

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 РАҚАМЛИ
ИЛМЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

ОРЗИМАТОВ ЖАҲОНГИР ТАЖАЛИЕВИЧ

**МЕТАЛЛ СИМЛИ ТОЛА АБСОРБЕРЛИ ҚУЁШЛИ ҲАВО
ҚИЗДИРГИЧ КОЛЛЕКТОРИ**

**05.09.03 – Иссиқлик таъминоти. Вентиляция, кондиционерлаш.
Газ таъминоти ва ёритиш**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2022

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

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

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

Орзиматов Жаҳонгар Тажалиевич

Металл симли тола абсорберли қуёшли ҳаво қиздиргич

коллектори.....3

Орзиматов Жаҳонгар Тажалиевич

Солнечный воздушнонагревательный коллектор с абсорбером из

металлической проволочной путанки21

Orzimatov Jahongir Tajalievich

Solar air collector with metal wire fiber absorber.....39

Эълон қилинган ишлар руйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 РАҚАМЛИ
ИЛМий КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

ОРЗИМАТОВ ЖАҲОНГИР ТАЖАЛИЕВИЧ

**МЕТАЛЛ СИМЛИ ТОЛА АБСОРБЕРЛИ ҚУЁШЛИ ҲАВО
ҚИЗДИРГИЧ КОЛЛЕКТОРИ**

**05.09.03 – Иссиқлик таъминоти. Вентиляция, кондиционерлаш.
Газ таъминоти ва ёритиш**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси қошидаги Олий аттестациялаш комиссиясида В 2020.3.PhD/Г1260 рақам билан рўйхатга олинган

Докторлик диссертацияси Тошкент архитектура-қурилиш институтида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасига (www.taqi.uz) ва "ZiyoNet" Ахборот-таълим порталига (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: Рашидов Юсуф Каримович,
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: Кличев Шавкат Исакович,
техника фанлари доктори, катта илмий ходим
Касимов Фахриддин Шадманкулович,
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

Етакчи ташкилот: Наманган муҳандислик қурилиш институти

Диссертацияси химояси Тошкент архитектура-қурилиш институти ҳузуридаги DSc.26/30.12.2019.T.11.01 рақамли Илмий кенгашнинг ~~2020~~ йил «18» 01 соат 10⁰⁰ да Архитектура факультетининг мажлислар залида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., Абдулла Қодирий кўчаси, 7-уй. Тел.: (+99871) 241-10-84; факс: (+99871) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz).

Диссертацияси билан Тошкент архитектура-қурилиш институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 48 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100084, Тошкент ш., Кичик Халқа йўли кўчаси, 7-уй. Тел.: (+99871) 244-63-30; факс: (+99871) 241-15-11, e-mail: taqi_atm@edu.uz).

Диссертация автореферати ~~2020~~ йил «06» 01 кун тарқатилди.
~~2020~~ йил «06» 01 I-рақамли реестр баённомаси).



Х.А. Ақромов,
Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

А.Т. Хотамов,
Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

З.С. Искандаров,
Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг зарурати ва долзарблиги. Жаҳонда қуёш энергиясидан кенг миқёсда амалий фойдаланишнинг энг устувор йўналишларидан бири - турли иссиқлик ташувчиларни иситиш учун қуёш коллекторларидан фойдаланишдир. Ривожланган мамлакатларда, жумладан АҚШ, Швейцария, Япония, Канада ва Австралия каби давлатларда, қуёш энергиясидан фойдаланиш соҳасидаги илмий тадқиқотларда, суюқлик коллекторлари билан бир қаторда, юқори самарали қуёшли ҳаво қиздиргич коллекторларини яратишга алоҳида аҳамият берилмоқда, чунки улар суюқлик коллекторларидан ўзининг оддийлиги ва арзонлиги билан фарқланади. Бироқ, сувга нисбатан паст иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти ва зичликка эга бўлган ҳаводан иссиқлик ташувчи сифатида фойдаланиш абсорбернинг иссиқлик алмашилиш юзасини сезиларли даражада ривожлантиришни талаб қилади. Шу муносабат билан юқори даражада ривожланган иссиқлик алмашилиш сиртига эга бўлган металл симли толалардан тайёрланган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорбер асосидаги қуёшли ҳаво қиздиргич коллекторларининг самарадорлигини ошириш долзарб илмий-техник муаммо ҳисобланади.

Жаҳоннинг етакчи илмий марказларида қуёш энергетикасида қўлланиладиган қуёш ҳаво қиздиргич коллекторлари абсорберини лойиҳалаш, шу жумладан юқори даражада ривожланган иссиқлик алмашилиш юзаларининг янги конструкциялари ва уларни ҳисоблаш усулларини яратиш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада ривожланган иссиқлик алмашилиш юзали қуёш ҳаво қиздиргич коллекторлари ва уларнинг элементларидаги иссиқлик ва аэродинамик жараёнларини моделлаштириш бўйича илмий-тадқиқот ишлари бажарилмоқда. Бу йўналишда қуёш ҳаво қиздиргич коллекторларининг иссиқлик самарадорлигини ривожланган иссиқлик алмашилиш юзасига, юқори иссиқлик ўтказувчанликка ва қуёш энергиясини ҳажмий ютиш хусусиятига эга бўлган металл симли тола ҳаво ўтказувчан матрицали абсорберлари ёрдамида ошириш муҳим аҳамиятга эгадир.

Республикамизда қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш учун энергия тежамкор технологияларни жорий этиш масалаларига алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...якин келажакда устувор вазифа сифатида иқтисодиётнинг энергия ва ресурс сиғимларини қисқартириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий қилиш, қайта тикланувчан энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш ...» вазифалари белгиланган¹. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан, ясси қуёш коллекторларининг самарадорлигини ошириш, уларнинг асосий параметрларини оптималлаштириш, қуёш энергиясини иссиқликка

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

айлантириш жараёнларини моделлаштириш ечимларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон «2017-2021 йилларда қайта тикланувчан энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида» ва 2017 йил 8 ноябрдаги ПҚ-3379-сон «Энергия ресурсларидан оқилона фойдаланишни таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорларини ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада ҳизмат қилади.

Тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишни ривожлантириш, бошқа илғор технологиялар, иссиқлик қурилмаларини яратиш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Қуёшли ҳаво иситиш тизимларини ва ҳаво қиздиргич қурилмаларини такомиллаштиришга йўналтирилган тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи олий таълим муассасалари ва илмий марказларида, хусусан, University of Wisconsin–Madison (АҚШ), Indian Institute of Technology Dehli (Ҳиндистон), Indian Institute of Technology Roorkee (Ҳиндистон), National Institute of Technology Hamirpur (Ҳиндистон), Tamkang University (Тайвань), University of Tanta (Миср), Universiti Kebangsaan Malaysia (Малайзия), Alternate Hydro Energy Centre (Ҳиндистон), Xi'an jiaotong University (Хитой халқ Республикаси), Shanghai jiao Tong University (Хитой халқ Республикаси), King Mongkut's University of Technology Thonbure (Тайланд), University of Tokyo (Япония), «МЭИ» Миллий тадқиқот университетида (Россия Федерацияси), Россия Фанлар Академияси Сибирь бўлимининг иссиқлик физикаси илмий текшириш институтида (Россия Федерацияси), Ўзбекистон Фанлар Академиясининг «Физика-Қуёш» ИИЧБсида (Ўзбекистон Республикаси), Фарғона политехника институтида (Ўзбекистон Республикаси) ва Тошкент архитектура-қурилиш институтида (Ўзбекистон Республикаси) кенг миқёсларда олиб борилмоқда.

Дунё амалиётида қуёшли иситиш тизимларини лойиҳалаш ва гелио қурилмаларининг такомиллаштирилган конструкцияларини ҳисоблаш ва уларда амалга ошириладиган гидродинамик ҳамда иссиқлик жараёнларини жадаллаштириш усуллари ишлаб чиқилган. Қуёшли ҳаво қиздиргичларнинг самарадорлигини ошириш хусусиятларини ўрганиш бир катор олимлар, хусусан Дж.А. Даффи, У.А. Бекман, С.А. Кляйн, Г.О. Лёф, Х.С. Хоттел, Дж. Твайделл, А.Уэйр ва бошқаларнинг ишларида кўриб чиқилган. Бу ишларда

куёшли ҳаво иситгичи қурилмаларининг конструктив ва режим параметрларини самарадорлигига боғлиқлиги ўрганилган.

Қурилмаларда иссиқлик алмашилиш жараёнларининг қонуниятлар ва гидродинамик ҳолатларга боғлиқликлари ҳамда ҳисоблаш усуллари бир қатор олимлар, хусусан М.В. Кирпичев, А.А. Гухман, Г. Шлихтинг, М.А. Михеев, В.П. Исаченко, В.К. Мигай, П.А. Гарг, Г.Н. Шорин ва бошқаларнинг ишларида кўриб чиқилган.

Қуёш қурилмаларидаги иссиқлик алмашилиш жараёнларининг қонуниятлари уларнинг гидродинамик режимларига боғлиқлиги ҳамда ҳисоблаш усуллари бир қатор таниқли олимлар Р.А. Захидов, Р.Р. Авезов, А.И. Исманжанов, Ш.И. Клычев, Г.Н. Узаков, Н.Р. Авезова, С.К. Исматходжаев, Е.С. Аббасов, М.А. Умурзакова ва бошқаларнинг ишларида ўрганилган. Шу билан бирга, юқорида қайд этилган тадқиқотларда қуёш ҳаво қиздиргичларининг ҳаво ўтказувчан матрицали абсорбери сифатида металл сим талолардан фойдаланиш ва шу асосда иссиқлик жараёнларининг юқори интенсивлигига эришиш ҳамда металл сим толалардаги ҳаво оқими ҳаракати механизмини ўрганиш масалалари кўриб чиқилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасаси илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент архитектура қурилиш институти илмий тадқиқот ишлари режасининг БВ-М-ФЗ-003 “Иссиқлик таъминоти тизимларида қуёш иссиқлик энергиясидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш йўллари илмий асослаш ва излаш” (2017-2020) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади металл симли тола ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргич коллекторларини ишлаб чиқиш, уларнинг асосий иссиқлик – техникавий ва аэродинамик параметрларини асослашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

қуёш ҳаво қиздиргич коллекторининг конструкцияларини самарадорлигини мавжуд бўлган ошириш йўларини таҳлил қилиш;

қуёш ҳаво қиздиргич коллекторининг фойдали иш коэффициентини ошириш мақсадида металл симли тола ҳаво ўтказувчан матрица абсорберини тузилишини, иссиқлик ва аэродинамик хусусиятларини ўрганиш;

иссиқлик ташувчи муҳит ва абсорбер билан контакт юзани ошириш имкониятини берувчи, металл симли тола ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргич коллекторлар конструкциясини ишлаб чиқиш;

металл симли тола ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргич коллекторларини иссиқлик самарадорлигини экспериментал тадқиқ этиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатитда металл симли тола ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргич коллекторлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети металл симли тола ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргич коллекторларида оқиб ўтадиган иссиқлик ва аэродинамик жараёнларнинг қонуниятлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида иссиқлик алмашилиши назарияси, аэродинамика, физик-математик моделлаштириш ва эксперимент, ўхшашлик назарияси ва ўлчам бирликларни таҳлил қилиш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

абсорбернинг ғовақлиги, қалинлиги, иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, ҳавонинг солиштирма масса сарфи ва унинг иссиқлик сиғимини ҳисобга олган ҳолда металл симли толадан ясалган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорберда иссиқлик бериш жараёнининг физик-математик модели ишлаб чиқилган;

металл симли толадан ясалган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорбернинг ўртача ҳароратни ҳисоблаш учун биринчи ва иккинчи турдаги чегара шартларида физик-математик моделнинг дифференциал тенгламаларини аналитик ечимлари ифодаси олинган ва ишлаб чиқилган қуёш ҳаво қиздиргич коллекторининг конструктив ва текширув ҳисоб-китобларини бажариш имкони яратилган;

иссиқлик ташувчи ва абсорбер орасидаги контакт юзасини сезиларли даражада ошириш имконини берувчи, металл симли толадан ясалган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорберли қуёшли ҳаво қиздиргич коллекторининг фойдали модел даражасида янги конструкцияси ишлаб чиқилган;

қуёшли ҳаво қиздиргич коллекторининг металл симли толадан ясалган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорбернинг иссиқлик бериш коэффициенти қийматини ва унинг аэродинамик қаршилигини аниқлаш учун эмпирик формулалар олинган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

назарий ва тажрибавий тадқиқотлар натижасида металл симли толадан ясалган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорберга эга бўлган қуёшли ҳаво қиздиргич коллектори ишлаб чиқилган;

металл симли толадан ясалган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорберга эга бўлган қуёшли ҳаво қиздиргич коллекторида ҳаво оқимининг хусусиятларини аниқлаш бўйича синов стенди ишлаб чиқилган ва ясалган;

металл симли толадан ясалган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорбернинг иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш ва босим йўқотишларини ҳисоблаш учун мезоний боғланишлар тажриба йўли билан аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги қуёш коллекторларининг иссиқлик техникавий параметрларини оптималлаштириш, аэродинамик моделлаштириш, ҳисоблаш ва ўлчашда замонавий ускуналар ва усулларидан фойдаланилганлиги ҳамда ҳисобий ва тажрибавий натижаларни дастлабки маълумотларнинг бир хил қийматларида яқин бўлганлиги ва кам фарқланиши билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти қуёшли ҳаво қиздиргич коллекторларида содир бўладиган иссиқлик узатиш жараёнларини ғовак тузилишга эга бўлган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорберни ҳисоблашнинг ривожланган назарий усуллари ишлаб чиқишдан иборат.

Ишнинг амалий аҳамияти металл сим толалардан ясалган ривожланган ғовак тузилишга эга бўлган ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли самарадор қуёш ҳаво қиздиргич коллекторларини янги авлодини яратиш имкониятидан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Металл симли тола ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргич коллекторларини ишлаб чиқиш, уларнинг асосий иссиқлик – техникавий ва аэродинамик параметрларини асослаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

Металл сим толали ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргич коллектори "Фарғонаазот" ОАЖнинг маъмурий-маиший хоналарини, хусусан "Фарғонаазот" ОАЖнинг ҳарбийлаштирилган хавфсизлик (ВОХР) постини иситиш учун қўшимча иссиқлик ишлаб чиқарувчи қурилма сифатида ўрнатилган ва унда тажриба-тадқиқот ишларини олиб борилган ("Ўзкимёсаноат" акциядорлик компаниясининг 2020 йил 28 августдаги 16-3386-сонли маълумотномаси). Натижада хоналарни иситиш учун иссиқлик тармоғидан истеъмол қилинган иссиқликни 17%гача камайишига ва йиллик иқтисодий самарани 54 315 000 сўмни ташкил этишига эришилди ("Фарғонаазот" акциядорлик жамиятининг 2020 йил 26 февралдаги 26/75-сонли маълумотномаси).

Ишлаб чиқилган металл сим толали ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёшли ҳаво қиздиргич коллекторини конструкциясига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк Агентлигининг фойдали моделига патент олинган (2021 й. «Қуёшли ҳаво иситкич» № FAP 01590).

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 11 та халқаро ва 7 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 28 та илмий иш чоп этилган. Улардан 9 та илмий мақола, шу жумладан, асосий диссертация натижаларини нашр этиш учун Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган 2 та хорижий ва 7 та республика миқёсидаги журналларда, шунингдек, ЎзР ИМА нинг 1 та фойдали модели (FAP №01590) учун патент олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш қисми, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 147 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқотларининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотларнинг мақсад ва вазифалари, объекти ва

предмети тавсифланган, Ўзбекистон Республикасида фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотларнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, шунингдек, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилинганлиги, чоп этилган илмий ишлар ва диссертациянинг тузилиши ва ҳажми бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи **“Қуёшли ҳаво қиздиргич коллекторлари, уларнинг вазифалари, тузилиши ва самарадорлигини ошириш йўллари: жаҳон ва ички тажриба”** деб номланган биринчи бобида муаммонинг ҳозирги ҳолати таҳлил қилинган, қуёш ҳаво коллекторларининг иссиқлик самарадорлигини ошириш йўллари баён этилган ва металл симли тола ҳаво ўтказувчан матрицали абсорберга эга бўлган ҳаво қиздиргич коллекторларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш бўйича вазифалар шакллантирилган.

