП коллектора и отраженного от нее суммарного СИ.

В соответствие с рис. 2 значение $\alpha_{ногл}^{\epsilon-\delta}$ определяется из суммы ряда

$$\begin{aligned}
 q_{ногл}^{\epsilon-\delta} = & q_1 - q_2 + (\rho_\delta q_2 - q_3) + (\rho_\epsilon q_3 - q_4) + (\rho_\delta q_4 - q_5) + \\
 & (\rho_\epsilon q_5 - q_6) + (\rho_\delta q_6 - q_7) + (\rho_\epsilon q_7 - q_8) + \dots \\
 & + (1 - \rho_\delta)q_2 + (1 - \rho_\delta)q_4 + (1 - \rho_\delta)q_6 + (1 - \rho_\delta)q_8 + \dots ,
 \end{aligned}
 \tag{5}$$



1,3,5,7 и 2,4,6, 8 ... -соответственно, условные точки на верхней и нижней границах раздела слоя воды; δ -толщина слоя воды; ρ_e и ρ_d -соответственно, коэффициенты отражения поверхности воды и зачерненного дна.

Рис.2. Принципиальная расчетная схема для определения $\alpha_{эфф}^{e-d}$ в системе «слой воды – зачерненное дно» ПСВК с емкостным ПСИ из СПП с донным поглощением СИ.

Выражение для $\alpha_{эфф}^{e-d}$, полученное на основе известного отношения

$$\alpha_{эфф}^{e-d} = \frac{q_{погл}}{\sum q_{над}}, \quad (6)$$

при этом имеем вид

$$\alpha_{эфф}^{e-d} = (1 - \rho_e) \frac{1 - \rho_e(1 - \alpha_e)^2}{1 - \rho_d \rho_e(1 - \alpha_e)^2}. \quad (7)$$

Как следует из решения (7), для определения значения эффективного коэффициента поглощения СИ системы «вода-зачерненное дно» наряду с α_e требуются соответствующие значения ρ_e и ρ_d . Зависимости $\alpha_{эфф}^{e-d}$ от α_e и ρ_d при $\rho_e = 0,02$ приведены на рис. 3.

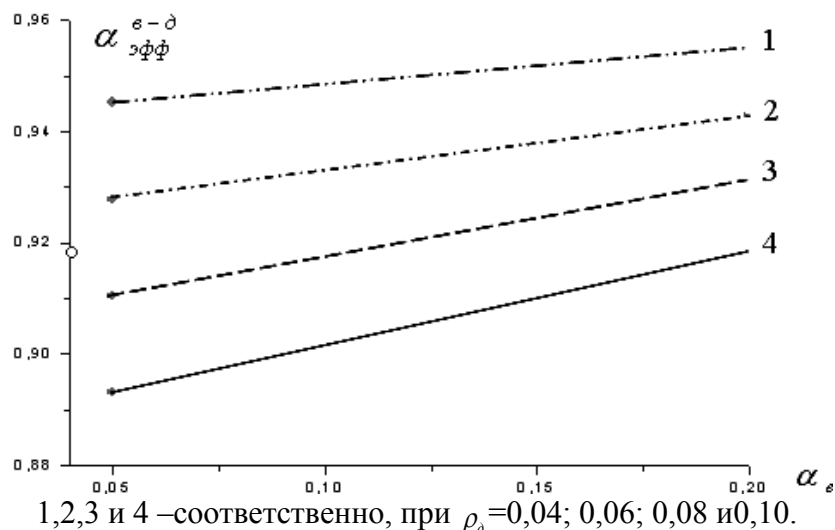


Рис. 3. Зависимости $\alpha_{эфф}^{e-d}$ от α_e и α_d при нормальном падении СИ на поверхность воды ($\rho_e=0,02$).

Из анализа графика по рис.3. следует, что при прочих равных условиях (имеется в виду ρ_e) как и ожидалось, значение $\alpha_{эфф}^{e-d}$ в основном определяется значением коэффициента отражения СИ зачерненной поверхности дна

коллектора ($\rho_\delta = 1 - \alpha_\delta$). Так, например, при $\rho_\delta = 0,02$ и $\alpha_\delta = 0,1$ изменение α_δ от 0,90 до 0,96 приводит к соответствующему росту значения $\alpha_{эфф}^{\delta-\delta}$ от 0,9120 до 0,9489 т.е. на 5,2 %. В то же время при $\alpha_\delta = 0,94$ изменение значения α_δ от 0,05 до 0,20 или $\beta\delta$ - от 0,51 до 0,223 (где β - коэффициент ослабления излучения воды; δ - толщина слоя воды в резервуаре), т.е. в 4 раза приводит к соответствующему росту значения $\alpha_{эфф}^{\delta-\delta}$ от 0,9279 до 0,9431 (т.е. всего лишь на 1,63%). Отсюда видно, что в ПСВК с емкостным ПСИ при формировании значения $\alpha_{эфф}^{\delta-\delta}$ значение придается коэффициенту поглощения зачерненного дна.

В третий главе диссертации «Моделирование нестационарного теплового режима ПСВК с емкостными ПСИ с донным лучепоглощением» приведены результаты исследований нестационарного теплового режима ПСВК с емкостным ПСИ изготовленным из СП, с донным поглощением СИ.

Для установления аналитической зависимости дневного хода t_δ от $q_{над}$ и t_o необходимо решить дифференциальное уравнение нестационарного теплового баланса для рассматриваемых типов СК

$$\varphi c_{np} \frac{dt_\delta}{d\tau} = \eta_{mn} [q_{нозл}^{\delta-\delta} - k_{np-p-o}^\Sigma (t_\delta - t_o)], \quad (8)$$

где

$$\varphi = \frac{(mc_p)_\delta}{c_{np}} \quad (9)$$

доля теплоемкости воды в ПСИ $(mc_p)_\delta$ от приведенной эффективной теплоемкости коллектора (c_{np}), в которой учтено влияние теплоемкости дна и боковых стенок ПСИ;

$$m_\delta = (\delta\rho)_\delta \quad (10)$$

удельное (приведенное к единице площади фронтальной поверхности ПСИ) количество воды в коллекторе; $\frac{dt_\delta}{d\tau}$ - темп изменения температуры воды в ПСИ.

