

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА «ИЛМИЙ-
ТЕХНИКА МАРКАЗИ» МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН ЖАМИЯТ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**«ИЛМИЙ-ТЕХНИКА МАРКАЗИ»
МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН ЖАМИЯТИ**

УСМОНОВ НИЗОМЖОН ОРИФОВИЧ

**ҲАВОНИ МЎЪТАДИЛЛАШ ТИЗИМЛАРИДА ТАБИИЙ СОВУҚЛИК
МАНБАЛАРИНИНГ ИМКОНИАТЛАРИ**

05.05.04 – Саноат иссиқлик энергетикаси

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

Тошкент – 2019

**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**

Усмонов Низомжон Орифович

Ҳавони мўътадиллаш тизимларида табиий совуқлик манбаларининг
имкониятлари 3

Усмонов Низомжон Орифович

Потенциал естественных источников холода в системах
кондиционирования воздуха 23

Usmonov Nizomjon Orifovich

Possibilities of using natural sources of cold in air conditioning systems 43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 47

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА «ИЛМИЙ-
ТЕХНИКА МАРКАЗИ» МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН ЖАМИЯТ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**«ИЛМИЙ-ТЕХНИКА МАРКАЗИ»
МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН ЖАМИЯТИ**

УСМОНОВ НИЗОМЖОН ОРИФОВИЧ

**ҲАВОНИ МЎЪТАДИЛЛАШ ТИЗИМЛАРИДА ТАБИИЙ СОВУҚЛИК
МАНБАЛАРИНИНГ ИМКОНИАТЛАРИ**

05.05.04 – Саноат иссиқлик энергетикаси

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

Тошкент – 2019

Техника фанлар бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.2.PhD/Т367 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация «Ўзбекэнерго» АЖ «Илмий-техника маркази» масъулияти чекланган жамиятда бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

**Исаходжаев Хайрулла
Суннатуллаевич**
техника фанлари бўйича PhD

Расмий оппонентлар:

Цоколаев Игорь Борисович
техника фанлари доктори, профессор

Искандаров Зафар Самандарович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

«Иссиқликэлектрлойиха» АЖ

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва «Илмий-техника маркази» МЧЖ ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.03.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «__» _____ соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўча, 2-уй. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32 e-mail: tstu_info@tdtu.uz)

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (__ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.: (99871) 227-03-41.)

Диссертация автореферати 2019 йил «__» _____ куни тарқатилди.
(2019 йил «__» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

Қ.Р. Аллаев

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

Н.Б. Пирматов

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

Р.П. Бабаходжаев

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда ишлаб чиқариш ва ҳавони мўътадиллаш тизимлари айланма сувини совитиш, ҳамда технологик қурилмаларни ва бино-иншоотларда ҳавони мўътадиллаш (совитиш, иситиш, шамоллатиш ва намлантириш) учун буғлатиб совитиш қурилмасидан фойдаланиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу жиҳатдан, ривожланган мамлакатларда замонавий технологияларни қўллаш орқали «саноат корхоналарида кенг қўлланиладиган буғлатиб совитиш қурилмалари ёрдамида электр энергия сарфини 70% гача камайтиришга эришилган»¹. Шу билан бирга, жаҳонда барча илмий ва муҳандислик фаолияти табиий ва энергетик захиралардан оқилона фойдаланиш йўлини излашга ва инсон ҳаёт фаолиятини таъминлайдиган экологик самарали қурилмаларни яратишга қаратилган. Бу борада, жумладан жаҳон амалиётида ҳавони мўътадиллаш тизимларини энергия самарадорлигини ошириш учун табиий совуқлик манбаларидан фойдаланишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда, ҳавони мўътадиллаш тизимларида айланма сувларни совитиш ва табиий совуқлик манбаларидан фойдаланиш усуллари, буғлатиб совитиш усулига таъсир этувчи омилларни аниқлаш ва моделлаштириш, икки босқичли буғлатиб совитиш қурилмаларини такомиллаштириш ва ишончилигини ошириш, шунингдек, ҳавони мўътадиллаш тизимларида энергия истеъмолини камайтирадиган замонавий технологияларни ишлаб чиқиш масалаларига қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу соҳада, жумладан, турар-жой ва жамоат биноларида ҳавони мўътадиллаш тизимлари учун совуқликни асосий манбаи сифатида буғ компрессорли совитиш машиналари қўлланилади, бироқ булар бир қатор камчиликларга эга. Шу сабабли ҳавони мўътадиллаш тизимларида совуқликни табиий манбаларидан фойдаланиш масаласи долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Республикамизда иқтисодиётнинг муҳим тармоғи бўлган энергетика соҳасини ривожлантириш соҳанинг технологик даражасини янгилаш, жумладан бино ва иншоотларда ҳавони мўътадиллаш тизимларида конструктив ва иш режим кўрсаткичларини моделлаштириш, қурилманинг геометрик ўлчамларини ва унга сарфланадиган захираларни, энергия истеъмолини камайтириш ишлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... яқин келажакда устувор вазифа сифатида иқтисодиётнинг энергия ва ресурс сиғимларини қисқартириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий қилиш қайта тикланувчан энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш ...»² вазифалари белгиланган. Мазкур вазифани амалга ошириш, жумладан ҳавони мўътадиллаш тизимларини (совитиш, иситиш, шамоллатиш ва намлантириш)

¹ <https://www.munters.com/ru/areas-of-expertize/evaporative-cooling/>

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947 сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

табiiй совуқлик манбаларидан фойдаланиб такомиллаштириш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2015 йил 5 майдаги ПҚ-2343-сон «2015-2019 йилларда иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия сарфи ҳажмини қисқартириш, энергияни тежайдиган технологияларни жорий этиш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги 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 дастури тўғрисида» ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилиш даражаси. Ҳавони мўътадиллаш тизимларида содир бўладиган иссиқлик ва масса алмашинуви жараёнлари режимини ҳисоблаш, ҳавони мўътадиллаш тизимлари бўйича йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Sakarya University (Туркия), Stuttgart University, Dresden University of Technology (Германия), Polytechnic University of Milan (Италия), Волгоград давлат архитектура қурилиш университети, Новосибирск давлат техника университети, Миллий тадқиқот университети «МЭИ» (Россия), Тошкент архитектура қурилиш институти, Тошкент давлат техника университети, «Илмий-техника маркази» МЧЖ (Ўзбекистон) кенг камровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Бино ва иншоотларда ҳавони мўътадиллаш, ҳамда иссиқлик ва масса алмашинуви жараёнларини илмий асосларини ечишга қаратилган назарий ва илмий муаммоларни ҳал қилишда машҳур олимлар Кокорин О.Я., Нестеренко А.В., Пономаренко В.С., Берман Л.Д., Гоголин А.А., Ладыженский Р.М., Карпис Е.Е., Михеев М.А., Эккерт Э.Р., Баркалов Б.В., Богословский В.Н., Мигай В.К., Назаренко В.С., Грановский В.Л., Поз М.Я., Пеклов А.А., Степанова Т.А., Соколик А.Н., Холмберг Р.Б., Sparrow Е.М., Besant R.W., Watt J.R., Hess A.J., Bacon R.A., ва бошқа олимлар катта ҳисса қўшишган. Республикамизда ҳавони мўътадиллаш тизимларида иссиқлик ва масса алмашинуви жараёнларини жадаллаштириш, ҳамда уларнинг самарадорлигини ошириш борасида қуйидаги ўзбек олимлари Захидов Р.А., Аvezов Р.Р., Мухиддинов Д.Н., Бабаходжаев Р.П., Рашидов Ю.К., Исманхужаева М.Р., Исаходжаев Х.С. ва бошқа олимлар томонидан илмий изланишлар олиб борилган ва олиб боришмоқда. Аммо бу тадқиқотлар натижалари асосида икки босқичли буғлатиб совитиш тамойилида ишлайдиган ҳавони мўътадиллаш тизимларида табiiй совуқлик

манбаларидан фойдаланиш имкониятлари етарли даражада ўрганилмаган. Мазкур ишда, содир бўлувчи иссиқлик ва гидродинамик жараёнларини таҳлил қилиш ва ҳавони мўътадиллаштириш тизими учун қурилманинг оқилона технологик ва геометрик кўрсаткичларини танлаш, совитилган сув ва ҳаво кўрсаткичларини аниқлаш учун математик модел ишлаб чиқиш ва уларни такомиллаштириш масалалари атрофлича кўриб чиқиш ва тадқиқ қилиш муҳим аҳамиятга эга масалалардан бири ҳисобланади.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти “Илмий–техника маркази” масъулияти чекланган жамияти илмий тадқиқот режасининг №АЗ-ФА-0-15754 “Ишлаб чиқариш объектларини иссиқлик - совуқлик таъминоти тизимлари учун янги услубларни ва ечимларини ишлаб чиқиш” (2013-2016) лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ҳавони мўътадиллаш тизимларининг энергия самарадорлигини ошириш учун табиий совуқлик манбаларидан фойдаланиш имкониятларини ўрганишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

буғлатиб совитиш аппарати гидродинамикасини аниқлаш учун тажриба қурилмасини яратиш ва табиий совуқлик манбаларидан фойдаланишнинг имкониятларини ўрганиш;

буғлатиш камерасида ҳаво совутиш жараёнини назарий таҳлил қилиш ва математик моделини ишлаб чиқиш;

буғлатиб совитиш қурилмасидан чиқувчи сув ва ҳаво ҳароратларини ҳисоблаш учун алгоритм ва дастур ишлаб чиқиш;

буғлатиб совитиш қурилмаси ва айланувчи регенератив иссиқлик утилизатори насадкаларининг геометрик кўрсаткичларини танлаш;

ҳавони мўътадиллаш тизимларида айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторларини қўллашни таҳлил қилиш, ҳамда иссиқлик утилизаторидан чиқаётган нам ҳаво кўрсаткичларини аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида буғлатиб совитиш қурилмаларидан фойдаланишга асосланган ҳавони мўътадиллаш тизимлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети ҳавони мўътадиллаш тизимларида айланма сувларни буғлатиб совитиш қурилмаларининг энергетик ва иссиқлик техникавий кўрсаткичлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида ҳавони мўътадиллаш тизимларида иссиқлик ва масса алмашинув жараёнларини математик моделлаш, шунингдек олинган натижаларни қайта ишлаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ҳавони мўътадиллаш тизимларида табиий совуқлик манбаларидан фойдаланиб, энергия самарадор схема ишлаб чиқилган;

буғлатиб совитиш қурилмалари иссиқлик ва масса алмашинув жараёнларининг математик модели дифференциал тенгламалар системаси асосида ишлаб чиқилган;

буғлатиб совитиш камерасидан чиқаётган нам ҳавонинг ҳўл термометр бўйича ҳарорати суғориш коэффициентига мос равишда ўзгариши аниқланган;

буғлатгич ва айланувчи регенератив иссиқлик утилизатордан чиқувчи нам ҳаво кўрсаткичларини аниқлаш учун аппроксимацион ифодалар ишлаб чиқилган;

иссиқлик ва масса алмашинуви жараёнида фойдаланишга мўлжалланган насадкаларнинг геометрик кўрсаткичлари математик модель асосида оқилона танланган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

ҳавони мўътадиллаш тизимларида ҳавони икки босқичли совитиш қурилмасининг иссиқлигини ҳисоблаш математик модели ишлаб чиқилган;

ҳавони мўътадиллаш тизимларининг энергия самарадорлигини ошириш учун айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторидан фойдаланиб, ҳавони мўътадиллаш тизимининг ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган;

айланувчи регенератив иссиқлик утилизатори насадкасининг геометрик кўрсаткичларини танлаш бўйича кўрсатмалар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги илмий иш натижалари, яъни буғлатиб совитиш камерасида иссиқлик ва масса алмашинувини мураккаб формулаларидан фойдаланиб, жараёни математикасини ўрганиб, тажрибаларни режалаштириб, сонли натижалар билан тажриба натижаларидан олинган қийматлар мос келиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти икки босқичли ҳаво ва сувни буғлатиб совитиш қурилмасида ҳаво ва сувни берилган ҳароратгача совитиш, ҳамда жараёни иссиқлик ва масса алмашинувини моделлаштириш, ҳамда айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторини оқилона геометрик кўрсаткичларини аниқлаш билан изоҳланади.

Ишлаб чиқилган иқтисодий самарадор услуб ва қурилма бино-иншоотларда ҳавони иссиқлик ва намлик билан ишлов беришда жорий қилинган. Олинган натижаларнинг амалий аҳамияти кичик қувватли энергия тежамкор айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторини қўллаш орқали икки босқичли совитиш қурилмаси яратилган. Ишлаб чиқилган усул корхона бино-иншоотларда ҳавони мўътадиллаш тизими самарадорлигини ошириш ва айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторни ҳисоблаш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Корхона бино-иншоотларида табиий совуқлик манбаларидан фойдаланиб, икки босқичли буғлатиб совитиш қурилмасини қўллаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторидан фойланиб, икки босқичли буғлатиб совитиш қурилмаси «O'ZBEK IPAGI» уюшмаси тизимидаги корхонага, хусусан «ТЕХТИЛ-ИПАК ИМПЕХ» МЧЖ биноти ҳавони мўътадиллаш тизими учун жорий қилинган («O'ZBEK IPAGI»

уюшмасининг 2019 йил 29 августдаги ФМ-01-21/3533-сон маълумотномаси). Натижада ҳавони мўътадиллаш тизимига сарфланадиган электр энергия сарфини 2,3 марта камайтиришга эришилган;

нам ҳавонинг кўрсаткичларини аниқлаш усули ва алгоритми «О'ЗБЕК IPAGI» уюшмаси тизимидаги корхонага, хусусан «ТЕХТИЛ-ИРАК ИМПЕХ» МЧЖ биноси ҳавони мўътадиллаш тизими учун жорий қилинган («О'ЗБЕК IPAGI» уюшмасининг 2019 йил 29 августдаги ФМ-01-21/3533-сон маълумотномаси). Натижада таклиф этилган алгоритмдан фойдаланиб, ҳавони мўътадиллаш тизимидаги муҳандислик вазифалари ечилган;

буғлатиб совитиш қурилмасида кечадиган иссиқлик ва масса алмашинув жараёнларини моделлаштириш асосида натижаларни қайта ишлаш усули «О'ЗБЕК IPAGI» уюшмаси тизимидаги корхонага, хусусан «ТЕХТИЛ-ИРАК ИМПЕХ» МЧЖ биноси ҳавони мўътадиллаш тизими учун жорий қилинган («О'ЗБЕК IPAGI» уюшмасининг 2019 йил 29 августдаги ФМ-01-21/3533-сон маълумотномаси). Натижада ҳавони мўътадиллаш тизимларини лойиҳалашда янги технологик схема ишлаб чиқилган;

бино-иншоотларда микроиклим шароитини яратишда икки босқичли ҳавони буғлатиб совитиш ҳисоб-график усули «ТЕХТИЛ-ИРАК ИМПЕХ» МЧЖ биносини ҳавони мўътадиллаш тизими учун жорий қилинган («О'ЗБЕК IPAGI» уюшмасининг 2019 йил 29 августдаги ФМ-01-21/3533-сон маълумотномаси). Натижада бино-иншоотларнинг ҳарорати 23-25 °С ва нисбий намлигини 50-60 % бўлишини таъминлашга эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 7 та илмий-амалий анжуманларда, шу жумладан, 4 та халқаро ва 3 та республика анжуманларда апробациядан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 15 та илмий иш, шу жумладан, хорижий журналларда 2 та мақола, республика журналларида 6 та мақола чоп этилган бўлиб, 1 та ЭҲМ дастури учун гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 108 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Ишнинг кириш қисмида ишни долзарблиги ва зарурлиги асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгиликлари ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларининг илмий – амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Ҳавони мўътадиллаш тизимларида табиий совуқлик манбаларидан фойдаланиш бўйича бажарилган илмий ва**

амалий ишлар таҳлили” деб номланган биринчи бобида тадқиқот масалаларининг замонавий ҳолати ва таҳлили асосида тадқиқотлар муаммоси шакллантирилган. Ушбу боб ҳавони мўътадиллаш тизимларида мавжуд буғлатиб совитиш қурилмалари ва табиий совуқлик манбаридан фойдаланиш услубларини таҳлил қилишдан бошланган. Таҳлиллар шуни кўрсатадики, таклиф қилинган икки босқичли буғлатиб совитиш тамойилида ишлайдиган ҳавони мўътадиллаш тизимларида табиий совуқлик манбаларидан фойдаланиш имкониятларининг илмий муаммоси етарли даражада ўрганилмаган. Шу сабабли, табиий совуқлик манбаларини қўллаган ҳолда тизимнинг энергия тежамкорлигини ошириш бўйича тадқиқотлар олиб бориш зарурияти вужудга келган. Буғлатиб совитиш қурилмаларининг гидродинамик ва иссиқлик жараёнларини ўрганиш, ҳамда конструкцияларини такомиллаштириш асосида уларнинг энергия самарадорлигини ошириш ва ҳисоблаш услубларининг етарли даражада ишлаб чиқилмаганлиги ифодаланган.

Диссертациянинг **«Ҳавони буғлатиб совитиш қурилмасини тадқиқ қилиш ва уни натижалари»** деб номланган иккинчи бобида икки босқичли буғлатиб совитиш қурилмасини текширишга бағишланган. Насадкали қатламда иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш учун иссиқлик ташувчиларнинг ҳаракатланиш жараёнлари кўриб чиқилган ва лаборатория шароитида синовдан ўтказиш натижалари берилган.