Янги юқори самарали қуёш ҳаво коллекторларини яратиш ҳолати ва истиқболларининг таҳлили, ушбу мақсад учун металл симли тола ҳаво ўтказувчан матрицали абсорберлардан уларнинг иссиқлик ва аэродинамик параметрларини такомиллаштирилган ҳолда фойдаланиш мумкинлигини кўрсатади.

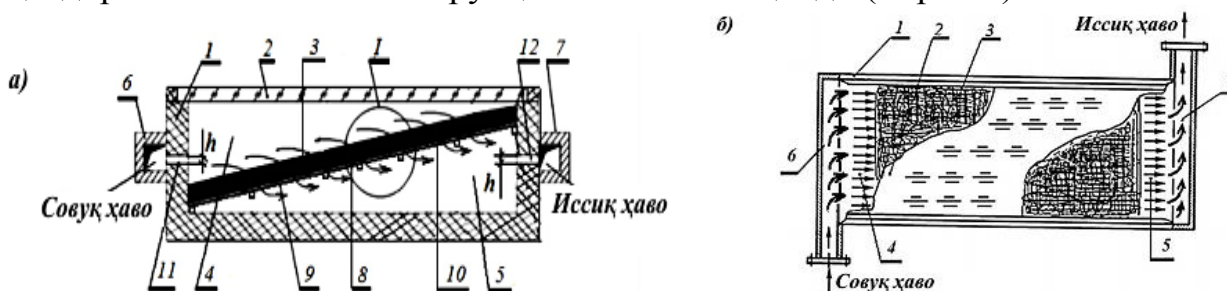
Бу қуёш ҳаво коллекторларининг конструкциясини сезиларли даражада соддалаштириш ва иссиқлик ишлаб чиқариш унумдорлигини ошириш, нур қабул қилувчи абсорбернинг иссиқлик алмашинув юзасини ошириш, унинг вазнини камайтириш ва унда ҳарорат потенциалини йўқотиш, шунингдек, иссиқлик ташувчи (ҳаво) нинг айланиши учун электр энергиясини камайтириш имконини беради.

Ишчи гипотеза. Оддий, юқори самарали қуёш ҳаво қиздиргич коллекторларини яратиш, металл симли тола (МСТ) ҳаво ўтказувчан матрица абсорбер (ХМА) дан фойдаланиш ҳамда уларнинг иссиқлик ва аэродинамик параметрларини такомиллаштириш йўли билан амалга оширилиши мумкин, деб тахмин қилинади.

Муаммони ҳал қилиш ҳолатини адабий ва патент манбаларини таҳлил қилиш натижасида диссертация тадқиқотининг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг **"Ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргич коллекторини ишлаб чиқиш ва назарий тадқиқ этиш"** деб номланган иккинчи бобида МСТли ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли ҚХКнинг конструкциясини яратиш, МСТли ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргичидаги иссиқлик алмашинуви жараёнининг иссиқлик схемасини ишлаб чиқиш, МСТли ХМАдаги иссиқлик узатиш жараёнининг физик-математик моделини яратиш, МСТ ли ХМАга эга бўлган коллектор учун самарадорлик коэффициентини аниқлашнинг соддалаштирилган усулини ишлаб чиқиш, ўзгармас кўндаланг кесимга ва узунлиги бўйича эни доимий тирқишга эга бўлган ҳаво тақсимлагич ва ҳаво қабулқилгич коллекторларни ҳисоблаш методологиясини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган.

Жаҳон ва маҳаллий амалиётда, шунингдек, патент адабиётида қўлланиладиган қуёш ҳаво қиздирувчи коллекторларнинг (ҚХК) маълум конструкцияларининг афзалликлари ва камчиликларини танқидий таҳлил қилиш асосида МСТли ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргичининг янги конструкцияси ишлаб чиқилди (1- расм.).



1-расм. Металл симли тола ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво иситгичининг конструкцияси

a-кесмани ён кўриниши; *б*-юқоридан кўниши; 1-корпус; 2-шаффоф қоплама; 3-ясси абсорбер; 4, 5-юқори кириш ва пастки чиқариш ҳаво каналлари; 6, 7-совуқ ҳаво бериш ва иссиқ ҳаво олиш коллектори; 8-рама; 9-металл тўр; 10-металл симли тола (МСТ); 11, 12-доимий баландлиги h бўлган бўйлама (вертикал) тиркичлар.

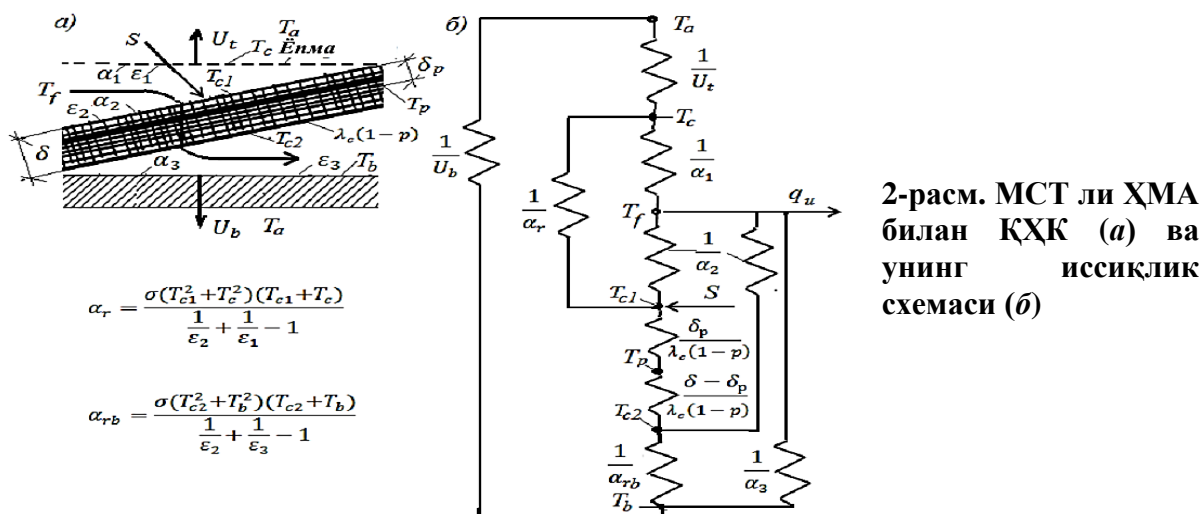
Ишлаб чиқилган ҚХК конструкциянинг ўзига хос хусусияти, 3 ясси абсорберни ҳаво ўтказувчи тузилма равишда ва ажратувчи қобик 1 ни 4 ва 5 юқори таъминлаш ва қуйи ҳаво чиқариш каналлари билан жиҳозланганлиги, 6 совуқ ҳаво билан таъминлаш ва 7 иссиқ ҳавони ториб олиш коллекторлари билан таъминланганлиги ҳисобланади. Ҳаво ўтказувчан структура устига МСТ 10 ўрнатилган, рама кўринишида 8 металл тўрли 9, шу билан бирга ҳаво ўтказувчан структура диагонал ҳолатда жойлашган бўлиб, юқори таъминловчи ҳаво каналлари торайиши ва пастки чиқариш ҳаво каналлари кенгайиш имкониятига эга 4 ва 5, ҳар бир тегишли канал доимий баландлиги h коллектор бўйлама тиркич билан боғлиқ, МСТ, МСТ 10 диаметри 0,4; 0,6; 0,8 ёки 0,9 мм бўлган метал симдан тўқиш усули билан тайёрланади.

Ишлаб чиқилган ҚХК иссиқлик узатиш жараёнида МСТ нинг барча ривожланган юзасини ўз ичига олади, бу эса симнинг кичик диаметрлари билан иссиқлик алмашинувининг контакт юзасини катталаштиришга имкон беради. МСТ ичидаги бир нечта акс эттириш радиация ютувчи юзадан акс эттирилган қуёш нурланишининг йўқолишини пасайтиради ва йўл ичидаги ҳаво ҳаракатининг йўналишини бир неча марта ўзгартириш ҳаво оқимининг турбулентсиясини ошириш орқали иссиқлик алмашинуви жараёнини жадаллаштиришни таъминлайди.

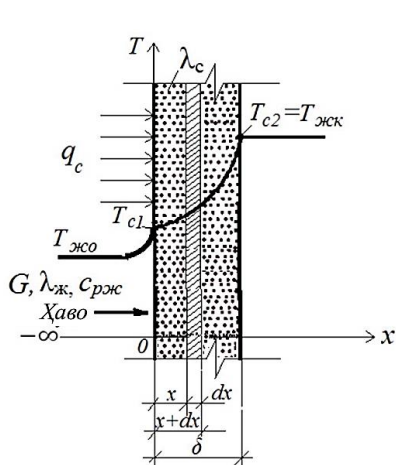
ҲМА нинг ҚХК иссиқлик алмашиш жараёнининг иссиқлик схемаси МСТ учун ғовакли δ эканлигини тахмин қилиш учун қаттиқ скелетнинг доимий иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти λ_c (2, *a* - расм) тузилган, бу ўз ўрнида абсорбер матритсали ҚХК нинг соддалаштирилган иссиқлик моделини ишлаб чиқишга имкон берди (2, *б* - расм).

Ишлаб чиқилган иссиқлик модели ҚХК нинг асосий хусусиятларини ҳисоблаш имконини беради. МСТ ли ҲМА билан қуёш ҳаво коллекторининг

самарадорлигини ҳисоблаш учун T_p ассимиляция панелининг ўртача ҳарорати қийматини билиш керак.



T_p ни аниқлаш учун MST ли ХМА да иссиқлик алмашинуви жараёнининг физик-математик модели ишлаб чиқилди, бу эса T_p ни геометрик, иссиқлик физикаси ва режимли параметрларни ҳисобга олган ҳолда аниқлаш имконини беради.



Майдон учун $0 \leq x \leq \delta$: $\frac{d^2T}{dx^2} - \xi_c \frac{dT}{dx} = 0$ (1)

Бу ерда $\xi_c = \frac{G c_{pж}}{\lambda_c(1-p)}$; чегаравий шартлар учун $x=0$
 $T = T_{c1}$ ва $x=\delta$ $T = T_{c2}$

Майдон учун $-\infty \leq x \leq 0$: $\frac{d^2T}{dx^2} - \xi_{ж} \frac{dT}{dx} = 0$ (2)

Бу ерда $\xi_{ж} = \frac{G c_{pж}}{\lambda_{ж}}$; чегаравий шартлар учун $x = -\infty$
 $T_{ж} = T_{ж0}$; томонидан $x = 0$ $\lambda_{ж} \frac{dT_{ж}}{dx} = \lambda_c(1-p) \frac{dT}{dx}$.

3-расм. Металл симли толадан ясалган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорберни лойиҳалаш схемаси

Дифференциал тенгламалар (1) ва (2) чегара шароитлари билан аналитик ечимлар олинган бўлиб, бу ҳаво ўтказувчи абсорберда ($0 \leq x \leq \delta$) ҳароратни тақсимлаш учун ифодани аниқлаш имконини берди.

$$\frac{T - T_{ж0}}{T_{c2} - T_{ж0}} = e^{-\xi_c \delta (1 - \frac{x}{\delta})} \quad (3)$$

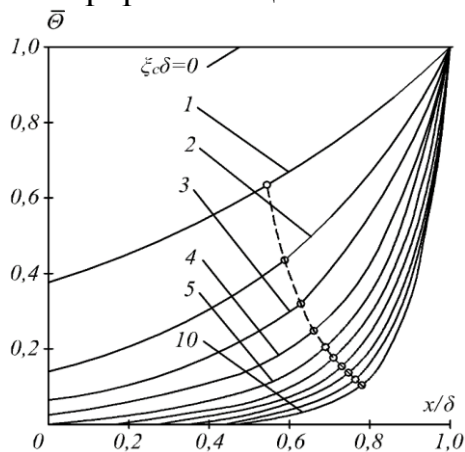
Абсорбернинг ўлчамсиз ҳароратини θ белгилаш орқали $(T - T_{ж0}) / (T_{c2} - T_{ж0})$, тенглама (3) куйидаги шаклда ёзилиши мумкин:

$$\theta = e^{-\xi_c \delta (1 - \frac{x}{\delta})} \quad (4)$$

Бу ҳолда интеграл томонидан аниқланган $\xi_c \delta$ қиймати учун ҳаво ўтказувчи абсорбердаги ўртача ҳарорат $\bar{\theta} = 1/\delta \int_0^\delta \theta dx$, қуйдагига тенг

$$\bar{\theta} = \frac{\bar{T} - T_{ж0}}{T_{c2} - T_{ж0}} = \frac{1}{\xi_c \delta} (1 - e^{-\xi_c \delta}). \quad (5)$$

Расмда ўлчамсиз комплексга қараб $\xi_c \delta$ МСТ ли ХМА га чегарасиз ўртача ҳароратни тақсимланиш кўрсатилган.



4-расм. Металл симли толадан ясалган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорберда ўлчамсиз ўртача ҳарорат $\bar{\theta}$ нинг ўлчамсиз $\xi_c \delta$ комплексига қараб тақсимланиши

4- расмдаги график, $\xi_c \delta = \frac{\delta G c_{pж}}{\lambda_c (1-p)}$ ўлчамсиз комплексга қараб, МСТ ли ХМА даги ўлчамсиз ўртача ҳароратини $\bar{\theta}$ ни аниқлаш имконини ва кейин қуйдаги формула бўйича ҳақиқий ўртача ҳарорат \bar{T} қийматини ҳисоблаш имконини беради

$$\bar{T} = T_{ж0} + \bar{\theta} (T_{c2} - T_{ж0}). \quad (6)$$

Тенглама (6) матрицали абсорбернинг ишлаш параметрларининг геометрик (δ , p), термофизик (λ_c , $c_{pж}$) ва режимли (G , T_{c2} , $T_{ж0}$) параметрларига қараб ХМА нинг ҳақиқий ўртача ҳарорати қийматини аниқлаш имконини беради.

Тенглама (6) бошқа шаклда ҳам ёзилиши мумкин:

$$\bar{T} = T_{ж0} + \frac{\lambda_c \bar{f}_{м.пр} \bar{d}_{м.пр}}{\delta G c_{pж}} \left(1 - e^{-\frac{\delta G c_{pж}}{\lambda_c \bar{f}_{м.пр} \bar{d}_{м.пр}}} \right) (T_{c2} - T_{ж0}). \quad (7)$$

Бунда $\bar{f}_{м.пр}$ – матрицали абсорбернинг металл симининг нисбий юзаси

$$\bar{f}_{м.пр} = \frac{\pi dl}{4 f_{сл}}; \quad (8)$$

$\bar{d}_{м.пр}$ – матрицали абсорбернинг металл симининг нисбий диаметри

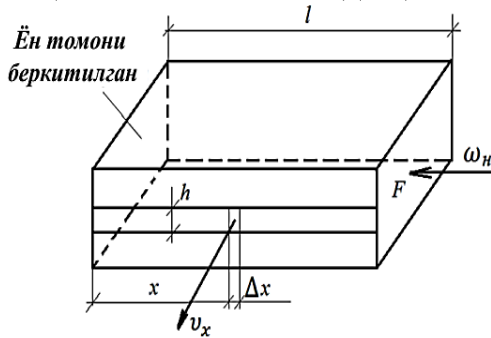
$$\bar{d}_{м.пр} = \frac{d}{\delta}. \quad (9)$$

Тавсия этилган иссиқлик модели асосида МСТ ли ХМА коллектори учун F' самарадорлиги коэффицентини аниқлашнинг соддалаштирилган усули ишлаб чиқилди, бу эса ҚХК нинг иссиқлик ишлаб чиқаришини ҳисоблаш имконини беради:

$$q_u = F' [S - U_L (T_f - T_a)], \quad (10)$$

бунда $F' = \frac{\alpha_r \alpha_1 + U_t \alpha_2 + \alpha_2 \alpha_r + \alpha_1 \alpha_2}{(U_t + \alpha_r + \alpha_1) \left(\alpha_r + \alpha_2 + \frac{\lambda_c (1-p)}{\delta p} \right) - \alpha_r^2}$; $U_L = \frac{(U_b + U_t) (\alpha_r \alpha_1 + \alpha_2 \alpha_r + \alpha_1 \alpha_2) + U_b U_t (\alpha_1 + \alpha_2)}{\alpha_r \alpha_1 + U_t \alpha_2 + \alpha_2 \alpha_r + \alpha_1 \alpha_2}$.