В отличие от СК с проточными теплоприемниками в исследуемых СК объем воды, отнесенный на единицу фронтальной поверхности коллектора, составляет $40 \div 100$ л/м². При этом, как показывают относительно несложные расчеты, соответствующие значения c_{np} для указанных типов солнечных коллекторов находятся в пределах $192 \div 436$ кДж/(м²·°C), а доля теплоемкости воды в коллекторе (φ) - $82 \div 90$ % от эффективной теплоемкости СК. При $k_{np-p-o}^\Sigma = 7,0 \div 8,0$ Вт/(м²·°C) (для коллекторов с однослойным СП) и $\eta_{онм} = 0,90 \div 0,92$ значение “постоянной времени” коллектора c_{np} с емкостными ПСИ составляет

$$\tau_{ng} = \frac{C_{cn}}{k_{np-p-o} \eta_{mn}} = 8,5 \div 16,4ч \quad (11)$$

Естественно, в течение указанного временного интервала значения $q_{нозл}^{\varepsilon-\delta}$ и t_o в (8) меняются существенно, и интегрирование (8) в данных условиях невозможно. В связи с этим, для установления зависимости дневного хода t_g в солнечных коллекторах с емкостными ПСИ от дневного хода поступления потока суммарного СИ на фронтальную поверхность СК и изменения температуры ОС пользуемся методом последовательных интервалов. На основе поэтапного интегрирования уравнения (9) в пределах временных интервалов $\Delta\tau_{o-1}$, $\Delta\tau_{1-2}$, $\Delta\tau_{2-3}$... $\Delta\tau_{(i-1)-i}$ с учетом средних значений $\frac{q_{нозл}^{\varepsilon-\delta}}{k_{np}} + t_o$, получим выражения для определения среднего значения t_g в любой

момент времени светового дня в виде:

$$t_{g_i} = t_{g_{i-1}} e^{-\frac{\eta_{mn} k_{np-p-o} \cdot \Delta\tau_{(i-1)-i}}{\varphi c_{np}}} + 0,5 \left(1 - e^{-\frac{\eta_{mn} k_{np} \Delta\tau_{(i-1)-i}}{\varphi c_{np}}} \right) \left(\frac{q_{нозл_{i-1}}^{\varepsilon-\delta} + q_{нозл_i}^{\varepsilon-\delta}}{k_{np}} + t_{o_{i-1}} + t_{o_i} \right), \quad (12)$$

где $q_{нозл_{i-1}}^{\varepsilon-\delta}$, $q_{нозл_i}^{\varepsilon-\delta}$, $t_{o_{i-1}}$ и t_{o_i} - соответственно, поверхностные плотности потоков суммарного СИ, поглощенные в системе «слой воды – зачерненное дно» ПСИ и температуры ОС в моментах времени $(i-1)$ и i .

Дневной ход приращения потока полезно поглощенного солнечного тепла в емкостных ПСИ при этом определяется из выражения

$$q_{наq_{(i-1)-i}} = (\delta\rho c_p)_g (t_{g_i} - t_{g_{i-1}}) \quad (13)$$

Осредненная за интервал времени $\Delta\tau_{(i-1)-i}$ тепловая эффективность коллектора определяется из отношения

$$\Delta\eta_{(i-1)-i} = \frac{(\delta\rho c_p)_g (t_{g_i} - t_{g_{i-1}})}{q_{наq_{(i-1)-i}} \Delta\tau_{(i-1)-i}} \quad (14)$$

Количество накопленного в течении светового дня (или за отопительный промежуток времени светового дня) полезно поглощенного тепла СИ и соответствующее значение средней (или за определенный промежуток времени светового дня) тепловой эффективности коллектора определяются из выражений

$$\sum_{i=1}^n q_{наq_{(i-1)-i}} = (\delta\rho c_p)_g (t_{g_n} - t_{g_o}) \quad (15)$$

и

$$\eta_{o-i} = \frac{(\delta\rho c_p)_g (t_{g_i} - t_{g_o})}{\sum_{i=1}^n q_{наq_{(i-1)-i}} \Delta\tau_{(i-1)-i}} \quad (16)$$

Как видно из решения (14) для определения дневного хода температуры воды в ПСВК при прочих равных условиях требуется значения дневных ходов t_o и $q_{над}^{\Sigma}$. На рис. 4 и 5 приведены среднемесячные дневные ходы температуры ОС t_o и поверхностной плотности падающего на фронтальную поверхность коллектора суммарного СИ - $q_{над}^{\Sigma}$ для выбранных характерных дней года. Как видно из анализа графиков по рис. 4 и 5, максимальные значения t_o приходится к 15-16 часам светового дня и составляют 31°C , $34,05^{\circ}\text{C}$ и $32,6^{\circ}\text{C}$ максимальные значения $q_{над}^{\Sigma}$ приходится $12^{30} - 13^{00}$ часов светового дня и составляют, соответственно, $911,11 \text{ Вт/м}^2$, $916,67 \text{ Вт/м}^2$ и $872,22 \text{ Вт/м}^2$. Из сопоставления графиков по рис. 4 и 5 следует что, самое максимальные значения t_o ($34,05^{\circ}\text{C}$) и $q_{над}^{\Sigma}$ ($916,67 \text{ Вт/м}^2$) приходятся на 15.VII.