Таҷриба қурилмасининг асосий элементлари: қурилма ичига ҳавони сув буғларига тўйиниб чиқиши учун Рашиг халқали $25 \times 25 \times 3$ мм ўлчамли насадкалар тартибли жойлаштирилган, қурилманинг баландлиги 1200 мм, диаметри 300 мм ва жараённи кузатиб туриш учун шиша қувурдан ясалган. Ҳаво ҳаракатланишида гидравлик қаршиликни камайтириш учун пастки панжаранинг тирқиши умумий юзанинг 85 % ини, ҳамда насадкалар орасидаги бўшлиқ 60 % ни ташкил этади. Насадкаларни сув билан суғориш учун насадкалар юқорисига сувни сачратиб берувчи мослама (форсунка) ўрнатилган. Камерада ишлатиб бўлинган сув йиғувчи бакка тушади ва циркуляцион насос (БВ 0,12-20) ёрдамида қайтадан сувни сачратиб берувчи (форсунка)га узатилади. Таҷриба қурилмасида кирувчи ва чиқувчи ҳаво кўрсаткичлари, яъни ҳарорат ва нисбий намлик термометр ва психрометрда аниқланади. Ҳаво миқдорини аниқлашда стандарт диафрагма ва сув миқдорини аниқлаш учун эса қувурга ротаметр ўрнатилган. Гидравлик қаршиликни аниқлаш учун эса дифференциал манометрлардан фойдаланилди.

Ҳаво насадка ишчи қатламлари тирқишларидан ўтиб, суғориш камерасида сув билан ўзаро алоқада бўлади. Ҳаво ҳаракати қурилмани пастки қисмидан вентилятор (ВО 12-300-4) ёрдамида амалга оширилади, ҳамда суғориш камерасида сувга нисбатан қарама-қарши ҳаракатда бўлади. Қурилмага жойлаштирилган насадкани ишчи қатлами баландлиги $300 \div 400$ мм ва сув томчини ажратгич қалинлиги эса 200 мм қилиб ясалган. Камерага берилаётган ҳаво тезлиги насадкалар кесими бўйича $0,8 \div 1,2$ м/с. Насадка суғориш қатлами кесими юзасига тушаётган сув тезлиги $2 \div 5$ м/с. Ҳаво

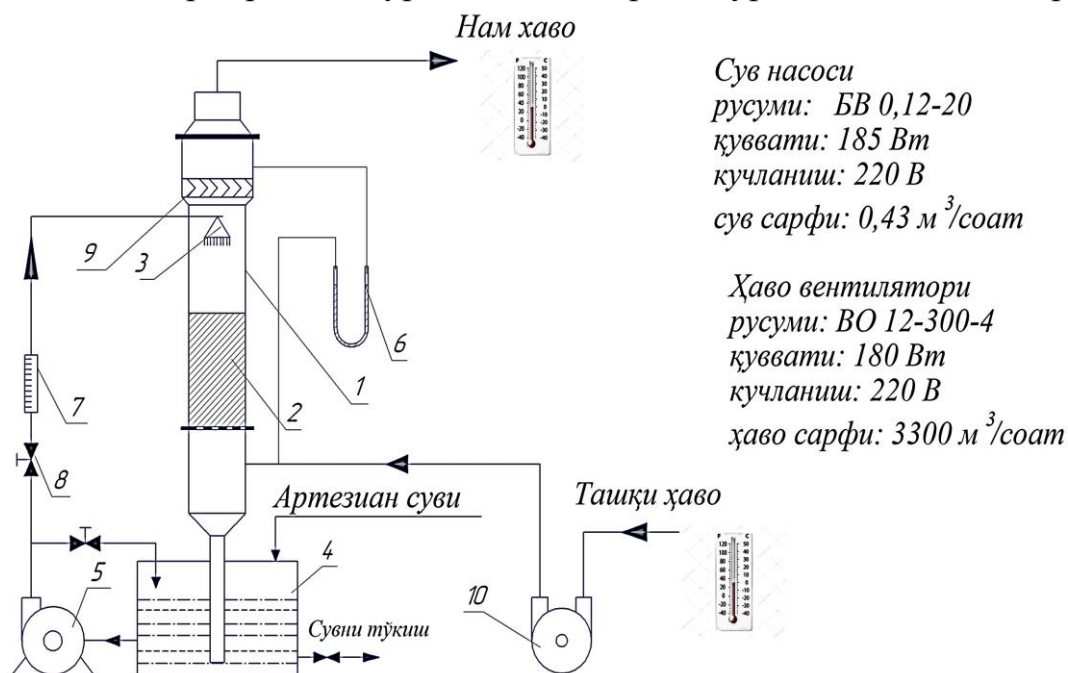
хароратини нам термометр кўрсаткичига тушириш учун суғориш коэффициентини $0,1 \div 0,4 \text{ кг/кг}$ оралиқда бўлиши керак. Шу оралиқда сув харорати ташқи ҳаво хароратини ҳўл термометр кўрсаткичига совитиш мумкин.

Буғлатиб совитиш қурилмаси самарали ишлаши учун қурилманинг геометрик кўрсаткичлари қуйидаги нисбатни қаноатлантириши керак бўлади.

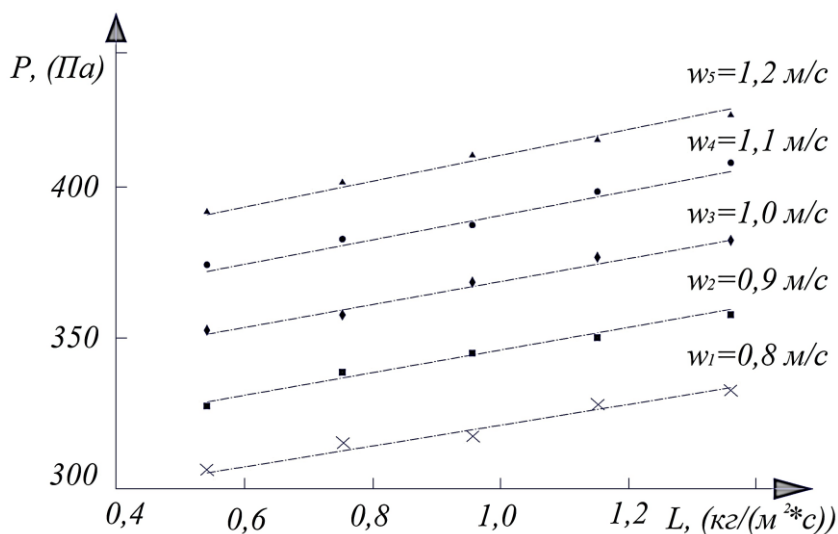
$$\frac{D_{ан}}{d_{нас}} > 10, \frac{H_{ст}}{D_{ан}} \leq 1 \text{ ва } H_{ст} = (5 \div 8) * d_{нас} \quad (1)$$

$D_{ан}$ – қурилма диаметри, $d_{нас}$ – насадка диаметри ва $H_{ст}$ – насадка баландлиги.

Тадқиқотлар 1-расмда кўрсатилган тажриба қурилмасида олиб борилган.



1-расм. Синов – тажриба қурилмасининг чизмаси. 1 – Буғлатиш камераси, 2 – Рашига халқали насадка, 3 – форсунка, 4 – сув йиғгич, 5 – сув насоси, 6 – манометр, 7 – ротаметр, 8 – вентиль, 9 – томчи ажратгич, 10 – вентилятор

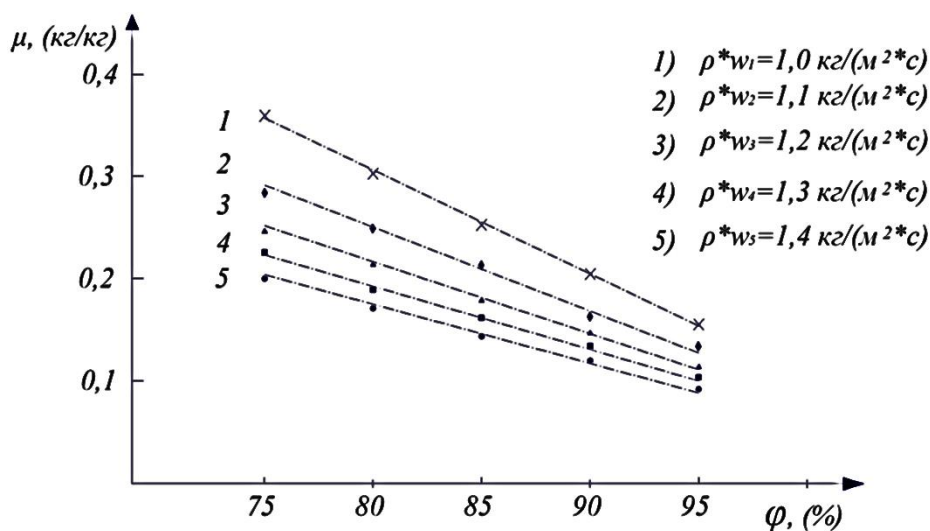


2 – Расм. Ҳаво тезлиги $w = 0,8 \div 1,2 \text{ м/с}$ бўлганда гидравлик қаршилиқни (ΔP) суғориш зичлигига (ρ) боғлиқлиги

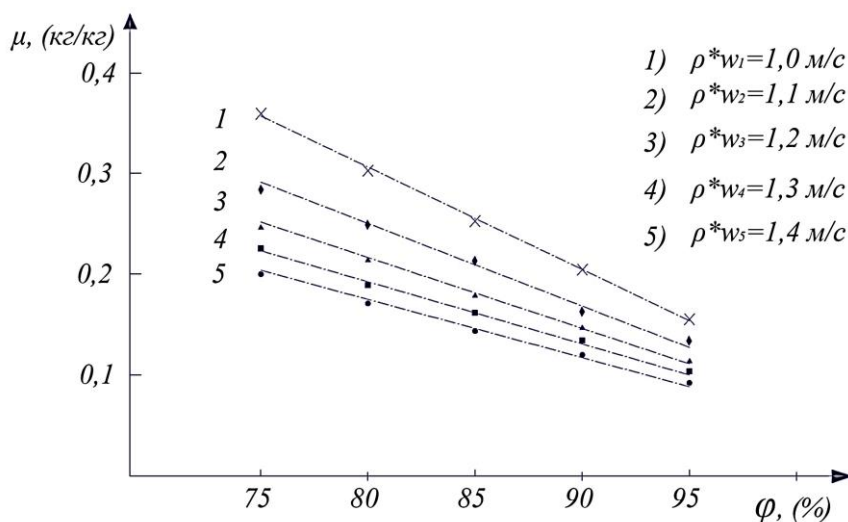
Илк тажриба гидравлик қаршиликни аниқлаш учун ўтказилди.

Қуруқ насадкаларга нисбатан намланган насадкаларни гидравлик қаршилиги ΔP анча катта, шунинг учун сувни озгина қисми насадкани ювилиши сабабли насадка сиртида ва каналларида сақланиб қолади. Натижада насадкалар бўш ҳажми ва кесими камаяди, ҳамда ҳавони ҳақиқий тезлиги ошиб насадканинг гидравлик қаршилигини оширади. Намланган насадканинг гидравлик қаршилигини аниқ ҳисоблаш қийин, чунки ҳаво тезлиги ва намлаш зичлиги бир хил бўлганда ҳам ΔP нинг қиймати насадкани колонна ичида жойлашувига боғлиқ. Насадка элементларини катталиги турлича бўлгани учун ΔP нинг қиймати ўзгарувчан бўлади.

Бу графикда $Re=1000 \div 1500$ гача ўзгарганда умумий гидравлик босим ҳаво тезлигига боғлиқ ҳолда $300 \div 450 \text{ Па}$ тенг бўлган катталиқда ўзгариб туради. Тажриба натижалари шунни кўрсатадики, бошқа муаллифлар олган тажриба натижалари билан биз олган тажриба натижаларимиз бир-бирига мос келмоқда.



3 – Расм. Ҳаво тезлиги $w = 0,8 \div 1,2 \text{ М}/\text{с}$ бўлганда буғланаётган сув миқдорини (q) суғориш зичлигига (ρ) боғлиқлиги



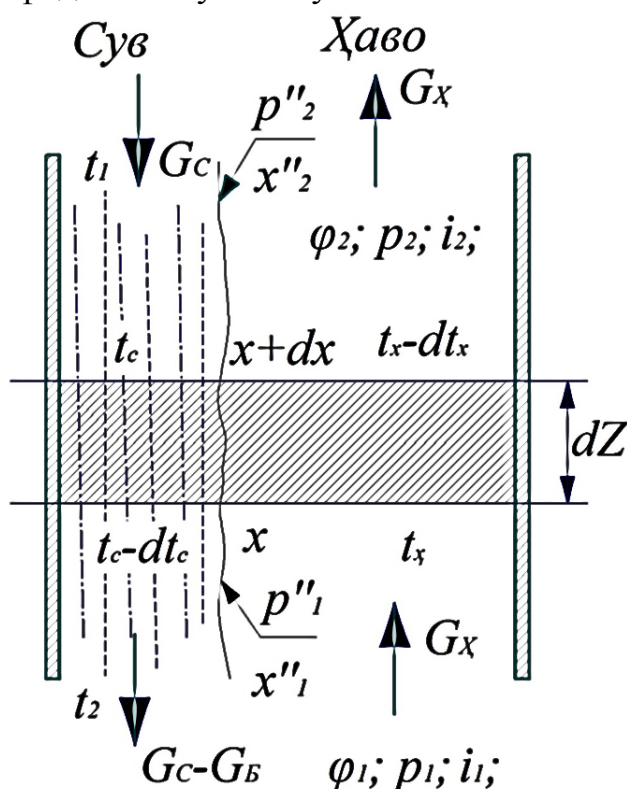
4 – Расм. Ҳаво масавий тезлиги $\rho * w = 1 \div 1,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 * \text{с}}$ бўлганда суғориш коэффициентини (μ) ҳавони нисбий намлигига (ϕ) боғлиқлиги

Қурилманинг умумий гидравлик қаршилиги насадкани барқарор баландлигига, ҳавони тезлигига ва суғориш зичлигига боғлиқ бўлган мураккаб функциядир. Ҳавони тезлиги берилган қийматдан тушиб кетса, сувга нисбатан муваффақиятсизлик учрайди ва режим бузилади. Ҳаво тезлиги ошиб кетса, ўзи билан сув миқдорларини атмосферага олиб кетади, бу эса сув миқдорини исроф бўлишига сабаб бўлади.

Ҳозирги вақтда энергия сарфини камайтириш мақсадида иссиқлик ва масса алмашинуви жараёнларини мақсадли ўтказишда насадкаларни полимер материаллардан ишлаб чиқарилмоқда. Чунки бу насадкалар фазаларни контакт юзаларидаги иссиқлик ва масса алмашинувини ривожлантиришга олиб келади.

Диссертациянинг “Ҳавони мўтадиллаш тизимларида айланма сувларни буғлатиш ва нурли совитиш жараёнларини тадқиқ қилиш” деб номланган учинчи бобида буғлатиб совутиш аппарати иссиқлик ва моддий мувозанатлари келтирилган, ҳамда суғориш қатламларда совитилаётган айланма сув ҳарорати аниқланган.

Сув буғланишида ҳар қандай иссиқлик ва масса алмашинуви жараёнида бўлгани каби, камида иккита материал ва иссиқлик мувозанат бажарилиши керак. Материяни сақланиш қонунига асосланиб, буғлатиб совитгичлар учун моддий мувозанат ифодасини тузиш мумкин.



5 – расм. Буғлатиб совутовчи қурилмани иссиқлик ва моддий мувозанатларини чизма тасвири

G_c ва G_x – совитгичга кировчи сув ва ҳаво сарфи, t_c ва t_x – совитгичга кировчи сув ва ҳаво ҳарорати, i_1 ва i_2 – совитгичга кировчи ва чиқувчи ҳаво энъталпиялари, ρ_1 ва ρ_2 – совитгичга кировчи ва чиқувчи ҳаво зичликлари, x – намлик миқдори.

Элементар ҳажм учун иссиқлик баланс тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\rho_{\text{сув}} * \vartheta_{\text{сув}} * \frac{\partial I_{\text{сув}}}{\partial R} = \rho_{\text{ҳаво}} * \vartheta_{\text{ҳаво}} * \frac{\partial I_{\text{ҳаво}}}{\partial Z} \quad (2)$$

Тенгламани чап томонини иссиқлик бериш коэффициентига боғлаймиз ва қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\rho_{\text{сув}} * V_{\text{сув}} * \frac{\partial I_{\text{сув}}}{\partial \tau} = \alpha * (t_{\text{ҳаво}} - t_{\text{сув}}) * f \quad (3)$$

Буғланиш камерасига кираётган сувни атроф-муҳит билан иссиқлик алмашиниши:

$$\frac{\partial I_{\text{сув}}}{\partial \tau} = \vartheta_{\text{сув}} * \frac{\partial I_{\text{сув}}}{\partial r} \quad (4)$$

(4) ифодани (2) ифодага қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$\frac{\partial I_{\text{сув}}}{\partial R} = \frac{\alpha * f}{\rho_{\text{сув}} * \vartheta_{\text{сув}} * V_{\text{сув}}} * (t_{\text{ҳаво}} - t_{\text{сув}}) \quad (5)$$

(5) ифодани (3) ифодани ҳисобига қуйидаги кўринишга келади.

$$\frac{\partial I_{\text{ҳаво}}}{\partial Z} = \frac{\alpha * f}{\rho_{\text{ҳаво}} * \vartheta_{\text{ҳаво}} * V_{\text{сув}}} * (t_{\text{ҳаво}} - t_{\text{сув}}) \quad (6)$$

бу ерда: $\rho_{\text{сув}}$ ва $\rho_{\text{ҳаво}}$ – сув ва ҳаво оқими зичлиги ($\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$), $\vartheta_{\text{сув}}$ ва $\vartheta_{\text{ҳаво}}$ – сув ва ҳаво оқими тезлиги ($\frac{\text{м}}{\text{с}}$), $\partial I_{\text{сув}}$ ва $\partial I_{\text{ҳаво}}$ – сув ва ҳаво энтальпиялари ($\frac{\text{кЖ}}{\text{кг*К}}$), α – иссиқлик бериш коэффициенти ($\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2*\text{К}}$), f – иссиқлик алмашиниш юзаси (м^2), $t_{\text{сув}}$ ва $t_{\text{ҳаво}}$ – сув ва ҳавони ўртача ҳароратлари ($^{\circ}\text{C}$), $\partial \tau$ – вақт бўйича ўзгариши (с), ∂R – буғланиш камерасининг радиуси (м), ∂Z – баландлик (м).