МСТли ХМА эга бўлган ишлаб чиқилган ҚХКда узунлиги бўйлаб ҳаво тақсимоти ўзгармас кўндаланг кесим F га ва баландлиги h доимий тирқишга эга бўлган ҳаво тақсимлагич томонидан амалга оширилади (5-расм). Ҳаво тақсимотининг бошида ҳаво тезлиги ω_H га тенг.



5-расм. Ўзгармас кўндаланг кесимга ва узунлиги бўйича баландлиги h доимий тирқишга эга бўлган ҳаво тақсимлагич схемаси.

Дифференциал тенглама олинди:

$$\bar{\omega}_x'' + p\bar{\omega}_x = 0 \quad (11)$$

бунда $p = \mu^2 \bar{f}^2$; $\bar{f} = \frac{f}{F} = \frac{hl}{F}$; $\bar{l} = l/d_э$;

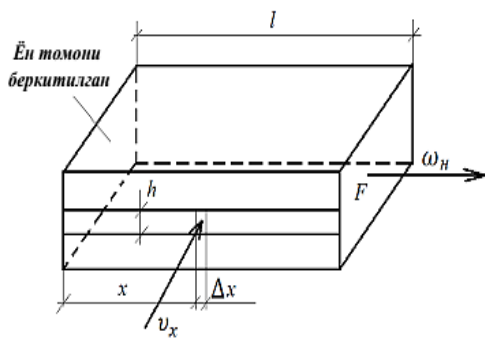
$$\text{Чегаравий шартлар} \begin{cases} \bar{x} = 0 \text{ да } \bar{\omega}_x = 0 \\ \bar{x} = 1 \text{ да } \bar{\omega}_x = 1 \end{cases} \quad (12)$$

$$(12) \text{ шартларда (11) ни ечими куйидаги шаклга эга: } \bar{\omega}_x = \frac{\sin \sqrt{p}\bar{x}}{\sin \sqrt{p}} = \frac{\sin \mu \bar{f} \bar{x}}{\sin \mu \bar{f}} \quad (13)$$

ҚХКнинг ҳаво тақсимлагич тирқишидан оқиб чиқаётган ҳавонинг нисбий тезлиги учун куйидаги боғланиш олинди

$$\bar{v}_x = \frac{v_x}{v_{cp}} = \frac{F\omega_x'}{h v_{cp}} = \frac{F\omega_H}{h l v_{cp}} \bar{\omega}_x' = \bar{\omega}_x' = \mu \bar{f} \frac{\cos \mu \bar{f} \bar{x}}{\sin \mu \bar{f}}$$

МСТ ли ХМА эга бўлган ишлаб чиқилган ҚХК да, ўзгармас F кесимли ҳаво қабул қилиш коллектори узунлиги l бўйича h доимий баландлигидаги тирқиш орқали ҳаво олинади (6-расм). Ҳаво қабул қилиш коллекторининг охиридаги ҳаво тезлиги ω_H га тенг.



6-расм. Ўзгармас кўндаланг кесимга ва узунлиги бўйича баландлиги h доимий тирқишга эга бўлган ҳаво қабул қилгич схемаси.

Дифференциал тенглама олинди:

$$\bar{\omega}_x'' - 2p\bar{\omega}_x = 0, \quad (14)$$

Бунда $p = \mu^2 \bar{f}^2$; $\bar{f} = \frac{f}{F} = \frac{hl}{F}$; $\bar{l} = l/d_э$;

$$\text{Чегаравий шартлар} \begin{cases} \bar{x} = 0 \text{ да } \bar{\omega}_x = 0 \\ \bar{x} = 1 \text{ да } \bar{\omega}_x = 1 \end{cases} \quad (15)$$

$$(15) \text{ шартларда (14) ни ечими куйидагича бўлади: } \bar{\omega}_x = \frac{\text{sh} \sqrt{2p}\bar{x}}{\text{sh} \sqrt{2p}} = \frac{\text{sh} \sqrt{2\mu}\bar{f}\bar{x}}{\text{sh} \sqrt{2\mu}\bar{f}} \quad (16)$$

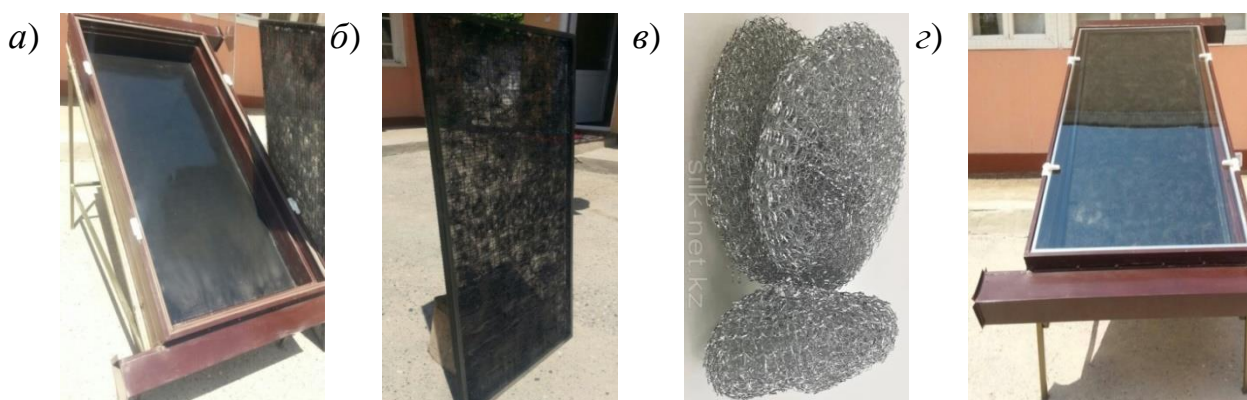
Силлиқ деворли калта горизонтал ҳаво тақсимлагич ва ҳаво қабулқилгич коллекторини ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган.

“Металл симли толадан ясалган ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргич коллекторини тажриба орқали тадқиқ этиш” деб номланган учинчи бобида МСТли ХМАли ҚХКнинг тажриба намунасини табиий шароитдаги синовларининг натижаларини келтирилган.

Табиий шароитдаги синовларнинг мақсади: ҚХК орқали оқиб ўтаётган турли хил ҳаво сарфларида ҳаво ўтказувчан матрица абсорберининг нисбий

$\delta/D_{\text{ЭКВ}}$ қалинлигини, шунингдек, металл симли толанинг нисбий $d/D_{\text{ЭКВ}}$ диаметрини иситилаётган ҳавонинг ҳароратига, коллекторнинг иссиқлик ишлаб чиқариш унумдорлиги ва унинг ФИКга, ўртача иссиқлик узатиш коэффициентини $\bar{\alpha}$ га, аэродинамик қаршилигига, босимнинг пасайишига ва вентилятор истемол қиладиган электр қувватига таъсирини экспериментал аниқлашдан иборат.

Бунинг учун МСТ ли ХМА га эга ҚХК нинг тажриба намунаси ишлаб чиқарилди (7-расм). Иссиқлик изоляцияланган корпус (7, а - расм) ичига текис абсорбер жойлаштирилган шаффоф қоплама (7, б- расм), металл симли толали ҳаво ўтказувчи тузилиши (7, в-расм) шаклида яратилган. Йиғилган ҚХК нинг умумий кўриниши 7, г - расмда кўрсатилган.



7-расм. МСТ ли ХМА ли ҚХК нинг тажриба намунаси

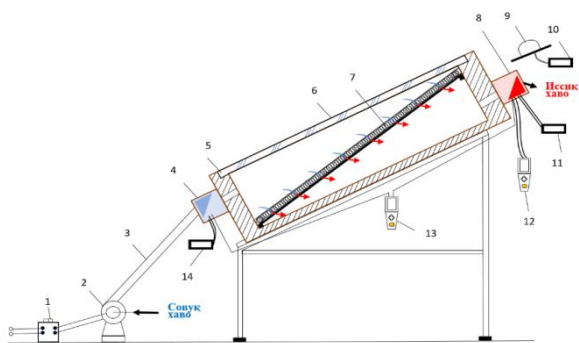
Коллекторнинг умумий узунлиги 1,75 м, кенлиги 0,85 м, иссиқлик изоляцияланган корпус эса мос равишда 1,55 м ва 0,75 м. Корпуснинг изоляцион материали икки камерали пластик Ломбрит ҳисобланади. Шаффоф қопламанинг узунлиги 1,47 м, кенлиги 0,67 м. Шаффоф қоплама сифатида 6 мм қалинликдаги ойна хизмат қилади. ҚХК нинг умумий қалинлиги 0,19 м, коллекторнинг пастки қисми ва шаффоф қоплама орасидаги масофа 0,15 м. ҚХК нинг олд нурли сезгир майдони $A=1,47 \times 0,67=0,99 \approx 1 \text{ м}^2$.

МСТли абсорбер қалинлигининг ҚХК самарадорлигига таъсирини ўрганиш учун, абсорбернинг ҳаво ўтказувчи тузилмаси 0,02 м қалинликдаги ечиладиган металл профилли рамкаси устига диаметрли 0,7 мм бўлган металл сим тортилган, унга навбати билан қалинлиги δ бўлган 0,02 м дан 0,08 м гача чигал сим 0,02 м қалинликда ўрнатилган кўринишида ясалган.

Сим қалинлигини ҚХК самарадорлигига таъсирини ўрганиш учун унинг қалинлиги 0,4 мм дан 0,9 мм гача бўлган МСТ абсорберлар рамкалари навбат билан алмаштирилди. Шу билан бирга, ҳаво ўтказувчи структура ҚХК корпусида диагональ равишда юқори таминлайдиган торайиши ва пастки чиқарувчи ҳаво каналларини кенгайтириш имконияти билан жойлашган бўлиб, уларнинг ҳар бири $0,1 \times 0,1 \text{ м}^2$ бўйлама тиркич $h=0,011 \text{ м}$ бўлган коллекторга бириктирилган.

ҚХК табиий шароитларда синовларини ўтказиш учун мўлжалланган стенд: вентилятор 2 унумдорлигини тартибга соладиган лаборатория автотрансформатори 1, ҚХК тажриба намунаси 5, совуқ ҳавони узатувчи

коллектори 4 ва иссиқ ҳаво чиқариш коллектори 8, шунингдек ҚХКга тушаётган қуёш нурланиш интенсивлигини, ҳаво сарфини, босим фарқини, назорат қилувчи ва ўлчовчи асбоблардан ташкил топган (8-расм). Назорат ва ўлчов асбоблари билан жиҳозланган табиий шароитларда ҚХК синовларини ўтказиш учун мўлжалланган стенднинг ташқи кўриниши 9-расмда кўрсатилган.



8-расм. ҚХК ни синаш учун стенд



9-расм. Стенднинг ташқи кўриниши

Экспериментал тадқиқотлар давомида q_v ҳаво оқимининг солиштирма ҳажмий сарфи 10 дан 86 $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{соат})$ гача ўзгарган, яъни қуёшли иссиқлик таъминоти ҳаво тизимларини лойиҳалаш учун тавсия этилган 5÷20 $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{сек})$ га тенг бўлган интервал, ёки 18÷72 $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{соат})$ тўла қоплаган.

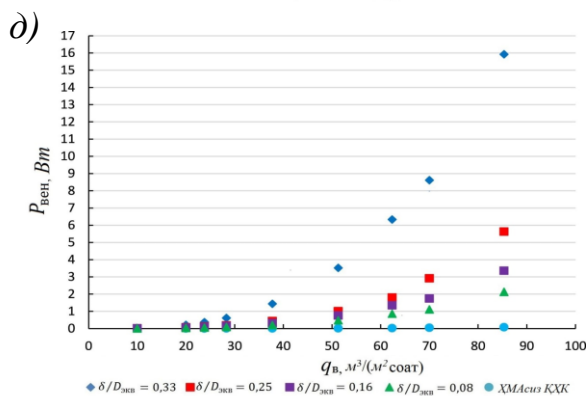
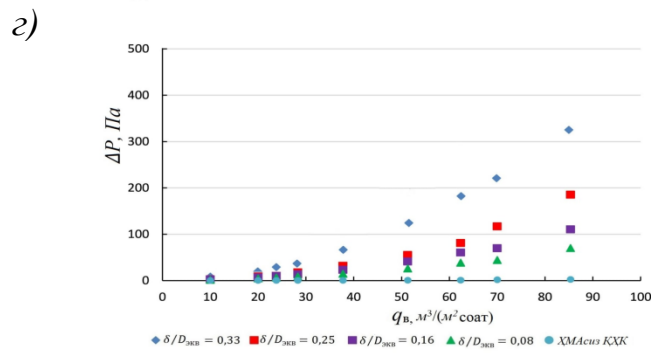
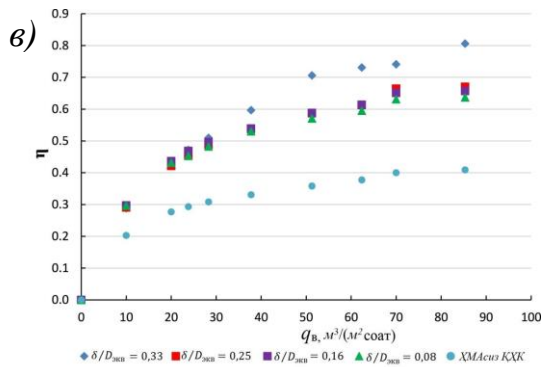
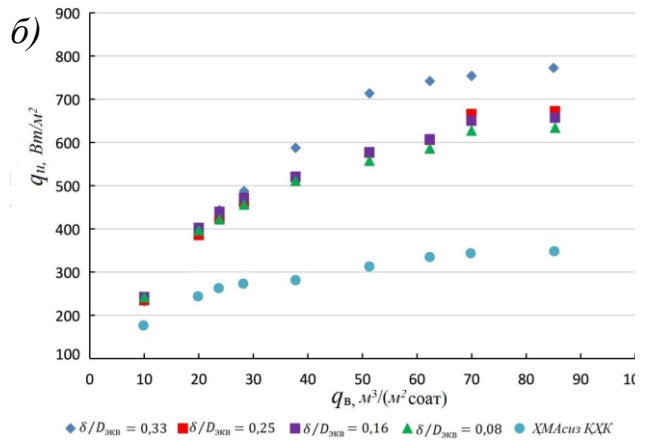
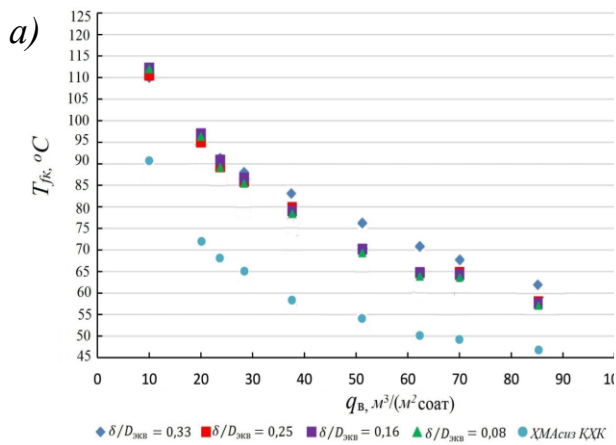
Ўтказилган синовлар асосида ҚХК чиқишида ҳаво ҳарорати $T_{fк}$ нинг (10, а-расм), иссиқлик ишлаб чиқариш қуввати q_u нинг (10, б-расм), самарадорлик η нинг (10, в-расм), босим йўқолиши ΔP нинг (10, г-расм) ва вентиляторнинг истеъмол қуввати $P_{вен}$ нинг (10, д-расм) ХМАни мавжуд бўлган ҳолда унинг турли нисбий қалинлиги $\delta/D_{эқв} = 0,33; 0,25; 0,16; 0,08$ ва МСТ ли ХМА мавжуд бўлмаганда $\delta/D_{эқв} = 0$ ҳаво оқимининг солиштирма сарфи q_v га боғлиқлиги графиглари тузилган.

ХМА мавжуд бўлмаган силлиқ ҚХК билан солиштирганда, ХМА нинг ҚХК га ўрнатилиши коллектор ичидаги иссиқлик алмашиниш майдонини оширади. Шунинг учун, МСТ ли ХМА мавжуд бўлганда ҚХК чиқишида $T_{fк}$ ҳаво ҳароратининг ошиши кузатилади.