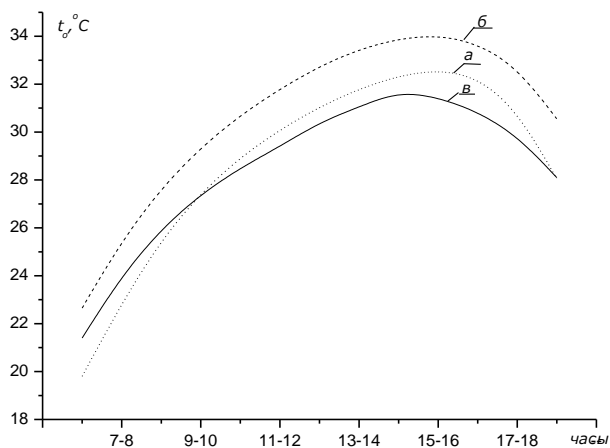
$$\alpha_{ногл}^{\epsilon-\delta} = \tau_{сн_{эфф}} \alpha_{эфф}^{\epsilon-\delta} q_{над}^{\Sigma}, \quad (17)$$

Дневные ходы поверхностных плотностей потоков поглощенного системой «слой воды – зачерненное дно» ($q_{ногл}^{\epsilon-\delta}$), с учетом значения оптической эффективности системы ПСВК «СП–слой воды» ($\tau_{сн} \alpha_{эфф}^{\epsilon-\delta}$), определенные для значений толщины слоя воды в ПСИ (δ_g) $0,05 \text{ м}$ и $0,07 \text{ м}$.

Как следует из анализа графиков по рис. 6., дневные ходы значений $q_{ногл}^{\epsilon-\delta}$ в основном зависят от значения δ_g . Значение коэффициента поглощения слоя воды α_g при ее толщине $0,05 \text{ м}$ и среднем значении коэффициента ослабления (β) 2 м^{-1} , составляет $0,10$, а при $\delta_g = 0,07 \text{ м}$ – $0,13$. Как видно, при прочих равных условиях (имеется в виду $\tau_{сн_{эфф}}$) и увеличение значения δ_g от $0,05 \text{ м}$ до $0,07 \text{ м}$ (т.е. на 40%) приводит к увеличению α_{p_g} на 30% .

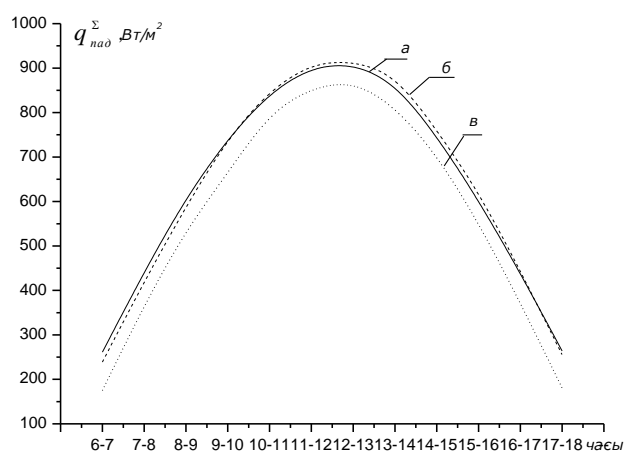
На рис. 7 приведены результаты расчетов по определению дневного хода t_g для июль месяца (15.VII) для значений $\delta_g = 0,05 \text{ м}$ и $\delta_g = 0,07 \text{ м}$. Максимальные значения t_g при $\delta_g = 0,05 \text{ м}$ становятся равными на $51,54^{\circ}\text{C}$ (15. VII), а при $\delta_g = 0,07 \text{ м}$, $48,51^{\circ}\text{C}$ (15. VII), а также следует, что рациональным периодом времени забора теплой воды из коллектора является 14-15 ч. светового дня.

На рис.8 приведены результаты расчетов по определению дневного хода $q_{ногл(i-1)-i}$ для август месяц (15.VII) для значений $\delta_g = 0,05 \text{ м}$ и $\delta_g = 0,07 \text{ м}$. Как видно из графиков, максимальные значения $q_{ногл(i-1)-i}$ при $\delta_g = 0,05 \text{ м}$ становятся равными на $828,97 \text{ КДж/м}^2$ (15.VI), при $\delta_g = 0,07 \text{ м}$, $961,29 \text{ КДж/м}^2$ (15.VI) и максимальное значение $q_{ногл(i-1)-i}$ приходится в промежуток времени светового дня $10^{00} - 11^{00}$, и как и ожидалось, при $\delta_g = 0,05 \text{ м}$ при прочих равных условиях на $141,85 \text{ КДж/м}^2$ (15. VII) ниже, чем при $\delta_g = 0,07 \text{ м}$.



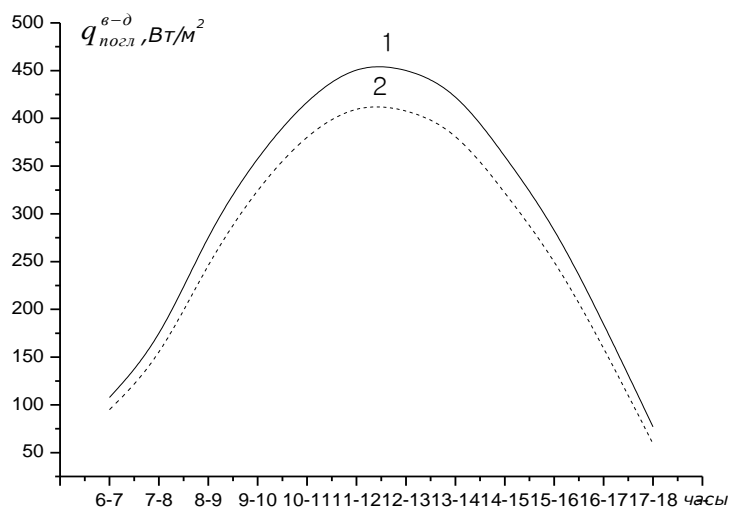
a, б и в – соответственно для 15.VI, 15.VII, 15.VIII.

Рис. 4. Среднемесячные дневные ходы t_0 .