Ҳаво сув билан тўғридан-тўғри алоқада бўлганда уни кўрсаткичларини ҳисоблашда заррачалар юзаси устига чегаравий қатлам шаклланади. Бундай ҳолларда тўйинганлик чизиғидаги ҳаво кўрсаткичларини билиш, бунинг учун тахминий тенглама билан $\varphi = \text{const}$ боғлиқлигини тасвирлаш керак. Айланма сув таъминоти тизимларида сувни совитиш жараёнлари ва ҳавони мўътадиллаш учун энтальпиядан фойдаланамиз.

$$\partial I_{\text{сув}} = c_{\text{сув}} * \partial t_{\text{сув}}, \quad \partial I_{\text{ҳаво}} = c_{\text{ҳаво}} * \partial t_{\text{ҳаво}} \quad (7)$$

(7) ифодани (5 ва 6) ифода билан биргаликда ёзамиз:

$$\frac{c_{\text{ҳаво}} * \partial t}{t_{\text{ҳаво}} - t_{\text{сув}}} = \frac{\alpha * f}{\rho_{\text{ҳаво}} * \vartheta_{\text{ҳаво}} * V_{\text{сув}}} * \partial Z \quad (8)$$

Қатлам баландлиги бўйича $t_{\text{сув}} = \text{const}$ ҳолатда интегралласак, интеграллангандан кейин $Z = 0$ ва $t_{\text{сув}} = t'_{\text{сув}}$ га тенг деб оламиз, ва (9) ифода қуйидаги кўринишга келади

$$t_{\text{ҳаво}} = t'_{\text{сув}} + (t'_{\text{ҳаво}} - t'_{\text{сув}}) * \exp\left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{ҳаво}} * H_{\text{қат}} * c_{\text{ҳаво}}} * Z\right) \quad (9)$$

бу ерда: $t'_{\text{сув}}$ ва $t'_{\text{ҳаво}}$ – сув ва ҳавони бошланғич ҳароратлари ($^{\circ}\text{C}$), $c_{\text{сув}}$ ва $c_{\text{ҳаво}}$ – сув ва ҳавони ўртача иссиқлик сиғимлари ($\frac{\text{кЖ}}{\text{кг*К}}$), $G_{\text{ҳаво}}$ ва $G_{\text{ҳаво}}$ – сув ва ҳавони вақт бўйича массавий сарфлари ($\frac{\text{кг}}{\text{с}}$), $H_{\text{қат}}$ – қатлам баландлиги.

(3) ифодани қуйидаги кўринишда ёзамиз:

$$\frac{\partial I_{\text{сув}}}{\partial r} = \frac{\rho_{\text{ҳаво}} * \vartheta_{\text{ҳаво}}}{\rho_{\text{сув}} * \vartheta_{\text{сув}}} * \frac{\partial I_{\text{ҳаво}}}{\partial Z} \quad (10)$$

ёки қатлам баландлиги учун

$$\frac{\partial I_{\text{сув}}}{\partial r} = \frac{\rho_{\text{хаво}} * \vartheta_{\text{хаво}} * c_{\text{хаво}}}{\rho_{\text{сув}} * \vartheta_{\text{сув}} * H_{\text{қат}}} * (t'_{\text{хаво}} - t_{\text{хаво}}) \quad (11)$$

(11) ифодани (8) ифода $\partial I_{\text{сув}} = c_{\text{сув}} * \partial t_{\text{сув}}$ ёрдамида қуйидаги кўринишда ёзишимиз мумкин:

$$\frac{\partial t_{\text{сув}}}{\partial r} = \frac{G_{\text{хаво}} * c_{\text{хаво}}}{c_{\text{сув}} * G_{\text{сув}} * R_{\text{ички}}} * (t'_{\text{хаво}} - t_{\text{хаво}}) \quad (12)$$

(12) ифодани (9) ифода билан тенглаштирамиз

$$\frac{\partial t_{\text{сув}}}{t'_{\text{хаво}} - t_{\text{сув}}} = \frac{G_{\text{хаво}} * c_{\text{хаво}}}{c_{\text{сув}} * G_{\text{сув}} * (R_{\text{таш}} - R_{\text{ич}})} * \left[1 - \exp\left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{хаво}} * c_{\text{хаво}}}\right) \right] dR \quad (13)$$

(13) интеграллаймиз, интеграллаш давомида $t'_{\text{хаво}} = t_{\text{хаво}}$ ва $R = R_{\text{ички}}$ деб оламиз. Канал радиуси бўйлаб, суюқлик ҳарорати тарқалиш тенгламасини келиб чиқади

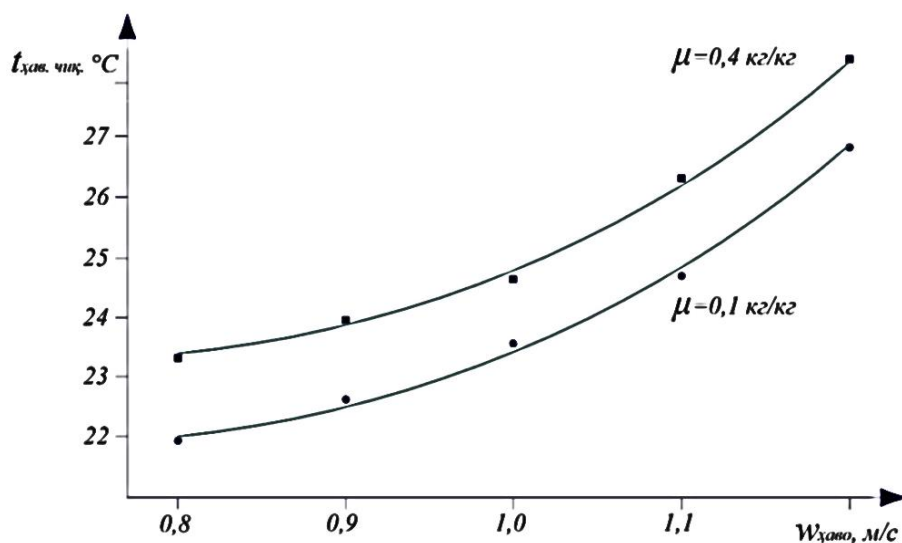
$$t_{\text{сув}} = t'_{\text{хаво}} - (t'_{\text{хаво}} - t'_{\text{сув}}) * \exp\left\{\frac{G_{\text{хаво}} * c_{\text{хаво}}}{c_{\text{сув}} * G_{\text{сув}} * (R_{\text{таш}} - R_{\text{ич}})} * (R - R_{\text{ич}}) * \left[1 - \exp\left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{хаво}} * c_{\text{хаво}}}\right) \right]\right\}, \quad (14)$$

(10) ифодани (14) ифода билан соддалаштириб, канал радиуси бўйлаб насадка қатламдан чиқиб кетаётган ҳаво ҳароратини тарқалиш тенгламасини оламиз.

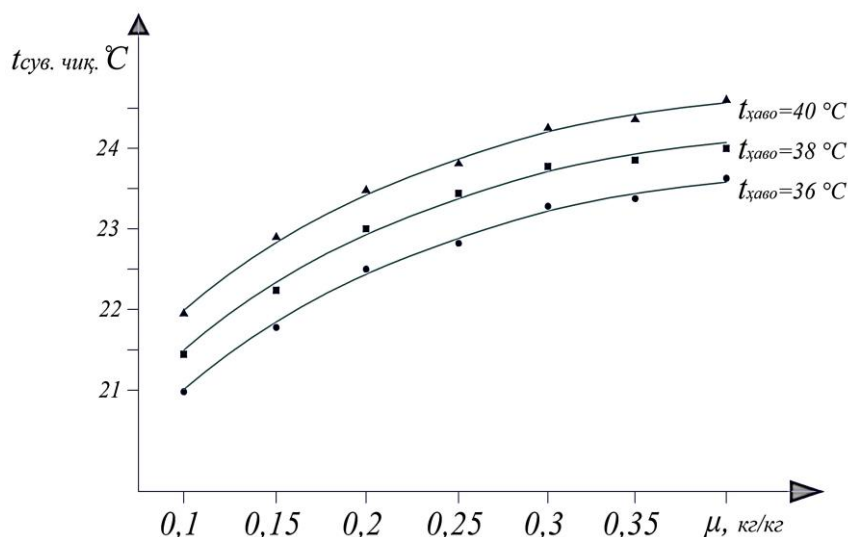
$$t_{\text{хаво}} = t'_{\text{хаво}} - (t'_{\text{хаво}} - t'_{\text{сув}}) * \exp\left\{\frac{G_{\text{хаво}} * c_{\text{хаво}}}{c_{\text{сув}} * G_{\text{сув}} * (R_{\text{таш}} - R_{\text{ич}})} * (R - R_{\text{ич}}) * \left[1 - \exp\left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{хаво}} * c_{\text{хаво}}}\right) \right]\right\} * \left[1 - \exp\left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{хаво}} * c_{\text{хаво}}}\right) \right] \quad (15)$$

Бугланиш камерасидан чиқиб кетаётган суюқликнинг охириги ҳарорати (15) ифодадан топилади, бу ифода $R = R_{\text{таш}}$ ва $Z = H_{\text{қат}}$ деб олсак қуйидаги ифодани оламиз:

$$t'_{\text{сув}} = t'_{\text{хаво}} - (t'_{\text{хаво}} - t'_{\text{сув}}) * \exp\left\{\frac{G_{\text{хаво}} * c_{\text{хаво}}}{c_{\text{сув}} * G_{\text{сув}}} * \left[1 - \exp\left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{хаво}} * c_{\text{хаво}}}\right) \right]\right\} \quad (16)$$



6-расм. Суғориш коэффициенти ($\mu = 0,1 \div 0,4 \text{ КГ/КГ}$) бўлганда буглатиб совитиш камерасидан чиқаётган ҳаво ҳарорати ($t_{\text{хаво}}^{\text{чик}}$) ҳаво тезлигига (ω) боғлиқлиги



7-расм. Ташқи ҳаво кириш ҳарорати ($t_{\text{хаво}}^{\text{ташқи}} = 36 \div 40 \text{ }^\circ\text{C}$) бўлганда бўғлатиб совитиш камерасидан чиқаётган сув ҳарорати ($t_{\text{сув}}^{\text{чик}}$) суғориш коэффициентига (μ) боғлиқлиги

Ҳаво ўртача якуний ҳарорати иссиқлик балансидан бўғланган суюқликни ҳисобга олмаган ҳолда аниқланади.

$$t_{\text{хаво}}'' = t_{\text{хаво}}' - \frac{c_{\text{сув}} * G_{\text{сув}} * (t_{\text{сув}}'' - t_{\text{сув}}')}{c_{\text{хаво}} * G_{\text{хаво}}} \quad (17)$$

бу ерда: $t_{\text{сув}}''$ ва $t_{\text{хаво}}''$ - сув ва ҳавонинг бўғланиш камерасидан чиқиб кетаётган якуний ҳароратлари ($^\circ\text{C}$).

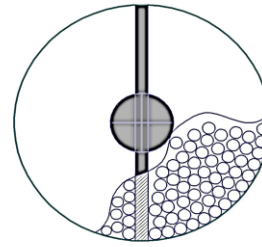
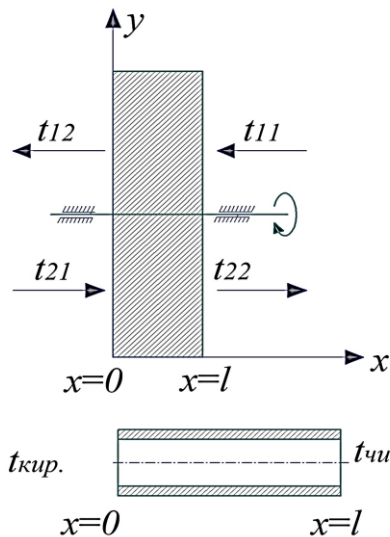
Тенгламалар (2÷17) таҳлили шуни кўрсатадики, суюқлик ва ҳаво ҳарорати ўзгариши бўғланиш камерасида ҳаракат қилаётган иссиқлик ташувчиларнинг иссиқлик ва физик хусусиятига таъсир қилади.

Назарий таҳлиллар шуни кўрсатадики, суғориш зичлиги кам миқдорда бўлганда катламни тўлиқ намланиши иссиқлик ва масса алмашинув коэффициенти катталигига камроқ таъсир қилади деб тушуниш мумкин.

Диссертациянинг “**Икки босқичли бўғлатиб совитиш қурилмаларида айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторларини қўллаш**” деб номланган тўртинчи бобида таклиф этилаётган қурилмани термик самарадорлик ва аэродинамик қаршиликни ҳисоблаш усули келтирилган.

Бу иссиқлик алмашинув қурилмалари газларни совитиш ва иситиш, газларни намлаш ва қуритиш, юқори сифатли иссиқлик ташувчиларни иссиқлигидан фойдаланиш учун қўлланилади. Айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторлари – бу хонадан чиқариб юборилаётган ва хонага кириб келаётган ҳаво оқимидаги насадка айланиши ҳисобига содир бўладиган иссиқлик узатиш қурилмасидир. Бундай иссиқлик алмашинув қурилмалари ёрдамида хонадан чиқиб кетаётган иссиқликнинг 75-85 % ини иссиқлик тизимига қайтариш мумкин.

8 – расмда координата ўқи бўйича насадкали айланувчи регенератив иссиқлик утилизатори, ҳамда иссиқлик ташувчиларни ҳаракат йўналиши кўрсатилган. Насадка айланишида каналда иссиқлик алмашинув жараёни нобарқарор ҳисобланади. Каналлар юзасидаги ҳарорат насадка узунлиги ва вақт бўйича ўзгариб туради.



Насадка: цилиндрсимон
Материал: алюминли фолга
диаметри: 3 мм
узунлиги: 300 мм

8 – расм. Айланувчи регенератив иссиқлик утилизатори ва уни насадкаси.

Айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторлари насадка каналларида иссиқлик алмашинув жараёни куйидаги дифференциал тенглама орқали ёзилади.

$$\begin{cases} \frac{dt_i}{dx_i} = \frac{\alpha_i * F_i}{G_i * Cp_i} * (t_{\text{нас}} - t_i) \\ \frac{dt_{Mi}}{d\tau} = \frac{\alpha_i * F_i}{M * Cp_{\text{нас}}} * (t_i - t_{\text{нас}}) \end{cases} \quad i = 1, 2 \quad (18)$$

бу ерда: $i = 1$ – совуқ ҳаво оқими учун, $i = 2$ – иссиқ ҳаво оқими учун.

Иккала оқим учун иссиқлик баланс тенгламалари куйидагича ёзиш мумкин.

$$dQ_i = \pm \alpha_i * F_i * (t_i - t_{\text{нас}}) * d\bar{x} \quad (19)$$

бу ерда: $d\bar{x} = x/l$ – ўлчовсиз координата катталиги.

Айланувчи регенератив иссиқлик утилизатори ишлаш давомида насадка юзасидаги ўртача ҳарорат, яъни $x=0$ кесимида (иссиқ ҳаво оқимни кириши)

$$t_{\text{нас}, x=l} = \frac{t_{21} + t_{\text{ўр.12}}}{2} \quad (20)$$

$x=l$ кесимида (совуқ ҳаво оқим учун)

$$t_{\text{нас}, x=0} = \frac{t_{11} + t_{\text{ўр.22}}}{2} \quad (21)$$

бу ерда: $t_{\text{ўр.12}}$ ва $t_{\text{ўр.22}}$ – насадкадан чиқаётган совуқ ва иссиқ ҳаво оқими ўртача ҳарорати.

x ўқи бўйлаб насадка юзасидаги ўртача арифметик ҳароратни куйидагича аниқлаш мумкин.

$$t_{\text{нас}, \text{ўр.}} = \frac{t_{\text{нас}, x=0} + t_{\text{нас}, x=l}}{2} \quad (22)$$

Ҳаво оқимидан насадкага келтирилган иссиқлик миқдори

$$\bar{Q} = G * Cp * (t_{x=0} - t_{x=l}) \quad (23)$$

бу ерда: G – ҳавони массавий сарфи, Cp – босим ўзгармас бўлганда ҳавонинг иссиқли сиғими, $t_{x=0}$ ва $t_{x=l}$ – $x = 0$ (иссиқлик ташувчининг кириши) ва $x = l$ (иссиқлик ташувчининг чиқиши) кесимида ҳаво ўртача ҳарорати, $l - x$ ўқи бўйича насадка чуқурлиги (8 - расм).