Ҳавонинг кичик 30 $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{соат})$ гача бўлган солиштирма сарфларида, абсорбернинг нисбий қалинлиги $\delta/D_{эқв}$ ҚХК чиқишидаги $T_{fк}$ ҳаво ҳароратини ортишига деярли таъсир кўрсатмайди. Ҳавонинг юқори 30 $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{соат})$ дан катта солиштирма сарфларида абсорбернинг нисбий қалинлиги $\delta/D_{эқв}$ ни ошиши билан коллекторнинг чиқишдаги ҳаво ҳарорати ошади. ҚХК чиқишидаги максимал ҳаво ҳарорати $\delta/D_{эқв} = 0,33$ бўлганда эришилади. $\delta/D_{эқв} = 0,33$ тенг бўлганда ХМА мавжуд бўлмаган ($\delta/D_{эқв} = 0$) коллекторга нисбатан коллектор чиқишидаги ҳаво ҳароратнинг ошиши ўртача 16 дан 25 °С гача ташкил қилади (10, а- расм).

$\delta/D_{эқв} = 0,33$ тенг бўлганда ХМА мавжуд бўлмаган ($\delta/D_{эқв} = 0$) коллекторга нисбатан коллекторнинг иссиқлик ишлаб чиқариш унумдорлигини ошиши ўртача 40 дан 127% гача ташкил қилади (10, б- расм).

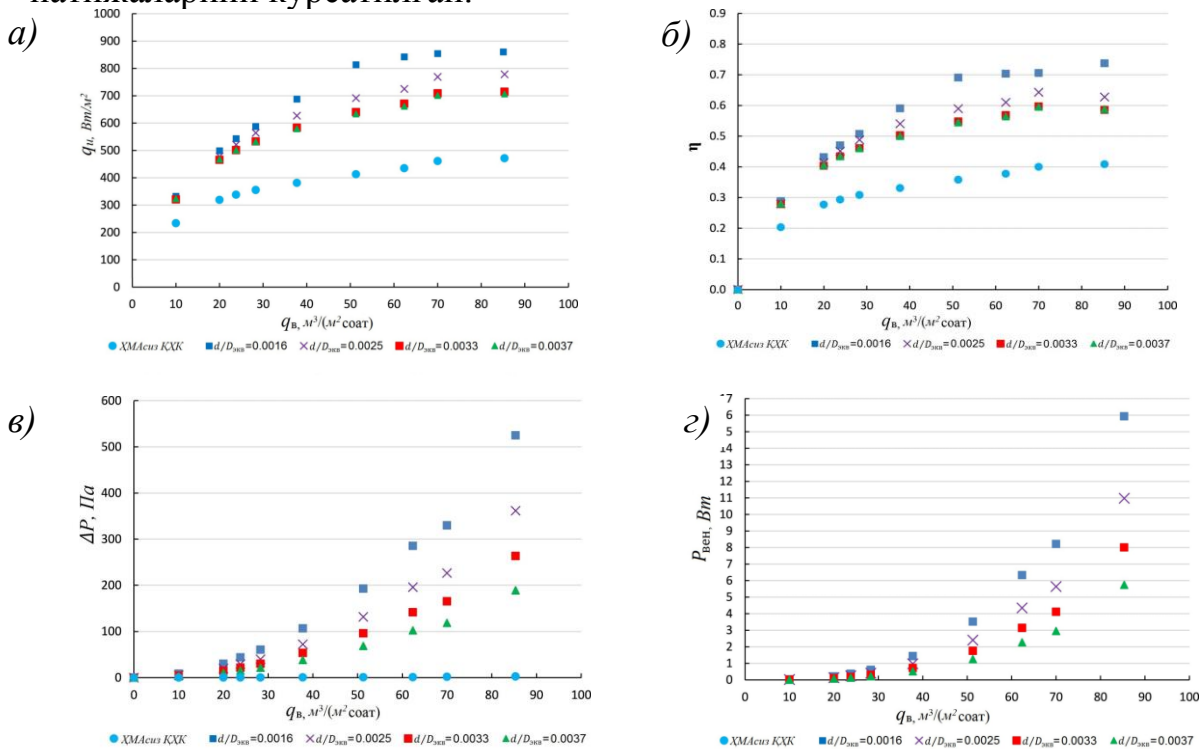
$\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0,33$ тенг бўлганда ХМА мавжуд бўлмаган ($\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0$) коллекторга нисбатан ҚХК нинг фойдали иш коэффициентининг ошиши ҳавонинг кичик ва катта солиштира сарфларида мос равишда ўртача 10 дан 39% гача ташкил қилади (10, в расм).



10-расм. МСТ ли ХМА мавжуд бўлган ва бўлмаган ҳолатлар учун $T_{фк}$ (а), $q_{и}$ (б), η (в), ΔP (з) ва $P_{вен}$ (д) катталикларнинг абсорбернинг турлича нисбий қалинликлари $\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0,33; 0,25; 0,16; 0,08$ ва 0 да солиштира ҳаво сарфига боғлиқлиги

ҚХК даги босимнинг пасайиши ҳавонинг ҳажмий сарфига боғлиқ (10, з - расм). Расмдан шунингдек, МСТдан ясалган абсорбер қатламининг қалинлиги таъсири ҳам кўринади: босим фарқи абсорбер қатламининг нисбий қалинлиги $\delta/D_{\text{ЭКВ}}$ га тўғри пропорционалдир (10, з-расм). Шунга кўра, ҚХК орқали ҳавони ҳайдаш учун электр истеъмолининг қуввати ҳам ортади. ХМА ўрнатилмаган силлиқ каналли ($\delta/D_{\text{ЭКВ}}=0$) коллектор учун вентилятор истеъмолининг қуввати 0,08 Вт га тенг, бу эса коллектор орқали ҳавони вентилятор ёрдамида ҳайдаш учун зарур бўлган қувватга нисбатан жуда кичик, чунки абсорбернинг нисбий қалинлиги $\delta/D_{\text{ЭКВ}}=0,33$ тенг бўлганда ҳавони ҳайдаш учун 16 Вт талаб этилади (10, д-расм).

11-расмда абсорбернинг нисбий қалинлиги $\delta/D_{\text{ЭКВ}}=0,33$ га тенг бўлганда металл симли толанинг симининг нисбий $d/D_{\text{ЭКВ}}$ диаметрининг ҚХК хусусиятларига таъсирини аниқлаш бўйича амалга оширилган тажрибалар натижаларини кўрсатилган.



11-расм. МСТ ли ХМА мавжуд бўлган ва бўлмаган q_u (а), η (б), ΔP (в) ва $P_{\text{вент}}$ (г) абсорбернинг нисбий қалинлиги $\delta/D_{\text{ЭКВ}}=0,33$ ҳаво сарфига боғлиқлиги.

11, а- расмдан кўриниб турибдики, энергиядан ютуқ, ҳаво оқимининг ошиши билан кўпаяди ва аксинча симнинг нисбий диаметри $d/D_{\text{ЭКВ}}$ нинг пасайиши билан камаяди.

Худди шундай, симининг турли нисбий диаметри $d/D_{\text{ЭКВ}}$ ларда МСТли ХМА мавжуд бўлмаганда ва мавжуд бўлганда, η фойдали иш коэффициентининг ўзгариши 11, б- расмда кўрсатилганидек содир бўлади.

Қатламдаги металл симнинг бир хил босма массасида симининг нисбий диаметри $d/D_{\text{ЭКВ}}$ ни камайиши билан ҳаво оқимини янада кичик ва кўп каналлар орқали ўтишига мажбур келади, бу эса кўпроқ турбулентлик ва бўрон ҳосил қилади; шунинг учун, ҚХК даги иссиқлик узатиш тезлиги ошади.

Бу шунингдек, ҚХК га босим фарқи ΔP га таъсир қилади. 11, в- расмдан кўриниб турибдики босим фарқи симнинг нисбий диаметри $d/D_{\text{ЭКВ}}$ нинг пасайиши билан сезиларли даражада ошади.

11, г-расмда вентилятор истеъмол қиладиган қувватларнинг турли хил тадқиқ этилган симларнинг $d/D_{\text{ЭКВ}}$ нисбий диаметрлари учун таққослаш графиклари келтирилган. Максимал солиштирма ҳаво сарфи $86 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{соат})$ бўлганда, нисбий диаметри $d/D_{\text{ЭКВ}}=0,0016$ тенг симли коллектор учун вентилятор қуввати 16 Вт га эришади, бу энг юқори қиймат ҳисобланади, $d/D_{\text{ЭКВ}}=0,0037$ бўлганда вентилятор сарфлайдиган қуввати 6 Вт ни ташкил этади.

МСТ ли ХМА эга бўлган ҚХК учун экспериментал маълумотларини якуний қайта ишлаш натижасида МСТ дан иссиқлик узатиш коэффицентини аниқлаш учун қуйидаги мезоний боғланиш аниқланган:

$$\overline{Nu}_ж = 1,524 Re_{ж}^{0,34} Pe_{ж}^{0,34} (\delta/D_{эқв})^{0,09} (d/D_{эқв})^{0,15} \quad (17)$$

(17) тенглама абсорбер қатламининг нисбий қалинлиги $\delta/D_{эқв}=0,08\div 0,33$, симнинг нисбий диаметри $d/D_{эқв}=0,0016\div 0,0037$ ҳамда $Re=(0,3\div 4,0)\cdot 10^3$ оралиқларида бўлган МСТ ли ХМА эга бўлган ҚХК учун олинган.

(17) тенглама бўйича аниқланган ҳисобий катталикларни, тажриба маълумотлардан ўртача оғиши 4,5% дан ошмайди, бунда максимал оғиш 8,2% ни ташкил этади.

МСТ ли ХМА эга бўлган ҚХКнинг қаршилиқ коэффицентини ҳисоблаш учун қуйидаги мезоний боғланиш аниқланган:

$$\zeta = 1,524 Re_{ж}^{0,34} (\delta/D_{эқв})^{0,09} (d/D_{эқв})^{0,15} \quad (18)$$

Тенглама (18) абсорбер қатламининг нисбий қалинлиги $\delta/D_{эқв}=0,08\div 0,33$ ва симнинг нисбий диаметри $d/D_{эқв}=0,0016 \div 0,0037$ ва $Re=(0,3\div 4,0)\cdot 10^3$ учун ҳақли бўлган МСТ ли ХМА бўлган ҚХК учун олинади.

Тажриба маълумотларнинг (18) - тенглама бўйича ҳисобланган ҳисоб-китоблардан ўртача оғиши - 4.7% дан, максимал оғиши эса 8,1% дан ошмайди.

Қуёшли ҳаво қиздиргич коллекторининг асосий иссиқлик-техникавий ва аэродинамик параметрларини ишлаб чиқиш ва асослаш бўйича олинган натижалар "Фарғонаазот" АЖда амалиётга татбиқ этилди ва "Металл сим толали ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёш ҳаво қиздиргич коллектори" маъмурий-маиший хоналарини, хусусан "Фарғонаазот" ОАЖнинг ҳарбийлаштирилган хавфсизлик (ВОХР) постини иситиш учун қўшимча иссиқлик ишлаб чиқарувчи қурилма сифатида ўрнатилган ва унда тажриба-тадқиқот ишларини олиб борилган ("Ўзкимёсаноат" акциядорлик компаниясининг 2020 йил 28 августдаги 16-3386-сонли маълумотномаси). Натижада хоналарни иситиш учун иссиқлик тармоғидан истеъмол қилинган иссиқликни 17%гача камайишига ва йиллик иқтисодий самарани 54 315 000 сўмни ташкил этишига эришилди ("Фарғонаазот" акциядорлик жамиятининг 2020 йил 26 февралдаги 26/75-сонли маълумотномаси).

Ишлаб чиқилган металл сим толали ҳаво ўтказувчан матрица абсорберли қуёшли ҳаво қиздиргич коллекторини конструкциясига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк Агентлигининг фойдали моделига патент олинди (2021 й. «Қуёшли ҳаво иситкич» № FAP 01590).

Амалга оширилган техник-иқтисодий ҳисоб-китоблар шуни кўрсатдики, уй-жой қурилиши учун 10 кишидан иборат иккита оила учун МСТ ли ХМА ли ҚХК дан фойдаланилганда иқтисодий самара 2880435 сўм/йилига ташкил этди.

ХУЛОСА

Бажарилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосаларни чиқариш мумкин:

1.МСТ ясалган ХМАга эга бўлган ҚХКнинг ишлаб чиқилган янги конструкцияси симнинг кичик диаметрларида абсорбер ва иссиқлик ташувчи орасидаги алоқа сиртини бир тартибдан кўпроқ бўлган катталikka оширишга имкон беради, бунда металл симли тола ичида нурни кўп марта қайта акс этиши ва ютилиши ҳисобига нур ютувчи сиртнинг қуёш нурини қайтариб йўқотиши камаяди ва тола ичида ҳаво оқимининг кўп қарра ўз йўналишини ўзгартириши эвазига турбулизациясини кўпайиши орқали иссиқлик алмашиш жараёнининг самарадорлигини оширади.

2. ХМАнинг геометрик, иссиқлик физикавий ва ишчи параметрларини ҳисобга олган ҳолда МСТдан ясалган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорберга эга бўлган ҚХКдаги иссиқлик алмашиниш жараёнининг иссиқлик схемаси таклиф этилган.

3. МСТдан тайёрланган ХМАда иссиқлик алмашиниш жараёнининг физик-математик модели ишлаб чиқилган. ХМАда иссиқлик бериш жараёнини тавсифловчи дифференциал тенгламаларнинг аналитик ечимлари топилган.

4.МСТдан ясалган ХМАга эга бўлган ҚХК учун самарадорлик коэффицентини аниқлаш учун соддалаштирилган усули ишлаб чиқилган. МСТдан ясалган ХМАга эга бўлган ҚХКнинг эффективлик коэффицентини ҳисоблаш формулалари олинган.

5. Ўзгармас кўндаланг кесимга ва узунлиги бўйича эни доимий тирқишга эга бўлган калта горизонтал силлиқ деворли ҳаво тақсимлагич орқали ҳавони тақсимлаш жараёнининг физик-математик модели ишлаб чиқилган. Математик моделнинг амалий ҳисоблашлар учун қулай бўлган содда аналитик ечимлари олинган бўлиб, улар сарф коэффиценти μ 0,62 га тенг бўлганда экспериментал маълумотлар билан тўла тасдиқланган.

6. Ўзгармас кўндаланг кесимга ва узунлиги бўйича эни доимий тирқишга эга бўлган ҳаво қабулқилгич орқали ҳаво сўрилиш жараёнининг физик-математик модел ишлаб чиқилган. Амалий ҳисобларни бажариш учун қулай бўлган, проф.В.Н.Талиевнинг формулаларини сарф коэффиценти μ 1.0 га тенг бўлганда экспериментал маълумотлар билан 2.34 га тенг тузатиш коэффицентисиз мувофиқлаштиришга имкон берадиган математик моделнинг оддий аниқлаштирилган аналитик ечимлари олинган.

7.ҚХК самарадорлигини аниқлаш бўйича ўтказилган экспериментал тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатдики, абсорбернинг нисбий қалинлиги $\delta/D_{\text{эқв}} = 0,33$ га тенг бўлган металл симли тўрдан ясалган ҳаво ўтказувчан матрицали абсорбердан фойдаланиш коллектордан оқиб ўтадиган ҳавони солиштирма сарфига қараб уни ҳароратини ўртача 16 дан 25 °С гача ўсишини таъминлайди. Бунда ҚХК самарадорлигининг ошиши коллекторда ХМА бўлмаган ҳолатига ($\delta/D_{\text{эқв}} = 0$) нисбатан ўртача 10 дан 39 % гача ташкил этади.

8. МСТ ли ХМА га эга бўлган ҚХК нинг иссиқлик бериш коэффиценти ва қаршилиқ коэффицентини аниқлаш учун мезоний тенгламалар олинган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.26/30.12.2019.Т.11.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

ОРЗИМАТОВ ЖАҲОНГИР ТАЖАЛИЕВИЧ

**СОЛНЕЧНЫЙ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕКТОР С
АБСОРБЕРОМ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПРОВОЛОЧНОЙ ПУТАНКИ**

**05.09.03 – Теплоснабжение. Вентиляция, кондиционирование.
Газоснабжение и освещение**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2020.3.PhD/T1260.