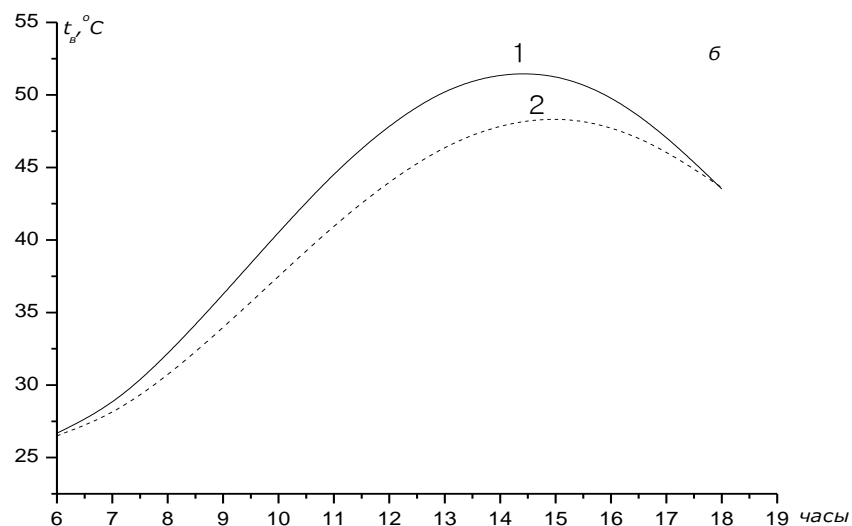
a, б и в – соответственно, для 15.VI, 15.VII, 15.VIII.

Рис. 5. Среднемесячные дневные ходы $q_{над}^{\Sigma}$ на фронтальную поверхность коллектора.

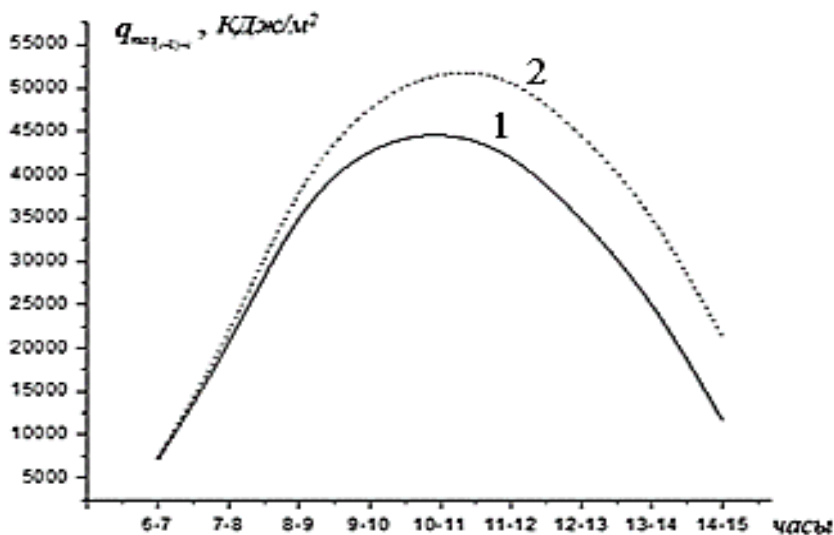


a, б и в – соответственно за 15. VI, 15. VII и 15. VIII. месяцы,
1 и 2 – соответственно, для $\delta_g = 0,07$ м и 0,05 м.

Рис.6. Среднемесячные дневные ходы $q_{погл}^{в-д}$.

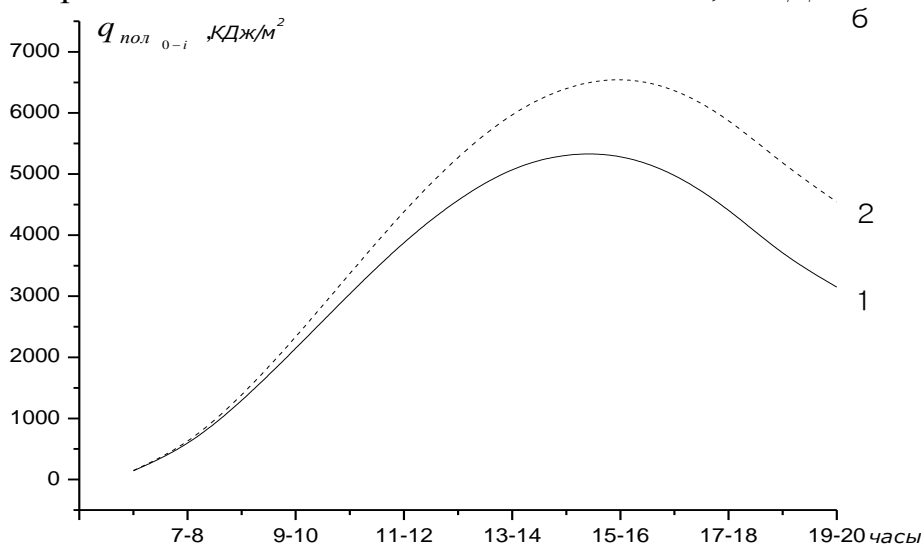


1-2 – соответственно при $\delta_g = 0,05$ м и $\delta_g = 0,07$ м.
Рис.7. Дневные ходы изменения температуры воды в емкостном ПСИ ПСВК, для 15.VII.



1-2 – соответственно при $\delta_g=0,05$ м и $\delta_g=0,07$ м.
Рис. 8. Дневные ходы среднечасовой теплопроизводительности ПСВК с емкостным ПСИ: для 15.VII.

Результаты расчетных исследований по определению дневного хода значений $\Sigma q_{пол_{0-i}}$ по указанным периодам года приведены на рис. 9. Как следует из анализа графиков, значения $\sum_{i=1}^n q_{пол_{(i-1)-i}}$ при $\delta_g=0,07$ м всегда выше, чем при $\delta_g=0,05$ м. Так, 15.VI максимальное значение $\sum_{i=1}^n q_{пол_{(i-1)-i}}$ в 15-16 ч. при $\delta_g=0,07$ м $6016,85 \text{ КДж/м}^2$, что на $1103,64 \text{ КДж/м}^2$ выше чем при $\delta_g=0,05$ м в 14-15 ч и составляло $4913,21 \text{ КДж/м}^2$.



1-2 – соответственно при $\delta_g=0,05$ м и $\delta_g=0,07$ м.
Рис. 9. Дневные ходы суммарной теплопроизводительности ПСВК с емкостным ПСИ: для 15.VII.