Иссиқлик миқдори қуйидаги формула билан ҳам ҳисоблаш мумкин.

$$\bar{Q} = \bar{\alpha} * F * \Delta t \quad (24)$$

бу ерда: $\bar{\alpha}$ – иссиқлик бериш коэффициентини, F – насадка иссиқлик алмашилиш юзаси, Δt – насадка юзаси ва ўзаро ҳаво ҳароратларини ўртача фарқи.

Бундай ҳолатларда, насадка юзасини иссиқлик ўтказувчанлигини билиб, ва ҳароратлар фарқини ўлчаб, (24) формуладан иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш мумкин.

$$\bar{\alpha} = \frac{Q}{F * \Delta t_{ар}}, \text{ бу ерда } \Delta t_{ар} = t_{нас,ўр} - \frac{1}{2} * (t_{x=0} + t_{x=l}) \quad (25)$$

Айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторларида ҳавони гидравлик қаршилиги қуйидаги формуладан аниқланади.

$$\Delta P_{нас,2} = \zeta_{тр} * \frac{\rho_2 * U_2^2}{2} * \frac{l}{d_{эКВ}}, \quad (26)$$

иссиқ ҳаво оқими учун

$$\Delta P_{нас,1} = \zeta_{тр} * \frac{\rho_1 * U_1^2}{2} * \frac{l}{d_{эКВ}}, \quad (27)$$

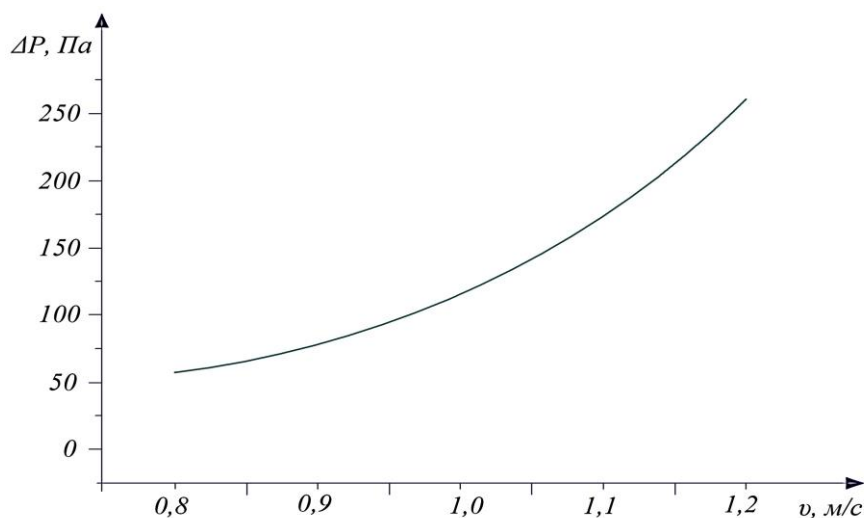
совуқ ҳаво оқими учун

бу ерда: l – насадка узунлиги, U_1, U_2 – каналларда оқимларни ўртача тезлиги, ρ_1 ва ρ_2 – оқимларни ўртача ҳароратда зичлиги.

Айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторини геометрик таснифлари.

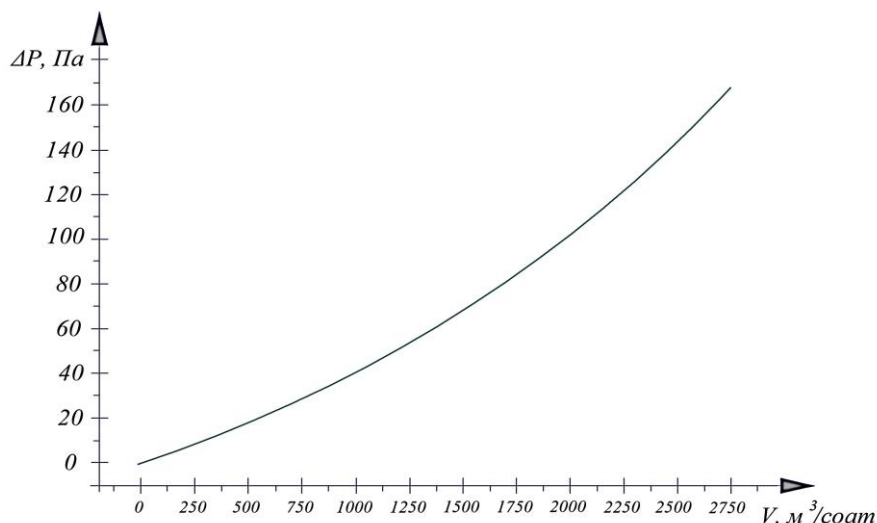
1-Жадвал.

Таснифи	Қиймати
Насадка диаметри	3 мм
Насадка чуқурлиги	300 мм
Иссиқлик алмашилиш юзаси	96,78 м ²
Насадка ҳажми	0,04 м ³
Пластина қалинлиги	0,09 мм



9-рasm. Иссиқлик утилизаторида аэродинамик (ΔP) қаршилиқни ҳаво тезлигига (v) боғлиқлиги

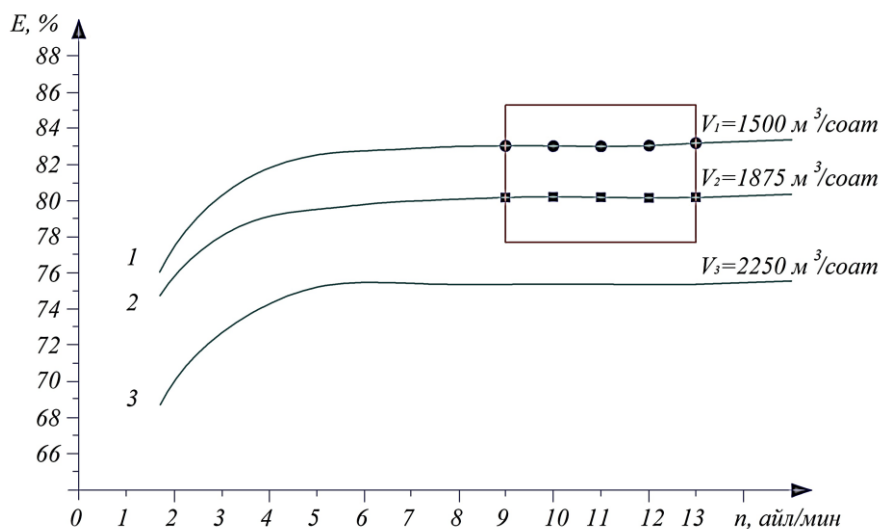
9-расмда айланувчи регенератив иссиқлик утилизаторида исроф бўлаётган босим насадка чуқурлигига ва ундан оқиб ўтаётган ҳаво сарфига боғлиқлиги келтирилган.



10-расм. Иссиқлик утилизаторида аэродинамик қаршиликни (ΔP) ҳаво ҳажмий сарфига (V) боғлиқлиги

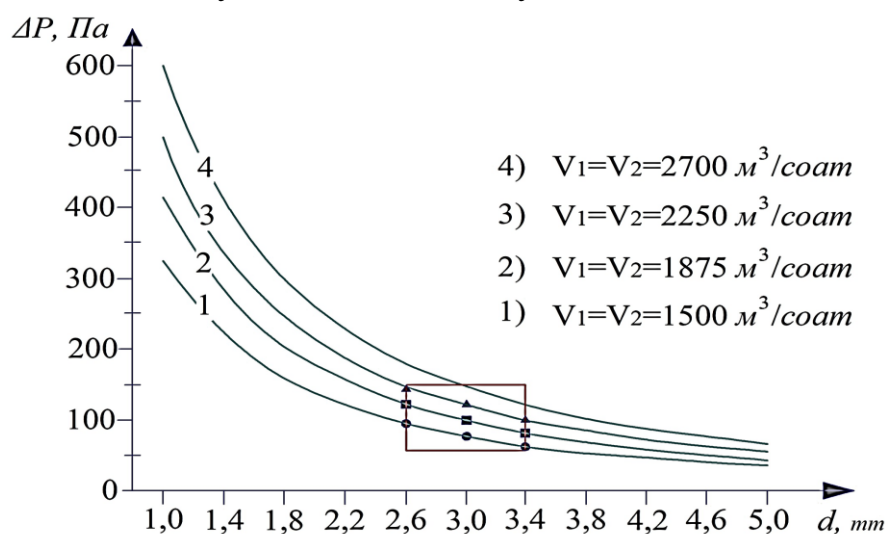
Айланувчи регенератив иссиқлик утилизатори насадка айланишлар сони $n = 9 \div 13$ айл/мин, айланиш тезлиги $\vartheta \approx 0,02 \div 0,1$ М/с га тенг.

Насадкали айланувчи регенератив иссиқлик утилизатори айланишлар сони термик самарадорликка таъсир кўрсатади. Насадка айланишлар сони ошиши билан иссиқлик утилизатори термик самарадорлиги асимптотик тарзда ортади ва муайян қийматга эришганда самарадорлик ўзгаришсиз қолади. Шунини инобатга олиш керакки, айланиш тезлиги ошиши билан ҳаво оқими тезлиги ошишига олиб келади, бироқ ҳаво оқими тезлиги ошиши, иссиқлик алмашиниш самарадорлигига салбий таъсир кўрсатади.

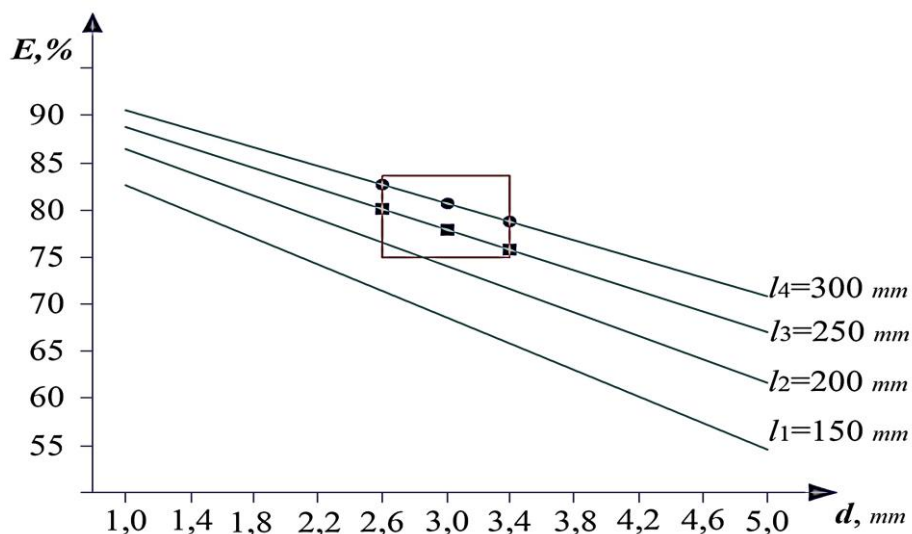


11-расм. Ҳаво ҳажмий сарфи ($V = 1500 \div 2250$ м³/соат) бўлганда иссиқлик утилизаторида термик самарадорликни (E) насадка айланишлар частотасига боғлиқлиги.

11-расмда тадқиқ қилинаётган иссиқлик утилизаторини иссиқлик самарадорлиги айланишлар сонига боғлиқлиги келтирилган. Олинган натижалардан кўриниб турибдики, дақиқасига айланишлар сони 9 дан 13 гача бўлган қийматни энг мақбул деб ҳисоблаш мумкин.



12-расм. Ҳаво ҳажмий сарфи ($V = 1500 \div 2250 \text{ м}^3/\text{соат}$) бўлганда аэродинамик қаршиликни (ΔP) насадка диаметрига (d) боғлиқлиги



13-расм. Насадка узунлиги ($l = 150 \div 300 \text{ мм}$) бўлганда термик самарадорликни (E) насадка диаметрига (d) боғлиқлиги

Ҳозирги кунда ҳавони буғлатиб совитиш тамойилларини қўллаб, турли биноларнинг тажрибавий ва намунавий лойиҳалари ишлаб чиқарилмоқда. Тажрибавий синовлар натижасида тўпланган маълумотлар ҳисоблаш тавсияларини ва ҳаво билан ишлов беришнинг энг оқилона схемаларини танлашни аниқлашга имкон беради.

Иш жойининг ҳаво кўрсаткичлари ишлаб чиқариш жараёнига сезиларли даражада салбий таъсир кўрсатади. Атроф муҳит хусусиятларининг номувофиқлиги ишлашни қийинлаштиради ва инсон танасига салбий таъсир кўрсатади. Бундай пайтларда хонанинг ҳарорати $23 \div 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ва нисбий намлиги $40 \div 60 \%$ да бўлиши керак.

ХУЛОСА

Техника фанлари фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси «Ҳавони мўътадиллаш тизимларида табиий совуқлик манбаларининг имкониятлари» илмий иш натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилган:

1. Ўзбекистон иқлимий шароитида икки босқичли буғлатиб совитиш тамойилида ишлайдиган ҳавони мўътадиллаш тизимларида табиий совуқлик манбаларидан фойдаланиш нисбатан самарали эканлиги аниқланди, ҳамда таҳлиллар натижаси янги энергия тежамкор қурилмани яратиш имкониятини берди. Натижада ушбу қурилма, «ТЕХТИЛ-ИРАК ИМПРЕХ» МЧЖда жорий қилиш натижасида, йилига 129,6 минг кВт*соат электр энергия ёки 16 т.ш.ё.ни тежаш имконини берди.

2. Буғлатиб совитиш усулидан фойдаланиб, ҳавони мўътадиллаш тизимларида иссиқлик ва электр энергия сарфини камайтиришга имкон берувчи янги энергия самарадор технологик схема ишлаб чиқилди. Натижада қурилманинг математик модели яратилди.

3. Тажриба орқали буғлатиб совитиш қурилмасидаги айланма сувни гидродинамик қаршилиги (ΔP) ҳаво оқими тезлигига (w) ва буғлатиш камерасидан чиқаётган нам ҳавонинг ҳўл термометр бўйича ҳарорати (t_m) суғориш коэффициентига (μ) мос равишда ўзгариши аниқланди. Натижада суғориш коэффициенти $\mu=0,1 \div 0,4$ кг/кг ораликда t_m қийматига эришиш имкониятини яратди.

4. Мухандисликда ҳисоблашлар учун ҳўл термометр бўйича (t_m) нам ҳаво ҳарорати ва шудринг нуқтаси ҳароратини (t_p) аниқлашнинг ҳисобий тенгламалари олинди. Натижада моделни аниқ ҳисоблаш имконини берди.

5. Ҳисобланган тадқиқот натижаларига кўра, иссиқлик алмашинув насадкаларининг геометрик ўлчамларини қиймати иссиқлик самарадорлигига, ҳаво оқими сарфига (кг/с), босимни исроф бўлишига ва иссиқлик алмашинув сиртларига ўзаро боғлиқ равишда ўзгариши аниқланди. Натижада иссиқлик утилизаторларни лойиҳалашда насадка узунлиги $l = 250 \div 300$ мм ва диаметри $d = 2,6 \div 3,4$ мм бўлиши тақлиф қилинди.

6. Икки босқичли буғлатиб совитиш қурилмасидан чиқувчи сув ($t''_{\text{сув}}$) ва ҳаво ($t''_{\text{ҳаво}}$) ҳароратларини ЭҲМда ҳисоблаш учун алгоритм ва дастур ишлаб чиқилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК DSc 27.06.2017.Т.03.03 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И
ООО «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»**

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»**

УСМОНОВ НИЗОМЖОН ОРИФОВИЧ

**ПОТЕНЦИАЛ ЕСТЕСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ХОЛОДА В
СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

05.05.04 - Промышленная теплоэнергетика

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

Ташкент–2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистана за № В2019.2.PhD/Т367

Диссертация выполнена в Обществе с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр»

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tdtu.uz) и информационном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель: **Исаходжаев Хайрулла Суннатуллаевич**
PhD по техническим наукам

Официальные оппоненты: **Цоколаев Игорь Борисович**
доктор технических наук, профессор

Искандаров Зафар Самандарович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **АО «Теплоэлектропроект»**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2019 года в ___ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.03.03 при Ташкентском государственном техническом университете и ООО «Научно-технический центр». (Адрес: 100095, г.Ташкент ул. Университетская 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32 e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный номер - ____). Адрес 100095, Ташкент, ул. Университетская 2 Тел. (99871)246-03-41

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2019 года.
(реестр протокола рассылки №__ от «___» _____ 2019 года).

К.Р. Аллаев
Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, профессор, академик

Н.Б. Пирматов
Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, профессор

Р.П. Бабаходжаев
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в проблемах развития энергетики важное значение имеет исследование потенциалов естественных источников холода в системах кондиционирования воздуха, в том числе в охлаждении оборотной воды в промышленных предприятиях и использовании установок испарительного охлаждения (охлаждение, отопление, кондиционирование, увлажнение) для кондиционирования воздуха зданий и сооружений. В этом отношении в развитых странах при применении современных технологий «в промышленных предприятиях при широком использовании установок испарительного охлаждения достигнуто уменьшение расхода электроэнергии до 70%»³. Сегодня в мире большое внимание в этом направлении обращено на создание экологически чистых эффективных установок, которые будут обеспечивать жизнедеятельность человека и находить пути рационального использования природного и энергетического ресурса. В связи с этим в мировой практике особый научный интерес направлен на использование естественного источника холода при повышении энергоэффективности систем кондиционирования воздуха.

По всему миру проводятся исследования по охлаждению оборотной воды методом использования естественного источника холода, а также определения и моделирования факторов, влияющих на метод испарительного охлаждения, усовершенствование двухступенчатых установок испарительного охлаждения, повышение их надежности. Кроме того, имеются разработки современных технологий, снижающие энергопотребление в системах кондиционирования воздуха. Вместе с тем для систем кондиционирования воздуха в жилых и общественных зданиях основным источником кондиционирования воздуха являются парокompрессорные охладительные машины, которые имеют недостатки. Поэтому вопрос использования естественных источников холода в системах кондиционирования воздуха является актуальной задачей.

В настоящее время в республике после обретения независимости особое внимание уделено разработкам по развитию энергетической отрасли, ведущей в экономике страны, в том числе по обновлению технологий, моделированию конструктивных параметров и режимов работы в системах кондиционирования воздуха в зданиях и сооружениях, уменьшению геометрических размеров установок, расходов на ресурсы и потребления энергии. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах отмечены задачи «... сокращения энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкого внедрения в производство энергосберегающих технологий»⁴. При выполнении этих задач, основной их них является создание энергосберегающих установок для систем

³ <https://www.munters.com/ru/areas-of-expertize/evaporative-cooling/>

⁴ Указе Президента Республики Узбекистан № УП – 4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

кондиционирования воздуха (отопление, охлаждение, проветривание, увлажнение).

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для выполнения задач, намеченных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП – 4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в № ПК – 2343 от 5 мая 2015 года «О программах сокращения использования энергии и внедрения энергосберегающей технологии в отраслях экономики и социальной сфере на 2015 – 2019 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 перспективным направлениям развития науки и технологии республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики: II «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изучения проблемы. В настоящее время проводятся научно-исследовательские работы по расчету режимов тепло- и массообменных процессов, происходящих в системе кондиционирования воздуха, и научные исследования по системам кондиционирования воздуха в ведущих научных центрах и ВУЗах, в том числе: SaKarua (University Турция), Stuttgart University, Dresden University of Technology (Германия), Polytechnic University of Milan (Италия), Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, Новосибирский государственный технический университет, Национальный исследовательский университет «МЭИ» (Россия), Ташкентский архитектурно-строительный институт, Ташкентский государственный технический университет, ООО «Научно-технический центр» (Узбекистан).

В решении теоретических и научных проблем по научным основам процессов тепло- и массообмена и кондиционирования воздуха зданий и сооружений большой вклад, внесли такие ученые, как: Кокорин О.Я., Нестеренко А.В., Пономаренко В.С., Берман Л.Д., Гоголин А.А., Ладыженский Р.М., Карпис Е.Е., Михеев М.А., Эккерт Э.Р., Баркалов Б.В., Богословский В.Н., Мигай В.К., Назаренко В.С., Грановский В.Л., Поз М.Я., Пеклов А.А., Степанова Т.А., Соколик А.Н., Холмберг Р.Б., Sparrow E.M., Besant R.W., Watt J.R., Hess A.J., Bacon R.A. и др. Вопросами интенсификации процессов тепло- и массообмена в системе кондиционирования воздуха и повышения их эффективности занимались узбекские ученые Захидов Р.А., Авезов Р.Р., Мухиддинов Д.Н., Рашидов Ю.К., Исманхужаева М.Р.

Несмотря на успешное использование двухступенчатой установки испарительного охлаждения, расчетные уравнения гидравлического сопротивления и результаты опытов показывают погрешности в конструкции. Здесь также в достаточной степени не изучены проблемы тепло- и массообменных процессов между водой и воздухом. В диссертации проведен анализ тепловых и гидродинамических процессов для систем

кондиционирования воздуха, рассчитаны оптимальные технологические и геометрические параметры, разработана математическая модель для определения параметров охлаждаемой воды и воздуха, в целом рассмотрены вопросы интенсификации и предложены их решения.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках темы № АЗ-ФА-0-15754 «Разработка новых методов и технических решений для систем тепло- и хладоснабжения производственных объектов» (2013-2016) в рамках научного исследования ТашГТУ и ООО «Научно-технический центр».

Целью исследования является возможность применения источников естественного холода для повышения энергоэффективности систем кондиционирования воздуха.

Задачи исследования:

создать экспериментальный стенд для определения гидродинамики аппарата испарительного охлаждения, а также разработать определяющее выражение гидравлического сопротивления аппарата;

разработать математическую модель и провести теоретический анализ воздушного охлаждения в испарительной камере;

разработать алгоритм и программу для расчета температуры воздуха и выходящей воды из испарительной охлаждающей установки;

осуществить подбор геометрических параметров насадки вращающегося регенеративного теплоутилизатора;

провести анализ использования вращающегося регенеративного теплоутилизатора в системах кондиционирования воздуха, а также определить параметры влажного воздуха, выходящего из теплоутилизатора.

Объектом исследования является система кондиционирования воздуха, основанная на использовании установки испарительного охлаждения.

Предмет исследования составляют энергетические и теплотехнические показатели оборотной воды установки испарительного охлаждения в системе кондиционирования воздуха.

Методы исследования. В процессе исследования использованы методы математического моделирования в системе кондиционирования воздуха, в том числе методы переработки полученных данных.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определён эффективный метод использования естественных источников холода в системах кондиционирования воздуха и разработана энергоэффективная схема;

создана математическая модель процессов теплообмена и проведены численные расчеты с целью определения эффективности работы испарительной охлаждающей установки;

получены эмпирические уравнения для определения гидравлического сопротивления, а также коэффициента эффективности охладителя воздуха

для сопоставления теоретических результатов с данными экспериментального исследования;

на основании результатов эксперимента были разработаны аппроксимационные выражения для определения параметров влажного воздуха, выходящего из вращающегося регенеративного теплоутилизатора и испарителя;

подобраны оптимальные геометрические параметры насадок, участвующих в тепломассообмене.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Получена программа ЭВМ для расчета двухступенчатой установки охлаждения воздуха в системе кондиционирования воздуха на основе полученных результатов.

Разработан алгоритм расчета системы кондиционирования воздуха при использовании вращающегося регенеративного теплоутилизатора для повышения энергоэффективности в системах кондиционирования воздуха.

Разработаны рекомендации по выбору геометрических параметров насадок вращающегося регенеративного теплоутилизатора.

Достоверность полученных результатов исследования. Надежность результатов объясняется соответствием результатов работы с результатами цифровых значений математического моделирования.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научное значение исследования - объяснение охлаждения до определенной температуры воды и воздуха в двухступенчатой установке испарительного охлаждения, моделирование тепло- и массообменного процесса и определение оптимальных геометрических параметров теплоутилизатора вращающегося регенератора.

Разработанный энергоэффективный принцип и установка внедрены в зданиях и сооружениях для обработки воздуха с теплотой и влажностью. Практическое значение результатов заключается в создании установки двухступенчатого охладителя при использовании теплоутилизации маломощного энергосберегающего вращающегося регенератора. Разработанная система объясняется расчетным алгоритмом вращающегося регенератора и повышением эффективности системы кондиционирования воздуха зданий, сооружений и предприятий.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных применённой двухступенчатой установкой испарительного охлаждения при использовании источников естественного холода в зданиях и сооружениях предприятия:

внедрена двухступенчатая установка испарительного охлаждения с вращающимся регенеративным теплоутилизатором в ООО TEXTIL-IPAK IMPEX при системе предприятий объединения «O'ZBEK IPAGI» (справка ФМ-01-21/3533 от 29.08.2019 объединение «O'ZBEK IPAGI»). Внедрение в результате дает возможность сокращения расхода электроэнергии в 2,3 раза в системе кондиционирования воздуха;

внедрено определение параметров влажного воздуха и алгоритм в ООО ТЕХТИЛ-ИРАК ИМПЕХ при системе предприятий объединения «О'ЗВЕК ИРАГИ» (справка ФМ-01-21/3533 от 29.08.2019 объединение «О'ЗВЕК ИРАГИ») При использовании предложенного алгоритма решены инженерные задачи в системе кондиционирования воздуха;

метод обработки результатов моделирования процессов тепло-массообмена, протекающих в установках испарительного охлаждения, внедрен в ООО ТЕХТИЛ-ИРАК ИМПЕХ при системе предприятий объединения «О'ЗВЕК ИРАГИ» (справка ФМ-01-21/3533 от 29.08.2019 объединения «О'ЗВЕК ИРАГИ»). В результате разработаны принципиальные схемы при проектировании систем кондиционирования воздуха:

расчетно-графический метод двухступенчатого испарительного охлаждения воздуха внедрен в ООО «ТЕХТИЛ-ИРАК ИМПЕХ» для систем кондиционирования воздуха при создании микроклимата зданий-сооружений. В результате создана возможность достигать относительную влажность до 50-60 % и температуры комнаты зданий-сооружений до 23-25°C.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований апробированы на семи научно-практических конференциях, в том числе 4-х международных и 3-х республиканских.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 7 научных работ, в том числе 2 статьи – в иностранных журналах, 5 статей – в республиканских журналах, рекомендованных ВАК РУз для защиты докторской диссертации (PhD).

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации содержит 110 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Введение работы основано на актуальности и необходимости работы, дана характеристика целям и задачам объекта и предмета исследования, показаны соответствия работы с перспективными направлениями развития науки и технологии республики, показаны научная новизна и практические результаты, раскрыто научно-практическое значение полученных результатов, приведены данные по внедрению в практику результатов исследования, по опубликованным работам и по структуре.

В первой главе диссертации «**Выполненные научные и практические анализы в системах кондиционирования с использованием естественного источника холода**» показаны примеры исследования современного состояния проблемы. Глава начинается с анализа методов использования естественных источников холода и существующих испарительных охладителей в системах кондиционирования. Анализ показывает, что предложенные возможности использования системы кондиционирования воздуха, работающей по принципу двухступенчатого

испарительного охлаждения с использованием естественных источников холода, не достаточно изучены на уровне научной проблемы. Поэтому важно было исследовать методы энергосбережения систем использования естественных источников холода. Также необходимо было уделить внимание изучению гидродинамического и теплового процессов установок испарительного охлаждения, а также повышению энерго-эффективности на основе конструкций и недостаточно разработанным методам расчетов.

Во второй главе диссертации **«Результаты и исследования установки испарительного охлаждения воздуха»** приведены теплотехнические, тепломассообменные, гидродинамические методы расчётов для проверки установки и камеры орошения двухступенчатого испарительного охладителя. В лабораторных условиях исследованы конечные данные определения коэффициента теплоотдачи в процессе движения теплоносителей в слое насадки.

Основные составляющие лабораторной установки: внутри установки для насыщения воздуха водяными парами упорядоченно установлены насадки из колец Рашига размерами $25*25*3$ мм, 1200 мм - высота установки, для наблюдения процесса изготовлена стеклянная трубка диаметром 300 мм. Для уменьшения гидравлического сопротивления при движении воздуха общая площадь щелей нижней решётки составляет 85% , а свободное расстояние между насадками составляет 60% . Для орошения насадок водой над насадками установлена разбрызгивающая воду установка (форсунка). Обработанная вода из камеры поступает во вращательный бак с водой и с помощью циркуляционного насоса (БВ 0,12-20) подаётся в формулу для обратного разбрызгивания воды.

Параметры воздуха на входе и на выходе из лабораторной установки, то есть температура и относительная влажность определяются по термометру и психрометру. Для определения количества воздуха воспользовались стандартной диафрагмой, а для определения количества воды в трубе установили ротаметр. Для определения гидравлического сопротивления брали дифференциальные манометры. Воздух, проходя через щели рабочих слоёв насадки, в оросительной камере входит в контакт с водой. Движение воздуха осуществляется в нижней части установки за счёт работы вентилятора (ВО 12-300-4), в оросительной камере по отношению к воде движется противоположно. Рабочий слой насадки в установке составляет $300 \div 400$ мм. Скорость воздуха, подаваемого в камеру, взят по разрезам насадок и составляет $0,8 \div 1,2$ м/с. Скорость воды, падающего на площадь разреза оросительного слоя насадки, составляет $2 \div 5$ м/с. Для установления показаний на влажном термометре коэффициент орошения должен быть в пределах $0,1 \div 0,4$ кг/кг. В этих пределах температуру воды можно охладить до термометра влажного воздуха.

Для эффективной работы испарительного охлаждения нужно удовлетворить ниже приведенным значениям отношений

$$\frac{D_{ап}}{d_{нас}} > 10, \frac{H_{ст}}{D_{ап}} \leq 1 \text{ и } H_{ст} = (5 \div 8) * d_{нас}, \quad (1)$$

где: $D_{\text{ап}}$ – диаметр аппарата, $d_{\text{нас}}$ – диаметр насадки, $H_{\text{нас}}$ – высота насадки.

Проведённые исследования были осуществлены на лабораторной установке (рис.1).

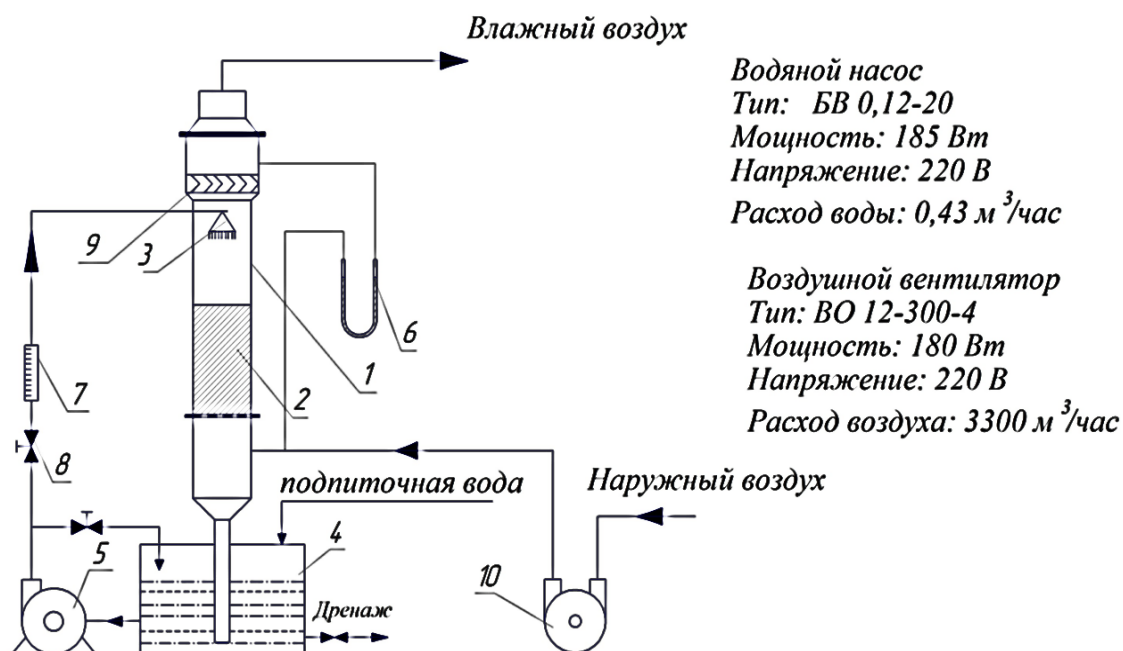


Рис.1. Схема испарительной лабораторной установки: 1-камера сгорания, 2-насадка кольца Рашига; 3-форсунка; 4-накопитель воды; 5-водяной насос; 6-манометр; 7-ротаметр; 8-вентилятор; 9-каплеуловитель; 10-вентиль

Первый опыт проведен для определения гидравлического сопротивления.

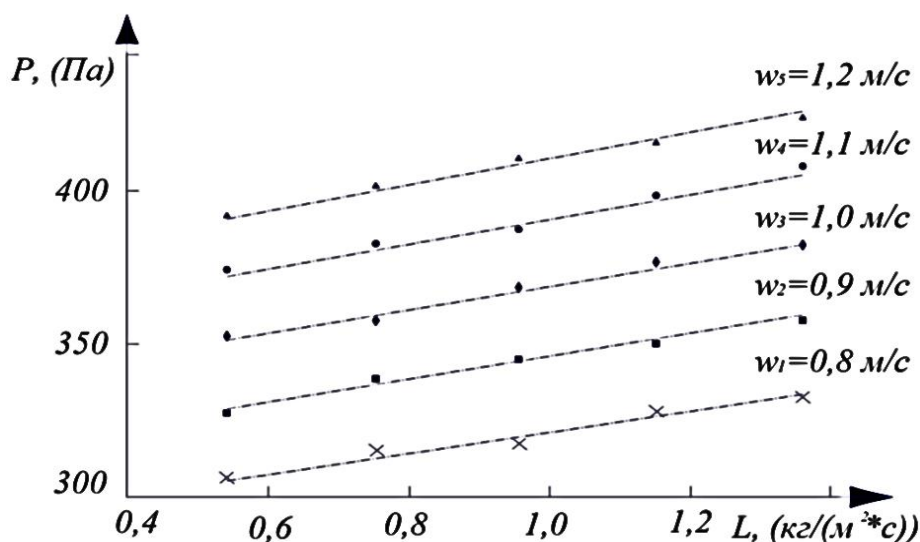


Рис.2. Зависимость гидравлического сопротивления (ΔP) от плотности орошения (μ) при скорости воздуха $w = 0,8 \div 1,2$ М/с

Гидравлическое сопротивление увлажненной насадки больше, чем у сухой насадки, т.е. определенное количество жидкости при увлажнении остается на поверхности и в каналах насадки, в результате уменьшаются свободный объем и сечение. Увеличивается действительная скорость

воздуха, повышается гидравлическое сопротивление насадки. Точно рассчитать гидравлическое сопротивление увлажненной насадки трудно, т.е. при постоянной скорости воздуха и плотности увлажнения значения ΔP зависят от расположения насадки внутри колонны. Из-за разности величин элементов насадки значение ΔP будет не постоянным.

В этом графике показано общее гидравлическое давление, зависящее от скорости воздуха при изменении $Re=1000 \div 1500$, которое колеблется в пределах $300 \div 450 \text{ Па}$. Общее гидравлическое сопротивление установки является сложной функцией, зависящей от устойчивости высоты насадки, скорости газа и плотности орошения. Если скорость воздуха уменьшится до определенного значения, это считается неудачным относительно воды и режим распадается.

При увеличении скорости воздуха он забирает с собой воду в атмосферу, что приводит к растрате воды.

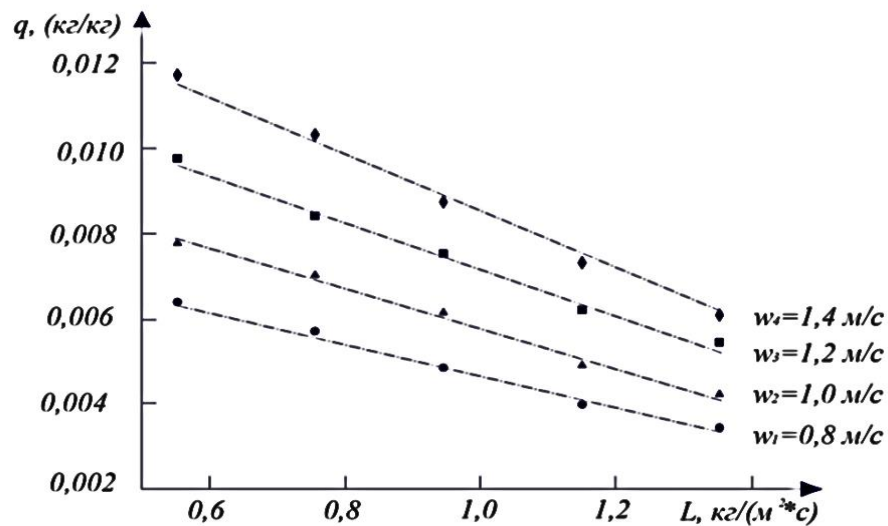


Рис. 3. Зависимость количества воды (q) от плотности орошения (μ) испаряемой воды при скорости воздуха $w = 0,8 \div 1,2 \text{ М/с}$

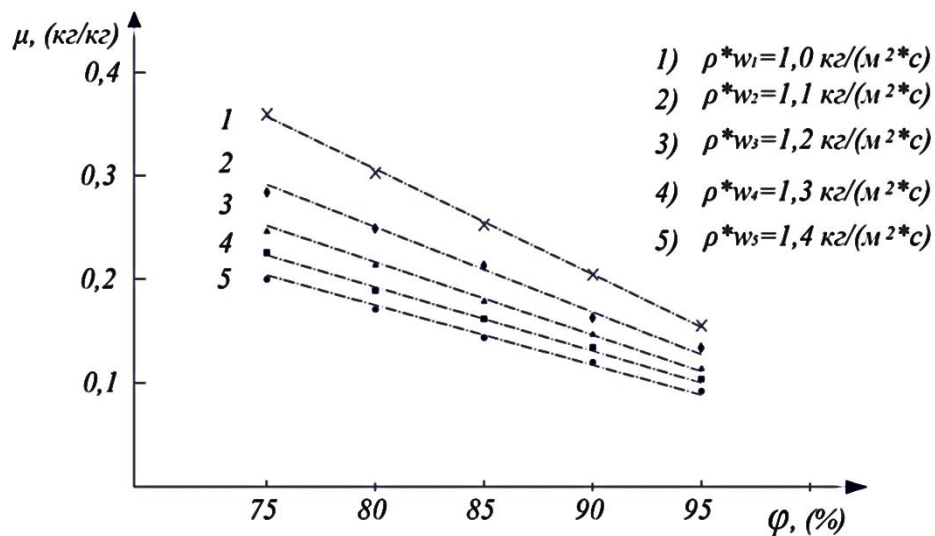


Рис.4. Зависимость коэффициента орошения (μ) от относительной влажности воздуха (ϕ) при массовой скорости воздуха $\rho * w = 1,0 \div 1,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2\text{*с}}$

В настоящее время в целях уменьшения расхода энергии насадки производятся из полимерного материала для проведения процессов тепло- и массообмена, в контактной поверхности фаз.

В третьей главе диссертации «Исследования процессов испарения и лучистого охлаждения оборотной воды в системах кондиционирования воздуха» приведены материальные и тепловые балансы аппарата испарительного охлаждения и определена температура охлаждаемой оборотной воды в слоях орошения.

В процессе испарения, как в любом тепло-массообменном процессе, должны быть выполнены минимум два баланса - тепловой и материальный. Можно составить материальный баланс для испарительного охлаждения на основе закона сохранения материи.

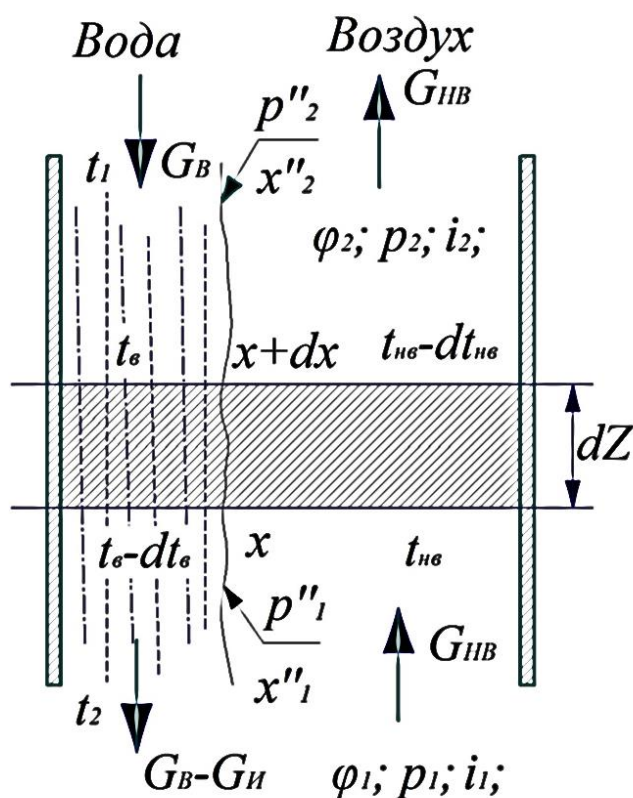


Рис.5. Принципиальная схема теплового и материального баланса аппарата испарительного охлаждения.

- G_B и $G_{НВ}$ – расход воды и воздуха при входе в охладитель;
- t_B и $t_{ВВ}$ – температуры воды и воздуха при входе в охладитель;
- i_1 и i_1 –энтальпии воздуха при входе и выходе в охладитель;
- ρ_1 и ρ_1 – плотности воздуха при входе и выходе из охладителя;
- x - количество влаги.

Уравнение теплового баланса для элементарного объема имеет следующий вид:

$$\rho_{\text{вода}} * \vartheta_{\text{вода}} * \frac{\partial I_{\text{вода}}}{\partial R} = \rho_{\text{воз}} * \vartheta_{\text{воз}} * \frac{\partial I_{\text{воз}}}{\partial Z} \quad (2)$$

Левую сторону уравнения свяжем с коэффициентом теплоотдачи и запишем в следующем виде:

$$\rho_{\text{вода}} * V_{\text{вода}} * \frac{\partial I_{\text{вода}}}{\partial \tau} = \alpha * (t_{\text{воз}} - t_{\text{вода}}) * f \quad (3)$$

Теплообмен воды при входе в камеру испарения с окружающей средой

$$\frac{\partial I_{\text{вода}}}{\partial \tau} = \vartheta_{\text{сув}} * \frac{\partial I_{\text{сув}}}{\partial r} \quad (4)$$

подставив выражение (4) в (2), получим

$$\frac{\partial I_{\text{вода}}}{\partial R} = \frac{\alpha * f}{\rho_{\text{вода}} * \vartheta_{\text{вода}} * V_{\text{вода}}} * (t_{\text{воз}} - t_{\text{вода}}), \quad (5)$$

подставив выражение (3) в (5), получим

$$\frac{\partial I_{\text{воз}}}{\partial Z} = \frac{\alpha * f}{\rho_{\text{воз}} * \vartheta_{\text{воз}} * V_{\text{воз}}} * (t_{\text{воз}} - t_{\text{вода}}), \quad (6)$$

где $\rho_{\text{воды}}$ и $\rho_{\text{воз}}$ – плотности воды и поток воздуха ($\text{кг}/\text{м}^3$), $v_{\text{воды}}$ и $v_{\text{воз}}$ – скорость воды и поток воздуха $\text{м}/\text{с}$, $dI_{\text{воды}}$ и $dI_{\text{воз}}$ – энтальпии воды и воздуха $\frac{\text{кЖ}}{\text{кг} * \text{К}}$, α – коэффициент теплоотдачи $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$, f – поверхность теплообмена (м^2), $t_{\text{вод}}$ и $t_{\text{воз}}$ – средние температуры воды и воздуха ($^{\circ}\text{C}$), $d\tau$ – изменение по времени (с), dR – радиус камеры испарения (м), dZ – высота (м).

При расчете параметров в прямом контакте воздуха с водой формируется граничный слой на поверхности частиц. В этих случаях надо знать параметры воздуха на линии насыщения, для чего надо изобразить зависимость $\varphi = \text{const}$ с предложенным уравнением.

Используем энтальпию для процессов охлаждения воды и кондиционирования воздуха в системах снабжения оборотной воды (7)

$$\partial I_{\text{вода}} = c_{\text{вода}} * \partial t_{\text{вода}}, \quad \partial I_{\text{воз}} = c_{\text{воз}} * \partial t_{\text{воз}} \quad (7)$$

Выражение (7) объединим с (5) и (6):

$$\frac{c_{\text{воз}} * \partial t}{t_{\text{воз}} - t_{\text{вода}}} = \frac{\alpha * f}{\rho_{\text{воз}} * \vartheta_{\text{воз}} * V_{\text{воз}}} * \partial Z \quad (8)$$

Интегрируем по высоте слоя в режиме $t_{\text{вод}} = \text{const}$, после интегрирования при $z=0$ и $t_{\text{вод}} = t_{\text{воз}}$ получим выражение (9):

$$t_{\text{воз}} = t'_{\text{вода}} + (t'_{\text{воз}} - t'_{\text{вода}}) * \exp\left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{воз}} * H_{\text{слой}} * c_{\text{воз}}}\right), \quad (9)$$

где $t_{\text{вод}}$ и $t_{\text{воз}}$ – начальные температуры воды и воздуха ($^{\circ}\text{C}$), $G_{\text{хаво}}$ и $G_{\text{хаво}}$ – массовые расходы воды и воздуха по времени ($\frac{\text{кг}}{\text{с}}$), $H_{\text{слой}}$ – высота слоя.

Выражение (3) запишем в следующем виде

$$\frac{\partial I_{\text{вода}}}{\partial r} = \frac{\rho_{\text{воз}} * \vartheta_{\text{воз}}}{\rho_{\text{вода}} * \vartheta_{\text{вода}}} * \frac{\partial I_{\text{воз}}}{\partial Z} \quad (10)$$

или для высоты слоя

$$\frac{\partial I_{\text{вода}}}{\partial r} = \frac{\rho_{\text{воз}} * \vartheta_{\text{воз}} * c_{\text{воз}}}{\rho_{\text{вода}} * \vartheta_{\text{вода}} * H_{\text{слой}}} * (t'_{\text{воз}} - t_{\text{воз}}) \quad (11)$$

выражение (11) с помощью (8) $\partial I_{\text{вода}} = c_{\text{вода}} * \partial t_{\text{вода}}$ напишем:

$$\frac{\partial t_{\text{вода}}}{\partial r} = \frac{G_{\text{воз}} * c_{\text{воз}}}{c_{\text{вода}} * G_{\text{вода}} * R_{\text{вн}}} * (t'_{\text{воз}} - t_{\text{воз}}) \quad (12)$$

Уравним выражение (12) с выражением (9)

$$\frac{\partial t_{\text{вода}}}{t'_{\text{воз}} - t_{\text{вода}}} = \frac{G_{\text{воз}} * c_{\text{воз}}}{c_{\text{вода}} * G_{\text{вода}} * (R_{\text{нар}} - R_{\text{вн}})} * \left[1 - \exp\left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{воз}} * c_{\text{воз}}}\right)\right] dR \quad (13)$$

Выражение (13) интегрируем, при этом берем $t'_{\text{воз}} = t_{\text{воз}}$ и $R = R_{\text{вн}}$, выходит уравнение распространения температуры жидкости по радиусу канала (14):

$$t_{\text{вода}} = t'_{\text{воз}} - (t'_{\text{воз}} - t'_{\text{вода}}) * \exp \left\{ \frac{G_{\text{воз}} * c_{\text{воз}}}{c_{\text{вода}} * G_{\text{вода}} * (R_{\text{нар}} - R_{\text{вн}})} * (R - R_{\text{вн}}) * \left[1 - \exp \left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{воз}} * c_{\text{воз}}} \right) \right] \right\} \quad (14)$$

Выражение (10) упростим выражением (14) и получим уравнение распространения температуры воздуха при выходе из слоя насадки по радиусу канала:

$$t_{\text{воз}} = t'_{\text{воз}} - (t'_{\text{воз}} - t'_{\text{вода}}) * \exp \left\{ \frac{G_{\text{воз}} * c_{\text{воз}}}{c_{\text{вода}} * G_{\text{вода}} * (R_{\text{нар}} - R_{\text{вн}})} * (R - R_{\text{вн}}) * \left[1 - \exp \left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{воз}} * c_{\text{воз}}} \right) \right] \right\} * \left[1 - \exp \left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{воз}} * c_{\text{воз}}} \right) \right] \quad (15)$$

Из выражения (15) находим конечную температуру жидкости при выходе из камеры испарения, если возьмем $R = R_{\text{нар}}$ и $Z = H_{\text{слой}}$, то получим:

$$t''_{\text{вода}} = t'_{\text{воз}} - (t'_{\text{воз}} - t'_{\text{вода}}) * \exp \left\{ \frac{G_{\text{воз}} * c_{\text{воз}}}{c_{\text{вода}} * G_{\text{вода}}} * \left[1 - \exp \left(\frac{\alpha * F}{G_{\text{воз}} * c_{\text{воз}}} \right) \right] \right\} \quad (16)$$

Определена средняя конечная температура воздуха в тепловом балансе, не учитывая испаряемой жидкости

$$t''_{\text{воз}} = t'_{\text{воз}} - \frac{c_{\text{вода}} * G_{\text{вода}} * (t''_{\text{вода}} - t'_{\text{вода}})}{c_{\text{воз}} * G_{\text{воз}}} \quad (17)$$

где $t''_{\text{хаво}}$ - конечная температура воды и воздуха при выходе из камеры испарения ($^{\circ}\text{C}$).

Анализ уравнений (2÷17) показывает, что изменение температуры жидкости и воздуха влияет на теплофизические свойства теплоносителей в камере испарения.

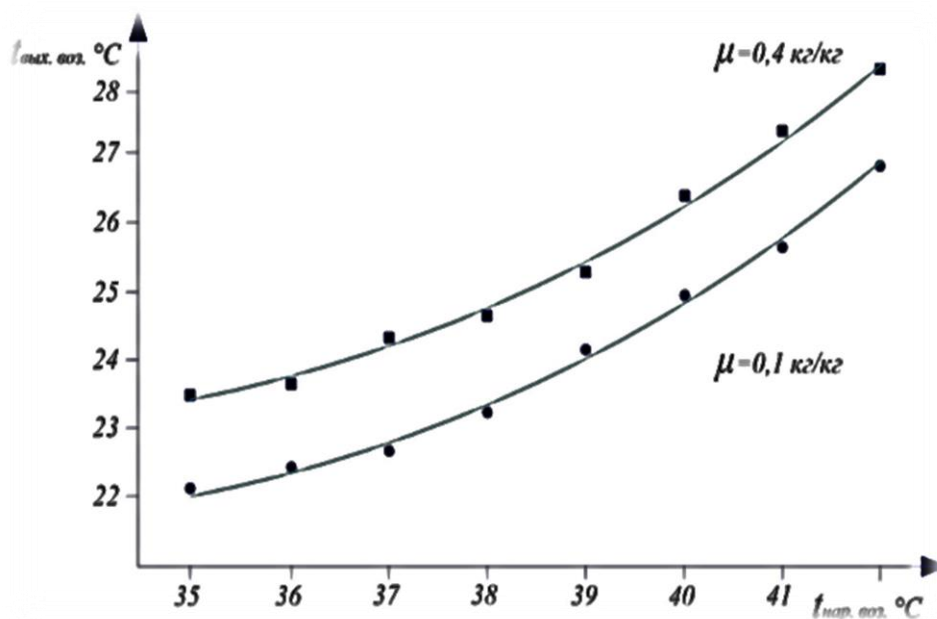


Рис.6. Зависимость температуры воздуха на выходе из камеры испарительного охладителя ($t_{\text{вых.воз}}$) от начальной температуры внешнего воздуха ($t_{\text{нар.воз}}$) при коэффициенте орошения (μ)

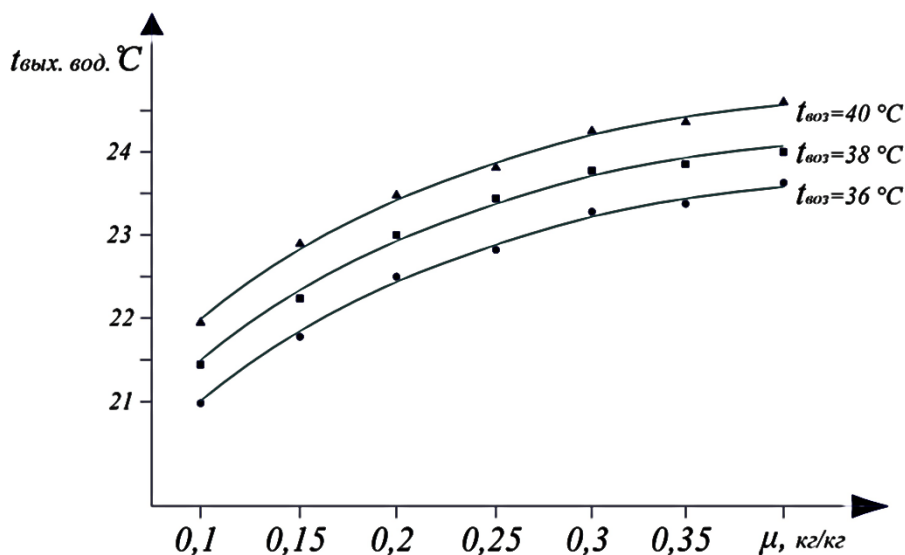


Рис.7. Зависимость температуры воды на выходе из камеры ($t_{\text{вых.вода}}$) испарительного охладителя от коэффициента орошения (μ) при начальной температуре наружного воздуха ($t_{\text{нар.воз}}$)

Значит, следует считать, что в малых значениях плотности орошения полное увлажнение слоя мало влияет на величину коэффициента теплообмена.

В четвертой главе диссертации “**Применение вращающегося регенеративного теплоутилизатора в двухступенчатых установках испарительного охлаждения**” приведены методы расчета термической эффективности и аэродинамического сопротивления предложенной установки.

На рис. 8 показаны по оси координаты вращающийся регенеративный теплоутилизатор с насадкой и направление теплоносителей. При вращении насадки теплообменный процесс в канале считается нестационарным. Температура на поверхности каналов изменяется по длине насадки и времени.

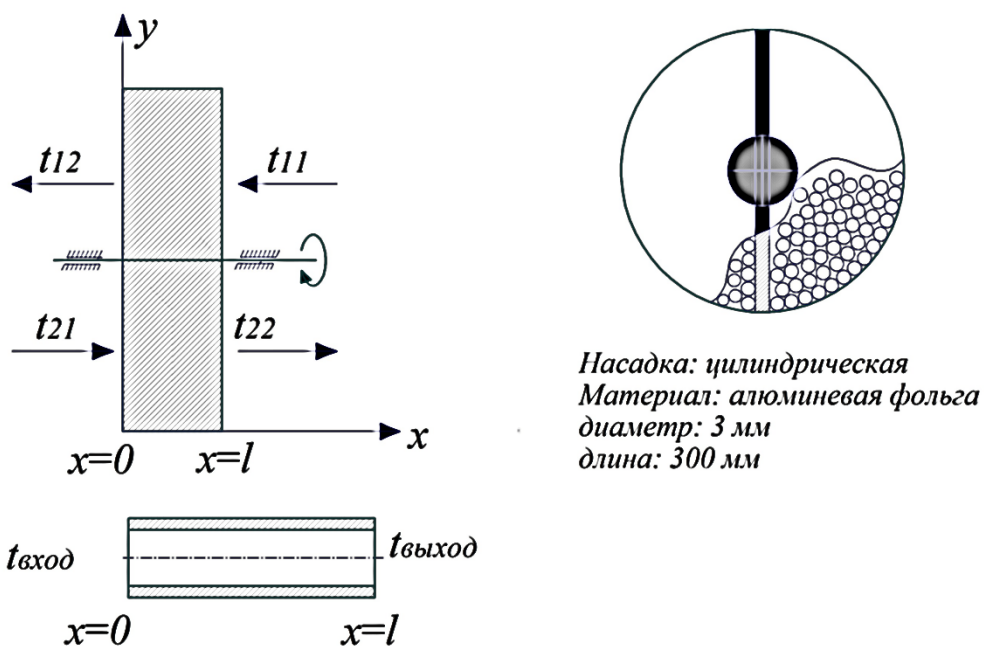


Рис. 8. Вращающийся регенеративный теплоутилизатор и его насадка

Эти теплообменные установки применяются для охлаждения и нагревания газов, увлажнения и сушки газов, использования теплоты высококачественных теплоносителей. Вращающийся регенеративный теплоутилизатор – это установка, в которой происходит теплопередача за счет процесса вращения насадок входящего потока воздуха из помещения и выходящего из него. Этими теплоутилизаторами можно вернуть 75-85% уходящей теплоты в систему.

Теплообменный процесс в каналах насадки вращающегося регенеративного теплоутилизатора описывается следующими уравнениями:

$$\begin{cases} \frac{dt_i}{dx_i} = \frac{\alpha_i * F_i}{G_i * Cp_i} * (t_{\text{нас}} - t_i) \\ \frac{dt_{Mi}}{d\tau} = \frac{\alpha_i * F_i}{M * Cp_{\text{нас}}} * (t_i - t_{\text{нас}}) \end{cases} \quad i = 1, 2, \quad (18)$$

где $i = 1$ – для потока холодного воздуха; $i = 2$ – для потока горячего воздуха. Для двух потоков тепловой баланс можно выразить следующим уравнением

$$dQ_i = \pm \alpha_i * F_i * (t_i - t_{\text{нас}}) * d\bar{x}, \quad (19)$$

где $dx = x/l$ – безразмерная величина координаты

В работе вращающегося регенеративного теплоутилизатора средняя температура поверхности насадок при $x = 0$ (при входе горячего воздуха)

$$t_{\text{нас}, x=l} = \frac{t_{21} + t_{\text{ср.}12}}{2}, \quad (20)$$

при $x = l$ (для потока холодного воздуха),

$$t_{\text{нас}, x=0} = \frac{t_{11} + t_{\text{ср.}22}}{2}, \quad (21)$$

здесь $t_{\text{ср.}12}$ и $t_{\text{ср.}22}$ – средние температуры потоков холодного и горячего воздуха при выходе из насадки

Среднюю арифметическую температуру в поверхности насадки по оси X можно определить как:

$$t_{\text{нас}, \text{ср.}} = \frac{t_{\text{нас}, x=0} + t_{\text{нас}, x=l}}{2} \quad (22)$$

Приведенное количество теплоты от потока воздуха к насадке определяется:

$$\bar{Q} = G * Cp * (t_{x=0} - t_{x=l}), \quad (23)$$

где G_g - массовый расход воздуха, C_p – теплоемкость воздуха при постоянном давлении; $t_{x=0}$ и $t_{x=l}$ средняя температура воздуха при $x = 0$ (вход теплоносителя) и $x = l$ (выход теплоносителя); l – глубина насадки по оси x (рис.7).

Количество теплоты можно определить по формуле:

$$\bar{Q} = \bar{\alpha} * F * \Delta t \quad (24)$$

здесь α - коэффициент теплоотдачи, -теплообменная поверхность насадки; Δt -разность температур поверхность насадки и воздуха. Зная коэффициенты теплопроводности поверхности насадки, и измеряя разности температур по формуле (25), можно определить коэффициент теплоотдачи:

$$\bar{\alpha} = \frac{Q}{F * \Delta t_{\text{ар}}}, \quad \text{здесь } \Delta t_{\text{ар}} = t_{\text{нас,ср}} - \frac{1}{2} * (t_{x=0} + t_{x=l}) \quad (25)$$

Гидравлическое сопротивление воздуха во вращающемся регенеративном теплоутилизаторе определяется по формуле (26)

$$\Delta P_{\text{нас},2} = \zeta_{\text{тр}} * \frac{\rho_2 * U_2^2}{2} * \frac{l}{d_{\text{ЭКВ}}} \quad (26)$$

Для потока горячего воздуха:

$$\Delta P_{\text{нас},1} = \zeta_{\text{тр}} * \frac{\rho_1 * U_1^2}{2} * \frac{l}{d_{\text{ЭКВ}}} \quad (27)$$

Для потока холодного воздуха:

здесь l – длина насадки, U_1, U_2 – средняя скорость потоков в каналах, ρ_1, ρ_2 – плотность потоков при средней температуре.

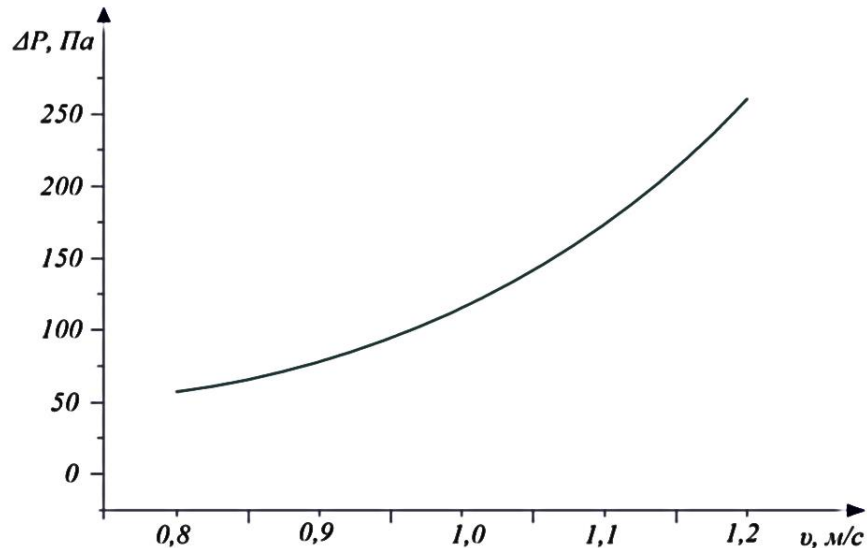


Рис.9. Зависимость аэродинамического давления (ΔP) от скорости воздуха ($w_{\text{воз}}$), протекающего во вращающемся регенеративном теплоутилизаторе.

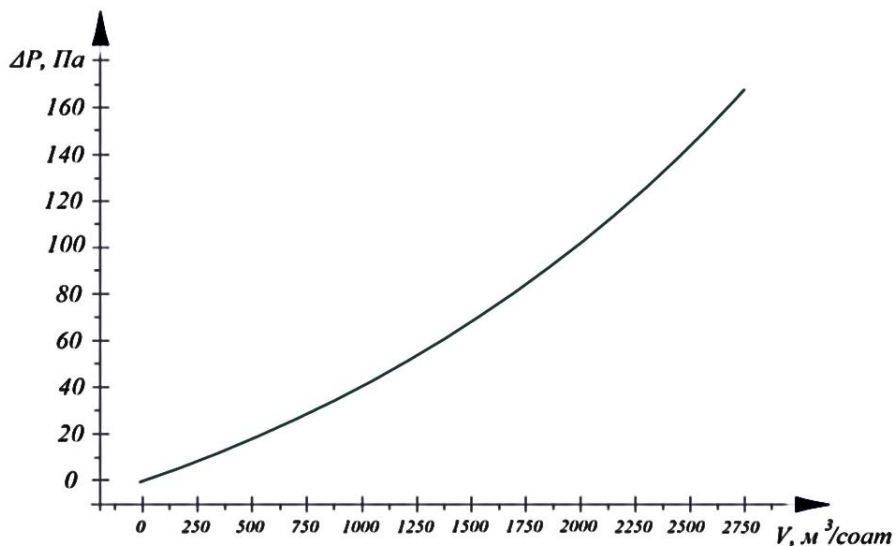


Рис. 10. Зависимость аэродинамического сопротивления (ΔP) от объёмного расхода воздуха (V) в теплоутилизаторе

Предложенный метод математического моделирования теплоутилизатора для расчета уменьшения давления утверждает

соответствие лабораторным результатам, полученным при проектировании вращающегося регенеративного теплоутилизатора.

Термическая эффективность влияет на количество вращений насадок вращающегося регенеративного теплоутилизатора. С увеличением количества вращений насадок термическая эффективность теплоутилизатора увеличивается и симптоматически, когда достигает определенного значения, то эффективность остается неизменной. Надо учесть, что при увеличении скорости вращения увеличивается скорость потока воздуха, но это отрицательно влияет на эффективность теплообмена.

Таблица 1

Геометрическая характеристика вращающегося регенеративного теплоутилизатора.

Характеристика	Значение
Диаметр насадки	3 мм
Глубина насадки	300 мм
Поверхность теплообмена	96,78 м ²
Объем насадки	0,04 м ³
Толщина насадка	0,09 мм
Максимальная мощность мотора	90 Вт

Вращение насадки вращающегося регенеративного теплоутилизатора равно $n = 9 \div 13$ об/мин и скорость вращения $v = 0,02 \div 0,1$ м/с.

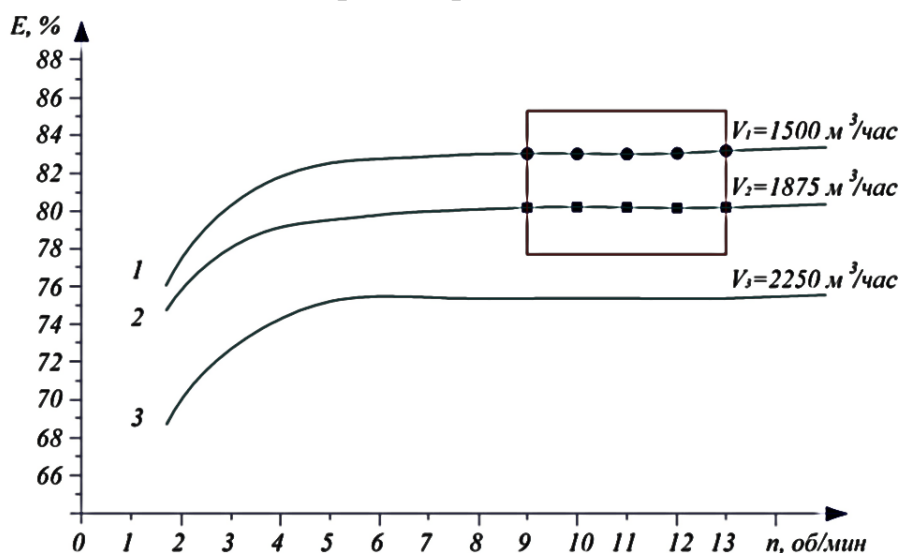


Рис. 11. Зависимость тепловой эффективности (E) от количества вращений (n) теплоутилизатора при $V = 1500 \div 2250$ м³/час

На рис.11 приведена зависимость тепловой эффективности исследуемого теплоутилизатора от количества вращений. Из данных результатов видно, что количество вращений от 9 до 13 об/мин можно считать самым оптимальным.

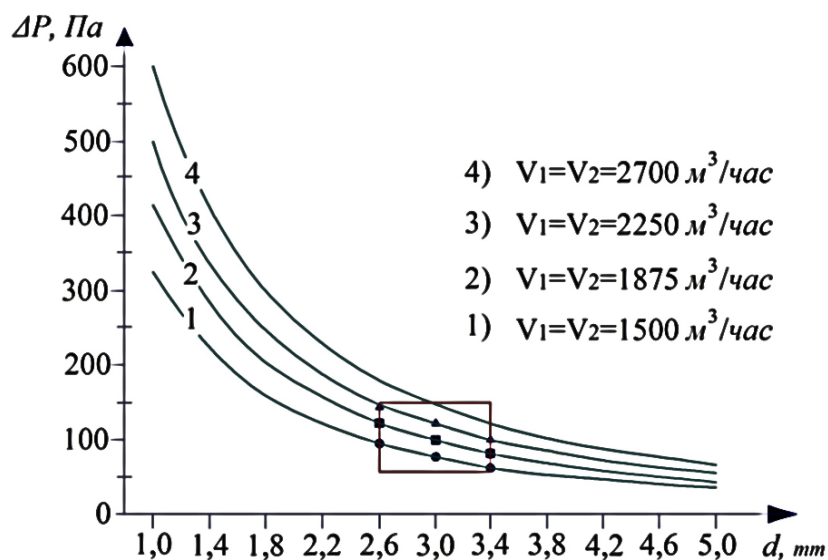


Рис. 12. Зависимость аэродинамического сопротивления (ΔP) от диаметра насадки (d) при объёмном расходе воздуха (V)

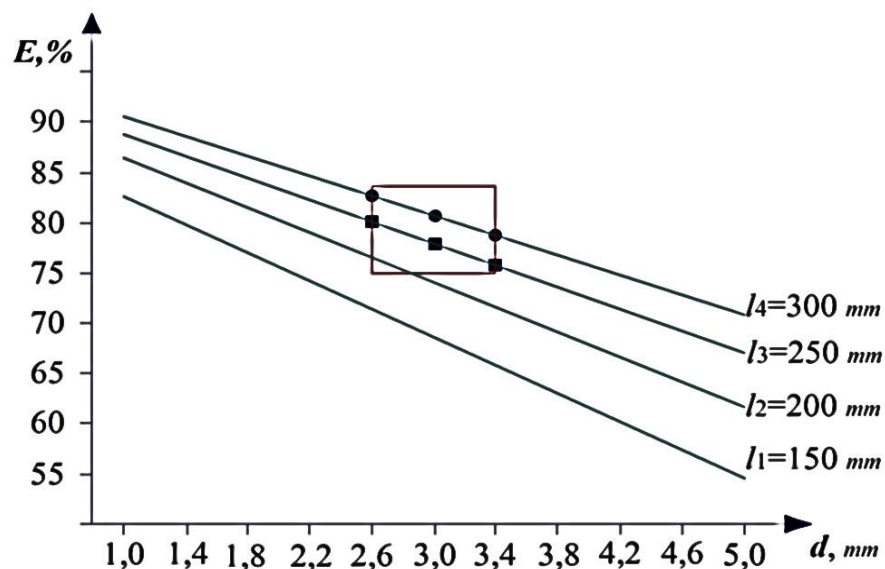
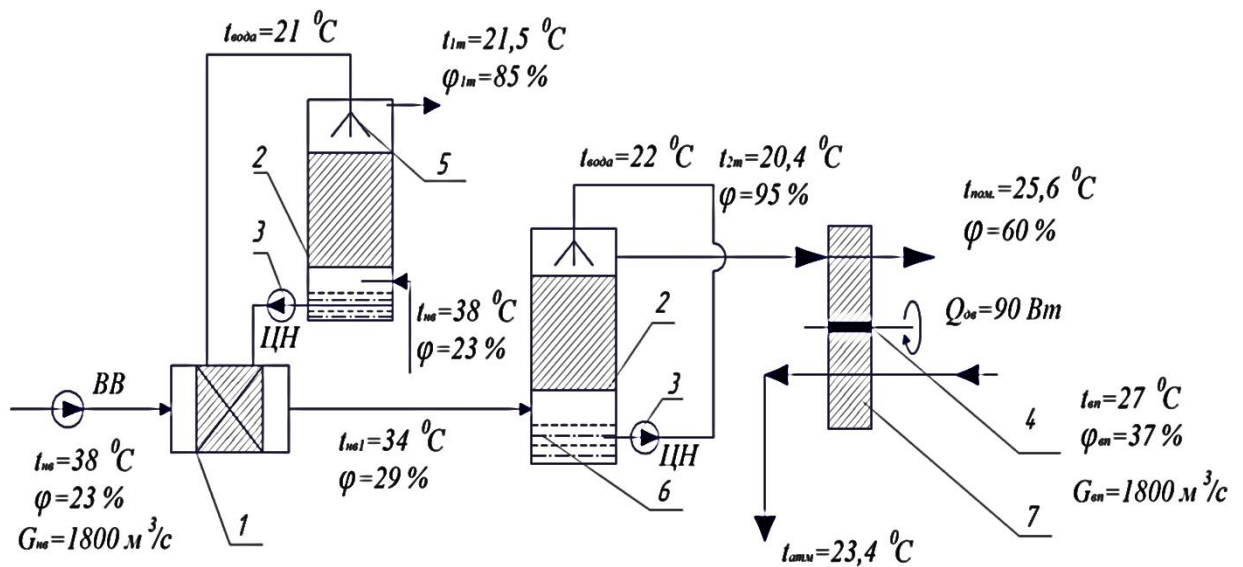


Рис.13. Зависимость термической эффективности (E) от диаметра насадки (d) при длине насадки (l)

В настоящее время при использовании принципов испарительного охлаждения воздуха разрабатываются опытные и типовые проекты зданий. Данные, собранные по результатам опытных испытаний, дают возможность определения расчетных рекомендаций и рациональных схем обработки воздуха.

В результате разработаны принципиальные схемы при проектировании системы кондиционирования воздуха. Показатели воздуха рабочего места в значительной мере оказывают отрицательное влияние на человека. Взаимодействие процессов производства и особенностей окружающей среды усложняет рабочую обстановку и отрицательно влияет на организм человека. В таких ситуациях комнатная температура должна быть $23 \div 25$ °C и относительная влажность $40 \div 60$ %.



Водяной насос: БВ 0,12-20; $P=185\text{ Вт}$; $Q=0,43\text{ м}^3/\text{час}$

Воздушной вентилятор: ВО 12-300-4; $P=180\text{ Вт}$; $Q=3300\text{ м}^3/\text{час}$

1) теплообменник, 2) испарительная камера 3) циркуляционной насос,
4) теплоутилизатор 5) форсунка, 6) поддон, 7) насадки утилизатора

Рис. 14. Технологическая схема двухступенчатой испарительной установки с применением вращающегося регенеративного теплоутилизатора.

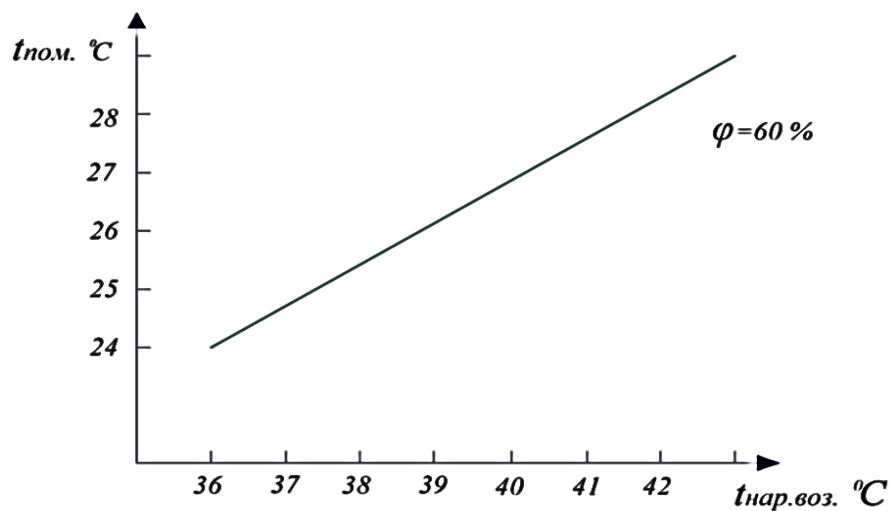


Рис. 15. Зависимость температуры помещения ($t_{\text{пом.}}$) от наружного воздуха ($t_{\text{нар.}}$) при относительном воздухе φ .

Таким образом, экономическая эффективность по результатам усовершенствования в системах кондиционирования воздуха зданий ООО «ТЕХТИЛ-ИРАК ІМРЕХ» объединения «О'ЗВЕК ІРАГІ» составила по ценам 2019 года 32,4 млн. сум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследований, проведенных по теме «Потенциал естественных источников холода в системах кондиционирования воздуха» диссертационной работы доктора философии (PhD) по техническим наукам, представлены следующие выводы:

1. В климатических условиях Узбекистана использование естественных источников холода в системах кондиционирования воздуха, работающих по принципу двухступенчатой испарительной системы охлаждения, было признано более эффективным. При этом результаты анализа позволили создать новое энергосберегающее устройство, которое внедрено в ООО «ТЕКСТИЛЬ-ИПАК ИМПЭКС». Результаты внедрения: было сэкономлено 129,6 тыс. кВт*ч электроэнергии в год или 16 тонн условного топлива.

2. Разработана математическая модель и предложена новая энергоэффективная схема для снижения потребления тепла и электроэнергии в системах кондиционирования воздуха с использованием метода испарительного охлаждения.

3. Экспериментальным путём определены зависимости изменения коэффициента орошения температуры по мокрому термометру влажного воздуха, выходящего из камеры испарения и скорости потока воздуха гидродинамического сопротивления оборотной воды из камеры орошения испарительного охладителя.

4. Для проведения инженерных расчетов были взяты расчетные уравнения, определяющие температуру точки росы и температуру влажного воздуха по мокрому термометру.

5. По результатам проведенных расчетов определено изменение взаимосвязи поверхности теплообмена от потери давления, расхода потока воздуха и значения геометрического размера теплообменной насадки к термической эффективности. При проектировании насадки теплоутилизатора были получены: $l = 250 \div 300$ мм, $d = 2,6 \div 3,4$ мм.

6. Разработаны программа и алгоритм расчета для ЭВМ температуры воздуха и выходящей воды из двухступенчатого испарительного охладителя.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREE
DSc.27.06.2017.T.03.03 AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY AND LLC «SCIENTIFIC TECHNICAL CENTER»**

**LIMITED LIABILITY COMPANY
«SCIENTIFIC TECHNICAL CENTER»**

USMONOV NIZOMJON ORIFOVICH

**POSSIBILITIES OF USING NATURAL SOURCES OF COLD IN AIR
CONDITIONING SYSTEMS**

05.05.04 – Industrial Thermal Power

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

Tashkent – 2019

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2019.2.PhD/T367

Dissertation has been prepared at the LLC «Scientific-technical center» JSC «Uzbekenergo».

The abstract of the dissertation is posted in the three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) on the website of the Scientific Council (www.tdsu.uz) and on the website “ZiyoNet” Information and education portal (www.ziyo.net).

Scientific consultant:

Isakhodjayev Khayrulla Sunnatillayevich
doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

Official opponents:

Iskandarov Zafar Samandarovich
doctor of Technical Sciences, professor

Sokolayev Igor Borisovich
doctor of Technical Sciences, professor

Leading organization:

JSC «Teploelectroproect»

The defense of dissertation will be take place «___» _____ 2019 at ___ o'clock at meeting of Scientific Council at the Scientific Council DSc.27.06.2017.T.03.03 Tashkent State Technical University and LLC «Scientific-Technical Centre». (Address: 2, University str., Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone: (99871) 227-03-41, fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information – resource Center of the Tashkent State Technical University (Registered number - ___). (Address: 2, University str., Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone: (99871) 227-03-41)

Abstract of dissertation was distributed on «___» _____ 2019 year.
(mailing report №___ on «___» _____ 2019 year).

K.R. Allaev

Chairman of Scientific Council on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Professor, Academician

N.B. Pirmatov

Scientific secretary of the Scientific Council
on awarding scientific degree, Professor
Doctor of technical sciences,

R.P. Babakhodjaev

Chairman of the scientific seminar under Scientific Council
on awarding scientific degree,
Doctor of technical sciences, Assistant Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to consist in exploring the possibility of using natural sources of cold to increase the energy efficiency of air conditioning systems.

Tasks of the research:

to create an experimental bench for determining the hydrodynamics of the evaporative cooling apparatus, as well as developing a defining expression of the hydraulic resistance of the apparatus;

to develop a mathematical model and conduct a theoretical analysis of air cooling in the evaporation chamber;

to develop a computer algorithm and a software for calculating the temperature of air and water leaving the evaporative cooling unit;

to select the geometric parameters of the nozzle of a rotating regenerative heat exchanger;

to analyze the using of a rotating regenerative heat exchanger in air conditioning systems, as well as determining the parameters of moist air leaving the heat exchanger.

The object of the research work is an air conditioning system based on the using of evaporative cooling.

The scientific novelty of the research work is as follows:

an effective method for using natural sources of cold in air conditioning systems has been identified and an energy-efficient scheme has been developed;

a mathematical model of heat and mass transfer processes was created and numerical calculations were carried out to determine the efficiency of the evaporative cooling installation;

empirical equations have been obtained for determining the hydraulic resistance, as well as the air cooler efficiency coefficient to compare theoretical results with experimental data;

based on the results of the experiment, approximation expressions were developed to determine the parameters of moist air leaving the rotating regenerative heat exchanger and evaporator;

the optimal geometric parameters of nozzles involved in heat and mass transfer are selected.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained by using a two-stage evaporative cooling unit using sources of natural cold in the buildings and structures of the enterprise:

a two-stage evaporative cooling unit with a rotating regenerative heat exchanger was introduced at TEXTIL-IPAK IMPEX LLC under the system of enterprises of the O'ZBEK IPAGI association (certificate FM-01-21/3533 from 08/29/2019 O'ZBEK IPAGI association). Implementation as a result makes it possible to reduce energy consumption to 2,3 times in the air conditioning system;

determination of humid air parameters and an algorithm implemented in TEXTIL-IPAK IMPEX LLC under the system of enterprises of the O'ZBEK IPAGI association (reference FM-01-21/3533 of 08/29/2019 the O'ZBEK IPAGI

association). When using the proposed algorithm, engineering decisions were made tasks in air conditioning systems;

a method for processing the results of modeling heat and mass transfer processes occurring in evaporative cooling plants was introduced at TEXTIL-IPAK IMPEX LLC under the system of enterprises of the O'ZBEK IPAGI association (reference FM-01-21/3533 from 08/29/2019 O'ZBEK IPAGI association). As a result, the basic schemes for the design of air conditioning systems were developed;

TEXTIL-IPAK IMPEX LLC has applied the calculation and graphical method of two-stage evaporative air cooling for air conditioning systems in creating the microclimate of buildings. As a result, the opportunity was created to achieve relative humidity of up to 50-60% and room temperature of buildings and structures up to 23-25 °C.

Structure and scope of the thesis. The structure of the thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, a list of used literature and applications. The scope of the thesis consists 110 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Усмонов Н.О., Исаходжаев Х.С. Повышение эффективности охлаждения оборотной воды в испарительных охладителях с псевдооживленным слоем // Вестник Московского энергетического института. 2019, №2. С. 51-55 (05.00.00 №17).

2. Усмонов Н.О. Создание математической модели процессов вращающегося регенеративного теплоутилизатора в системе кондиционирования воздуха // Вестник ТашГТУ. 2019, №1. С. 100-106 (05.00.00 №16).

3. Usmonov N.O., Abdullabekov Y.U., Xamidullayev Z.Z. Heat and Material Balances and Equations of Heat and Mass Transfer of Evaporative Air Water Cooler // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. 2019, Vol. 6, Issue 1. p. 7943-7946. (05.00.00 №8).

4. Усмонов Н.О., Махмудова Д.Х. Определение расчетных параметров процессов гидродинамики в аппарате с трёхфазным псевдооживленным слоем // Вестник ТашГТУ. 2018, №4. С. 96-101 (05.00.00 №16).

5. Усмонов Н.О., Умарова М.Х. Интенсификация тепломассообмена в аппарате псевдооживленного слоя с шаровой насадкой // Вестник ТашГТУ. 2018, №3. С. 98-104 (05.00.00 №16).

6. Исаходжаев Х.С., Усмонов Н.О., Умарова М.Х., Махмудова Д.Х. Определение коэффициента теплоотдачи от трехфазного псевдооживленного слоя к стенке аппарата охлаждения оборотной воды // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. 2018, №3-4. С. 127-134 (05.00.00 №21).

7. Усмонов Н.О. Определение температуры точки росы и мокрого термометра влажного воздуха в системах кондиционирования воздуха // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. 2018, №1-2. С. 107-111 (05.00.00 №21).

8. Исаходжаев Х.С., Усмонов Н.О., Хамидуллаев З.З. Математическая модель охлаждения воздуха испарительных охладителях // Республиканская научно-практическая конференция «Физика возобновляемых источников энергии и устойчивой окружающей среды». г. Карши, 24-25 апрель 2019 г. – С. 192-194.

9. Усмонов Н.О. Определение температуры влажного воздуха при выходе из испарительной камеры с применением вращающегося регенеративного теплообменника // СибАК «Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке» Сборник статей по материалам XXXI международной научно-практической конференции. г. Новосибирск, февраль 2019 г. № 1 (30), – С. 40-45.

10. Усмонов Н.О., Мавжудова Ш.С. Теплоутилизатор в системах вентиляции и кондиционирования воздуха // Международная научно-

практическая конференция «Инновация-2018». Сборник научных статей. г. Ташкент, – С. 89-91.

11. Усмонов Н.О., Ахматова С.Р. Определение температуры воздуха в трехфазном псевдооживленном слое // Республиканская научно-практическая конференция «Современные проблемы возобновляемой энергетики» г. Карши, 18-19 май 2018 г. – С. 268-269.

12. Исаходжаев Х.С., Усмонов Н.О. Энергосберегающий режим эксплуатации оборудования систем кондиционирования воздуха // СибАК «Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке» Сборник статей по материалам XIV международной научно-практической конференции. г. Новосибирск, март 2018 г. № 5 (14), – С. 40-45.

13. Usmonov N.O., Normuminov J.A., Taniyev M.X. The sketch scheme of automatic system of monitoring and control the work of lighters in water preparing plant at the Tashkent thermal power station // The Twelfth International Conference on Eurasian scientific development. March 02, 2017. Vienna, – p. 81-83

14. Usmonov N.O., Normuminov J.A., Axmatova S.R. Multichannel measuring the water transparency to automate water clarification process water treatment plant TashTPP // European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences 13th International scientific conference 19th January 2017. Vienna, – p. 177-180

15. Усмонов Н.О., Исаходжаев Х.С. «Расчет температуры оборотной воды при работе трехфазного псевдооживленного испарительного охладителя в системе кондиционирования воздуха». Государственное патентное ведомство. Свидетельство № DGU 06391. 01.04.2019 г.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» ва «Энергия ва ресурс тежаш муаммолари» журналлари тахририятида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги ўзаро мувофиқлаштирилди (__. __ 2019 йил)

Босишга рухсат этилди: __. __ 2019 йил
Бичими 60x45 ^{1/16}, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 5. Адади: 100. Буюртма: № ____

«IMPRESS MEDIA» масъулият чекланган жамияти.
Тошкент шаҳри, Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6 уй