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном институте. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tdtu.uz) и Информационно-образовательном портале "ZiyoNet" (www.ziyo.net).

Научный руководитель:	Рашидов Юсуф Каримович, доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Кличев Шавкат Исакович, доктор технических наук, старший научный сотрудник Касимов Фахриддин Шадманкулович, доктор философии по техническим наукам (PhD)
Ведущая организация:	Наманганский инженерно-строительный институт

Защита диссертации состоится «18» 01 2022 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSC.26/30.12.2020.T. 11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном институте. (Адрес: 100011, г. Ташкент, улица Абдулла Кадырий, дом №7В, Тел.: (+99871) 241-10-84; факс: (+998 71) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz).

С докторской диссертацией (Doctor of Science) можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного института (зарегистрирована за №15). Адрес: 100011, г. Ташкент улица Кичик Халка йули, дом №7. Тел.: (+998 71) 235-43-30; факс: (+998 71) 234-15-11.

Автореферат диссертации разослан «06» 01 2022 года (протокол рассылки № 1 от 06.01.2022 г.).



Х.А. Акрамов,
Председатель разового научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

А.Т. Хотамов,
Ученый секретарь разового научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

З.С. Искандаров,
Председатель разового научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Одним из наиболее приоритетных направлений широкомасштабного практического использования солнечной энергии в мире является применение солнечных коллекторов для нагрева различных теплоносителей. В развитых странах, таких как США, Швейцария, Япония, Канада и Австралия, в проводимых научных исследованиях в области использования солнечной энергии, наряду с жидкостными солнечными коллекторами, особое значение придаётся созданию высокоэффективных солнечных воздухонагревательных коллекторов, так как они отличаются от жидкостных своей простотой и невысокой стоимостью. Однако, применение в качестве теплоносителя воздуха, обладающего низким коэффициентом теплопроводности и малой плотностью по сравнению с водой, требует существенного развития теплообменной поверхности абсорбера. В этой связи повышение эффективности солнечных воздухонагревательных коллекторов на основе воздухопроницаемого матричного абсорбера из металлической проволочной путанки с высокоразвитой теплообменной поверхностью является актуальной научно-технической проблемой.

В ведущих научных центрах мира ведутся научно-исследовательские работы по совершенствованию конструкции абсорбера солнечных воздухонагревательных коллекторов, применяемых в солнечной энергетике, в том числе путём создания новых конструкций высокоразвитых теплообменных поверхностей и методов их расчёта. В связи с этим проводятся научно-исследовательские работы, включающие моделирование тепловых и аэродинамических процессов в солнечных воздухонагревательных коллекторах и их элементах с развитой теплообменной поверхностью. В этом направлении важно повысить тепловую эффективность абсорбера солнечных воздухонагревательных коллекторов на основе использования воздухопроницаемого матричного абсорбера из металлической проволочной путанки, обладающей развитой поверхностью, высокой теплопроводностью и свойством объёмного поглощения солнечной энергии.

В нашей республике особое внимание уделяется внедрению энергоэффективных технологий использования возобновляемых источников энергии. В стратегии Действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах отмечены задачи «...сокращения энергоёмкости и ресурсоёмкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, расширение использования возобновляемых источников энергии...»¹. Реализация этих положений, в том числе, разработка солнечных воздухонагревательных коллекторов с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки, считается одной из важнейших задач.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-3012 от 26 мая 2017 года «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сферы на 2017-2021 годы» и № ПП-3379 от 8 ноября 2017 года «О мерах по обеспечению рационального использования энергоресурсов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

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

Степень изученности проблемы. Широкомасштабные научные исследования, направленные на создание солнечных воздушных систем и воздухонагревательных установок, ведутся в высших учебных заведениях и передовых учебных центрах мира, в том числе в University of Wisconsin–Madison (США), Indian Institute of Technology Dehli (Индия), Indian Institute of Technology Roorkee (Индия), National Institute of Technology Hamirpur (Индия), Tamkang University (Тайвань), University of Tanta (Египет), Universiti Kebangsaan Malaysia (Малайзия), Alternate Hydro Energy Centre (Индия), Xi'an jiaotong University (Китайская Народная Республика), Shanghai jiao Tong University (Китайская Народная Республика), King Mongkut's University of Technology Thonbure (Таиланд), University of Tokyo (Япония), в Национальном исследовательском университете «МЭИ» (Российская Федерация), в научно – исследовательском Институте теплофизики Сибирского отделения Российской Академии наук (Российская Федерация), в НПО «Физика-Солнце» Академии наук Республики Узбекистан (Республика Узбекистан), в Ферганском политехническом институте (Республика Узбекистан) и Ташкентском архитектурно-строительном институте (Республика Узбекистан).

В мировой практике разработаны методы проектирования солнечных нагревательных систем, а также расчета интенсификации гидродинамических и тепловых процессов, происходящих в усовершенствованных гелио преобразовательных конструкциях. Изучение характеристик повышения эффективности солнечных воздухонагревателей рассмотрены в трудах Дж.А. Даффи, У.А. Бекмана, С.А. Кляйна, Г.О. Лёфа, Х.С. Хоттеля, Дж. Твайделла, А.Уэйра и других. В данных работах изучено влияние конструктивных и режимных параметров на эффективность солнечных воздухонагревательных установок.

Результаты исследований процессов тепломассопереноса в различных средах, а также соответствующие методы расчета приводится в известных

работах М.В. Кирпичева, А.А. Гухмана, Г. Шлихтинга, М.А. Михеева, В.П. Исаченко, В.К. Мигай, П.А. Гарга, Г.Н. Шорина и других авторов.

Закономерности теплообменных процессов в гелиоустановках в зависимости от их гидродинамических режимов, а также методы расчета были изучены в трудах ряда известных ученых Р.А. Захидова, Р.Р. Авезова, А.И.Исманжанов, Ш.И. Клычева, Е.С. Аббасова, Г.Н. Узакова, Н.Р. Авезовой, С.К. Исматходжаева, М.А. Умурзаковой и других авторов. Однако в вышеуказанных исследованиях вопросы использования металлической проволочной путанки в качестве воздухопроницаемого матричного абсорбера солнечных воздухонагревателей и достижения на этой основе высокой интенсификации тепловых процессов, а также исследование механизма движения воздушного потока в металлической проволочной путанке не рассматривались.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках реализации плана научно-исследовательских работ Ташкентского архитектурно-строительного института по фундаментальному проекту БВ-М-ФЗ-003 «Научное обоснование и поиск путей повышения эффективности использования солнечной тепловой энергии в системах теплоснабжения» (2017-2020 гг.).

Целью исследования является разработка и обоснование основных теплотехнических и аэродинамических параметров солнечного воздухонагревательного коллектора с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки.

Задачи исследования:

анализ существующих способов повышения тепловой эффективности конструкций солнечных воздухонагревательных коллекторов;

изучение особенности строения и определение тепловых и аэродинамических характеристик воздухопроницаемого матричного абсорбера из металлической проволочной путанки в целях повышения коэффициента полезного действия солнечного воздухонагревательного коллектора;

разработка конструкции солнечного воздухонагревательного коллектора с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки, позволяющей увеличить контактную поверхность между теплоносителем и абсорбером;

экспериментальное исследование тепловой эффективности солнечного воздухонагревательного коллектора с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки.

Объектом исследования является солнечный воздухонагревательный коллектор с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки.

Предмет исследования составляют закономерности тепловых и аэродинамических процессов, протекающих в солнечных

воздухонагревательных коллекторах с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки.

Методы исследований. Исследования выполнены с использованием методов теории теплообмена; аэродинамики; физико-математического моделирования и эксперимента; метода теории подобия и анализа размерностей.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана физико-математическая модель процесса теплообмена в воздухопроницаемом матричном абсорбере из металлической проволочной путанки, учитывающая пористость абсорбера, его толщину, коэффициент теплопроводности, удельный массовый расход воздуха и его теплоёмкость;

получены аналитические решения дифференциальных уравнений физико-математической модели с граничными условиями первого и второго рода, позволяющие рассчитать среднюю температуры в воздухопроницаемом матричном абсорбере из металлической проволочной путанки в зависимости от его геометрических характеристик и режимных параметров работы, что позволяет осуществлять конструктивные и поверочные расчёты разработанного солнечного воздушного коллектора;

разработана на уровне полезной модели новая конструкция солнечного воздухонагревательного коллектора с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки, позволяющая существенно увеличить контактную поверхность между теплоносителем и абсорбером;

получены эмпирические формулы для определения величины коэффициента теплоотдачи воздухопроницаемого матричного абсорбера из металлической проволочной путанки солнечного воздухонагревательного коллектора и его аэродинамического сопротивления.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

в результате теоретических и экспериментальных исследований разработана конструкция и изготовлен солнечный воздухонагревательный коллектор с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки;

разработан и изготовлен испытательный стенд для определения характеристик воздушного потока в солнечном воздухонагревательном коллекторе с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки;

экспериментально установлены критериальные зависимости для определения коэффициента теплоотдачи и расчёта потерь давления в воздухопроницаемом матричном абсорбере из металлической проволочной путанки.

Достоверность результатов исследований подтверждается применением современных методов теплового и аэродинамического моделирования и оптимизации теплотехнических параметров солнечных коллекторов, средств вычислительной и измерительной техники, близким

совпадением расчетных и экспериментальных результатов при одинаковых значениях исходных данных.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в развитии теоретических методов расчёта процессов теплообмена, протекающего в солнечных воздухонагревательных коллекторах с воздухопроницаемым матричным абсорбером с развитой пористой структурой, в частности, из металлической проволочной путанки.

Практическая значимость работы заключается в возможности создания эффективных солнечных воздухонагревательных коллекторов нового поколения с воздухопроницаемым матричным абсорбером с развитой пористой структурой из металлической проволочной путанки.

Внедрение результатов исследования. Полученные результаты по разработке и обоснованию основных теплотехнических и аэродинамических параметров солнечного воздухонагревательного коллектора с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки внедрены:

в практику на АО «Ферганаазот» и проведены опытно-исследовательские работы установки «Солнечного воздухонагревательного коллектора с абсорбером из металлической проволочной путанки» в качестве дополнительного теплогенерирующего устройства административно-бытовых помещений, в частности на посту ВОХР АО «Farg'onaazot» (Справка акционерного общества «O`zkiyosanoat» от 28 августа 2020 года № 16-3386). В результате потребляемое от тепловой сети тепло на отопление в помещениях снизилось на 17 %, а годовой экономический эффект составил около 54 315 000 сум (Справка акционерного общества «Farg'onaazot» от 26 февраля 2020 года № 26/75).

получен патент на полезную модель Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на разработанную конструкцию солнечного воздухонагревательного коллектора с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки (2021 г. «Солнечный воздухонагреватель» № FAP 01590).

Апробация результатов исследования. Результаты исследований диссертации обсуждались на 11 международных и 7 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертационной работы опубликовано всего 28 научных работ, из них, 9 научных статей, в том числе 2 в зарубежных журналах, 7 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций. Кроме этого, получен 1 патент на полезную модель (FAP №01590) Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 147 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснована актуальность решаемой проблемы и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, выявлены объект и предмет исследований, определено соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложена научная новизна исследований и практические результаты, указано внедрение результатов исследований в производство, приведены сведения об апробации результатов исследований и опубликованных научных трудах по теме диссертационной работы, а также сведения о структуре и объеме диссертации.

В **первой** главе диссертации «**Солнечные воздухонагревательные коллекторы, их назначение, устройство и пути повышения эффективности: мировой и отечественный опыт**» проанализировано современное состояние проблемы, намечены пути повышения тепловой эффективности солнечных воздушных коллекторов и сформулированы задачи по разработке и исследованию воздухонагревательных коллекторов с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки.

Анализ состояния и перспектив создания новых высокоэффективных солнечных воздушных коллекторов показывает о возможности применения для этой цели воздухопроницаемых матричных абсорберов из металлической проволочной путанки при совершенствовании их теплотехнических и аэродинамических параметров.

Это позволяет существенно упрощать конструкцию и повышать теплопроизводительность солнечных воздушных коллекторов за счёт увеличения теплообменной поверхности лучевоспринимающего абсорбера, снижения его веса и потерь температурного потенциала в нём, а также обеспечивает снижения затрат электроэнергии на циркуляцию теплоносителя (воздуха).

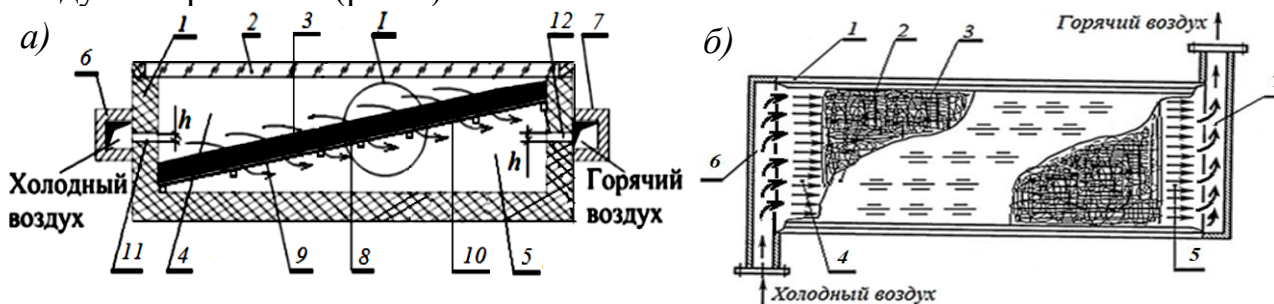
Рабочая гипотеза. Предполагается, что создание простых высокоэффективных солнечных воздухонагревательных коллекторов может быть осуществлено путем применения воздухопроницаемых матричных абсорберов (ВМА) из металлической проволочной путанки (МПП) при совершенствовании их теплотехнических и аэродинамических параметров.

В результате критического анализа состояния решения проблемы, литературных и патентных источников по теме диссертационной работы сформулированы цель и задачи исследований.

Во **второй** главе диссертации «**Разработка и теоретическое исследование солнечного воздухонагревательного коллектора с воздухопроницаемым матричным абсорбером**» приведены результаты исследований по разработке конструкции солнечного воздухонагревательного коллектора с ВМА из МПП, тепловой схемы процесса теплообмена в солнечном воздухонагревателе с ВМА из МПП, физико-математической модели процесса теплообмена в ВМА из МПП, по разработке упрощенной методики определения коэффициента

эффективности для коллектора с воздухопроницаемым с ВМА из МПП, по равномерной раздаче воздуха воздухораспределительным коллектором и его отбору воздухозаборным коллектором постоянного сечения с продольной щелью постоянной ширины, по разработке методики расчёта воздухораспределительного и воздухозаборного коллекторов постоянного сечения с продольной щелью постоянной ширины.

На основе критического анализа преимуществ и недостатков известных конструкций солнечных воздухонагревательных коллекторов (СВК), применяемых в мировой и отечественной практике, а также патентной литературы, была разработана новая конструкция солнечного воздухонагревателя (рис.1) с ВМА из МПП.



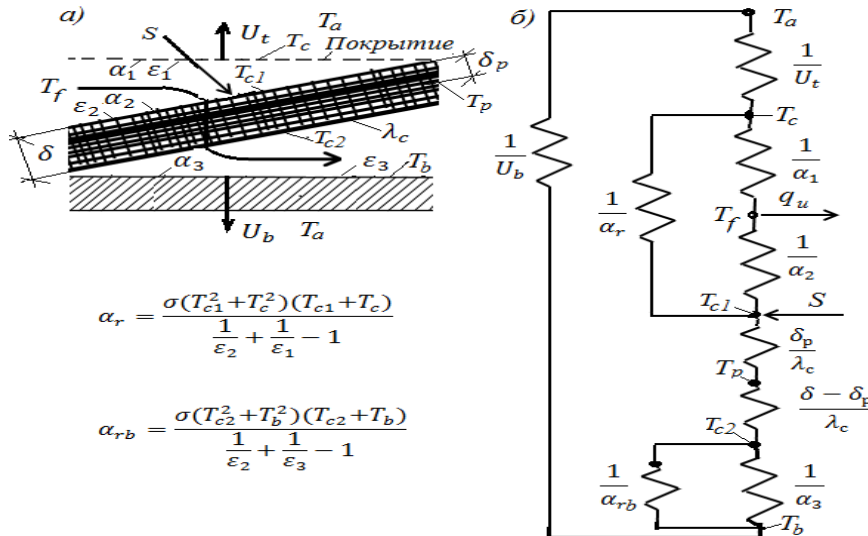
а-вид сбоку продольное сечение; *б*-вид сверху; 1-корпус; 2-прозрачное покрытие; 3-плоский поглотитель; 4, 5-верхний подающий и нижний отводящий воздушные каналы; 6, 7-коллектор подачи холодного и коллектор отбора горячего воздуха; 8-рама; 9-металлическая сетка; 10-металлическая проволочная путанка (МПП); 11, 12-продольные щели с постоянной высотой h .