Для численной реализации разработан алгоритм в виде блок-схемы, а на разработанную модель получено свидетельство на программную модель «Математическое моделирование теплового режима плоского солнечного коллектора с емким лотковым теплоприемником» №DGU 02426, зарегистрированное в Государственном реестре программ для электронно вычислительных машин РУз в г. Ташкенте 27.02.2012г.

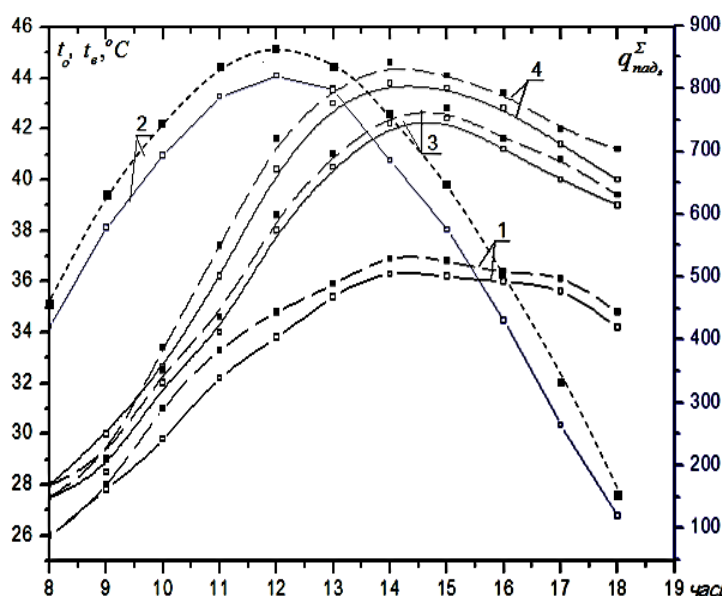
Четвертая глава диссертации «Экспериментальное исследование теплопроизводительности и тепловой эффективности ПСВК с емкостными ПСИ с донным лучепоглощением изготовленными из СП»

посвящена результатам сравнительных экспериментальных исследований в натуральных условиях температурного режима и тепловой эффективности вышеуказанных СК, расположенных горизонтально в меридиональном направлении по сторонам света, т.е. длинная ось плоского основания коллекторов направлена с востока на запад.

Целью натуральных экспериментов явилась: проверка адекватности результатов расчетных и экспериментальных исследований; определение количество испаренной влаги из ПСВК с емкостным ПСИ с открытой поверхностью; установление степени зависимости температуры горячей воды от толщины слоя воды в емкостном ПСИ; установление тепловой производительности и тепловой эффективности коллекторов рассматриваемого типа и рациональных сроков их эксплуатации в сезонных системах горячего водоснабжения. Для данной цели созданы и экспериментально исследованы в натуральных условиях опытные и опытно-производственные образцы ПСВК рассматриваемого типа.

Опытные образцы ПСВК с донным ПСИ в количестве 2 шт., имеют четырехугольную лотковую форму, габаритные размеры по наружным меркам: длина – 1,6 м; ширина – 0,8 м; фронтальная поверхность (включая фронтальных поверхностей боковых стенок) 1,28 м². Боковые стенки и дно коллекторов выполнены из строительного бетона и имеют толщину 0,1 м, внутренние поверхности коллекторов защищены водонепроницаемым слоем из черного строительного битума, они установлены в горизонтальном расположении на земле. Общий внутренний объем лотка равен 0,5 м³. Нагреваемая вода заливается в прозрачный пластмассовый контейнер из СП толщиной 0,5 мм, снабженный двумя патрубками для подвода исходной (холодной) и отвода горячей (или теплой) воды и чечевицами для ввода во внутрь стеклянные ртутные термометры. Максимально возможная толщина слоя воды в контейнере составляет 0,1 м. В процессе экспериментальных исследований через каждые 30 минут измерялись: дневной ход плотности потока СИ, падающего на плоскость фронтальной (горизонтальной) поверхности СК (с помощью пиранометра П=80М), температуры наружного воздуха и нагреваемой воды в коллекторе с помощью лабораторных термометров и скорость ветра (с помощью чашечного анемометра МС-13). Экспериментальные исследования, по измерению температуры нагреваемой воды в СК прихода СИ на их лучепоглощающие поверхности и скорости ветра проводились в условиях городов Ташкента (на гелиополигоне ФТИ НПО «Физика-Солнце» АН РУз) и Гулистана (на гелиополщадке Гулистанского государственного университета) в течение теплого периода 2008-2017 гг. (рис.10).

Как показывает анализ результатов экспериментов, количество испаренной влаги от открытой поверхности СК зависит от количество залитой в них температуры воды и относительной влажности воздуха ОС и составляет от 3,8 до 4,5 л воды в день.



1- дневные ходы температуры ОС (t_o); 2- дневные ходы суммарного СИ, падающего на поверхность СК ($q_{nad, \Sigma}$); 3- дневные ходы температуры воды в коллекторе (t_g) при 0,07 м; 4- дневные ходы температуры воды в СК (t_g) при 0,05 м за: 10 июля (сплошной) и за 8 августа (пунктирный), 2017 г.

Рис.10. Результаты однодневных сравнительных экспериментальных исследований опытного образца ПСВК с емкостными ПСИ при толщине слоя воды в нем 0,05 и 0,07 м.

Результаты экспериментов также показывают, что при равных условиях в коллекторах при толщине слоя воды (δ_g) 0,05 м, количество испаренной влаги всегда больше, чем при (δ_g) 0,07 м. Максимальные значения удельной тепло-производительности ПСВК рассматриваемого типа, как видно из графика, приходится к 14÷15 часам светового дня и составляет в среднем 3,768 МДж/м² при $\delta_g=0,05$ м и 5,275 МДж/м² при $\delta_g=0,07$ м. При этом КПД коллектора рассматриваемого типа соответственно при 0,05 м 14% и при 0,07 м 17%.

Таблица 1.

Результаты обобщения экспериментальных данных по определению температуры воды, суммы дневной теплопроизводительности и средневзвешенной тепловой эффективности ПСВК с емкостными ПСИ (за ясные и полужасные дни в 2017 г.)

Месяцы	Число дней работы коллектора	Объем воды в коллекторе, (V) литр	$t_g, ^\circ C$	$Q_{поль-15},$
				МДж
$\delta_g = 0,05 м$				
Май	18	4500	42÷43	312,13
Июнь	19	4750	50÷53	565,34
Июль	27	6750	53÷55	759,90
Август	29	7250	53÷55	1065,75
Сентябрь	24	6000	47÷48	334,55
Сезон	117	29250		3119,31
$\delta_g = 0,07 м$				
май	18	6300	40 ÷ 42	327,95
июнь	19	6650	47÷49	664,08
Июль	27	9450	49÷50	949,57
Август	29	10150	46÷47	1248,50
Сентябрь	24	8400	41÷43	370,51
За сезон	117	40950		3650,23

Результаты обобщения экспериментальных данных по определению температуры воды, суммы дневной теплопроизводительности и средневзвешенной тепловой эффективности ПСВК с емкостными ПСИ в течение ясных

полуясных дней периода 2017 г. представлены в таблице 1 (количество получаемой за сезон горячей воды соответственно, количество падающей солнечной энергии, количество полезной энергии, соответственно при $\delta_g = 0,05$ м и $\delta_g = 0,07$ м за сезон). Из анализа опытных данных, приведенных в табл. 1, как и ожидалось, при $\delta_g = 0,07$ м температура воды в момент забора (15 ч. дня) в среднем $3 \div 4$ °С ниже чем при $\delta_g = 0,05$ м, но тепловая эффективность при этом на $0,04 \div 0,06$ выше, чем при $\delta_g = 0,05$ м, что объясняется увеличением тепловых потерь коллектора с ростом температуры воды.

Число дней работы, при которых температура получаемой теплой (или горячей воды) выше, чем $40 \div 42$ °С составляют: 18 – в мае месяце, 19 – в июне, 27 – в июле, 29 – в августе и 24 – в сентябре месяцах. Общий объем теплой (или горячей) воды полученной из коллектора за сезон (V-IX месяцы года) составляло 29,250 л при $\delta_g = 0,05$ м, при температурах воды в момент забора ($14ч50м \div 15ч10м$) в мае месяце - $47 \div 48$ °С, в июне - $45 \div 53$ °С, в июле и августе - $53 \div 55$ °С, в сентябре $40 \div 42$ °С. При $\delta_g = 0,07$ м общий объем горячей воды, полученной из коллектора за этот период, составлял 40,950 л с температурой на $3 \div 4$ °С ниже чем при $\delta_g = 0,05$ м. Количество сэкономленного условного топлива от использования коллектора рассматриваемого типа, определенное из

$$G_{y.m.}^{уд} = \frac{Q_{пол}^{сезон}}{\eta_{mp} \cdot q_{y.m.}} \quad (18)$$

при эффективности использования маломощных традиционных теплоисточников (η_{mp}) 0,5, теплотворной способности условного топлива ($q_{y.m.}$) 29,3076 ГДж/т.у.т. при $\delta_g = 0,05$ м составляет 42,57 кг у.т./м²·сезон и при $\delta_g = 0,07$ м составляет 49,82 кг у.т./м²·сезон. Если учитывать среднюю цену традиционных солнечных коллекторов, производимых на сегодня, составляет 300-400 \$ США, в то время как средняя цена плоских солнечных водонагревателей с прозрачным пластиковым покрытием, с донным поглощением солнечного излучения в 10 раз дешевле традиционных коллекторов.

На рис.11 представлен общий вид емкостного солнечного коллектора, изготовленного из местных строительных материалов.

Таким образом, в зависимости от изменения цен на стоимость строительства коллектора срок покрытия (период покрытия) составляет от 1 до 3 месяцев, снижение выбросов парниковых газов в окружающую среду варьируется от 93,7 кг (природного газа) до 260,1 кг (бурого угля) на м² в год в зависимости от вида топлива.



a



б



в

a- ПСВК с $0,84 \text{ м}^2$, *б*- ПСВК с 5 м^2 без СП, *в*-ПСВК с 5 м^2 с СП.
Рис.11. Общий вид емкостного солнечного коллектора, изготовленного из местных строительных материалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

1. Изучены закономерности формирования коэффициента тепловых потерь стенок емкостного плоского солнечного водонагревательного коллектора с прозрачной поверхностью с донным поглощением, частично поглощающие инфракрасное излучение. В результате установлено, что коэффициент тепловой эффективности емкостного поглотителя солнечного излучения с донным поглощением относительно верхнего поглощения в горизонтальный слой воды на 6-10% выше.

2. Предложено расчетное выражение к системе «слой воды - зачерненное дно» для определения эффективного коэффициента поглощения солнечного излучения, и проведены численные эксперименты для определения изменения среднечасовой и суточной тепловой эффективности в течение дня. В результате определено, что в одинаковых условиях эффективный коэффициент поглощения солнечного излучения увеличивается до 4 раз.

3. Разработана математическая модель нестационарного режима нагрева емкостного поглотителя плоского солнечного водонагревательного коллектора с донным поглощением из прозрачных пластиковых покрытий. В результате, получены выражения для определения динамики накопления тепла и суточных изменений температуры воды в коллекторе.

4. Разработаны экспериментальный (лабораторный) и опытно-промышленный варианты емкостного плоского солнечного водонагревательного коллектора с донным поглощением из прозрачных пластиковых покрытий. В результате натурных экспериментов было установлено адекватность расчетных и экспериментальных результатов по определению суточного изменения температуры горячей воды, их удельной теплопроизводительности и тепловой эффективности.

5. Экспериментально исследован опытно-производственного образца предлагаемого коллектора. В результате установлено, что число дней работы, при температурах получаемой горячей воды выше 42°C в течение года составляет 117 дней, а объем горячей воды за сезон, при толщине слоя нагреваемой воды в них 0,05 м и 0,07 м, составляет 29,25 м³ и 40,95 м³, соответственно.

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

PHYSICAL-TECHNICAL INSTITUTE

KASIMOV FAKHRIDDIN SHADMANKULOVICH

**DESIGN OF THE THERMAL MODE AND OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF
CAPACITIVITY SOLAR WATER HEATERS COLLECTORS WITH THE GROUND
ABSORPTION OF RADIATION**

05.05.06 – Power plants on the basis of renewable energy

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

KARSHI – 2021

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B2016.2.T.T680.

Dissertation has been prepared at Physical-technical institute

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of Scientific council (www.qmii.uz) and on Information and educational portal "ZiyoNet" (<http://ziyonet.uz>).

Scientific supervisor:

Avezov Rahhanakul Rakhmanovich

doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Rashidov Yusuf Karimovich

doctor of technical sciences, professor

Mirzayev Shavkat Mustakimovich

doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

International Solar Energy Institute of AS RUz

Defense will take place on August, 21, 2021 at 12⁰⁰ at the meeting of the Scientific Council number PhD.03/30.09.2020.T.111.03 at Karshi engineering-economics institute (Address: 180100, Karshi, st. Mustakillik, 225 Conference hall of the Karshi engineering-economics institute. Tel / Fax: (75) 224-02-89/224-13-95, e-mail kier_info@edu.uz.)

Dissertation can be found at the Information resource centre of the Karshi engineering-economics institute (is registered № 9), Address: 180100, Karshi, st. Mustakillik, 225. Karshi engineering-economics institute Tel / Fax: (75) 224-02-89.

Abstract of dissertation sent out on August 9, 2021.
(mailing report №3 on August 8, 2021)



G.N. Uzakov
Chairman of Scientific Council
on awarding of scientific degrees,
doctor of technical sciences, Professor

Kh.A. Davlonov
Scientific Secretary of the
Scientific Council on award of
scientific degrees, doctor of philosophy (PhD)
of technical sciences

B. Urishev
Chairman of Scientific Seminar under scientific
council on award of scientific degrees,
doctor of technical sciences, docent

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to develop and justify the parameters of a flat-plate solar water-heating collector with capacitive absorber made of translucent plastic with bottom absorption of solar irradiation.

The tasks of the research:

development of the design of flat-plate solar water-heating collectors with capacitive absorbers made of translucent plastics with bottom absorption of solar irradiation;

justification of the thermal parameters of flat-plate solar water heating collectors made of translucent plastics with bottom absorption of solar irradiation;

modeling of thermal conditions and optimization of the main thermal engineering indicators of flat-plate solar water heating collectors made of translucent plastics with bottom absorption of solar irradiation;

conducting thermal tests of experimental and pilot production samples of the type under consideration collectors in the field conditions and determining their resource indicators.

The object of the research work is flat-plate solar water-heating collectors with capacitive receivers made of translucent plastics with bottom absorption of solar irradiation.

The scientific novelty of the research is as follows:

has been developed the flat-plate solar water heating collector with a translucent plastic coating, with bottom absorption of solar irradiation to reduce heat losses and increase the efficiency of water heating;

has been determined the regularities of changes in the unstable thermal regime of a capacitive solar water heating collector with a translucent plastic coating, with bottom absorption of solar irradiation, taking into account the daily course of outdoor air temperature and solar radiation;

dependences are obtained for determining the effective solar irradiation absorption coefficient for the "water layer - blackened bottom" system of a capacitive solar water heating collector with a translucent plastic coating, with a bottom absorption of solar irradiation;

the coefficient of heat transfer and energy efficiency is determined, taking into account heat losses into the environment of a flat-plate solar water-heating collector with a translucent plastic coating, with bottom absorption of solar irradiation.

Implementation of the research results. Based on the results of research on modeling the thermal regime and optimizing the parameters of capacitive solar water-heating collectors with bottom irradiation absorption:

received a patent for a useful model of the Intellectual Property Agency for "Solar collector of volumetric water heating" (No. FAP 01185, 22.02.2017). As a result, a decrease in heat losses in the collector and an increase in the efficiency of water heating were achieved;

a dependence is obtained to determine the effective absorption coefficient of solar irradiation for the system "water layer - darkened bottom" of a capacitive

solar water-heating collector with a translucent plastic coating, with bottom absorption of solar irradiation (Certificate No. 05/032-3045 dated July 19, 2021 of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan). As a result, in the hot season it was possible to obtain hot water with a temperature of 47-55°C in a volume of 29.2 to 40.9 m³;

flat-plate solar water heating collectors with a translucent plastic coating, with bottom absorption of solar irradiation, introduced in farms of the Syrdarya region (Certificate No. 05/032-3045 dated July 19, 2021 of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan). As a result, it is possible to meet the seasonal needs of farms for hot water and get a net profit of 150 million sums per year;

the resource indicators of capacitive receivers of flat-plate solar water-heating collectors made of translucent plastics with bottom absorption of solar irradiation were determined and introduced into the educational process (Reference No. 89-03-4688 of November 13, 2020 of the Ministry of Higher and Secondary Specialized Education of the Republic of Uzbekistan). As a result, it was possible to improve the quality of education in the educational process of training bachelors in the direction of "Fundamentals of the use of solar energy" and masters in the specialty "Renewable Energy Sources and Physics of a Sustainable Environment" at Gulistan State University.

Approbation of research results. The main results of the research were discussed at 3 international and 5 republican scientific and practical conferences.

Publication of research results. On the topic of the dissertation, a total of 18 printed works were published, of which 7 scientific articles in foreign journals refereed in the Scopus database, 1 article in republican publications recommended by the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan, 1 patent for a utility model was received, 1 copyright information for a software product.

The structure and scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of published works. The text of the thesis is given on 105 pages.

The author considers it his duty to express his deep gratitude to the Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Gulistan State University Sh. K. Niyazov, for providing practical assistance in creating a pilot production sample of a FSWHC with a capacitive SIA with bottom absorption of solar irradiation and conducting its thermal tests in full-scale conditions at the GulSU heliplot during the thermal periods of 2008-2017.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (1 часть; part1)

1. Kasimov F.Sh. Experimental Studies of Water Temperature Regime in Trough Solar Collectors. //Applied Solar Energy. 2008. Vol. 44. No 2. pp. 146. Allerton Press, Inc. (05.00.00; №4).

2. Avezov R.R., Kasimov F.Sh. Heat Losses of Large Tray Solar Collectors with Exposed Evaporation Surface. //Applied Solar Energy. 2008. Vol. 44. No 4. pp. 262-265. Allerton Press, Inc.(05.00.00; №4).

3. Avezov R.R., Kasimov F.Sh. Summary Heat Losses of Trough Solar Water Heating Collectors with Exposed Evaporation Surface. //Applied Solar Energy. 2009. Vol. 45. No 2. pp. 135-137. AllertonPress, Inc. (05.00.00; №4).

4. Касимов Ф.Ш., Самиев К.А., Ахатов Ж.С., Бабаев С.С. Математическое моделирование рабочего режима плоского солнечного коллектора с емким теплоприемником. // Вестник ТУИТ. 2009. №1. С. 66-70.(05.00.00; №31).

5. Avezova N.R., Kasimov F.Sh. Solar Radiation in Tray Solar Water Heating Collectors with Exposed Evaporation Surface.// Applied Solar Energy. 2009. Vol. No 4. pp. 233-235. Allerton Press, Inc.(05.00.00; №4).

6. Avezova N.R., Kasimov F.Sh., Niyozov Sh.K. Experimental investigation of thermal performance and heat efficiency of solar absorption capacious water heating collectors manufactured using local materials// Applied Solar Energy. 2010. Vol.46. No 2. pp. 263-265. Allerton Press, Inc. (05.00.00; №4).

7. AvezovR.R., KasimovF.Sh., Ruziev O.S. Broadband Coefficient of Absorption of Solar Radiation by Water Layer in Tray Water Heating Collectors with Exposed Evaporation Surface// Applied Solar Energy. 2012. Vol.48. No2. pp. 102-103. AllertonPress, Inc. (05.00.00; №4).

8. АвезовР.Р., КасимовФ.Ш., НиязовШ.К. Дневные ходы температуры воды и накопления полезного тепла в плоских солнечных водонагревательных коллекторах с емкостными поглотителями солнечного излучения с донным лучепоглощением// Международный научный журнал «Гелиотехника» 2020. №1.С.28-36.(05.00.00; №1).

II бўлим (II часть; partII)

9. Касимов Ф.Ш., Самиев К.А., АхатовЖ.С. Математическое моделирование рабочего режима емких лотковых солнечных коллекторов с открытой поверхности испарения. Энергия ресурсларини тежашда альтернатив энергия манбаларидан фойдаланиш: муаммо ва ечимлар. Республика илмий-амалий конференцияси. Қарши ДУ. 24-25 декабрь 2008 йил.

10. Касимов Ф.Ш., Ниязов Ш.К.Экспериментальное исследование теплотехнических параметров солнечных абсорбционных емких водонагревательных коллекторов, изготовленных из местных материалов.

Фундаментальные и прикладные вопросы физики. Материалы международной конференции, посвященной 80 –летию академика М.С.Саидова Ташкент. 24-25 ноябрь 2010 г.

11. Авезов Р.Р., Касимов Ф.Ш., Ниязов Ш.К., ЗияевТ. Тепловая эффективность плоских солнечных водонагревательных коллекторов с донным поглощением солнечного излучения. Труды Международной конференции посвященной 70-летию ФТИ АН РУз, 14-15 ноября, 2013г.- Ташкент, ФТИ.

12. Касимов Ф.Ш., Вохидов А. Температурный режим емкостных солнечных водонагревательных коллекторов. Муқобил энергия манбаларидан фойдаланишнинг долзарб муаммолари. Республика илмий-техникавий анжумани материаллари. Қарши шаҳри. 28-29 апрель 2014 йил. 162-163 бетлар.

13. Авезов Р.Р., Касимов Ф.Ш. Коэффициент тепловой эффективности лотковых солнечных водонагревательных коллекторов с донным поглощением солнечного излучения // Муқобил энергия манбалари ва улардан фойдаланишнинг долзарб муаммолари республика илмий-техник анжумани материаллари. БухДУ. Бухоро 25-26 ноябрь 2015г. стр 158-159.

14. Касимов Ф.Ш. Тепловая модель плоских солнечных водонагревательных коллекторов с донным поглощением солнечного излучения // Материалы конференции НПО «Физика-Солнце» АН Р Уз им С.А.Азимова. Ташкент. Институт материаловедения. 28-29 июнь 2016г. 44-46 стр.

15. Касимов Ф.Ш. Тепловая эффективность плоских солнечных водонагревательных коллекторов с донным поглощением солнечного излучения // Материалы республиканской конференции. Гулистан. 2017 г. 3-часть. 81-83 стр.

16. Kasimov F.Sh. Calculation thermal efficiency coefficient solar water-heating collectors of the receiver with ground absorption of solar radiation. // Труды международной конференции. Секция -3. Ташкент. 2017г. 13-14 июнь. 31-32 стр.

17. Авезова Н.Р., Касимов Ф.Ш., Самиев К.А., Ахатов Ж.С. DGU 02426, Математическое моделирование теплового режима плоского СК с емким лотковым теплоприемником. Получено авторское свидетельство № от 27.02.2012г.

18. Авезов Р.Р., Касимов Ф.Ш., Ниязов Ш.К. Патент на полезную модель «Емкостной солнечный водонагревательный коллектор» № FAP 01185, зарегистрированный в Государственном реестре полезных моделей Республики Узбекистан в г. Ташкенте 22.02.2017г.

Автореферат «Инновацион технологиялар» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва унинг ўзбек, рус ва инглиз (тезис) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (25.07.2021 й)

Чоп этишга рухсат этилди: 06.08.2021 йил

Бичими 60x45 1/8 , «Times New Roman»

гарнитурда рақамли босма усулида босилди.

Шартли босма табоғи 3,0 Адади 50 нусха. Буюртма: № 24

ҚарМИИ «INTELLEKT» нашриёти МИУ босмахонасида чоп этилди.

Манзил: Қарши, Мустақиллик кўчаси, 225 уй.