Рис.1. Конструкция солнечного воздухонагревателя с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволочной путанки

Отличительной особенностью разработанной конструкции СВК является выполнение плоского поглотителя 3 в виде воздухопроницаемой структуры, разделяющей корпус 1 на верхний подающий и нижний отводящий воздушные каналы 4 и 5, снабженные соответственно коллектором 6 подачи холодного и коллектором 7 отбора горячего воздуха. Воздухопроницаемая структура выполнена в виде рамы 8 с металлической сеткой 9, поверх которой закреплена МПП 10, при этом воздухопроницаемая структура расположена диагонально с возможностью сужения верхнего подающего и расширения нижнего отводящего воздушных каналов 4 и 5, а каждый соответствующий канал соединен с коллектором продольной щелью с постоянной высотой h . МПП 10 изготавливается методом плетения из стальной проволоки диаметром 0,5; 0,6; 0,8 или 0,9 мм.

В разработанном СВК в процесс теплообмена включается вся развитая поверхность МПП, что при малых диаметрах проволоки позволяет более, чем на порядок увеличить контактная поверхность теплообмена. Многократное переотражения внутри МПП уменьшает потери отраженной солнечной радиации от лучепоглощающей поверхности, а многократное изменение направления движения воздуха внутри самой путанки обеспечивает интенсификацию процесса теплообмена путем увеличения турбулизации воздушного потока.

Тепловая схема процесса теплообмена в СВК с ВМА составлена для МПП в предположении, что она представляет собой пористый материал с толщиной δ и с постоянным коэффициентом теплопроводности твёрдого скелета λ_c (рис.2, а), что позволило разработать упрощённую тепловую модель СВК с матричным абсорбером (рис.2, б).



Разработанная тепловая модель позволяет рассчитать основные характеристики СВК. Для расчёта КПД солнечного воздушного коллектора с ВМА из МПП необходимо знать значение средней температуры поглощающей панели T_p .

Для определения T_p была разработана физико-математическая модель процесса теплообмена в ВМА из МПП, которая позволяет определять T_p с учётом геометрических, теплофизических и режимных параметров СВК по расчётной схеме показанной



Получены аналитические решения дифференциальных уравнений (1) и (2) с граничными условиями, что позволило определить выражение для распределения температуры в воздухопроницаемом абсорбере ($0 \leq x \leq \delta$):

$$\frac{T-T_{ж0}}{T_{c2}-T_{ж0}} = e^{-\xi_c \delta (1-\frac{x}{\delta})} \quad (3)$$

Обозначить через Θ безразмерную температуру абсорбера $(T-T_{ж0})/(T_{c2}-T_{ж0})$, уравнение (3) можно записать в следующем виде:

$$\Theta = e^{-\xi_c \delta (1-\frac{x}{\delta})} \quad (4)$$

Тогда средняя температура в воздухопроницаемом абсорбере для заданного значения $\xi_c \delta$, определяемая интегралом $\bar{\Theta} = 1/\delta \int_0^\delta \Theta dx$, равна:

$$\bar{\Theta} = \frac{\bar{T}-T_{ж0}}{T_{c2}-T_{ж0}} = \frac{1}{\xi_c \delta} (1 - e^{-\xi_c \delta}). \quad (5)$$

На рис.4 показано распределение безразмерной средней температуры $\bar{\Theta}$ в ВМА из МПП в зависимости от безразмерного комплекса $\xi_c \delta$.

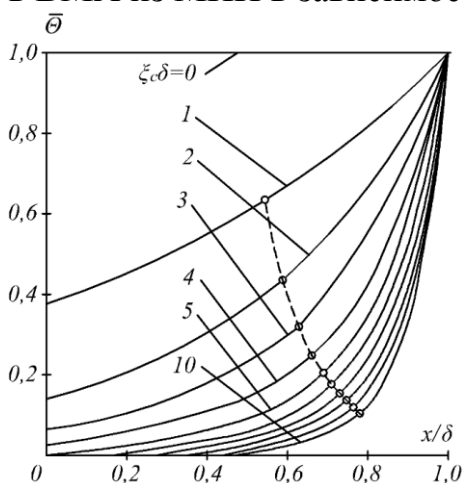


Рис.4. Распределение безразмерной средней температуры $\bar{\Theta}$ в воздухопроницаемом матричном абсорбере из металлической проволочной путанки в зависимости от безразмерного комплекса $\xi_c \delta$

График на рисунке 4 позволяет определять безразмерную среднюю температуру $\bar{\Theta}$ в ВМА из МПП в зависимости от безразмерного комплекса $\xi_c \delta = \frac{\delta G c_{pж}}{\lambda_c (1-p)}$, а затем вычислять значение действительной средней температуры \bar{T} по формуле

$$\bar{T} = T_{ж0} + \bar{\Theta} (T_{c2} - T_{ж0}). \quad (6)$$

Уравнение (6) позволяет определять значение действительной средней температуры ВМА в зависимости от геометрических (δ, p), теплофизических ($\lambda_c, c_{pж}$) и режимных ($G, T_{c2}, T_{ж0}$) параметров работы матричного абсорбера.

Уравнение (6) можно записать также в другом виде:

$$\bar{T} = T_{ж0} + \frac{\lambda_c \bar{f}_{м.пр} \bar{d}_{м.пр}}{\delta G c_{pж}} \left(1 - e^{-\frac{\delta G c_{pж}}{\lambda_c \bar{f}_{м.пр} \bar{d}_{м.пр}}} \right) (T_{c2} - T_{ж0}). \quad (7)$$

где $\bar{f}_{м.пр}$ – относительная поверхность металлической проволоки матричного абсорбера

$$\bar{f}_{м.пр} = \frac{\pi d l}{4 f_{сл}}; \quad (8)$$

$\bar{d}_{м.пр}$ – относительный диаметр металлической проволоки матричного абсорбера

$$\bar{d}_{м.пр} = \frac{d}{\delta}. \quad (9)$$

На основе предложенной тепловой модели разработана упрощенная методика определения коэффициента эффективности F' для коллектора с ВМА из МПП, которая позволяет рассчитать теплопроизводительность СВК:

$$q_u = F' [S - U_L (T_f - T_a)], \quad (10)$$

$$\text{где } F' = \frac{\alpha_r \alpha_1 + U_t \alpha_2 + \alpha_2 \alpha_r + \alpha_1 \alpha_2}{(U_t + \alpha_r + \alpha_1) \left(\alpha_r + \alpha_2 + \frac{\lambda_c (1-p)}{\delta_p} \right) - \alpha_r^2}; \quad U_L = \frac{(U_b + U_t) (\alpha_r \alpha_1 + \alpha_2 \alpha_r + \alpha_1 \alpha_2) + U_b U_t (\alpha_1 + \alpha_2)}{\alpha_r \alpha_1 + U_t \alpha_2 + \alpha_2 \alpha_r + \alpha_1 \alpha_2}.$$

В разработанном СВК с ВМА из МПП раздача воздуха по ширине коллектора длиной l осуществляется воздухораспределителем постоянного сечения F с продольной щелью постоянной ширины h (рис. 5). Скорость воздуха в начале воздухораспределителя равна ω_H .

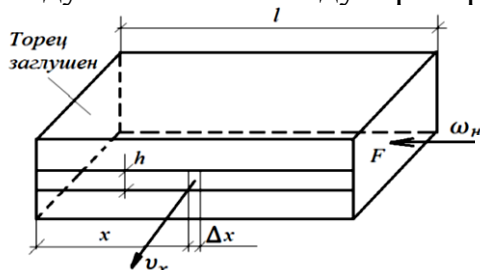


Рис.5. Схема горизонтального воздухораспределителя СВК постоянного сечения с продольной щелью постоянной ширины h

Получено дифференциальное уравнение:

$$\bar{\omega}_x'' + p \bar{\omega}_x = 0 \quad (11)$$

$$\text{где } p = \mu^2 \bar{f}^2; \quad \bar{f} = \frac{f}{F} = \frac{hl}{F}; \quad \bar{l} = l/d_3;$$

$$\text{Граничные условия } \begin{cases} \text{при } \bar{x} = 0 & \bar{\omega}_x = 0 \\ \text{при } \bar{x} = 1 & \bar{\omega}_x = 1 \end{cases} \quad (12)$$

$$\text{Решение (11) при условиях (12) имеет вид: } \bar{\omega}_x = \frac{\sin \sqrt{p} \bar{x}}{\sin \sqrt{p}} = \frac{\sin \mu \bar{f} \bar{x}}{\sin \mu \bar{f}}. \quad (13)$$

Для относительной скорости истечения воздуха из щели воздухораспределителя СВК получена зависимость

$$\bar{v}_x = \frac{v_x}{v_{cp}} = \frac{F \omega_x'}{h v_{cp}} = \frac{F \omega_H}{h l v_{cp}} \bar{\omega}_x' = \bar{\omega}_x' = \mu \bar{f} \frac{\cos \mu \bar{f} \bar{x}}{\sin \mu \bar{f}}$$

В разработанном СВК с ВМА из МПП отбор воздуха по ширине коллектора длиной l осуществляется воздухозаборным коллектором постоянного сечения F с продольной щелью постоянной ширины h (рис. 6). Скорость воздуха в конце воздухозаборного коллектора равна ω_H .

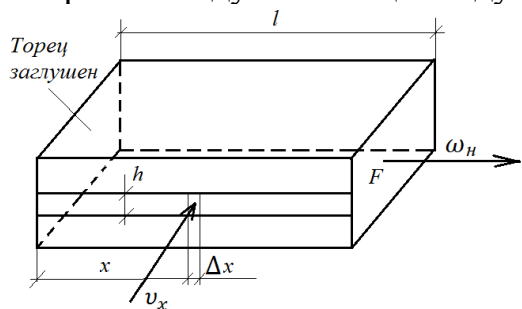


Рис.6. Схема горизонтального воздухозаборного коллектора постоянного сечения с продольной щелью постоянной ширины h

Получено дифференциальное уравнение:

$$\bar{\omega}_x'' - 2p \bar{\omega}_x = 0, \quad (14)$$

$$\text{где } p = \mu^2 \bar{f}^2; \quad \bar{f} = \frac{f}{F} = \frac{hl}{F}; \quad \bar{l} = l/d_3;$$

$$\text{Граничные условия } \begin{cases} \text{при } \bar{x} = 0 & \bar{\omega}_x = 0 \\ \text{при } \bar{x} = 1 & \bar{\omega}_x = 1 \end{cases} \quad (15)$$

$$\text{Решение (14) при условиях (15) имеет вид: } \bar{\omega}_x = \frac{\text{sh} \sqrt{2p} \bar{x}}{\text{sh} \sqrt{2p}} = \frac{\text{sh} \sqrt{2} \mu \bar{f} \bar{x}}{\text{sh} \sqrt{2} \mu \bar{f}}. \quad (16)$$

Разработана методика расчёта короткого горизонтального воздухораспределителя и воздухозаборного коллектора с гладкими стенками постоянного сечения с продольной щелью постоянной ширины.

В третьей главе «Экспериментальное исследование солнечного воздухонагревательного коллектора с воздухопроницаемым матричным

абсорбером из металлической проволочной путанки» приведены результаты натурных испытаний опытного образца СВК с ВМА из МПП.

Целью натурных испытаний явились: экспериментальное определение влияния относительной толщины воздухопроницаемого матричного абсорбера $\delta/D_{\text{ЭКВ}}$, а также относительного диаметра проволоки металлической путанки $d/D_{\text{ЭКВ}}$ на температуру нагреваемого воздуха, теплопроизводительность коллектора, его КПД, средний коэффициент теплоотдачи $\bar{\alpha}$, аэродинамическое сопротивление, перепад давления и потребляемую мощность вентилятором на прокачку при различных значениях расхода воздуха через СВК.

Для этого был изготовлен опытный образец СВК с ВМА из МПП (рис.7), содержащий теплоизолированный корпус (рис.7, а) с прозрачным покрытием, внутрь которого помещен плоский поглотитель (рис.7, б), выполненный в виде воздухопроницаемой структуры из МПП (рис.7, в). Общий вид СВК в сборке показан на рисунке 7, г.

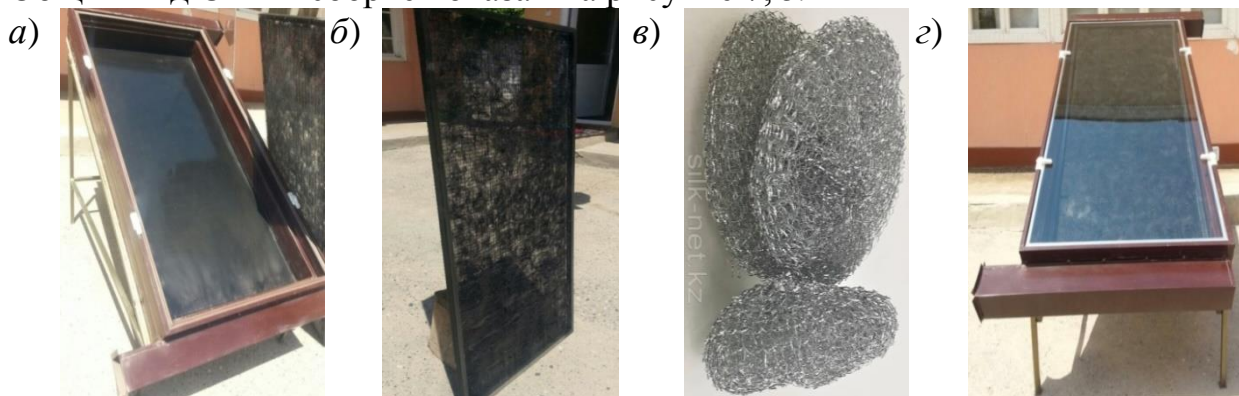


Рис.7 Опытный образец СВК с ВМА из МПП

Общая габаритная длина коллектора 1,75 м, ширина 0,85 м, а теплоизолированного корпуса соответственно 1,55 м и 0,75 м. Изоляционным материалом корпуса является двухкамерный пластмассовый ломбрит. Длина прозрачного покрытия 1,47 м, ширина 0,67 м. Прозрачным покрытием служит оконное стекло толщиной 6 мм. Общая толщина корпуса СВК 0,19 м, расстояние между дном коллектора и прозрачным покрытием 0,15 м. Фронтальная лучевоспринимающая площадь СВК составляет $A=1,47 \times 0,67 = 0,99 \approx 1 \text{ м}^2$.

Воздухопроницаемая структура абсорбера была выполнена в виде съёмной рамы из металлического профиля поверх которой натянута металлическая сетка с толщиной проволоки 0,7 мм на которой закреплялась поочередно проволочная путанка с толщиной δ от 0,02 до 0,08 м с шагом 0,02 м для исследования влияния толщины МПП абсорбера на эффективность СВК.

Для исследования влияния толщины проволоки d металлической путанки абсорбера на эффективность СВК, она поочередно заменялась на съёмной раме абсорбера от толщины проволоки 0,4 мм до 0,9 мм. При этом воздухопроницаемая структура расположена диагонально в корпусе СВК с возможностью сужения верхнего подающего и расширения нижнего

отводящего воздушных каналов, каждый из которых соединен с коллектором сечением $0,1 \times 0,1 \text{ м}^2$ продольной щелью $h=0,011 \text{ м}$.

Стенд для проведения натурных испытаний СВК состоит из лабораторного автотрансформатора 1 для регулирования производительности вентилятора 2, опытного образца СВК 5, коллектора 4 для подачи холодного воздуха и коллектора 8 для отбора горячего воздуха, контрольно-измерительных приборов для замера интенсивности солнечной радиации, температуры и расхода воздуха через СВК, а также перепада давления (рис.8). Внешний вид стенда для проведения натурных испытаний СВК с установленными контрольно-измерительными приборами показан на рис.9.

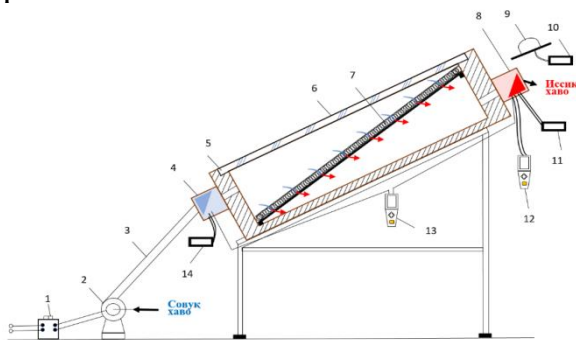


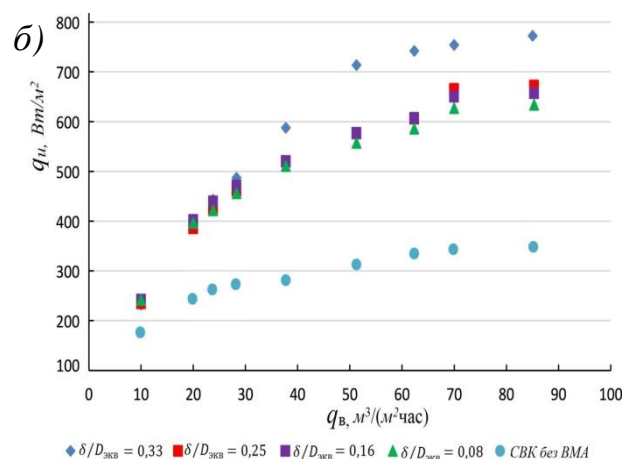
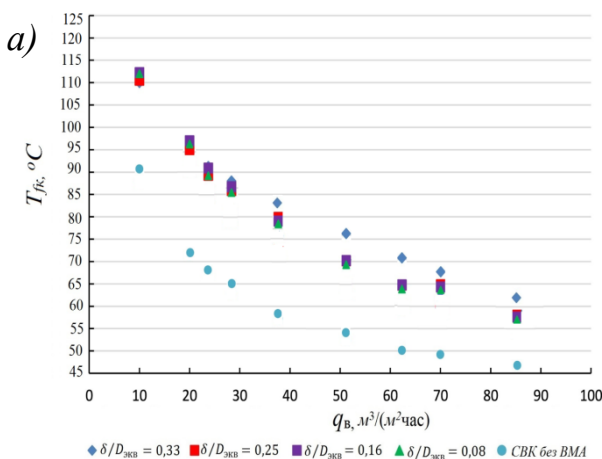
Рис.8 Стенд для испытаний СКВ



Рис.9 Внешний вид стенда

При проведении экспериментальных исследований удельный объемный расход воздуха q_v изменялся в диапазоне от 10 до $86 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$, т.е. перекрывал диапазон рекомендуемый по проектированию воздушных систем солнечного теплоснабжения, который равен $5 \div 20 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, что в пересчёте составляет $18 \div 72 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$.

На основе проведенных испытаний были построены графики зависимости температуры воздуха на выходе из СВК T_{fk} , (рис.10, а), теплопроизводительности q_u (рис.10, б), КПД η (рис.10, в), потерь давления ΔP (рис.10, г) и потребления мощности вентилятором $P_{всн}$ (рис.10, д) на прокачку воздуха через СКВ от удельного объемного расхода воздуха q_v при отсутствие ВМА и при наличии ВМА из МПП с различной относительной толщиной абсорбера $\delta/D_{ЭКВ} = 0,33; 0,25; 0,16; 0,08$ и 0.



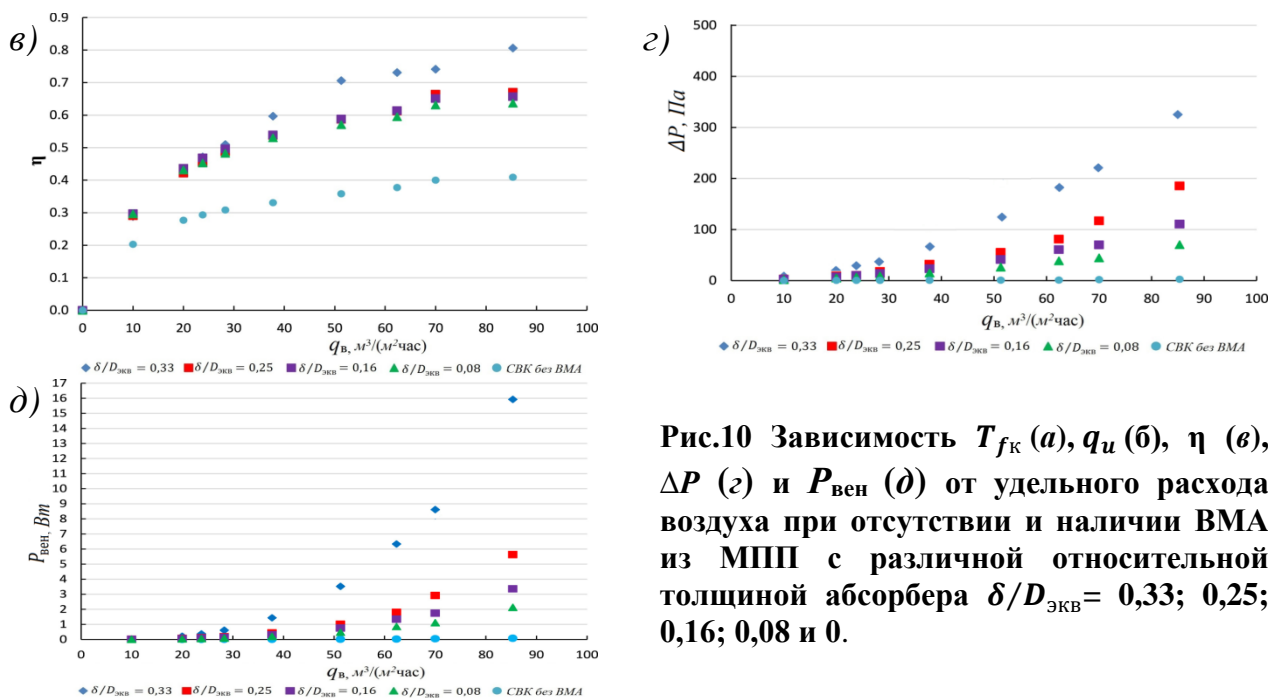


Рис.10 Зависимость T_{fk} (а), q_u (б), η (в), ΔP (г) и $P_{\text{вент}}$ (д) от удельного расхода воздуха при отсутствии и наличии ВМА из МПП с различной относительной толщиной абсорбера $\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0,33; 0,25; 0,16; 0,08$ и 0.

По сравнению с гладким СВК, в котором отсутствует ВМА, установка ВМА из МПП в СВК увеличивает площадь теплообмена внутри коллектора. Поэтому наблюдается повышение температуры воздуха T_{fk} на выходе из СВК при наличии ВМА из МПП (рис.10, а).

При малых удельных расходах воздуха до $30 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{час})$, влияние относительной толщины абсорбера $\delta/D_{\text{ЭКВ}}$ на повышение температуры воздуха T_{fk} на выходе из СВК является незначительным. При высоких удельных расходах воздуха более $30 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{час})$, с увеличением относительной толщины абсорбера $\delta/D_{\text{ЭКВ}}$ температура на выходе коллектора увеличивается. Максимальная температура на выходе СВК достигается при $\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0,33$. При $\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0,33$ увеличение температуры на выходе коллектора по сравнению с коллектором, в котором отсутствует ВМА ($\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0$), составляет в среднем от 16 до 25 °C (рис.10, а).

При $\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0,33$ увеличение удельной теплопроизводительности коллектора по сравнению с коллектором, в котором отсутствует ВМА ($\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0$), составляет в среднем от 40 до 127% (рис.10, б).

При $\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0,33$ увеличение коэффициента полезного действия СВК по сравнению с коллектором, в котором отсутствует ВМА ($\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0$), составляет в среднем от 10 до 39% (рис.10, в), соответственно при малых и больших удельных расходах воздуха через СВК.

Падение давления в СВК зависит от объемного расхода воздуха (рис.10, г). Из рисунка видно также влияние толщины слоя абсорбера из МПП: перепад давления пропорционален относительной толщине слоя абсорбера $\delta/D_{\text{ЭКВ}}$ (рис.10, г). Следовательно, увеличивается мощность для прокачки воздуха через СВК. Для коллектора с гладким каналом без установки ВМА ($\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0$) потребляемая мощность вентилятора достигает 0,08 Вт, что очень мало по сравнению с мощностью, необходимой для

прокачки воздуха в коллекторе с установленной ВМА с относительной толщиной слоя $\delta/D_{\text{ЭКВ}}=0,36$, которая равна 16 Вт (рис.10, д).

На рисунке 11 приведены результаты экспериментов по определению влияния относительного диаметра проволоки металлической путанки $d/D_{\text{ЭКВ}}$ на характеристики СВК, которые были проведены при толщине $\delta/D_{\text{ЭКВ}}=0,36$.

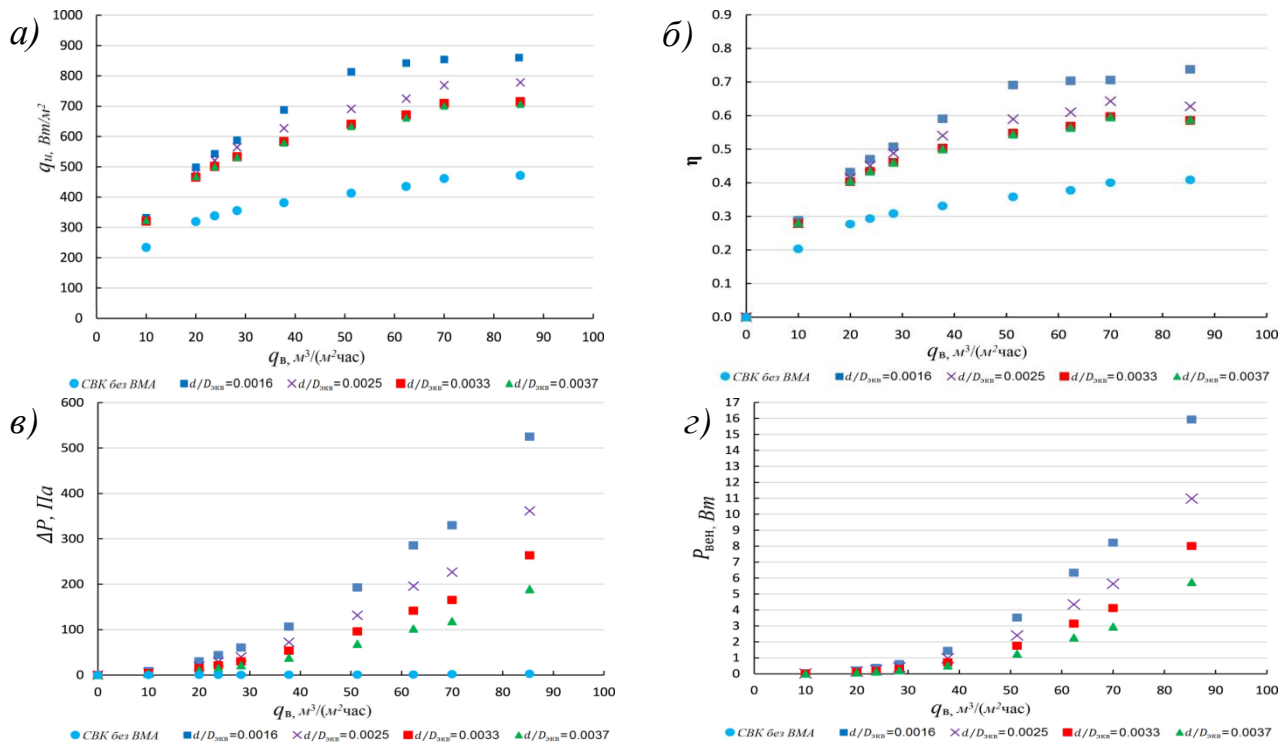


Рис.11 Зависимость q_u (а), η (б), ΔP (в) и $P_{\text{вент}}$ (г) от удельного расхода воздуха при отсутствии и наличии ВМА из МПП при относительной толщине абсорбера $\delta/D_{\text{ЭКВ}}=0,33$.

Как видно из рисунка 11, а, выигрыш в энергии увеличивается с увеличением расхода воздуха и с уменьшением относительного диаметра проволоки $d/D_{\text{ЭКВ}}$.

Аналогичным образом происходит изменение коэффициента полезного действия η СВК при отсутствии и наличии ВМА из МПП с различным относительным диаметром проволоки $d/D_{\text{ЭКВ}}$, что представлено на рисунке 11, б.

Уменьшение относительного диаметра проволоки $d/D_{\text{ЭКВ}}$ при одинаковой набивной массе металлической проволоки в слое заставляет воздушный поток проходить по более мелким и многочисленным каналам, что создает больше турбулентности и вихрей; следовательно, скорость теплопередачи в СВК увеличивается.

Это сказывается и на перепаде давления ΔP на СВК. Из рисунка 11, в видно, что перепад давления значительно увеличивается с уменьшением относительного диаметра проволоки $d/D_{\text{ЭКВ}}$.

На рисунке 11, г приведено сравнение потребляемой мощности вентилятора для различных исследованных относительных диаметров проволоки $d/D_{\text{ЭКВ}}$. Мощность вентилятора достигает 16 Вт для коллектора с

относительным диаметром проволоки $d/D_{\text{ЭКВ}} = 0,0016$ при максимальном удельном объемном расходе воздуха $86 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$, что является самым высоким значением, в то время как для $d/D_{\text{ЭКВ}} = 0,0037$ потребляемая мощность вентилятора составляет 6 Вт.

В результате окончательной обработки экспериментальных данных СКВ с ВМА из МПП установлена следующая критериальная зависимость для определения коэффициента теплопередачи:

$$\overline{Nu}_ж = 1,524 Re_{ж}^{0,34} Pe_{ж}^{0,34} (\delta/D_{\text{ЭКВ}})^{0,09} (d/D_{\text{ЭКВ}})^{0,15} \quad (17)$$

Уравнение (17) получено для СВК, имеющих ВМА из МПП с относительной толщиной слоя абсорбера $\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0,08 \div 0,33$ и относительным диаметром проволоки $d/D_{\text{ЭКВ}} = 0,0016 \div 0,0037$, и справедливы при $Re = (0,3 \div 4,0) \cdot 10^3$.

Среднее отклонение опытных данных от расчетных, вычисленных по уравнению (17), не превышает 4,5% при максимальном отклонении - 8,2%.

Для расчёта коэффициента сопротивления СКВ с ВМА из МПП установлена следующая критериальная зависимость:

$$\zeta = 1,524 Re_{ж}^{0,34} (\delta/D_{\text{ЭКВ}})^{0,09} (d/D_{\text{ЭКВ}})^{0,15} \quad (18)$$

Уравнение (18) получено для СВК, имеющих ВМА из МПП с относительной толщиной слоя абсорбера $\delta/D_{\text{ЭКВ}} = 0,08 \div 0,33$ и с относительным диаметром проволоки $d/D_{\text{ЭКВ}} = 0,0016 \div 0,0037$, и справедливы при $Re = (0,3 \div 4,0) \cdot 10^3$.

Среднее отклонение опытных данных от расчетных, вычисленных по уравнению (18), не превышает 4,7% при максимальном отклонении - 8,1%.

Полученные результаты по разработке и обоснованию основных теплотехнических и аэродинамических параметров солнечного воздухонагревательного коллектора с воздухопроницаемым матричным абсорбером из металлической проволоочной путанки внедрены в практику на АО «Ферганаазот» и проведены опытно-исследовательские работы установки «Солнечного воздухонагревательного коллектора с абсорбером из металлической проволоочной путанки» в качестве дополнительного теплогенерирующего устройства административно-бытовых помещений, в частности на посту ВОХР АО «Farg'onaazot» (Справка акционерного общества «O`zkiyosanoat» от 28 августа 2020 года № 16-3386). В результате потребляемое от тепловой сети тепло на отопление в помещениях снизилось на 17 %, а годовой экономический эффект составил около 54 315 000 сум (Справка акционерного общества «Farg'onaazot» от 26 февраля 2020 года № 26/75).

получен патент на полезную модель Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на разработанную конструкцию СВК с ВМА из МПП (2021 г. «Солнечный воздухонагреватель» № FAP 01590).

Выполненные технико-экономические расчёты показали, что для жилого сельского дома на две семьи из 10 человек при использовании СВК с ВМА из МПП экономический эффект составляет 2880435 сум/год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе разработки и обоснования основных теплотехнических и аэродинамических параметров солнечного воздухонагревательного коллектора с абсорбером из металлической проволочной путанки сделаны следующие выводы:

1. Разработана новая конструкция СВК с ВМА из МПП, которая при малых диаметрах проволоки позволяет увеличить более, чем на порядок контактную поверхность между теплоносителем и абсорбером, уменьшить потери отраженной солнечной радиации от лучепоглощающей поверхности за счет многократного переотражения внутри металлической проволочной путанки и обеспечить интенсификацию процесса теплообмена путем увеличения турбулизации воздушного потока при многократном изменении направления движения воздуха внутри самой путанки.

2. Предложена тепловая схема процесса теплообмена в СВК с ВМА из МПП, учитывающая геометрические, теплофизические и режимные параметры воздухопроницаемого матричного абсорбера.

3. Разработана физико-математическая модель процесса теплообмена в ВМА из МПП. Получены аналитические решения дифференциальных уравнений описывающих процесс теплообмена в ВМА.

4. Разработана упрощенная методика определения коэффициента эффективности для СВК с ВМА из МПП. Получены формулы для расчёта коэффициента эффективности коллектора с ВМА из МПП.

5. Разработана физико-математическая модель процесса раздача воздуха коротким горизонтальным воздухораспределителем постоянного сечения с гладкими стенками и с продольной щелью постоянной ширины. Получены простые аналитические решения математической модели удобные для практических расчётов, которые полностью подтверждаются опытными данными при коэффициенте расхода щели μ , равном 0,62.

6. Разработана физико-математическая модель процесса отбора воздуха коротким горизонтальным воздухозаборным коллектором постоянного сечения с гладкими стенками и с продольной щелью постоянной ширины. Получены простые аналитические решения математической модели удобные для практических расчётов, которые уточняют формулы проф.В.Н.Талиева при коэффициенте расхода щели μ , равном 1,0 и позволяют производить расчёты без введения поправочного коэффициента 2,34 для устранения расхождения с опытными данными.

7. Использование ВМА из МПП при относительной толщине абсорбера равном $\delta/D_{\text{экв}} = 0,33$ обеспечивает увеличение температуры воздуха на выходе коллектора в среднем от 16 до 25 °С в зависимости от удельного расхода воздуха. При этом увеличение коэффициента полезного действия СВК по сравнению с коллектором, в котором отсутствует ВМА ($\delta/D_{\text{экв}} = 0$), составляет в среднем от 10 до 39% .

8. Получены критериальные зависимости для определения коэффициента теплопередачи и коэффициента сопротивления СВК с ВМА из МПП.

**SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL DSc.26/30.12.2019.T.11.01 AT
TASHKENT ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION INSTITUTE
ON GRADUATION OF DOCTOR OF SCIENCE**

TASHKENT INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

ORZIMATOV JAHONGIR TAJALIEVICH

SOLAR AIR COLLECTOR WITH METAL WIRE FIBER ABSORBER

05.09.03 – Heat supply. Ventilation, air conditioning. Gas supply and lighting

**DISSERTATION ABSTRACT
of the doctoral of philophy (PhD) on technical sciences**

Tashkent – 2022

The theme of the dissertation for the degree of doctor of philosophy is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan B2020.3.PhD/T1260.

The dissertation was conducted at the Tashkent Institute of Architecture and Construction. The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, russian, English (resume)) is pages are at (www.taqi.uz) and information and educational portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific advisor **Rashidov Yusuf Karimovich,**
Doctor of Technical Sciences, professor

Official opponents: **Klichev Shavkat Isakovich,**
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

Kasimov Fakhridin Shadmankulovich,
Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD)

Leading organization: **Namangan Institute of Civil Engineering**

Defensing of the dissertation will take place on "18" 01 2022 at at the Scientific Council numbered dsc. 26/30.12.2019.T.11.01 in the meeting including Tashkent Architecture and Construction Institute as the following address: 100011, Tashkent Abdulla Kadiri Street, 7 B. Phone (99871) 241-10-84, Fax: (99871) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz.

The dissertation is registered in Information-Resource Center at Tashkent Institute of Architecture and Construction (registration number №). The text of the dissertation is available at the Information Research Center at the following address: 100084, Tashkent, Kichik Xalqa yuli Street, 7. Phone: (+99871) 235-43-30, Fax: (99871) 234-15-11, e-taqi_atm@edu.uz.

The abstract of the dissertation was circulated on " 08 " 01 2022
(mailing report № 1 on " 06 " 01 2022)



Kh.A. Akramov
Deputy of the chairman of the Scientific Council for the award the degree of Doctor of Science, Doctor of technical Sciences, Professor

A.T. Khotamov
Scientific Secretary of the Scientific Council for the award doctoral degree, Doctor of technical sciences, Docent

Z.S. Iskandarov
Chairman of scientific seminar at the attachment to the Scientific Council for the award the degree of Doctor of technical Science, Doctor of technical Science, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the study is to development of solar air collector with metal wire fiber air permeable matrix absorber, substantiation of their basic thermal - technical and aerodynamic parameters.

The tasks of the research:

an analysis of existing ways to increase the efficiency of solar air collector designs;

a study of the structure, thermal and aerodynamic properties of the metal-wire fiber air-permeable matrix absorber in order to increase the efficiency of the solar air heater collector;

a development of the design of solar air heaters with a metal wire fiber air permeable matrix absorber, which allows to increase the contact surface with the heat transfer medium and the absorber;

an experimental study of the thermal efficiency of solar air heater collectors with metal wire fiber air permeable matrix absorber.

The object of study is solar wire heater collectors with metal wire fiber air permeable matrix absorber.

Scientific novelty of the research work is as following stages:

a physical-mathematical model of the heat transfer process in an air-permeable matrix absorber made of metal wire fiber, taking into account the porosity, thickness, thermal conductivity of the absorber, the specific mass consumption of air and its heat capacity;

to calculate the average temperature of the air-permeable matrix absorber made of metal wire, the analytical solutions of the differential equations of the physical-mathematical model in the boundary conditions of the first and second types are expressed and developed;

a new design has been developed at the utility model level of a solar air heater collector with an air-permeable matrix absorber made of metal wire fiber, which allows to significantly increase the contact surface between the heat carrier and the absorber;

empirical formulas were obtained to determine the value of the heat transfer coefficient of the air-permeable matrix absorber made of metal wire fiber of the solar air heater collector and its aerodynamic resistance.

The structure and volume of the thesis. The structure of the dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusion, a list of used literature and applications. The volume of the thesis is 147 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть, I part)

1. Патент № FAP 01590. Солнечный воздухонагреватель/ Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т., Рашидов К.Ю.// Бюл. 2021, №3 (239). – с. 134-135.
2. Аббасов Ё.С., Орзиматов Ж.Т. Пути повышения эффективности солнечных воздушных коллеторов // Фарғона политехника институти илмий- техника журнали. ФарПИ, 2018, Том 22. №3 с.162-164.(05.00.00; №20).
3. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т., Исмаилов М.М. Оптимизация режимных параметров плоских солнечных коллекторов в системах солнечного горячего водоснабжения// Фарғона политехника институти илмий- техника журнали. ФерПИ, 2018, спец. вып.1, с.108-112 (05.00.00; №20).
4. Rashidov Yu.K., Rashidov K.Yu., Mukhin I.I., Sur'atov Kh.T., Orzimatov J. T., Karshiev Sh. Sh. Main Reserves for Increasing the Efficiency of Solar Thermal Energy in Heat Supply Systems (Review)// Applied Solar Energy. – USA. 2019. – Vol.55, №2. – pp. 91-100 (05.00.00; №4).
5. Rashidov Yu.K., Orzimatov J.T., Rashidov K.Yu., Fayziev Z. X. The Method of Hydraulic Calculation of a Heat Exchange Panel of a Solar Water-Heating Collector of a Tube–Tube Type with a Given Nonuniform Distribution of Fluid Flow Along Lifting Pipes// Applied Solar Energy. – USA. 2020. – Vol.56, №1. – pp. 219-222 (05.00.00; №4).
6. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т. Переработанные КМК “Установки солнечного горячего водоснабжения” //Архитектура. Қурилиш. Дизайн. ТАҚИ, 2019, №4, 216-218 (05.00.00; №4).
7. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т. Солнечный воздушный коллектор с рекуперацией тепла, отбираемого от PV-модулей для теплоснабжения зданий // Архитектура. Қурилиш. Дизайн. ТАҚИ, 2019, №2, с. 222-223. (05.00.00; №4).
8. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т. Воздушные солнечные коллеторы // Архитектура. Қурилиш. Дизайн. ТАҚИ, 2019, №3, с.162-166. (05.00.00; №4).
9. Рашидов Ю.К., Рашидов К.Ю., Мухин И.И., Суръатов Х.Т., Орзиматов Ж.Т., Каршиев Ш.Ш. Основные резервы повышения эффективности использования солнечной тепловой энергии в системах теплоснабжения // Международный научный журнал Гелиотехника.- Ташкент, 2019, Том 55, №1, с.19-36. (05.00.00; №1).
10. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т., Рашидов К.Ю., Файзиев З.Ф. Метод гидравлического расчёта теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной неравномерностью распределения паточка жидкости по подъёмным

трубам // Международный научный журнал Гелиотехника.- Ташкент, 2019, Том 55, №5, с.420-427. (05.00.00; №1).

II бўлим (II часть, part II)

11. Рашидов Ю.К., Рашидов К.Ю., Орзиматов Ж.Т., Исмаилов М.М. Разработка и расчёт энергоэкономичных самодренируемых гелиоустановок с активным элементом // “Муҳандислик коммуникация тизимларида янги технологиялар” мавзусидаги Республика илмий-техник анжумани илмий мақолалар тўплами, (1-2 май 2018 й.) ТАҚИ, Тошкент-2018, 3-6 бет.
12. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т., Каршиев Ш.Ш., Хайруллаев Р. “Сравнительная оценка эффективности систем солнечного горячего водоснабжения с однократным и многократным нагревом воды в плоских солнечных коллекторах” // “Муҳандислик коммуникация тизимларида янги технологиялар” мавзусидаги Республика илмий-техник анжумани илмий мақолалар тўплами (1-2 май 2018 й.), ТАҚИ, Тошкент- 2018, 44-48 бет.
13. Рашидов Ю.К., Рашидов К.Ю., Каршиев Ш.Ш., Орзиматов Ж.Т. Самодренируемые гелиоустановки: опыт разработки и применения // Сборник материалов международной научно-практической конференции “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях” 24-25 мая, 3 – том. Фергана: ФерПИ, 2019.- С. 53-56.
14. Рашидов Ю.К., Исмаилов М.М., Орзиматов Ж.Т., Рашидов К.Ю., Каршиев Ш.Ш. Повышение эффективности плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения путём оптимизации // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность–2019: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, 23-26 сентября 2019 г. – Севастополь: СевГУ, 2019. – с.1366-1371.
15. Рашидов Ю.К., Каршиев Ш.Ш., Рашидов К.Ю., Орзиматов Ж.Т. Самодренируемые гелиоустановки: особенности защиты от гидравлических при пуске и остановке циркуляционных насосов // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, 23–26 сентября 2019 г. – Севастополь: СевГУ, 2019. – с.1383-1386.
16. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т., Рашидов К.Ю., Файзиев З.Ф. Метод гидравлического расчёта теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной неравномерностью распределения потока жидкости в условиях принудительной циркуляции // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019: Сборник статей по материалам

- международной научно-практической конференции, 23-26 сентября 2019 г. – Севастополь: СевГУ, 2019.– с.1391-1395.
17. Рашидов Ю.К., Рашидов К.Ю., Орзиматов Ж.Т., Исмаилов М.М. Повышение эффективности систем солнечного теплоснабжения с плоскими коллекторами // Сборник материалов международной научно-практической конференции “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях” 24-25 мая, 3 – том. Фергана: ФерПИ, 2019.- С.126-129.
 18. Рашидов Ю.К., Каршиев Ш.Ш., Орзиматов Ж.Т., Жураев О.А. Особенности режимов работы самодренлируемой гелиоустановки с саморегулируемым активным элементом// **Актуальные** проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 22-27 апреля 2019. - С.369-370.
 19. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т., Каршиев Ш.Ш., Жураев О.А. Солнечный воздушный коллектор с отбором тепла от фотоэлектрического модуля для круглогодичного теплоснабжения зданий // **Актуальные** проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 22-27 апреля 2019. - С.394-396.
 20. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т., Исмаилов М.М. “Воздушные солнечные коллекторы: перспективы применения в условиях Узбекистана” // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции (23-26 сентября 2019 г.) – Севастополь: СевГУ, 2019. – с.1388-1390.
 21. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т., Рашидов К.Ю., Файзиев З.Ф. “Метод гидравлического расчёта теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной неравномерностью распределения потока жидкости в условиях принудительной циркуляции”// Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции (23-26 сентября 2019 г.) – Севастополь: СевГУ, 2019. – с.1391-1395.
 22. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т. К вопросу выбора типа солнечного коллектора для систем отопления в условиях Узбекистана //“Мухандислик коммуникацияларини лойиҳалаш, куриш ва фойдаланишда инновацион технологиялар” мавзусидаги Республика илмий ва амалий-техник анжумани материаллари (2019 йил 29-30 март).- Фарғона: ФарПИ, 2019 б.36-38.
 23. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т. Комбинированный солнечный воздушный коллектор с отбором тепла от фотоэлектрических модулей

- для теплоснабжения зданий//“Муҳандислик коммуникацияларини лойихалаш, куриш ва фойдаланишда инновацион технологиялар” мавзусидаги Республика илмий ва амалий-техник анжумани материаллари (2019 йил 29-30 март).- Фарғона: ФарПИ, 2019 б.39-40.
24. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т. К расчету аэродинамических характеристик солнечного воздухонагревательного коллектора с абсорбером из металлической проволочной путанки // Муқобил энергия манбаларидан фойдаланишнинг жорий ҳолати ва истиқболлари” Республика илмий-амалий анжумани материаллар тўплами. Ўзбекистон. Наманган-2020.- с.440-441.
25. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т. К расчету теплотехнических характеристик солнечного воздухонагревательного коллектора с абсорбером из металлической проволочной путанки //“Иқтидорли талабалар, магистрантлар, докторантлар ва мустақил изланувчилар” Республика илмий-амалий анжумани материаллар тўплами. Ўзбекистон. Фарғона- 2020. -с.405-408.
26. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т. Определение теплотехнических характеристик солнечного воздухонагревательного коллектора с абсорбером из металлической проволочной путанки// Материалы международной научно-практической конференция на тему “Проблемы и решения внедрения инновационных технологий в сфере инженерных коммуникаций”. ч. II. Самарканд – 2020. – с. 37-40.
27. Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т. Солнечный воздухонагреватель с воздухопроницаемым матричным абсорбером// «Замонавий бино – иншоотларни ва уларнинг конструкцияларини лойихалаш, барпо этиш, реконструкция ва модернизация қилишнинг долзарб муаммолари» мавзудаги республика онлайн илмий–амалий конференция материаллари тўплами. Фарғона – 2021. - 332-337 б.
- 28.Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т. Разработка солнечного воздухонагревателя с матричным абсорбером// “Энергетика соҳасини ривожлантиришда муқобил энергия манбаларининг роли” халқаро миқёсидаги илмий-амалий конференция тўплами 24 апрель 2021 г. – Наманган: НамМҚИ, 2021. – 237-241 б.

Автореферат “Архитектура. Курилиш. Дизайн” илмий-амалий журнал
таҳририятдан ўтказилди ва матнлар мослиги текширилди
(23.12.2021 й.)

Босишга рухсат этилди: 04.01.2022 йил.
Бичими 60x84 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи: 3,1. Адади 100. Буюртма № 1.
Тел (99) 832 99 79; (97) 815 44 54.
Гувоҳнома reestr № 10-3279
“IMPRESS MEDIA” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.
100031, Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй