

**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**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ИСАХОДЖАЕВ ХАЙРУЛЛА СУННАТУЛЛАЕВИЧ

**САНОАТ КОРХОНАЛАРИНИНГ АЙЛАНМА СУВЛАРИНИ
ҚЎЗГАЛУВЧАН ҚАТТИҚ НАСАДКАЛИ МАВҲУМ ҚАЙНОВЧИ
ҚАТЛАМДА СОВИТИШ**

05.05.04 – Саноат иссиқлик энергетикаси

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

Тошкент – 2018

**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**

Исаходжаев Хайрулла Суннатуллаевич

Саноат корхоналарини айланма сувларини кўзгалувчан қаттиқ
насадкали мавҳум қайновчи қатламда совитиш..... 3

Исаходжаев Хайрулла Суннатуллаевич

Охлаждение оборотной воды промышленных предприятий в
псевдоожигенном слое с твердой подвижной насадкой..... 23

Isakhodjayev Khayrulla Sunnatullayevich

Cooling of circulating water in industrial enterprises at the imaginary
liquefied layer with a solid movable filling..... 44

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**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ИСАХОДЖАЕВ ХАЙРУЛЛА СУННАТУЛЛАЕВИЧ

**САНОАТ КОРХОНАЛАРИНИНГ АЙЛАНМА СУВЛАРИНИ
ҚЎЗГАЛУВЧАН ҚАТТИҚ НАСАДКАЛИ МАВҲУМ ҚАЙНОВЧИ
ҚАТЛАМДА СОВИТИШ**

05.05.04 – Саноат иссиқлик энергетикаси

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

Тошкент – 2018

Техника фанлар бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.3.PhD/413 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида 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:

Захидов Ромэн Абдуллаевич
техника фанлари доктори, профессор,
академик

Расмий оппонентлар:

Искандаров Зафар Самандарович
техника фанлари доктори, профессор

Короли Мехрия Анваровна
техника фанлари номзоди, доцент

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 2018 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 2018 йил «__» _____ куни тарқатилди.
(2018 йил «__» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

Қ.Р. Аллаев

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
т.ф.д., профессор, академик

О.Х. Ишназаров

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., к.и.х.

Д.Н. Мухиддинов

Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳон миқёсида саноат корхоналарида технологик жиҳозларни совитишда электр энергияси сарфини камайтириш ҳамда саноат корхоналарининг айланма сувларини совитишда ва турар жойларда, ишлаб-чиқариш объектларида ҳавони мўтадиллаш тизимларида мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш аппаратларини ишлатиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу жиҳатдан, ривожланган мамлакатларда янги технологияларни қўллаш орқали «саноат корхоналарида кенг қўлланиладиган градирнялар ёрдамида янги тўлдирувчи сувни 95% гача истеъмолини камайтиришга эришилган»¹. Бу борада, жумладан жаҳон амалиётида совитилувчи сувнинг ҳароратини, ташқи ҳавонинг тўйиниш ҳароратигача совитиш учун мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш аппаратларини ишлатиш жадал суръатлар билан олиб борилмоқда ва ўз навбатида мазкур соҳанинг ривожланишига алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда саноат корхоналарида айланма сувларни совитиш, ишлаб чиқаришда иссиқлик ва масса алмашинув жараёнларини жадаллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу соҳада, жумладан, айланма сув таъминоти тизимида ва ҳавони мўтадиллаш тизимларида конструктив ва иш режим параметрларини моделлаштириш, энергия истеъмоли сарфини камайтириш, қурилмага сарфланадиган ресурсларни ва унинг ўлчамларини қисқартириш, совитилувчи сувнинг ҳароратини, ташқи ҳавонинг тўйиниш ҳароратигача совитиш учун уни мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш аппаратларини қўллаш ҳамда мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш қурилмасини конструкциясини такомиллаштириш алоҳида аҳамият касб этади. Шу билан бирга энергия тежамкор совитиш қурилмаларининг оптимал тавсифларини аниқлаш айланма сувларни совитишда долзарб ҳисобланади.

Ҳозирги кунда республикамиз иқтисодиётининг муҳим тармоғи бўлган энергетика соҳасини сифат жиҳатидан тубдан ривожлантириш ва замонавий талаблар асосида соҳанинг техник ҳамда технологик даражасини янгилаш, жумладан сувларни совитиш ва ҳавони мўтадиллаш тизимларидаги технологияларни такомиллаштиришга 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 саноат корхоналарида айланма сувларни совитиш

¹ <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>

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

линияларида ва ҳавони мўътадиллаш тизимларида энергия тежамкор қурилмаларини яратиш 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. Бугунги кунга қадар уч фазали мавҳум қайновчи қатламларнинг гидродинамика режимларини ҳисоблаш, ҳавони маромлаш тизимлари бўйича йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management (Германия), Polytechnic University of Turin, Sapienza University of Rome (Италия), Миллий тадқиқот университети «МЭИ», Санкт-Петербург давлат политехника университети (Россия), Тошкент давлат техника университети, Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти, Фарғона политехника институтида (Ўзбекистон) кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Иссиқлик масса алмашинув жараёнларини янада жадаллаштиришга қаратилган назарий ва илмий муаммоларни ҳал қилишда машҳур олимлар Гельперин Н.И., Гришко В.З., Савченко В.Н., Пономаренко В.С., Арефьев Ю.М., Adamics Y., Strumillo C., Eleniev D., Kolev A., Кхафаджи Х.К., Кокорин О.Я., Гельперин Н.И., Карлович В.К., Коваль Ж.А., Беспалов А.В., Кулешов О.Г., Новиков В.И., Бляхер Н.Г., Живайкин Л.Я., Юровская Н.А. ва бошқалар ҳисса қўшганлар. Саноат корхоналарида айланма сувларни совитишда иссиқлик ва масса алмашинув жараёнларини жадаллаштириш борасида ўзбек олимлари Р.А.Захидов, Н.Р. Юсупбеков, А.А. Аскарлов, Р.Р. Аvezов, Д.Н. Мухиддинов, С.М. Турабджановлар ва бошқа олимлар томонидан ҳам бажарилган. Сезиларли муваффақиятларга қарамай, таклиф қилинган уч фазали мавҳум қайновчи қатламларнинг гидродинамик режимларини ҳисоблаш учун бир қатор тенгламалар кичик аниқликда ва тажриба натижалари маълум даражадаги хатоликларга эга, ҳамда уч фазали мавҳум қайновчи қатламда айланма сувларни совитиш муаммоси етарли даражада ўрганилмаган. Мазкур ишда, содир бўлувчи гидродинамик ва

иссиқлик жараёнларини таҳлил қилиш ва ҳавони мўтадиллаштириш тизими учун, қурилманинг рационал технологик параметрлари, совитилган сув ва ҳавонинг параметрларини аниқлаш учун математик модел ишлаб чиқилган ва уларни такомиллаштириш масалалари атрофлича кўриб чиқилиб, унинг ечимлари таклиф этилган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий-таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети ва “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” (2013-2015 йил) мавзуси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади уч фазали мавҳум қайновчи қатламда содир бўлувчи гидродинамик ва иссиқлик жараёнларини моделлаштириш ҳамда ва ҳавони мўтадиллаш тизимларида айланма сувларни совитиш учун қурилманинг рационал технологик параметрларини асослашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

мавҳум қайновчи қатлам гидродинамикасини аниқлаш учун тажриба қурилмасини яратиш;

буғлатиб совитиш қурилмаси мавҳум қайновчи қатламининг гидродинамик қаршиликларини аниқловчи ифодаларни ишлаб чиқиш;

айланма сувларини совутиш жараёнини назарий таҳлил қилиш ва математик моделини ишлаб чиқиш;

буғлатиб совитиш қурилмасида, мавҳум қайнаш қатламини ҳосил қилиш ва қатламнинг тикилиб қолувчи ҳаво оқими тезликларини, мавҳум қайновчи қатламнинг кенгайишини жараёнини аниқлаш;

мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб-совутиш қурилмаларини ишлаш шароитини тадқиқ этиш, мавҳум қайновчи қатламда ушлаб туриладиган сууқлик миқдорини аниқлаш;

ҳавони мўтадиллаш тизимлари учун буғлатиш камерасидан чиқаётган ҳавонинг параметрларини аниқлаш;

Тадқиқотнинг объекти сифатида саноат корхоналарининг кичик қувватли буғлатиб совутиш қурилмалари ва бинолардаги ҳавони мўтадиллаш тизимлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети саноат корхоналарининг кичик градирняларда ва ҳавони мўтадиллаш тизимларида айланма сувларни совитиш қурилмалари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида айланма сувларни совитиш усулларида, математик статистика ва иссиқлик масса алмашинув жараёнларини моделлаш, иссиқлик ҳолат параметрларини аниқлаш учун иссиқлик техникасининг ўхшашлик назарияси усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгиллиги қуйидагилардан иборат:

уч фазали мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш аппаратларида саноат айланма сувларини совитиш усули ишлаб чиқилган;

уч фазали мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш қурилмасини иш шароити учун асосий параметрлари ҳавони тезлиги ва қатламни баландлигини этиборга олган ҳолда аниқланган;

айланма сувни ва ҳавони буғлатиб совитувчи учфаза мавҳум қайновчи қатламли қурилма ишлаб чиқилган;

тажриба натижаларини аппроксимациялаш усуллари асосида буғлатгичдан чиқувчи сувни ва нам ҳавони ҳароратларини аниқлаш учун аналитик ифода ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

олинган аналитик ифодалар асосида уч фазали мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш аппаратини ҳисоблаш учун усул ишлаб чиқилган;

уч фазали мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш қурилмасида совутилган сувнинг ва буғлатиш камерасидан чиқаётган ҳаво параметрларини аниқлашга имкон берадиган алгоритми ва ЭҲМ учун дастури яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги назарий асосланган, замонавий математик моделлаш усулларида тўғри фойдаланилганлиги, олинган тажриба натижаларини, ҳисоблаш натижалари билан таққосланганлиги ва замонавий ўлчов асбоблари ёрдамида олинган қийматлар билан мос келиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш қурилмаларида сувни берилган ҳароратгача совитишни таъминлаш, жараёнда кечадиган гидродинамик ва иссиқлик масса алмашиниш жараёнларини моделлаштиришва оптимал тавсифларни аниқлаш билан изоҳланади.

Олинган натижаларнинг амалий аҳамияти, мавҳум қайновчи қатламли кичик қувватли энергия тежамкор буғлатиб совитиш аппаратини яратиш, саноат корхоналарининг совитиш тизимини фойдали иш коэффициентини ошириш ва унинг кўрсаткичларини ҳисоблаш алгоритми билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Уч фазали мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш қурилмаси асосида:

мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш қурилмаси «O'zbekenergo» АЖ тизимидаги корхонага, хусусан «Qishloqenergoloyiha» АЖ биносини совитиш тизими учун жорий қилинган («O'zbekenergo» АЖнинг 2018 йил 9 июндаги ФМ-01-21/3533-сон маълумотномаси). Натижада совитиш қурилмасига сарфланадиган электроэнергия қиймати 2,4 марта камайтириш имкониятини берди;

айланма сувларни ва нам ҳавонинг параметрларини аниқлаш усули ва алгоритми «O'zbekenergo» АЖ тизимидаги корхонага, хусусан «Qishloqenergoloyiha» АЖ биносини совитиш тизими учун жорий қилинган («O'zbekenergo» АЖнинг 2018 йил 9 июндаги ФМ-01-21/3533-сон

маълумотномаси). Натижада айланма сувларни ва нам ҳавонинг параметрларини аниқлик даражаси 15% оширилди;

мавҳум қайновчи қатламда кечадиган иссиқлик ва масса алмашинув жараёнларини моделлаштириш ва натижаларни қайта ишлаш усули «O'zbekenergo» АЖ тизимидаги корхонага, хусусан «Qishloqenergoloyiha» АЖ биносини совитиш тизими учун жорий қилинган («O'zbekenergo» АЖнинг 2018 йил 9 июндаги ФМ-01-21/3533-сон маълумотномаси). Натижада мавҳум қайновчи қатламда кечадиган иссиқлик ва масса алмашинув жараёнларини аниқлик даражаси 95% етказилди;

икки босқичли уч фазали мавҳум қайновчи қатламли хавони бўғлатиб совутиш аппарати ишлаб чиқариш хоналарида микроклимат ҳосил қилиш хисоб-график усули «O'zbekenergo» АЖ тизимидаги корхонага, хусусан «Qishloqenergoloyiha» АЖ биносини совитиш тизими учун жорий қилинган («O'zbekenergo» АЖнинг 2018 йил 9 июндаги ФМ-01-21/3533-сон маълумотномаси). Натижада ишлаб чиқариш хонасининг хароратини 23-25 °С, нисбий намликни 40-60% эришиш имкони яратилди.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 8 та илмий-амалий анжуманларда, шу жумладан, 4 та халқаро ва 4 та республика анжуманларда апробациядан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 23 та илмий иш, шу жумладан, хорижий журналларда 12 та мақола, республика журналларида 10 та мақола чоп этилган бўлиб, 1 та ЭҲМ дастури учун гувоҳнома, 1 та ихтиро учун патент олинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертация ҳажми 120 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.

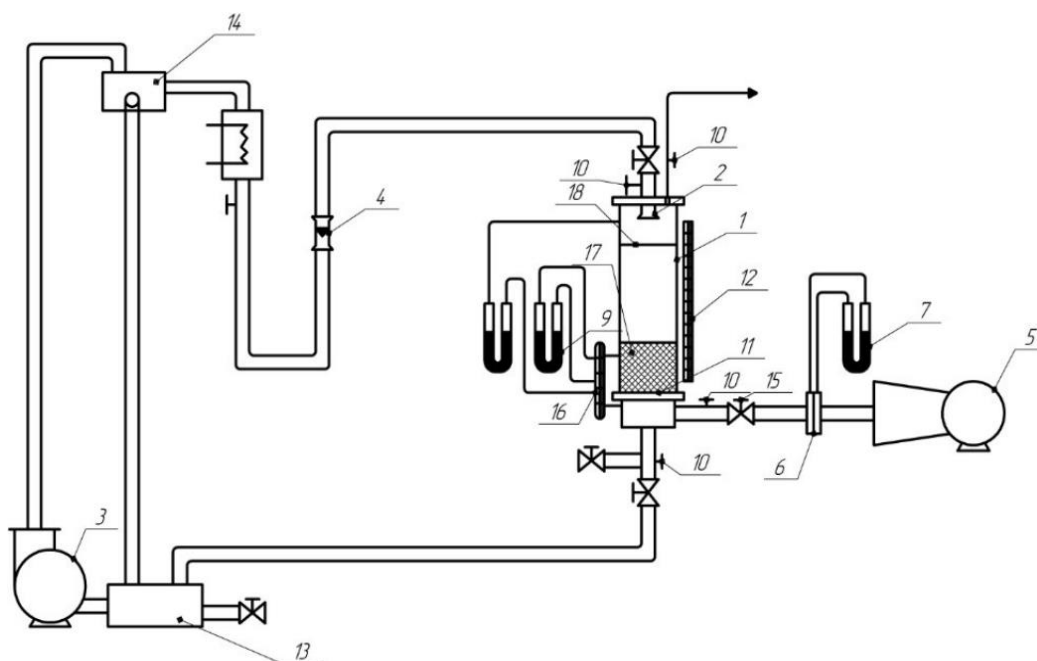
Диссертациянинг **“Уч фазали мавҳум қайновчи қатламли текшириши бўйича таҳлили”** деб, номланган биринчи бобида диссертация мавзуси бўйича илмий - назарий изланишлар ва ўтказилган синов тажрибалар таҳлили келтирилган. Уч фазали мавҳум қайновчи қатламда гидродинамика ва иссиқлик масса алмашинуви жараёнларини характерловчи асосий параметрлари: мавҳум қайнаш бошланиш тезлиги, насадкани учуриб юбориш тезлиги, қатламда сувни тутиб қолиши, гидравлик қаршилик,

қатламини бўшлиғи ва мавҳум қайновчи қатламни баландлиги таҳлил қилинган.

Уч фазали мавҳум қайновчи қатламли иссиқлик масса алмашиниш аппаратини айланма оқова сувларни совитишга ишлатиш масаласи кўрилган ва айланма оқова сувларни мавҳум қайновчи қатламда совутиш муаммоси ўрганилмаган деб, хулоса қилинган.

Айланма оқова сувларни совутиш муаммолари бўйича чоп этилган ишлар таҳлил қилинган. Олиб борилган таҳлиллар асосида қуйидаги хулосага келинган; айланма оқова сувларни уч фазали мавҳум қайновчи қатламда совитиш долзарб мавзу.

«Уч фазали мавҳум қайновчи қатламни гидродинамик характеристикаларини текшириш учун қурилма яратиш» деб, номланган иккинчи боб уч фазали мавҳум қайновчи қатламни текширишга бағишланган. Тажрибалар 1-расмда кўрсатилган экспериментал қурилмада олиб борилган.



1-расм. Синов – тажриба қурилмасининг чизмаси.

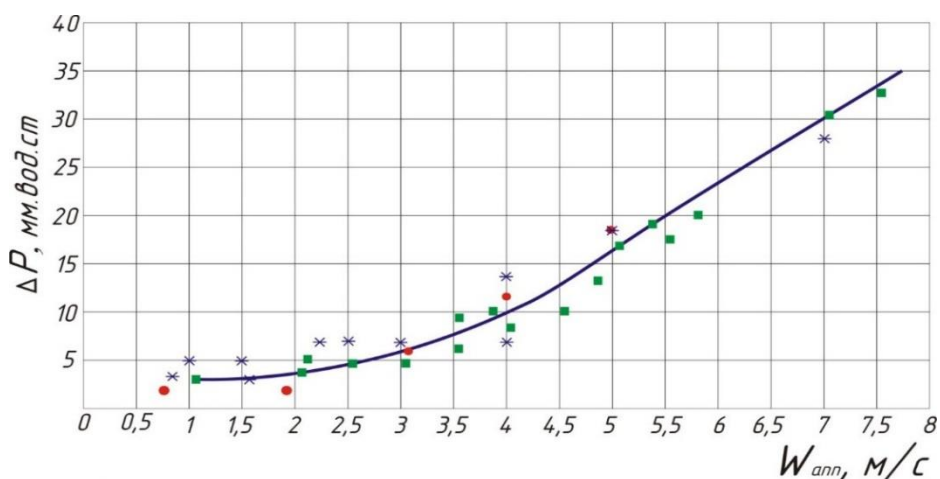
Тажриба қурилмаси колоннадан (1), сув бериш ва чиқариш тизимидан ва ўлчов асбобларидан иборат. Қурилмани асосий элементи ишчи участкасидир. Ишчи участкаси мавҳум қайнаш жараёнини кўриб, кузатиб туриш учун диаметри 105мм, баландлиги 950мм бўлган шиша қувурдан тайёрланган. Ишчи участкани пастки қисмида бўшдиғи 40% эни 5 мм. узун тирқишдан иборат бўлган панжара (11) ўрнатилган. Панжара устига қаттиқ насадка, бўш шариклар (17) қўйилган. Тажриба вақтида 14 мм. ва 26 мм. диаметрдаги шариклар ишлатилган. Шарикларни учиб чиқиб кетишини олдини олиш мақсадида ишчи участкани юқори қисмига бўшлиқ ҳажми 70 % бўлган панжара ўрнатилган. Мавҳум қайновчи қатламни ҳосил қилувчи газ сифатида атмосфера ҳавоси ишлатилган. Ҳаво вентилятор ёрдамида ишчи участкани

пастки қисмидан юборилади. Ҳаво узатиш қувурига стандарт диафрагма (b) ўрнатилган. Ҳаво сарфи вентиляторга ўрнатилган ўзгармас ток двигатели ёрдамида ростлаб турилади. Ишчи участканинг юқори қисмига сувни сачратиб берувчи мослама ўрнатилган. Сув ишчи участкага (14) босим берувчи бак орқали доимий сув сатҳи билан бериб турилади. Сув қувурига сув сарфини аниқловчи ротометр ўрнатилган. Сув ишчи участкадан пастки сув йиғувчи бакга тушади ва яна насос (3) ёрдамида юқори бакга юборилади. Ишчи участкани пастки панжарасини, насадкани тинч ҳолатдаги ва мавҳум қайнаш ҳолатидаги гидравлик қаршиликларини ва аппаратни қаршилигини ўлчаш учун (8,9) дифференциал манометрлар ўрнатилган.

Эксперимент шароитидан келиб чиқиб, сув олдиндан сув иситгич (19) да маълум бир ҳароратгача иситиб олинади. Ҳавони нисбий намлиги аппаратга киришда ва чиқишда психрометр ёрдамида ўлчанади. Ҳавони киришдаги ва чиқишдаги ҳароратлари шишали термометрлар ёрдамида ўлчанади.

Тажриба натижалари аппроксимацион йўл билан энг кичик квадратчалар усулидан фойдаланиб қайта ишланди.

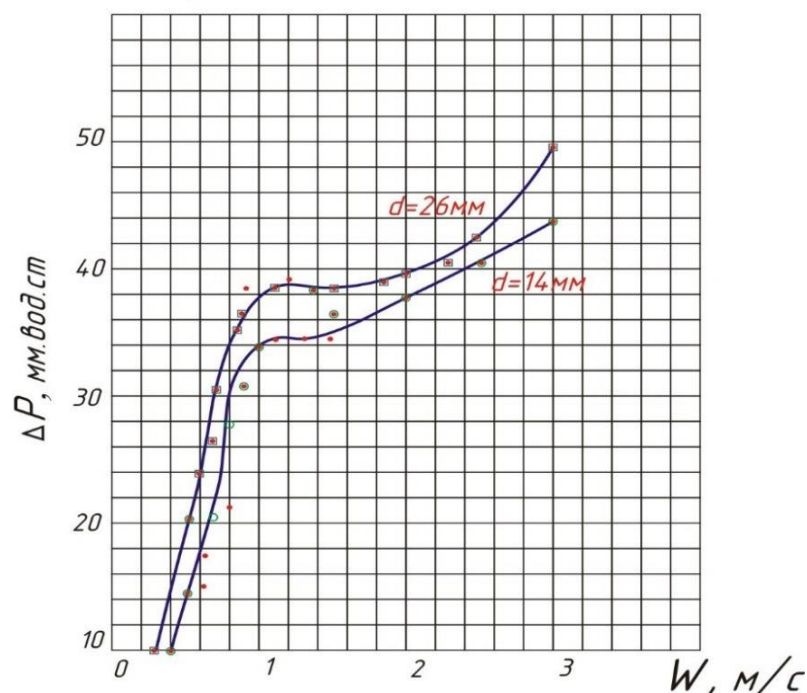
Биринчи тажрибалар мавҳум қайнаш тезлигини W аниқлаш учун ўтказилади, бу тезлик биз томондан аппарат учун энг кичик тезлик деб, қабул қилинди.



2 – расм. Насадкаси қуруқ панжарани гидравлик қаршиликни ҳаво тезлигига боғлиқлик графиги.

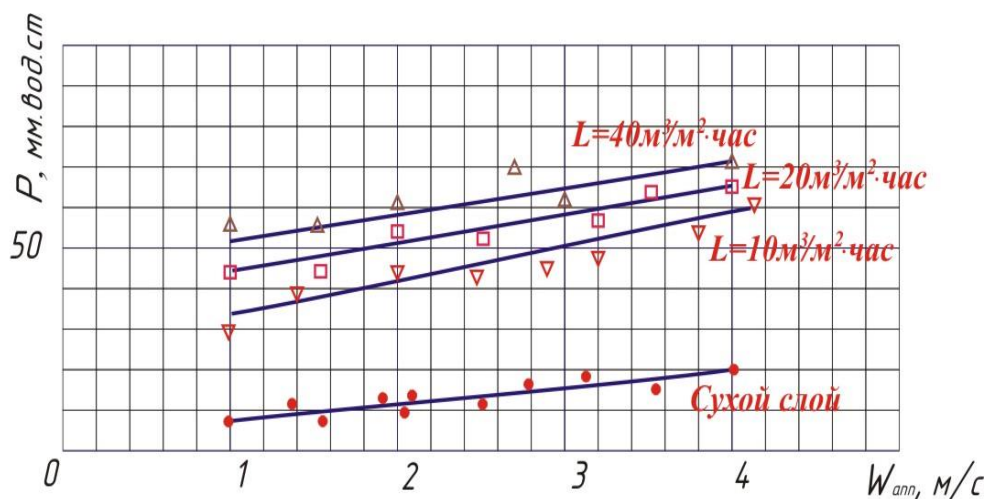
2 – расмда пастки панжарани гидравлик қаршиликларини тезликка боғлиқлигини аниқлаш бўйича олинган натижалар келтирилган.

Графикда бошқа авторлар, Новиковни, ҳамда Бляхерни тенгламаси орқали олинган натижалари ҳам кўрсатилган. Тахлиллар шуни кўрсатадики бизни олган натижаларимиз, бошқа авторлар натижаларига мос келмоқда. Уч фазали мавҳум қайновчи аппаратнинг гидравлик қаршилиги, газни тезлигига, суғорилиш зичлигига, насадкани статик баландлигига, насадкани турига ва қатламни кенгайиш даражасига боғлиқ бўлган мураккаб функциядир.



3-расм. Уч фазали мавҳум қайновчи қатламда дифференциал босимни ҳаво тезлигига боғлиқлиги келтирилган ($H_0=100\text{mm}$)

3 – расмда уч фазали мавҳум қайновчи қатламни эгри чизигидан кўринадики қатламни кенгайиши икки фазали қатламга нисбатан бир мунча катта қаршилиқларда бошланади.



4- расм. Аппаратни қаршилиги ҳаво тезлигига ва суғорилиш зичлигига боғлиқлиги ва қуруқ насадкага солиштириш эгри чизиқлари кўрсатилган

4-расмда қатламни суғорилиш зичлиги ҳавони тезлиги ортиши билан қаршилиқ ортиши бошқа шунга ўхшаш шароитда ҳам тўғри чизиқ бўйича ортади.

Босим ортиб кетиши насадкаларда мавҳум қайнашга ўтиш вақтида катта миқдорда сувни тутиб қолиниши билан тушунтирилади.

Насадкаларни ҳаракатга келиш вақтидаги тезлик аппаратни кичик тезлиги деб олинди – $W'_{кр}$.

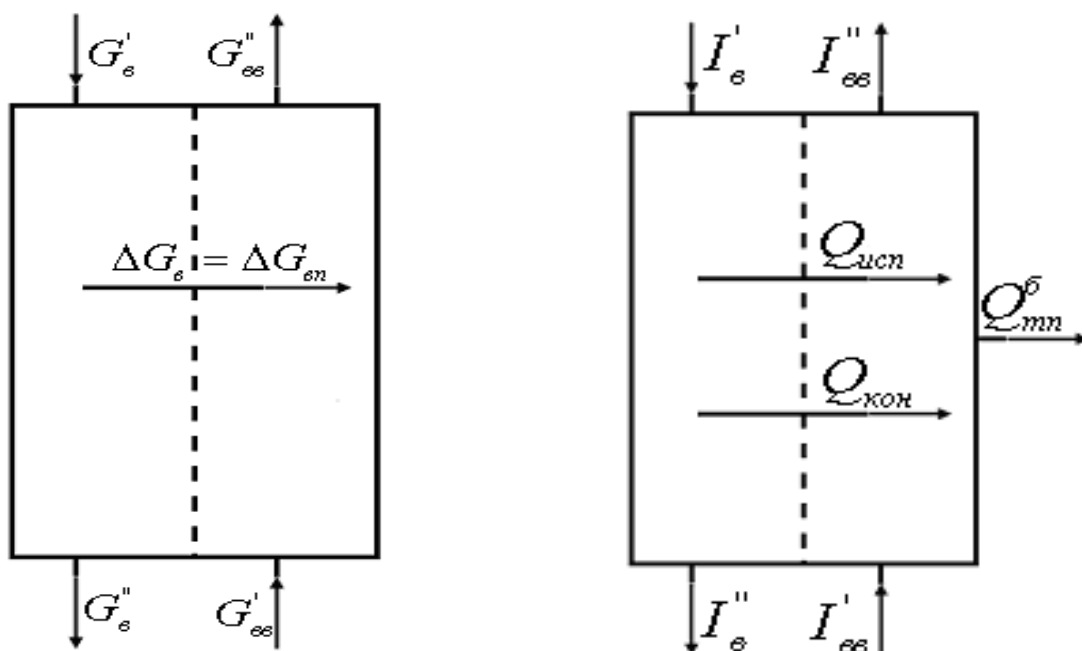
Дифференциал босим тезликка боғлиқ ҳолда 20-50 мм.суб.уст. тенг бўлган катталикда ўзгариб туради.

“Уч фазали мавҳум қайновчи қатламда сувни совуш жараёнини моделлаштириш” деб, номланган учинчи қисмда буғлатиб совутиш аппаратини иссиқлик ва материал баланслари келтирилган.

Материал баланси материяни сақланиш қонунига асосланиб тузилган, қайсики совутгичга кирувчи ($\sum G'_{вх}$) оқимлар, совутгичдан чиқувчи оқимлар ($G''_{вх}$) тенг.

$$\sum G'_i = \sum G''_i \quad (1)$$

Баланс тенгламасини (1) ёрдамида сув томчиларини учиб чиқиб кетиши кўзда тутилмаган.



5 – расм. Буғлатиб совутовчи аппаратни иссиқлик ва материал балансларини чизма тасвири

$G'_в - G''_в$ – ўз навбатида совитилувчи ва совиган сувларни сарфи.

$G'_{вв} - G''_{вв}$ – ўз навбатида аппаратга кирувчи ва чиқувчи нам ҳавони сарфи.

$\Delta G_{вв}$ – намлик оқими, совитилувчи сувдан нам ҳавога ўтувчи.

$I'_в - I''_в$ – ўз навбатида, совитилувчи ва совитилган айланма сувни энтальпияси.

$Q_{исп} - Q_{конв}$ – ўз навбатида, совитилувчи сувни нам ҳавога конвекция ва буғланиш йўли билан ўтувчи иссиқлик оқими.

Q^{δ}_{mn} – ён деворлар орқали ўтувчи иссиқлик оқими.

5 - расмга асосланиб материал баланс учун тенгламаларни ёзамиз.

$$\sum G_i' = G_e' + G_{ee}', \quad (2)$$

$$\sum G_i'' = G_e'' + G_{ee}''. \quad (3)$$

Нам ҳаво (G_{BB}) бу, сув буғи (G_{BP}) ва қуруқ ҳаво (G_{CB}) аралашмасидан иборат бўлгани учун асосан.

$$G_{ee}' = G_{ce}' + G_{en}', \quad (4)$$

$$G_{ee}'' = G_{ce}'' + G_{en}''. \quad (5)$$

Кўрилатган айланма сувларни буғлатиб совитувчи аппаратларда сув билан ҳаво орасидаги иссиқлик ва масса алмашилиш жараёни, қуритиш қурилмаларла ҳам қуритиш агент сифатида нам ҳаво ишлатилади, буғлатишга кирувчи ва чикувчи нам ҳавонинг қуруқ қисмини миқдори ўзгармасдан қолади, яъни:

$$G_{ce}' = G_{ce}''. \quad (6)$$

(6) тенгламани (4), (5) тенгламаларга олиб бориб қўйсақ ва олинганларни (2) ва (3) қўйсақ, (1) қуйидагича ёзиш мумкин бўлади:

$$\Delta G_e = \Delta G_{en} = \Delta G_{ee}, \quad (7)$$

бу ерда

$$\Delta G_e = G_e' - G_e''; \quad (8)$$

$$G_{en} = G_{en}'' - G_{en}'; \quad (9)$$

$$\Delta G_{ee} = G_{ee}'' - G_{ee}'. \quad (10)$$

Айланма сувларни совитувчи буғлатгичларда буғлатилган намлик ҳавога ўта қизиган ҳолатда ўтади. G_{BP} ни G_{CB} га нисбати нам ҳавони нам сақламини ифодалайди.

$$x = \frac{G_{en}}{G_{ce}}, \quad (11)$$

(4) ва (5) ифодаларни қуйидагича ёзиш мумкин

$$G_{ee}' = (1 + x')G_{ce}', \quad (12)$$

$$G_{ee}'' = (1 + x'')G_{ce}''. \quad (13)$$

G_{ce}' ва G_{ce}'' ифодаларида фойдаланиб, асосида қуйидагиларни олиш мумкин:

$$G_{ce}' = \frac{G_{ee}'}{1 + x'} = \frac{G_{ee}''}{1 + x''}. \quad (14)$$

Шундай қилиб (7) - (10) ва (12), (13) лар асосида қуйидаги ифодани ёзиш мумкин:

$$\Delta G_e = \Delta G_{en} = \Delta G_{ee} = G_{ce}'(x'' - x'), \quad (15)$$

бу ерда x' ва x'' — ўз навбатида буғлатувчи агентнинг (нам ҳавони) буғлатгичга киришдаги ва ундан чиқишдаги нам сақлами.

Иссиқлик баланс тенгламасини кўриб чиқилаётган буғлатгич учун, энергия сақланиш қонунига асосан ёзиш мумкин, яъни буғлатгичга кирувчи

ва ундан чиқувчи иссиқлик оқимларни (Q) энтальпияси (I) тенгдир. 3-расмга асосан

$$I'_e + I'_{ee} = I''_e + I''_{ee} + Q_{mn}^\delta \quad (16)$$

га асосан (16) баланс тенгламасига кирувчи ҳадларни қуйидагича аниқлаш мумкин.

$$I'_e = G'_e c_{pe} t'_e, \quad (17)$$

$$I''_e = G''_e c_{pe} t''_e, \quad (18)$$

$$I'_{ee} = I'_{ce} + I'_{en}, \quad (19)$$

$$I''_{ee} = I''_{ce} + I''_{en}, \quad (20)$$

бу ерда

$$Q_{mn}^\delta = K_{mn}^\delta F_\delta (\bar{t}_{ee} - t_o), \quad (21)$$

$$I'_{ce} = G'_{ce} c_{pe} t'_{ce}, \quad (22)$$

$$I'_{en} = G'_{en} (r_0 + c_{pen} t'_{en}), \quad (23)$$

$$I''_{ce} = G''_{ce} (c_{pen} t''_{ce}), \quad (24)$$

$$I''_{en} = G''_{en} (r_0 + c_{pen} t''_{en}), \quad (25)$$

$$\bar{t}_{ee} = 0,5(t'_{ee} + t''_{ee}) \quad (26)$$

Совитгич баланлиги бўйича нам ҳавони ўртача ҳарорати: $r_0 - t=0^\circ\text{C}$ ҳароратдаги сувни буғланиш иссиқлиги; c_{pe}, c_{pen} – ўз навбатида, куруқ ҳаво ва сув буғини солиштирма иссиқлик сифими; t_o - атроф муҳит ҳарорати;

K_{mn}^δ ва F_δ – ўз навбатида иссиқлик узатиш коэффициенти ва буғлатгичнинг ён деворини иссиқлик алмашилиш юзаси.

(10) га асосан (23) ва (25) ўз навбатида қуйидагича ёзиш мумкин.

$$I'_{en} = G'_{ce} x' (r_0 - c_{pen} t'_{en}), \quad (27)$$

$$I''_{en} = G''_{ce} x'' (r_0 - c_{pen} t''_{en}). \quad (28)$$

(22) ва (23) ларни (19) га қўйсақ, G'_{ce} ва G''_{ce} (6) дагини ҳисобга олган ҳолда

$$I'_{ee} = G'_{ce} (c_{pe} t'_{ce} + x' c_{pen} t'_{en} + x' r_0) \quad (29)$$

$$I''_{ee} = G''_{ce} (c_{pe} t''_{ce} + x'' c_{pen} t''_{en} + x'' r_0) . \quad (30)$$

$$G'_e c_{pe} (t'_e - t''_e) + \Delta G_{en} c_{pe} t''_e = G'_{ce} [r_0 (x'' - x') + c_{pen} (x'' t''_{ee} - x' t'_{ee})] + 0,5 K_{mn}^\delta F_{mn}^\delta (t'_{ee} + t''_{ee} - 2t_o) \quad (31)$$

ҳосил бўлади.

Нам ҳаво таркибидаги сув буғлари ўта қизиган ҳолда эканини ҳисобга олсак, кўриб чиқиладиган ҳолат учун $t'_{ce}, t'_{ee}, t'_{en}, t_o$ ҳамда $t''_{ce}, t''_{ee}, t''_{en}$, яъни

$$t'_{ce} = t'_{ee} = t'_{en} = t_o, \quad (32)$$

$$t''_{c\epsilon} = t''_{\epsilon\epsilon} = t''_{\epsilon n} . \quad (33)$$

Шу қаторда (22) билан (23), кўрилаётган совитгич учун $x' = x_0$, (34) яъни буғлатгичга кирувчи нам ҳавони нам сақлами (x') атроф муҳит ҳавосини нам сақламига тенг (x_0).

(32), (34) ни (31)га қўйсақ $\Delta G_{\epsilon n}$ қийматини ҳисобга олган ҳолда (15) асосан қуйидагини оламиз

$$G'_\epsilon c_{p_\epsilon} (t'_\epsilon - t''_\epsilon) = G'_{c\epsilon} [(r_0 - c_{p_\epsilon} t''_\epsilon)(x'' - x_0) + c_{p_{\epsilon n}} (x'' t''_{\epsilon\epsilon} - x_0 t_0)] + 0,5 K_{mn}^\delta F_\delta (t'_{\epsilon\epsilon} + t''_{\epsilon\epsilon} - 2t_0) . \quad (35)$$

(15) асосан ва тенглик $t'_{\epsilon\epsilon}$ и t_0 , ҳамда x' ва x_0 кўрилаётган ҳолат учун (35) баланс тенгламасини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин.

$$G'_\epsilon c_{p_\epsilon} (t'_\epsilon - t''_\epsilon) = \frac{G'_{\epsilon\epsilon}}{1 + x_0} [(r_0 - c_{p_\epsilon} t''_\epsilon)(x'' - x_0) + c_{p_{\epsilon n}} (x'' t''_{\epsilon\epsilon} - x_0 t_0)] + 0,5 K_{mn}^\delta F_\delta (t''_{\epsilon\epsilon} - t_0) \quad (36).$$

(36) ни t''_ϵ , нисбатан ечсак

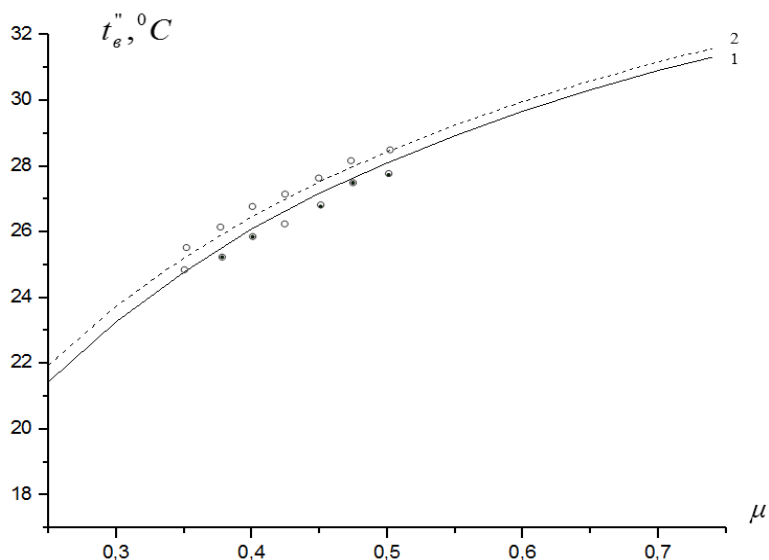
$$t''_\epsilon = \frac{\frac{\mu}{1 + x_0} W''_{\epsilon\epsilon} \rho''_{\epsilon\epsilon} c_{p_\epsilon} - 0,5 \epsilon \alpha_{\text{конв}} (t'_\epsilon - t''_{\epsilon\epsilon} - t_0) - \frac{\alpha_{\text{исн}}}{Le_{\epsilon\epsilon}} \frac{x_{\text{исн}} - x}{c_{p_{\epsilon\epsilon}}} \frac{\rho_{c\epsilon}}{\rho_{\epsilon\epsilon}} \epsilon r_0}{\frac{W''_{\epsilon\epsilon} \rho''_{\epsilon\epsilon}}{1 + x_0} (\mu - x'' + x_0) + 0,5 \epsilon \alpha_{\text{конв}}} \quad (37)$$

(36) ни $t''_{\epsilon\epsilon}$, нисбатан ечсак

$$t''_{\epsilon\epsilon} = \frac{\frac{W'_{\epsilon\epsilon} \rho'_{\epsilon\epsilon}}{1 + x_0} [c'_{p_{\epsilon\epsilon}} t_0 - (r_0 - r'_\epsilon)(x'' - x_0)] + 0,5 \epsilon \left[\alpha_{\text{конв}} (t'_\epsilon - t''_\epsilon) - \left(\alpha_{\text{конв}} - \frac{a}{\epsilon} K_{mn}^\delta \right) t_0 \right]}{\frac{W'_{\epsilon\epsilon} \rho'_{\epsilon\epsilon} c'_{p_{\epsilon\epsilon}}}{1 + x_0} + 0,5 \epsilon \left(\alpha_{\text{конв}} + \frac{a}{\epsilon} K_{mn}^\delta \right)} \quad (38).$$

Диссертацияни “Айланма сувларни совуш жараёнини экспериментал текшириш ва уч фазали мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитувчи қурилмани иссиқлик энергетик таснифлари” деб номланган тўртинчи қисмида кўриб чиқиляётган буғлатгичда реал шароитда олинган тажриба натижаларини моделлаштириб олинган натижаларга мос келиши текширилган.

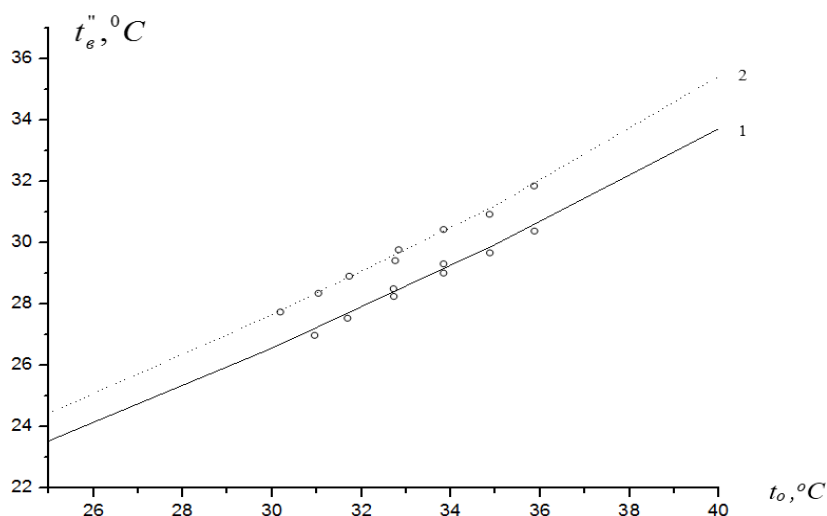
Уч фазали мавҳум қайновчи қатламли тажриба қурилмасининг баёни диссертациянинг иккинчи қисмида тўлиқ ёритилган. Иссиқлик жараёнларини ўрганиш учун (19) сув иситгич уланган. Шу иситгич ёрдамида буғлатгичга кирувчи сувни ҳароратини градирняларга кирувчи t'_ϵ ҳароратлари билан тенглаштириб бериб туриш мумкин. t'_ϵ аниқлаш бўйича ўтказилган тажрибалар қатламни сув билан суғорилиш коэффициенти $\mu = \frac{G'_\epsilon}{G_{c\epsilon}}$ боғлиқлиги μ ни қийматлари 0,4 дан 0,65 гача ва намлик 0,3-0,5 гача оралиқда текшириш натижалари келтирилган.



6-расм. $t'' = f(\mu)$ боғлиқлиги $t_0 = 25$ °C бўлганда ва ўз навбатида $\varphi_0 = 0,3...0,4$

6-расмда t'_e аниқлашда μ ва φ_0 боғлиқ, холда $W'_{es} = 2,5$ м/с; $t'_e = 42$ °C: да тажриба йўли билан олинган қийматларни ва ҳисоблаш йўли билан олинган қийматларни мослигини текшириш натижалари кўрсатилган. 6-расмдан кўринадики, μ ва φ_0 ортиши, кутилганидек t''_e ортишга олиб келади, яъни совиш ҳароратини ошишига олиб келади.

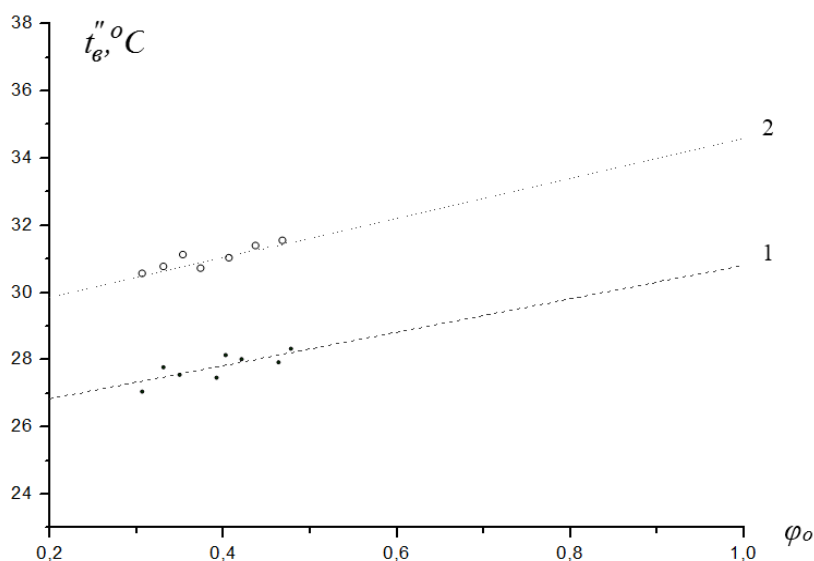
Масалан, агар $\varphi_0 = 0,3$ ва $\mu = 0,4$ бўлса $t''_e = 25,6$ °C, $\varphi_0 = 0,3$ бўлса μ ни 0,4 дан 0,6 гача ўзгариш t''_e ни 1,4 °C га оширади. Тажриба ва ҳисоблаш йўли билан олинган натижаларни (1,0 - 1,5 °C) га фарқ қилади. Буни тажриба вақтида атроф муҳит, яъни ҳавони параметрларини ўзгариб туриш натижасида (φ_0 ни асосан) деб тушунтириш мумкин.



7-расм. $t'' = f(t_0)$ боғлиқлигини $W'_e = 3$ м/с; $\mu = 0,3; \dots t'_e = 40$ °C: 1, 2 ўз навбатида $\varphi_0 = 0,3; \dots 0,4$

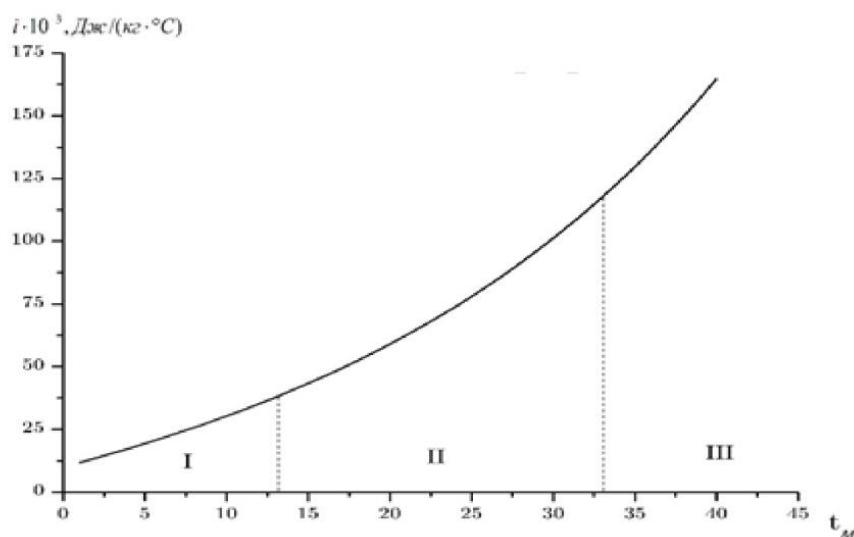
7- расмда t_e'' аниқлаш бўйича тажриба натижалари t_e' ни атроф муҳит ҳароратга боғлиқлиги. $\varphi_o = 0,3$ и $0,5$ $W = 3,0 \text{ м/с}$, $\mu = 0,3$, $t_e' = 40^\circ\text{C}$ бўлган шароитда.

Ўлчашлар натижасига кўра, $\varphi_o = 0,3$ да $t_o = 30^\circ\text{C}$ - 38°C гача ортганда t_e'' 26°C дан 32°C гача ортиши мумкин. $\varphi_o = 0,5$ да $t_o = 30^\circ\text{C}$ да 38°C гача ортиши t_e'' $1,5^\circ\text{C}$ ни ташкил этади. Бу ҳолда ҳам тажриба ва ҳисоблаш йўли билан олинган натижалар орасида унча катта бўлмаган фарқ бор. Бу фарқлар ҳам юқоридаги ҳолат каби φ_o ўзгариб туриши билан боғлиқ ўртача 4-6 % ларга фарқ қилади.



8-расм. $t_e'' = f(\varphi_o)$ боғлиқлиги $W_{\text{св}}' = 2,8 \text{ м/с}$; $\mu = 0,35$; $t_e' = 38^\circ\text{C}$: **1** ва **2** – ўз навбатида $t_o = 30; \dots 35^\circ\text{C}$ бўлганда

8 - расмда t_e'' ни φ_o га боғлиқлигини $W = 2,8 \text{ м/с}$, $\mu = 0,35$ ва $t_e' = 38^\circ\text{C}$ бўлганда тажриба натижаларини ҳисоблаш натижаларига солиштириш натижалари келтирилган. Таҳлиллар шуни кўрсатадики, t_e'' ни φ_o га боғлиқлиги деярли тўғри чизик бўйича боғлиқ. Масалан, $t_o = 35^\circ\text{C}$ ва $t_e' = 38^\circ\text{C}$ $\varphi_o = 0,3$ дан $0,6$ ошиши $t_e'' = 30,5$ дан 32 , яъни $\varphi_o = 0,1$ га ошиши $t_e'' = 0,5^\circ\text{C}$ ортишига олиб келади.



9-расм. $t_M = f(i_{ВВ})$ тўйинган нам ҳаво энтальпиясига боғлиқлиги

9-расмда t_M ни аниқлаш бўйича ҳисоблаш натижалари график усулида келтирилган. ($B = 715$ мм.см.уст. учун Тошкент шаҳрига тегишли) амалий ҳисобларда қулайлик яратиш учун t_M ни 0°C дан то 40°C гача бўлган ораликда аниқлашни график кўринишида келтирилган.

$$t_M = \sqrt[3]{i}(0,0016 + 0,0199\sqrt[3]{i}) - 9,3542, ^{\circ}\text{C}; \quad (39)$$

$$0 \leq t_M \leq 13^{\circ}\text{C}$$

$$t_M = 1,3051\sqrt[3]{i} - 30,8238, ^{\circ}\text{C}; \quad (40)$$

$$13^{\circ}\text{C} \leq t_M \leq 33^{\circ}\text{C}$$

$$t_M = 1,2081\sqrt[3]{i} - 26,1548, ^{\circ}\text{C} \quad (41)$$

$$33^{\circ}\text{C} \leq t_M \leq 45^{\circ}\text{C}.$$

Нисбий хатолик максимум $\pm 0,4\%$.

$i_{ВВ}$ ни t_o ва φ_o га боғлиқлиги $0 \leq t_M \leq 40^{\circ}\text{C}$, $0 \leq \varphi_o \leq 1$ и $680 \leq B \leq 760$ мм.см.уст. орасидаги боғлиқлиги диссертация иловасида келтирилган.

Олинган аппроксимацион t_M да (39) – (41) тенгламаларни ишончлилигини $i - d$ диаграммасидан фойдаланиб текшириш мумкин.

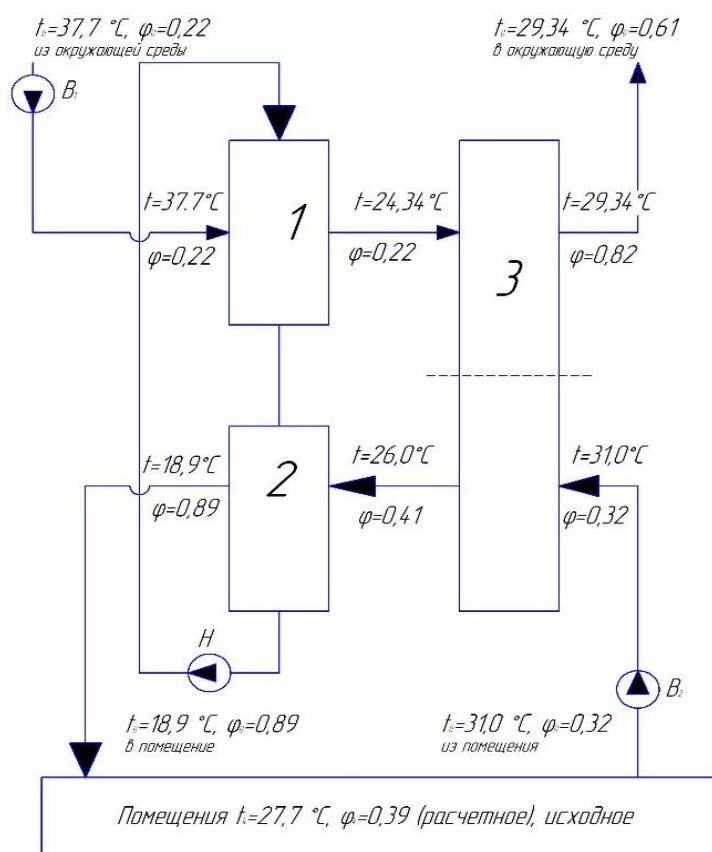
Масалан $t_o = 30^{\circ}\text{C}$ ва $\varphi_o = 0,25$ бўлсин, $i_{ВВ}$, диаграмма бўйича $48000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, $t_M = 17^{\circ}\text{C}$. $i_{ВВ}$, қиймати $t_o = 30^{\circ}\text{C}$ ва $\varphi_o = 0,25$ бўйича $48126,6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

t_M , қиймати (40) бўйича $16,64^{\circ}\text{C}$, $2,16\%$ га фарқ қилади. Бундай фарқ чиқишини сабаби унчалик катта бўлмасада, лекин ҳисобларни натижаси $i - d$ диаграммасига яқин.

Бундай усул билан олинган t_M ни қиймати буғлатиб-совутиш аппаратини самарадорлигини аниқлашга имкон беради.

Уч фазали мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совитиш аппаратларида, замонавий аппаратларга нисбатан буғланиш жараёнини жадаллиги ҳисобига совитилувчи сувни ҳароратини, нам ҳавони тўйиниш ҳароратидан $1,2 \div 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ га юқори ҳароратгача совитиш имконини беради.

Республикамизда ёзги қуруқ иссиқ иқлим шароитида, уларни ҳавони мўътадиллаш тизимларида ишлатиш мумкин. Буғлатиб совитиш қурилмаларини ҳавони мўътадиллаш тизимларида кенг ишлатишда, уч фазали мавҳум қайновчи қатламли регенератив иссиқлик алмашиниш аппаратини қўллаш, ишлатилган нам ҳаводан табиий совуқлик олиш учун фойдаланиш имконини беради.



10-расм. Ҳавони буғлатиб совитиш усули қурилмасини чизма тасвири

(16-20) тенгламаларни ечиш натижасида олинган қийматлар 10-расмдаги нуқталарга мос натижалардир.

Ташқи муҳит ҳарорати $t'_o = t_o = 37,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ $\phi'_o = \phi_o = 0,22$ ва $i'_o = i_o = 62413,8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, бўлган ҳаво (1) буғлатгичига киради ва ундан чиқишда $t = 24,24 \text{ } ^\circ\text{C}$, ва $0,75$ бўлган $\phi = 0,82$ бўлган ҳолда самарадорлиги (3) айланувчи регенератив иссиқлик алмашинуви аппаратларига киради. Ундан $t''_o = 29,34 \text{ } ^\circ\text{C}$ ва нисбий намлиги $0,61$ чиқади.

Хона ҳавоси 31°C ва нисбий намлик $\varphi = 0.32$ намлик билан айланувчан регенератив иссиқлик алмашиниш аппаратига берилади ва ундан чиқишда 26°C ва нисбий намлик $\varphi = 0.41$ билан чиқади. Ҳаво шу параметрларда иккинчи буғлатгичга берилади ва ундан чиқишда 18.9°C ва нисбий намлик $\varphi = 0.89$ энтальпияси 51916.76 Дж/кг намлик билан чиқади ва хонага берилади.

Бундан кўринадики, айланувчан регенератив иссиқлик алмашиниш аппаратларини икки босқичли мавҳум қайновчи қатламли буғлатиб совутиш қурилмасида, ҳавонинг солиштира энтальпияси $62413,87 \text{ Ж/кг}$ да $51916,76 \text{ Ж/кг}$ гача суъний совутиш агентларисиз туширилди.

Бу схема “Ҳавони буғлатиб совутиш” келгусида қўллаш учун асос қилиб олинган ва Ўзбекистон Республикаси патенти № IAP 05286 19.09.2016 йилда олинган.

ХУЛОСА

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси «Саноат корхоналарини айланма сувларини қўзғалувчан қаттиқ насадкали мавҳум қайновчи қатламда совутиш» илмий иш натижалари бўйича қуйидаги хулосалар тақдим этилган:

1. Уч фазали мавҳум қайновчи қатламда айланма сувларни совитиш жараёнини такомиллаштириш ва уни реал шароитдаги қувватини аниқлаш учун тажриба қурилмаси яратиш имконини берган.

2. Ушбу қурилмада совитилган сувни ҳароратини ўлчаш бўйича экспериментал текширишлар таҳлили асосида ва уларни учинчи бўлимда олинган ҳисобий натижалар билан таққослаш математик моделлаштириш асосида ишлаб чиқилган бўлиб, тажриба ва ҳисобий натижалар бир-бирига мос келганлиги, тажриба – текширувлар ишончлилигини аниқлаш имконини берган.

3. Айланма сувларни уч фазали мавҳум қайновчи қатламда буғлатиб совитиш жараёнини математик модели ишлаб чиқилган. Ишлаб чиқилган математик моделни тадбиқ этиш натижасида совитилувчи сувни ва буғлатгичдан чиқувчи ишлатилган нам ҳавони ҳароратлари $\varphi, \mu, W, t_o, t_e$ боғлиқлигини аниқлаш имконини яратган.

4. Буғлатгичдан чиқувчи ҳавони (t_{oe}) ва сувни (t_e) ҳароратларини ЭХМда ҳисоблаш учун алгоритм ва дастур ишлаб чиқилган.

5. Тажриба орқали айланма сувларни буғлатиб совитиш қурилмасини энергетик коэффицентини, қатламни суғорилиш коэффицентига тўғри чизиқли боғлиқлиги аниқланди. Айланма сувларни совитувчи буғлатгичдан буғланиб чиқиб кетувчи намликни миқдори совитилувчи сувни киришдаги ҳароратига ва қатламни суғорилиш коэффицентига боғлиқлиги аниқланган.

6. Уч фазали мавҳум қайновчи қатламли буғлатгич камераси ва айланувчан регенератив иссиқлик алмашилиш аппаратидан ташкил топган ҳавони буғлатиб совутиш усули таклиф этилган қурилманинг амалиётга тадбиқ этилишидан олинадиган умумий иқтисодий самарадорлик ошишига ва энергия сарфини камайтириш имкони яратилган.

Ҳавони буғлатиб совитиш усули таклиф этилган қурилманинг амалиётга тадбиқ этилишидан олинадиган умумий иқтисодий самарадорлик бир йилда битта кондиционер учун 3,9 млн. сўмни ташкил этади.

**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»**

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ

ИСАХОДЖАЕВ ХАЙРУЛЛА СУННАТУЛЛАЕВИЧ

**ОХЛАЖДЕНИЕ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ С ТВЕРДОЙ
ПОДВИЖНОЙ НАСАДКОЙ**

05.05.04 - Промышленная теплоэнергетика

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

Ташкент–2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистана за № В2017.3.PhD/413

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

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:

Захидов Ромен Абдуллаевич
доктор технический наук, профессор,
академик

Официальные оппоненты:

Искандаров Зафар Самандарович
доктор технический наук, профессор

Короли Мехрия Анваровна
кандидат технический наук, доцент

Ведущая организация:

АО «Теплоэлектропроект»

Защита диссертации состоится «___» _____ 2018 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 «___» _____ 2018 года.
(реестр протокола рассылки №__от «___» _____ 2018 года).

К.Р. Аллаев

Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор, академик

О.Х. Ишназаров.

Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.т.н., с.н.с.

Д.Н.Мухиддинов

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

ВВЕДЕНИЕ. (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На мировом уровне научные исследования, направленные на повышение энергоэффективности производственных процессов и снижение расхода электрической энергии на охлаждение технологического оборудования промышленных предприятий и применение испарительных охладителей воздуха с псевдооживленным слоем в системах кондиционирования воздуха в жилых помещениях, производственных объектах имеют важное значение. Эти проблемы характерны и для развитых стран, где «широкое применение в промышленных предприятиях градирен позволяет до 95 % сократить потребление подпиточной воды».¹ В этой связи в мировой практике интенсивными темпами применяются испарительные охладители с псевдооживленным слоем для охлаждения воды до температуры насыщения воздуха и в свою очередь уделяется особое внимание на развитие данной сферы.

В мире особое внимание направлено на решение проблемы интенсификации процессов тепло- и массообмена при охлаждении оборотной воды. В связи с этим в системах оборотного водоснабжения и системах кондиционирования воздуха перспективным является модернизация и улучшение конструктивных, режимных параметров аппаратов путем использования принципов псевдооживленного слоя, сокращение размеров, ресурсов, усовершенствование конструкции испарительных охладителей в псевдооживленном слое позволяет обеспечить охлаждение воды до температуры насыщения воздуха, в целом определение оптимальных параметров энергосберегающих охладителей оборотной воды является актуальным.

В настоящее время особое внимание уделяется развитию и обновлению технологического оборудования энергетической отрасли, которое является одним из основных направлений экономики республики на основе современных требований, в том числе модернизация системы охлаждения оборотной воды и системы кондиционирования воздуха. 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»². Реализация этих положений, в том числе по повышению эффективности использования принципов трехфазного псевдооживленного слоя для охлаждения оборотной воды и систем кондиционирования воздуха считается одной из важнейших задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП – 4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и № 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 других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан II «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. До настоящего времени научные исследования, направленные на изучение расчетов гидродинамической характеристики трехфазного псевдооживленного слоя и систем кондиционирования воздуха, проводились в мировых ведущих научных центрах и в высших учебных заведениях, таких как Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management (Германия), Polytechnic University of Turin, Sapienza University of Rome (Италия), Национальный исследовательский университет «МЭИ», Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (Россия), Ташкентский государственный технический университет, Каршинский инженерно-экономический институт, Фарганский политехнический институт (Узбекистан).

В решение теоретических и научных проблем исследования интенсификации процессов тепло-массообмена внесли вклад выдающиеся ученые В.А. Гладков, В.С. Понамаренко, Ю.И. Арефьев, В.Б. Андрианов, Л.Д. Берман, А.Г. Лаптев, В.И.Новиков, Н.И. Гельперин, N.G. Deen, J. Nikuradse, D.G. Kroger, Reinhard Billet, Michael Beckmann, Kenzo Kitamura, Susumu Noda, Naruse Ichiro, которые достигли значительных теоретических и практических результатов в решении проблемы энерго- и ресурсосбережения, повышении энергетической эффективности производства, а знаменитыми узбекскими учеными Р.А. Захидовым, Н.Р. Юсупбековым, А.А. Аскарковым, Р.Р. Авезовым, Д.Н. Мухиддиновым, С.М. Турабджановым и другими были выполнены работы в области создания технологии и повышения эффективности интенсификации тепло-массообменных процессов. Несмотря на существенные достижения, предложенные уравнения для расчета гидродинамических режимов работы трехфазного псевдооживленного слоя, обладает малой точностью и показывают существенное расхождение с опытными данными, а также проблема охлаждения оборотной воды практически не изучена. В данной работе проанализированы гидродинамический и тепловые процессы, определены оптимальные параметры режима работы установки для систем кондиционирования воздуха, разработана математическая модель для определения параметров охлаждаемой воды и влажного воздуха, рассмотрены задачи совершенствований режима работы установки и предложено их решение.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где

выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских проектов Ташкентского государственного технического университета и ООО «Научно-технический центр» на тему АЗ-ФА-0-15754 «Разработка новых методов и технических решений для систем тепло хладоснабжения производственных объектов» (2013-2015 гг.).

Целью исследования является исследование гидродинамических и тепловых процессов, происходящих в трехфазном псевдооживленном слое, получение эмпирических зависимостей для расчета основных технологических параметров оптимальной работы установок с указанным слоем применительно к решению задачи охлаждения оборотной воды и систем кондиционирования воздуха.

Задачи исследования:

создание экспериментального стенда для изучения гидродинамики псевдооживленного слоя;

получение эмпирических формул для расчета гидродинамического сопротивления псевдооживленного слоя;

проведение экспериментального исследования и разработка математической модели процесса охлаждения оборотной воды;

анализ и определение скорости потока, обеспечивающие начало псевдооживления и захлебывания в испарительном охладителе, расширение псевдооживленного слоя;

определение оптимальных условий работы испарительных охладителей с псевдооживленным слоем, получение соотношения для расчета задержки жидкости в слое;

определение параметров отработанного влажного воздуха для систем кондиционирования воздуха;

Объектом исследования являются маломощные испарительные охладители промышленных предприятий и систем кондиционирования воздуха жилых зданий с трехфазным псевдооживленным слоем.

Предметом исследования является аппарат, обеспечивающий на практике ресурсосберегающие процессы тепло- и массообмена в градирнях и системах кондиционирования воздуха промышленных предприятий.

Методы исследований. При решении поставленных в работе задач использованы методы охлаждения воды, математической статистики и моделирования тепло-массообменных процессов, методов теории подобия для определения теплотехнических параметров.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан способ охлаждения промышленной оборотной воды в испарительных охладителях с трехфазным псевдооживленным слоем;

определены основные параметры работы испарительного охладителя с псевдооживленным слоем в зависимости от скорости воздуха и высоты слоя;

разработан образец испарительного охладителя с трехфазным псевдооживленным слоем;

на основании результатов экспериментальных исследований и аппроксимации полученных данных получены эмпирические уравнения для определения температуры воды и воздуха на выходе из испарителя.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:
разработаны способ охлаждения промышленной оборотной воды в испарительных охладителях с трехфазным псевдооживленным слоем;

разработан алгоритм и программа для ЭВМ, определяющие температуры воды и воздуха на выходе из испарительного охладителя с трехфазным псевдооживленным слоем, на которые получен патент РУз.

Достоверность полученных результатов исследования.

Достоверность результатов исследований основана на применении современных методов математического моделирования, средств вычислительной и измерительной техники, на определении гидродинамических характеристик аппаратов с псевдооживленным слоем, на адекватности результатов расчетных и опытных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования состоит в усовершенствовании методики расчета, основанной на использовании научных результатов экспериментальных и компьютерных исследований, позволяющих выбрать оптимальные конструктивные и режимные характеристики испарительного охладителя с псевдооживленным слоем, обеспечивающие заданную температуру охлаждения воды.

Практическая значимость работы состоит в разработке конкретных технических решений по модернизации маломощных испарительных охладителей с псевдооживленным слоем, снижающих гидродинамические неравномерности, затраты на электрическую энергию вентилятора и позволяющие повысить тепловой КПД охладителей рассматриваемого типа.

Внедрение результатов исследования. На основании разработанного охладителя с трехфазным псевдооживленным слоем:

охладитель с трехфазным псевдооживленным слоем внедрен на предприятии АО «Узбекэнерго», в частности, в АО «Сельэнергопроект» для системы охлаждения зданий, (справка АО «Узбекэнерго» за номером ФМ-01-21/3533 от 9 июня 2018 года) который позволил сэкономить электрическую энергию в 2,4 раза;

алгоритм и способ для определения параметров оборотной воды и отработанного влажного воздуха используется на предприятии АО «Узбекэнерго», в частности в АО «Сельэнергопроект» для системы охлаждения зданий (справка АО «Узбекэнерго» за номером ФМ-01-21/3533 от 9 июня 2018 года). В результате чего увеличивается степень точности определения параметров воды и влажного воздуха;

способ обработки результатов и моделирования тепло-и массообменных процессов, происходящих в охладителе с псевдооживленным слоем внедрен на предприятии АО «Узбекэнерго» в частности, в АО «Сельэнергопроект» для системы охлаждения зданий. (справка АО «Узбекэнерго» за номером ФМ-01-21/3533 от 9 июня 2018 года). В

результате этого степень точности процессов тепло-массообмена составляет 95 %;

расчетно-графический способ двухступенчатого воздухоохладителя с трехфазным псевдооживленным слоем внедрен для создания микроклимата в производственных помещениях на предприятии АО «Узбекэнерго» в частности АО «Сельэнергопроект» для системы охлаждения здания. (справка АО «Узбекэнерго», за номером ФМ-01-21/3533 от 9 июня 2018 года). Использование результатов позволило снизить температуру до 23-25°C, с относительной влажностью 40-60%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования прошли апробацию на 8 научно-практических конференциях и семинарах, в том числе, на 4-х международных и 4-х республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 9 научных работ, в том числе 1 статья – в иностранном журнале, 8 статей – в республиканских журналах.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации «**Обзор исследований в трехфазном псевдооживленном слое**» дан обзор экспериментальных и теоретических работ по теме диссертации. Проанализированы основные параметры, обуславливающие процессы гидродинамики и теплообмена в трехфазном псевдооживленном слое: скорость начала псевдооживления, скорость уноса, задержка жидкости в слое, гидравлическое сопротивление, газосодержание и динамическая высота трехфазного псевдооживленного слоя.

Рассмотрены проблемы использования теплообменных аппаратов с трехфазным псевдооживленным слоем для охлаждения оборотной воды и сделан вывод о том, что процесс охлаждения оборотной воды в трехфазном псевдооживленном слое практически не изучен.

Проведен анализ опубликованных работ по проблемам охлаждения оборотной воды. На основании проведенного анализа сделан вывод о наиболее перспективном способе охлаждения воды, который представляет

собой охлаждение в аппарате испарителе с трехфазным псевдооживленным слоем.

Вторая глава диссертации «Создание экспериментального стенда для исследования гидродинамических характеристик трехфазного псевдооживленного слоя» посвящена исследованию трехфазного псевдооживленного слоя. Опыты проводились на экспериментальном стенде, приведенном на рис.1.

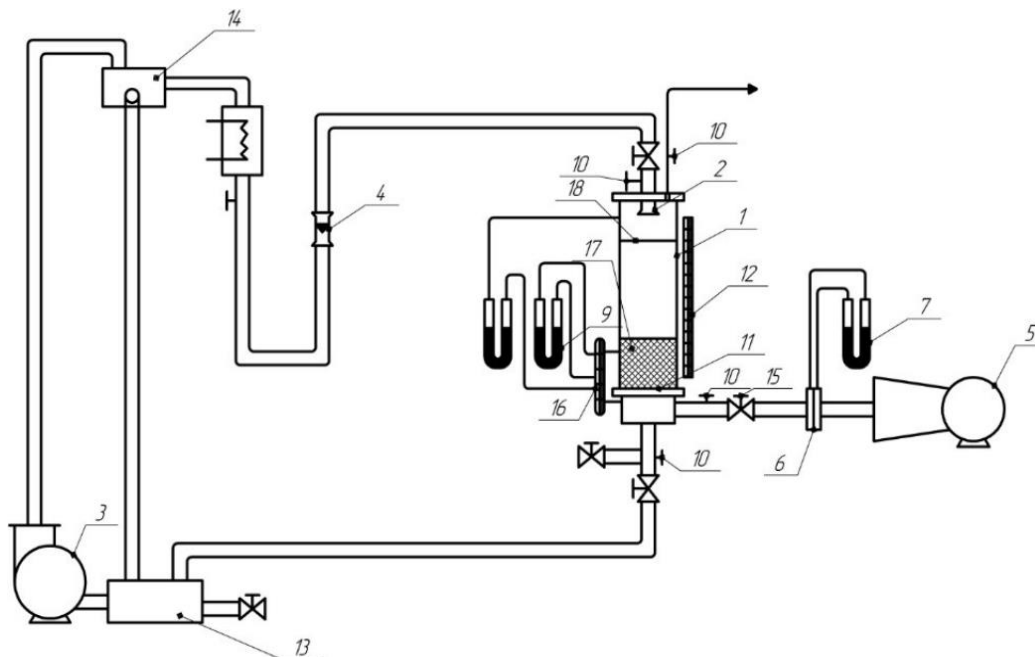


Рис.1. Схема экспериментальной установки.

Опытная установка состоит из колонны (1), системы подачи и сброса жидкости, системы подачи воздуха и измерительных приборов. Основным элементом установки является рабочий участок. Рабочий участок выполнен из стекла для возможности визуального наблюдения процесса псевдооживления. Диаметр рабочего участка 104 мм и высота 950 мм. В нижней части рабочего участка установлена опорная решетка (11) живым сечением 40%. Решетка имеет щелевые отверстия шириной 5 мм. На решетке находится слой инертной насадки (17) – полые пропиленовые шары. Диаметр шаров в процессе эксперимента варьировался (26 мм и 14 мм). В целях предотвращения уноса в верхней части рабочего участка установлено сепарирующее устройство – диск с отверстиями живым сечением 70%. В качестве оживающего газа использовался атмосферный воздух. Подача воздуха осуществляется вентилятором высокого давления в нижнюю часть рабочего участка под опорную решетку. На трубопроводе подачи воздуха установлена стандартная диафрагма (6). Расход воздуха регулируется числом оборотов вентилятора, снабженного двигателем постоянного тока. Для регулировки расхода на трубопроводе подачи воздуха установлена также поворотная заслонка (15). В верхней части рабочего участка установлено разбрызгивающее устройство. Вода в рабочий участок подается из напорного

бака (14) с постоянным уровнем жидкости. На трубопроводе подачи воды установлен ротаметр, измеряющий расход жидкости. Вода из рабочего участка поступает в сливной бак (13). Подача воды в напорный бак осуществлялась насосом (3). На рабочем участке установлены дифференциальные манометры (8,9) для измерения гидравлического сопротивления опорной решетки, слоя насадки в состоянии покоя и в псевдооживленном состоянии, а также для измерения полного гидравлического сопротивления аппарата.

Вода предварительно нагревается до заданной в условиях эксперимента. Для нагрева воды использован нагреватель (19). Влажность воздуха на входе и на выходе установки определяется с помощью психрометров. Температура воздуха и воды на входе и на выходе из аппарата измеряется с помощью лабораторных термометров.

Аппроксимация опытных данных производилась на основе наименьших квадратов.

В первой серии опытов определялась скорость начала псевдооживления трехфазного слоя w , принятая нами, как нижняя предельная скорость воздуха в аппарате

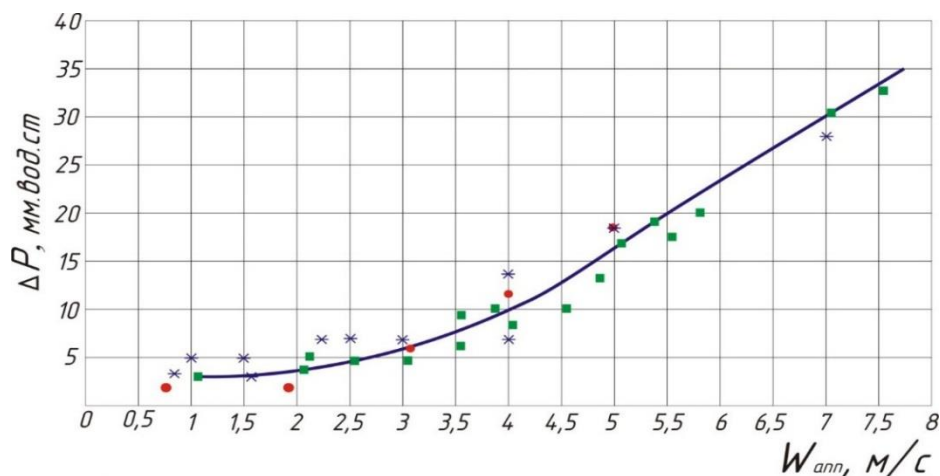


Рис. 2. Зависимость гидравлического сопротивления сухой решетки без насадки от скорости воздуха в аппарате.

На рис. 2. представлены результаты определения зависимости гидравлического сопротивления сухой распределительной решетки от скорости воздуха в аппарате.

На графике нанесены данные Новикова В.И., а также данные рассчитанные по формуле Бляхера Н.Г.. Анализ показал хорошее совпадение наших данных с данными других авторов.

Гидравлическое сопротивление аппаратов с псевдооживленным слоем орошаемой насадки является сложной функцией, зависящей от скорости газа, плотности орошения, статической высоты слоя насадки, вида насадки и степени расширения слоя.

Кривые псевдооживления

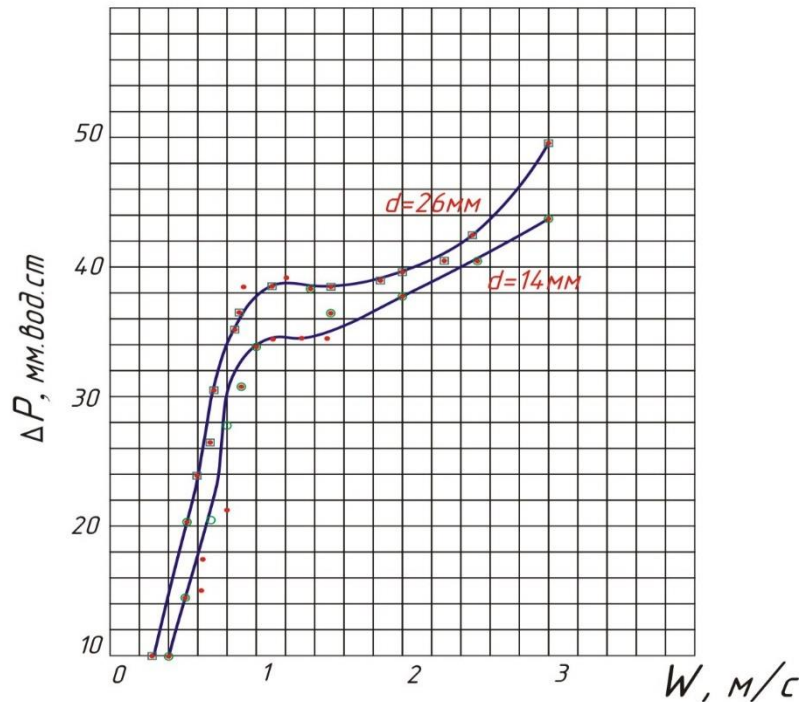
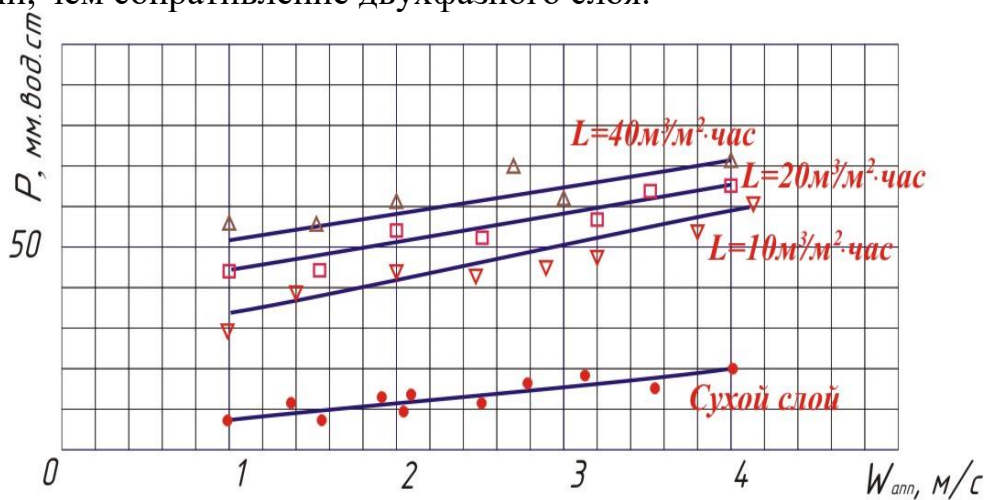


Рис.3. Гидравлическое сопротивление двух фазного слоя (решетка вместе с насадкой) $H_0=100$ мм, $d_{ш}=14$ мм.

На рис.3 приведена кривая псевдооживления трехфазного слоя. Как видно из рис.3 расширение слоя начинается при несколько больше перепаде давлений, чем сопротивление двухфазного слоя.



Ри.4. Зависимость сопротивления аппарата от плотности орошения и скорости газа ($H_0=50$ мм, $d=14$ мм)

На рис.4 нанесены для сопоставления значения гидродинамических сопротивлений сухой насадки.

Наличие пика давления объясняется большой задержкой жидкости слоем насадки в момент перехода ее в псевдооживженное состояние за счет капиллярных сил в точках соприкосновения элементов насадки между собой и стенками аппарата.

Скорость начала движения насадки принята нами, как нижняя предельная скорость работы аппарата - $W_{кр}$.

Перепад давлений в слое колеблется в зависимости от скорости воздуха в пределах 20-50 мм.вод.ст.

В третьей главе диссертации «Моделирование процесса испарительного охлаждения обратной воды в трехфазном псевдооживленном слое» приведены материальный и тепловые балансы испарительного охладителя.

Для испарительных охладителей составление материального баланса может основываться на законе сохранения материи, который гласит: сумма материальных потоков, входящих в охладитель ($\sum G_i'$) равна сумме выходящих из него потоков ($\sum G_i''$), т. е.

$$\sum G_i' = \sum G_i'' \quad (1)$$

При написании балансового уравнения (1) не учтен каплеунос из рассматриваемого охладителя.

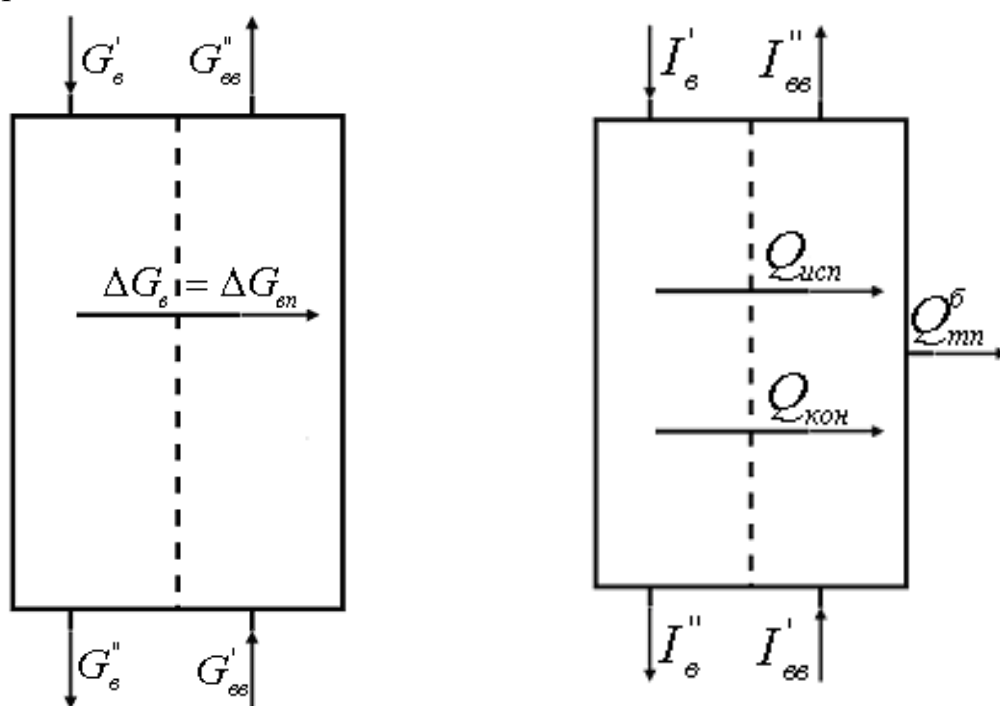


Рис. 5. Принципиальная схема материального и теплового балансов испарительного охладителя

G'_e и G''_e –соответственно, потоки охлаждаемой (на входе) и охлажденной (на выходе) из испарительного охладителя обратной воды; G''_ee и G'_ee - соответственно, потоки влажного воздуха на входе в испарительный охладитель и на выходе из него; $\Delta G''_ee$ - поток влаги (водяного пара), переходящей из охлаждаемой воды к влажному воздуху.

I'_e и I''_e - соответственно, энтальпии охлаждаемой (на входе в испарительный охладитель) и охлажденной (на выходе из него) обратной воды; I''_ee и I'_ee - соответственно, энтальпии влажного воздуха на входе и на выходе из испарительного охладителя; $Q_{исп}$ и $Q_{конв}$ соответственно, потоки тепла, переходящие из охлаждаемой воды к влажному воздуху путем

испарения и конвективного теплообмена; Q_{mn}^{δ} - поток тепла через боковую стенку охладителя.

В соответствии с принципиальной схемой (рис.5.) для материального баланса рассматриваемого испарительного охладителя запишем:

$$\sum G_i' = G_e' + G_{ee}', \quad (2)$$

$$\sum G_i'' = G_e'' + G_{ee}''. \quad (3)$$

Поскольку влажный воздух ($G_{вв}$) представляет собой смесь абсолютно сухого воздуха ($G_{св}$) и водяных паров ($G_{вп}$),

$$G_{ee}' = G_{св}' + G_{вп}', \quad (4)$$

$$G_{ee}'' = G_{св}'' + G_{вп}''. \quad (5)$$

В процессе тепло - и массообмена между влажным воздухом и водой в испарительных охладителях оборотной воды рассматриваемого типа, как и в сушильных установках, в которых в качестве сушильного испарительного агента используется влажный воздух, количество сухой части влажного воздуха на входе в испарительный охладитель ($G_{св}'$) и на выходе из него ($G_{св}''$) остается постоянным, т. е.

$$G_{св}' = G_{св}''. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (4) и (5) и полученные затем соответственно в (2) и (3), на основе (1), имеем

$$\Delta G_e' = \Delta G_{вп}' = \Delta G_{ee}', \quad (7)$$

где

$$\Delta G_e' = G_e' - G_e''; \quad (8)$$

$$G_{вп}' = G_{вп}' - G_{вп}''; \quad (9)$$

$$\Delta G_{ee}' = G_{ee}' - G_{ee}''. \quad (10)$$

В испарительных охладителях оборотной воды испаренная из испаряемого объекта (охлаждаемой воды) влага в перегретом виде передается испарительному агенту (влажному воздуху).

Если учесть, отношение $G_{вп}$ к $G_{св}$ представляет собой влагосодержание влажного воздуха, т.е.

$$x = \frac{G_{вп}}{G_{св}}, \quad (11)$$

то выражения (4) и (5) могут быть представлены в виде

$$G_{ee}' = (1 + x')G_{св}', \quad (12)$$

$$G_{ee}'' = (1 + x'')G_{св}''. \quad (13)$$

Пользуясь равенством $G_{св}'$ и $G_{св}''$ по (6) можем получить

$$G_{св}' = \frac{G_{ee}'}{1 + x'} = \frac{G_{ee}''}{1 + x''}. \quad (14)$$

Таким же образом, на основе равенств (7) - (10) и (12), (13) можем записать

$$\Delta G_e' = \Delta G_{вп}' = \Delta G_{ee}' = G_{св}'(x'' - x'), \quad (15)$$

где x' и x'' - соответственно, влагосодержание испарительного агента (влажного воздуха) на входе в камеру испарительного охладителя и на выходе из нее.

Составление теплового баланса рассматриваемого охладителя основывается на законе сохранения энергии, т.е. суммы входящих в охладитель и уходящих из него энтальпий (I) и тепловых потоков (Q) равны. Согласно рис.5

$$I'_e + I'_{ee} = I''_e + I''_{ee} + Q_{mn}^\delta \quad (16)$$

В соответствии отдельные составляющие балансового уравнения (16) определяются из выражений

$$I'_e = G'_e c_{p_e} t'_e, \quad (17)$$

$$I''_e = G''_e c_{p_e} t''_e, \quad (18)$$

$$I'_{ee} = I'_{ce} + I'_{en}, \quad (19)$$

$$I''_{ee} = I''_{ce} + I''_{en}, \quad (20)$$

где

$$Q_{mn}^\delta = K_{mn}^\delta F_\delta (\bar{t}_{ee} - t_0), \quad (21)$$

$$I'_{ce} = G'_{ce} c_{p_{ce}} t'_{ce}, \quad (22)$$

$$I'_{en} = G'_{en} (r_0 + c_{p_{en}} t'_{en}), \quad (23)$$

$$I''_{ce} = G''_{ce} (c_{p_{ce}} t''_{ce}), \quad (24)$$

$$I''_{en} = G''_{en} (r_0 + c_{p_{en}} t''_{en}), \quad (25)$$

$$\bar{t}_{ee} = 0,5(t'_{ee} + t''_{ee}) \quad (26)$$

- среднее по высоте охладителя значение температуры влажного воздуха; r_0 - теплота парообразования воды при $t = 0$ °С; $c_{p_{ce}}, c_{p_{en}}$ - соответственно, удельные теплоемкости сухого воздуха и водяных паров; t_0 - температура окружающей среды; K_{mn}^δ и F_δ - соответственно, коэффициент теплопередачи и площадь боковой теплообменной поверхности рассматриваемого охладителя.

На основании (10) выражения (23) и (25), соответственно, могут быть представлены в виде

$$I'_{en} = G'_{en} x' (r_0 - c_{p_{en}} t'_{en}), \quad (27)$$

$$I''_{en} = G''_{en} x'' (r_0 - c_{p_{en}} t''_{en}). \quad (28)$$

Подставляя (22) и (23) в (19) и (24) и (25) в (20), получим

$$I'_{ee} = G'_{ce} (c_{p_{ce}} t'_{ce} + x' c_{p_{en}} t'_{en} + x' r_0), \quad (29)$$

$$I''_{ee} = G''_{ce} (c_{p_{ce}} t''_{ce} + x'' c_{p_{en}} t''_{en} + x'' r_0) . \quad (30)$$

Подставляя (17) – (26) в (16) и с учетом равенства G'_e и G''_e по выражению (6), получим

$$G'_e c_{p_e} (t'_e - t''_e) + \Delta G_{en} c_{p_e} t''_e = G'_{ce} [r_0 (x'' - x') + c_{p_{en}} (x'' t''_{ee} - x' t'_{ee})] + 0,5 K_{mn}^\delta F_\delta (t'_{ee} + t''_{ee} - 2t_0) \quad (31)$$

В связи с тем, что водяной пар в составе влажного воздуха находится в перегретом состоянии, для рассматриваемого случая очевидно равенства значений $t'_{cв}, t'_{вв}, t'_{вн}, t'_o$ а также взаимного равенства значений $t''_{cв}, t''_{вв}, t''_{вн}$, т.е.

$$t'_{cв} = t'_{вв} = t'_{вн} = t'_o, \quad (32)$$

$$t''_{cв} = t''_{вв} = t''_{вн}. \quad (33)$$

Наряду с (22) и (23), для рассматриваемого случая очевидно, что $x' = x_0$, (34) т.е. влагосодержание влажного на входе в испарительный охладитель (x') равно влагосодержанию наружного воздуха (x_0).

Подставляя (32) – (34) в (31), и с учетом значения $\Delta G_{вн}$ по (15), получим

$$G'_e c_{p_e} (t'_e - t''_e) = G'_{cв} [(r_0 - c_{p_e} t''_e)(x'' - x_0) + c_{p_{вн}} (x'' t''_{вв} - x_0 t_o)] + 0,5 K_{mn}^\delta F_\delta (t'_{вв} + t''_{вв} - 2t_o). \quad (35)$$

С учетом отношения (15) и равенства $t'_{вв}$ и t_o , а также x' и x_0 для рассматриваемого случая балансовое уравнение (35) может быть представлено в виде

$$G'_e c_{p_e} (t'_e - t''_e) = \frac{G'_{вв}}{1 + x_0} [(r_0 - c_{p_e} t''_e)(x'' - x_0) + c_{p_{вн}} (x'' t''_{вв} - x_0 t_o)] + 0,5 K_{mn}^\delta F_\delta (t''_{вв} - t_o) \quad (36)$$

Решая балансовое уравнение (36) относительно t''_e , получим

$$t''_e = \frac{\frac{\mu}{1 + x_0} W''_{вв} \rho''_{вв} c_{p_e} - 0,5 \vartheta \alpha_{конв} (t'_e - t''_{вв} - t_o) - \frac{\alpha_{исп} x_{исп} - \bar{x} \rho_{св}}{Le_{вв} c_{p_{вв}} \rho_{вв}} \vartheta r_0}{\frac{W''_{вв} \rho''_{вв}}{1 + x_0} (\mu - x'' + x_0) + 0,5 \vartheta \alpha_{конв}} \quad (37)$$

Решая балансовое уравнение (36) относительно $t''_{вв}$, получим

$$t''_{вв} = \frac{\frac{W'_{вв} \rho'_{вв}}{1 + x_0} [c'_{p_{вв}} t_o - (r_0 - r_e)(x'' - x_0)] + 0,5 \vartheta \left[\alpha_{конв} (t'_e - t''_e) - \left(\alpha_{конв} - \frac{a}{\vartheta} K_{mn}^\delta \right) t_o \right]}{\frac{W'_{вв} \rho'_{вв} c'_{p_{вв}}}{1 + x_0} + 0,5 \vartheta \left(\alpha_{конв} + \frac{a}{\vartheta} K_{mn}^\delta \right)} \quad (38)$$

В четвертой главе диссертации «Экспериментальное исследование процесса охлаждения обратной воды и теплоэнергетические характеристики испарительного охладителя с трехфазном псевдооживленном слоем» основной целью экспериментальных исследований является проверка адекватности результатов моделирования работы испарительного охладителя рассматриваемого типа, а также определение его фактического потенциала в реальных условиях.

Результаты натурных экспериментов по охлаждению обратной воды проводились в течение теплого периода июль –август месяца 2014-2015 года. На рис 6 - 7 приведены экспериментальные исследования по измерению t''_e в зависимости от $\varphi, \mu, W, t_o, t'_e$. Эксперименты по определению значения t''_e в

зависимости от μ проведены в диапазоне его изменения от 0,4 до 0,65 и относительной влажности испарительного агента от 0,3 до 0,5.

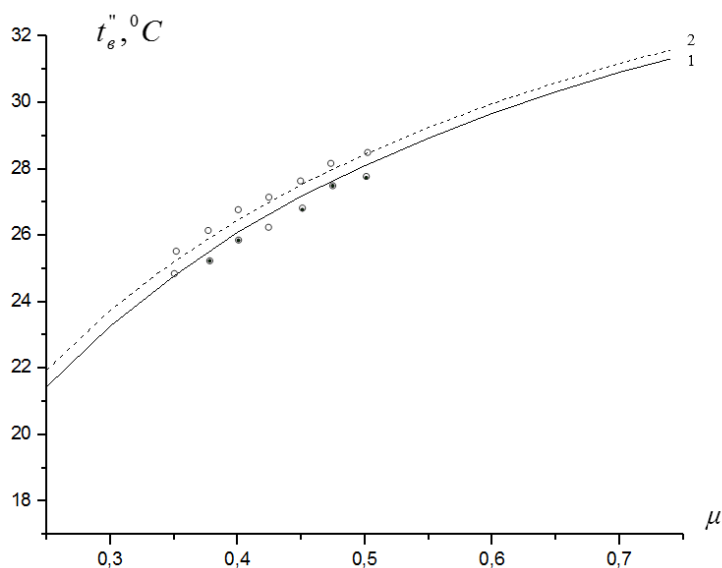


Рис.6. Зависимость $t_g'' = f(\mu)$ при $t_0 = 25$ °С; $W_{вв}' = 2,5$ м/с; $t_g' = 42$ °С: 1, 2 - соответственно, при $\varphi_0 = 0,3...0,4$

На рис. 6. приведены результаты измерений по определению t_g' от μ и φ_0 при $W = 2,5$ м/с, $t_0 = t_{вв}' = 25$ °С и $t_g' = 42$ °С и сопоставление результатов опытных и расчетных данных, приведенных на рис. 3.4. Как следует из рис.6. рост μ и φ_0 , как и ожидалось, приводит к росту t_g'' , т.е. уменьшению глубины охлаждения.

Например, если при $\varphi_0 = 0,3$ и $\mu = 0,4$ значение $t_g'' = 25,6$ °С, то при том же значении φ_0 (т.е. 0,30) рост μ от 0,4 до 0,6 приводит к повышению t_g'' на 1,4°С. Небольшое расхождение расчетных и экспериментальных результатов (на 1,0-1,5°С) объясняется невозможностью обеспечения постоянных значений параметров окружающей среды, т.е. небольшими колебаниями параметров окружающей среды (в основном φ_0) около его среднего значения (0,3) в процессе проведения данной серии экспериментов.

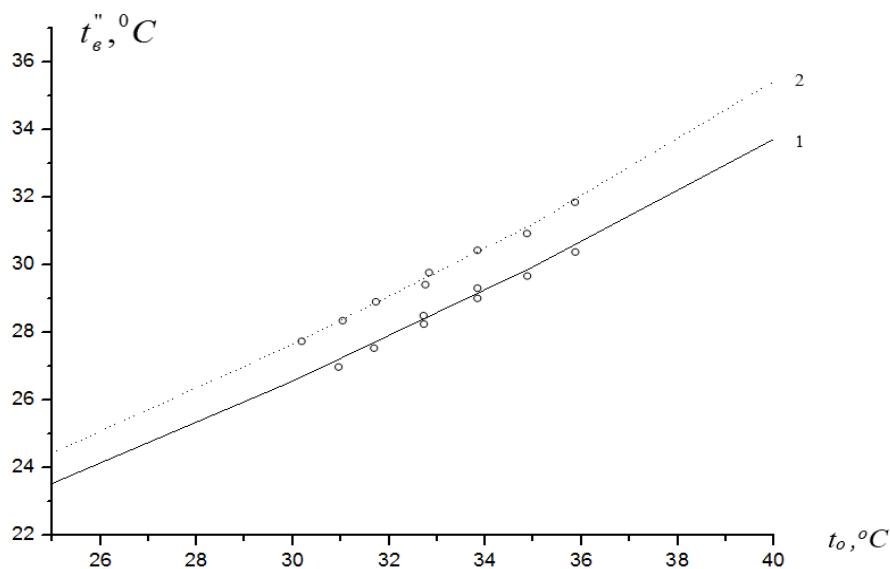


Рис. 7. Зависимость $t_e'' = f(t_o)$ при $W_e' = 3 м / с$; $\mu = 0,3$; $t_e' = 40^\circ C$: 1, 2 - соответственно, при $\varphi_o = 0,3$; $0,4$.

На рис.7. приведены результаты экспериментальных исследований по определению t_e'' в зависимости от температуры окружающей среды ($t_o = t_{ог}$) при $\varphi_o = 0,3$ и $0,5$ и $W = 3,0 м / с$, $\mu = 0,3$, $t_e' = 40^\circ C$. Из результатов измерений следует, что при $\varphi_o = 0,3$ рост t_o от $30^\circ C$ до $38^\circ C$ приводит соответствующему росту t_e'' от $26^\circ C$ до $32^\circ C$. При $\varphi_o = 0,5$ в результате изменения t_o от $30^\circ C$ до $38^\circ C$ соответствующее повышение t_e'' составляет в среднем $1,5^\circ C$. Небольшое расхождение расчетных и опытных данных по рис. 7, как и в предыдущем случае, объясняется небольшими колебаниями φ_o около его среднего значения (на $4 \div 6\%$) в процессе экспериментов.

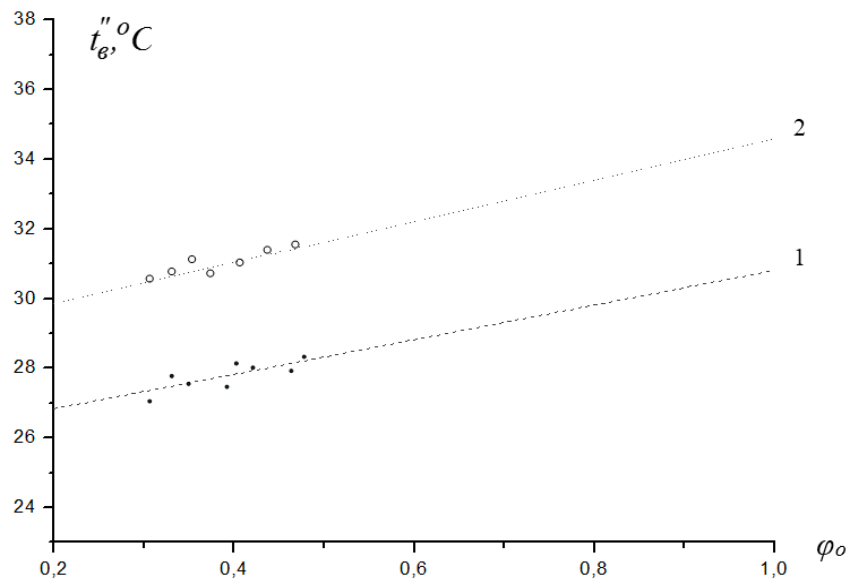


Рис.8. Зависимость $t_e'' = f(\varphi_o)$ при $W_{ог}' = 2,8 м / с$; $\mu = 0,35$; $t_e' = 38^\circ C$: 1 и 2 - соответственно, при $t_o = 30$; $35^\circ C$.

На рис.8. приведена опытная зависимость t_e'' от φ_o при изменении последней от $0,3$ до $0,6$ при $W = 2,8 м / с$, $\mu = 0,35$ и $t_e' = 38^\circ C$ и значениях $t_o = 30^\circ C$; $35^\circ C$ и $40^\circ C$. Как следует из анализа графиков по рис.4.3, зависимость t_e'' от φ_o практически линейная. Так, например при $t_o = 35^\circ C$ и $t_e' = 38^\circ C$ изменение φ_o от $0,3$ до $0,6$ приводит к росту t_e'' от $30,5$ до 32 , т.е. $0,5^\circ C$ на каждое повышение φ_o на $0,1$.

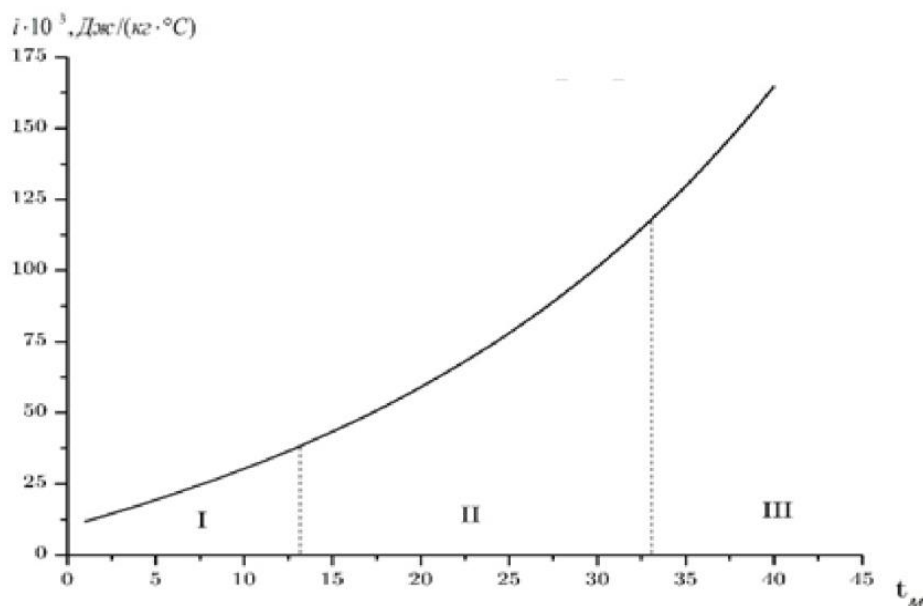


Рис.9. Зависимость t_M от i_{BV} насыщенного влажного воздуха.

Результаты численных расчетов по определению графической зависимости t_M от i_{BV} при $V=715$ мм.рт.ст. (которое характерно для города Ташкенте) приведены на рис.9.

В целях создания удобства в практических расчетах по определению t_M в диапазоне изменения от 0 до 40°C графическая зависимость, приведенная на рис. 4.8., аппроксимирована прямыми:

$$t_M = \sqrt[3]{i}(0,0016 + 0,0199\sqrt[3]{i}) - 9,3542, \text{°C}; \quad (39)$$

при $0 \leq t_M \leq 13^\circ\text{C}$

$$t_M = 1,3051\sqrt[3]{i} - 30,8238, \text{°C}; \quad (40)$$

при $13^\circ\text{C} \leq t_M \leq 33^\circ\text{C}$

$$t_M = 1,2081\sqrt[3]{i} - 26,1548, \text{°C} \quad (41)$$

при $33^\circ\text{C} \leq t_M \leq 45^\circ\text{C}$.

Максимальное значение относительных погрешностей составляет $\pm 0,4\%$.

Зависимость i_{BV} от t_o и φ_o в диапазонах измерений $0 \leq t_M \leq 40^\circ\text{C}$, $0 \leq \varphi_o \leq 1$ и $680 \leq V \leq 760$ мм.рт.ст. приведена в Приложениях.

Достоверность аппроксимационной зависимости может быть проверена сопоставлением значений t_M по (39) – (41) и $i - d$ влажного воздуха.

Например, при $t_o = 30^\circ\text{C}$ и $\varphi_o = 0,25$ значение i_{BV} , определенное по влажному воздуху составляет $48000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$, а значение t_M составляет 17°C . Значение i_{BV} , при $t_o = 30^\circ\text{C}$ и $\varphi_o = 0,25$ составляет $48126,6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$. Значение t_M , определенное из аппроксимационного выражения (40) при этом составляет

16,64⁰С, что отличается на 2,16%. Причиной такого расхождения, хотя и незначительно, объясняется приближенностью расчетов по $i - d$ диаграммы.

Полученное таким образом значение t_m позволяет определить значение эффективности испарительного охладителя воды.

Как показывают результаты исследований, благодаря более высокой интенсивности испарения воды в охладителях с трехфазным псевдожиженным слоем по сравнению с традиционными охладителями, удастся снизить температуру охлаждаемой воды до 1,2÷1,5 ⁰С выше, чем температуру мокрого термометра ненасыщенного влажного (т.е. наружного) воздуха.

В условиях жаркого климата нашей республики это дает возможность использовать их в системах летнего кондиционирования воздуха. Результаты расчетов, выполненных по выражениям, для характерных точек системы приведены на рис.10.

Наружный воздух $t'_o = t_o = 37,7 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi'_o = \varphi_o = 0,22$ и $i'_o = i_o = 62413,8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ поступает в испарительный охладитель 1 и выходит из него при температуре $t = 24,24 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\varphi = 0,82$, а затем поступает в вращающийся регенеративный теплообменник(3). На выходе из регенеративного теплообменника с эффективностью 0,75 воздух имеет температуру $t''_o = 29,34 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительную влажность 0,61.

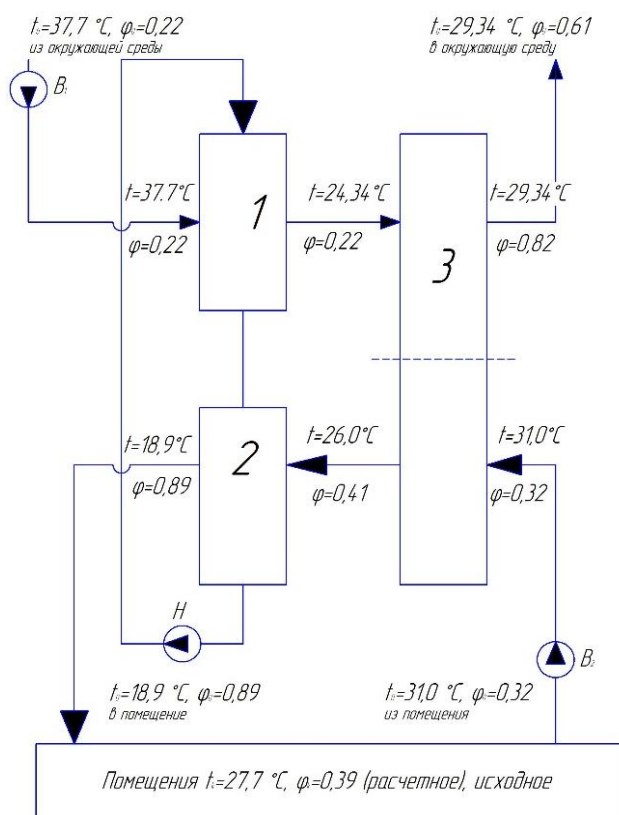


Рис. 10. Принципиальная блочная схема системы кондиционирования воздуха помещения (здания) с двумя водоиспарительными камерами (1,2) и одним вращающимся регенеративным теплообменником: Н-циркуляционный насос регенеративных камер; В-вентилятор

Комнатный воздух при температуре 31°C и влажности $0,32$ подается в рассматриваемый регенератор и выходит из него при температуре 26°C и влажности $0,41$. Воздух с такими параметрами поступает во вторую испарительную камеру и выходит из нее при температуре $18,9^{\circ}\text{C}$ и влажностью $0,89$. Таким образом, в помещение поступает охлажденный воздух при температуре $18,9^{\circ}\text{C}$, влажности $0,89$ и удельной энтальпии $51916,76$ Дж/кг. Как видно, в результате применения двух испарительных камер с трехфазным псевдоожиженным слоем и одним вращающимся регенеративным теплообменником удельное теплосодержание снижено от $62413,87$ Дж/кг до $51916,76$ Дж/кг без применения какого-либо искусственного источника холода.

Данная схема в дальнейшем принята за основу при разработке «Способа испарительного охлаждения воздуха», на который получен Патент Республики Узбекистан № IAP 05286 от 19.09.2016 г.

Описание и принцип действия способа испарительного охлаждения воздуха по Патенту № IAP 05286 приведены в разделе Приложения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов диссертационной работы «Охлаждение оборотной воды промышленных предприятий в псевдооживленном слое с твердой подвижной насадкой» доктора философии по техническим наукам (PhD) представлены следующие заключения:

1. Создана экспериментальная установка для проведения натуральных опытов по испарительному охлаждению оборотной воды в трехфазном псевдооживленном слое и определен его фактический потенциал в реальных условиях.

2. На основе анализа результатов экспериментальных исследований по измерению температуры воды, охлажденной в данной установке, и сопоставление их с расчетными результатами, полученными в третьей главе, установлена хорошая сходимость расчетных и экспериментальных данных, что подтверждает достоверность выполненных исследований.

3. Предложена математическая модель процесса испарительного охлаждения оборотной воды в трехфазном псевдооживленном слое. На основе численной реализации предложенной модели установлены зависимости температуры охлаждаемой воды от φ , μ , W , t_o , t'_e , а также температуры отработанного влажного воздуха на выходе из испарителя рассматриваемого типа от φ , μ , W , t_o , t'_e .

4. Разработка алгоритма и программы для определения температуры воды $t''_в$ и воздуха $t_{вв}$ на выходе из испарительного охладителя

5. Экспериментально установлена линейная зависимость энергетического коэффициента испарительного охладителя оборотной воды рассматриваемого типа от коэффициента орошения. Установлена зависимость доли испаренной влаги в испарительном охладителе оборотной воды рассматриваемого типа от температуры охлаждаемой воды на входе в охладитель и коэффициента орошения.

6. В результате внедрения способа испарительного охлаждения воздуха в аппарате с трехфазным псевдооживленным слоем и с вращающимся регенеративным теплообменником привело к увеличению общей экономической эффективности и даёт возможность уменьшения расхода электрической энергии.

Общая экономическая эффективность при внедрении в практику предложенной установки, способа испарительного охлаждения воздуха составляет 3,9 млн. сум в год с одного кондиционера.

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY AND
LLC “SCIENTIFIC TECHNICAL CENTER” SCIENTIFIC COUNCIL
FOR AWARDED SCIENTIFIC DEGREES DSc.27.06.2017.T.03.03**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

ISAKHODJAYEV KHAYRULLA SUNNATILLAYEVISH

**COOLING OF CIRCULATING WATER IN INDUSTRIAL ENTERPRISES
AT THE IMAGINARY LIQUEFIED LAYER WITH A SOLID MOVABLE
FILLING**

05.05.04 – Industrial Thermal Power

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

Tashkent – 2018

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 B2017.3.PhD/413

The dissertation has been prepared at Tashkent State Technical University.

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.ziynet.uz).

Scientific consultant:

Zakhidov Roman Abdullaevich

Doctor of Technical Sciences, professor,
Academician

Official opponents:

Iskandarov Zafar Samandarovich

Doctor of Technical Sciences, professor

Koroli Mehriya Anvarovna

Candidate of Engineering Sciences

Leading organization:

JSC «Teploelectroproect»

The defense of dissertation will be take place «___» _____ 2018 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 «___» _____ 2018 year.
(mailing report №___ on «___» _____ 2018 year).

K.R. Allayev

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

O.Kh. Ishnazarov

Scientific secretary of the Scientific Council
on awarding scientific degress,
Doctor of technical sciences, Senior Scientific Researcher

D.N. Muhiddinov

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

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to investigate the hydrodynamic and thermal processes occurring in a three-phase fluidized bed, to obtain empirical dependencies for calculating the main technological parameters of the optimal operation of plants with this layer as applied to the cooling of circulating water and air conditioning systems.

The object of the research work are low-power evaporative coolers of industrial enterprises and air conditioning systems of residential buildings with a three-phase fluidized bed.

The scientific novelty of the research work is as follows:

for the first time, a method has been developed for cooling industrial recycled water in evaporative coolers with a three-phase fluidized bed;

the main parameters of operation of the evaporative cooler with a fluidized bed are determined depending on the air speed and layer height;

a prototype of an evaporative cooler with a three-phase fluidized bed was developed and created;

for the first time, based on the results of experimental studies and approximation of the data obtained, empirical equations were obtained for determining the temperature of water and air at the outlet of the evaporator.

Implementation of research results. Based on the developed cooler with a three-phase fluidized bed:

a cooler with a three-phase fluidized bed was introduced at the enterprise of JSC "Uzbekenergo", in particular, in JSC "Selenergoproekt" for the cooling system of buildings. (reference of JSC "Uzbekenergo" for the number FM-01-21/3533 dated June 9, 2018) which allowed saving electric energy by 2.4 times;

algorithm and method for determining the parameters of recycled water and spent moist air at the enterprise of JSC "Uzbekenergo", in particular in JSC "Selenergoproekt" for the cooling system of buildings (certificate of JSC "Uzbekenergo" under the number FM-01-21/3533 dated June 9, 2018) as a result of which the degree of accuracy in determining the parameters of water and moist air increases;

a method of processing the results and modeling the heat and mass transfer processes occurring in the fluidized bed cooler at the JSC "Uzbekenergo", in particular, in JSC "Selenergoproekt" for the cooling system of the building. (certificate of JSC "Uzbekenergo" for the number FM-01-21 / 3533 dated June 9, 2018), as a result, the degree of accuracy of heat-mass transfer processes is 95%;

The calculation and graphical method of a two-stage air cooler with a three-phase fluidized bed was introduced to create a microclimate in production facilities at the JSC "Uzbekenergo" JSC in particular JSC "Selenergoproekt" for the cooling system of the building. (reference of JSC "Uzbekenergo", for the number FM-01-21/3533 dated June 9, 2018). The use of the results allowed to lower the temperature to 23-25 ° C, with a relative humidity of 40-60%.

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 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть, I part)

1. Исаходжаев Х.С. Критическая скорость псевдооживления трехфазного слоя // Журнал Вестник ТашГТУ, №4, 2006, 51-55 стр. (05.00.00 №16).
2. Исаходжаев Х.С. Исследование трехфазного псевдооживленного слоя с целью определения гидродинамических характеристик // Журнал «Кимёвий технология назорат ва бошқарув» КТНБ, 2006 г., 27-30 стр. (05.00.00 №12).
3. Исаходжаев Х.С. Расчет температуры оборотной воды, охлажденной в трехфазном псевдооживленном слое // Проблемы энерго- и ресурсосбережения № 1-2, 2010 г. 236-241 стр. (05.00.00 №21).
4. Исаходжаев Х.С., Илхамов Ж. Определение параметров состояния кондиционируемого воздуха в двухступенчатых системах испарительного охлаждения // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. №3-4, 2013г. 141-145 стр. (05.00.00 №21).
5. Мухтаров Ф.М., Исаходжаев Х.С. Разработка опытного образца двухступенчатого испарительного охладителя воздуха // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. №3 2014г. 112-116 стр. (05.00.00 №21).
6. Камилов Р.Р., Исаходжаев Х.С., Алимова М.М. Использование на БНПЗ теплового насоса качестве охладителя оборотной воды теплообменника // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. №3 2014г. 127-134 стр. (05.00.00 №21).
7. Захидов Р.А., Исаходжаев Х.С., Мавжудова Ш.С., Шамсиев Р. Эффективность двухступенчатых испарителей охлаждения воздуха в зданиях // Проблемы энерго-ресурсосбережения. №4, 2014г. 152-155 стр. (05.00.00 №21).
8. Исаходжаев Х.С. Исследование количества жидкости, удерживаемой трехфазным псевдооживленным слоем // Вестник ТашГТУ. Спецвыпуск- 2015 г. 111-116 стр. (05.00.00 №21).
9. Isakhodjayev Khairulla Sunnatulayevich. Method of calculation of temperature of reverse water in the course of vaporizing cooling // European applied sciences. Stuttgart, Germany. №12, 2015y, 35 p.
10. Исаходжаев Х.С. Тепловая эффективность испарительных охладителей оборотной воды // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. №3-4, 2016г. 163-165 стр. (05.00.00 №21)
11. Исаходжаев Х.С. Исследование зависимости высоты трехфазного псевдооживленного слоя от плотности орошения для повышения эффективности охлаждения оборотных вод в испарительных охладителях // Вестник ТашГТУ, №3, 2017, 80-85 стр. (05.00.00 №21)

12. «Хавони буғлатиб совитиш усули» Узбекистан Республикаси интеллектуал мулк Агентлигидан ихтиро учун патент №IAP 05286 19.09.2016 йил. №10. 31.10.2016 й.

II бўлим (II часть, II part)

13. Исаходжаев Х.С. «Построение балансовых поверхностей и составление балансовых уравнений испарительного охладителя» Белоруссия, Энергетика и ТЭК. №5, 2017 г., 24-25 стр.

14. Исаходжаев Х.С., Тактаева Л.Н. Энергия ва ресурсларни тежаш муаммолари Республика илмий-техникавий ва амалий анжумани; Тошкент, 2002 й., «Выпарка сточных вод с использованием вторичных энергоресурсов» 317-319 стр.

15. Исаходжаев Х.С., Саидова Н.О. Фан ва техника тараққиётида ёшлар. Тезислар тўплами 1-қисм. 2004 й. «Стенд для исследования процесса охлаждения воды в псевдооживленном слое» 104-106 стр.

16. Исаходжаев Х.С. Энергиканинг замонавий муаммолари қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш. Тошкент, 2010 й., «Пульсации трехфазного псевдооживленного слоя» 47-49 стр.

17. Исаходжаев Х.С., Тоирова Н.Ж., Ходжиалимова Н.З. Международной научно-технической конференции Современное состояние и перспективы развития энергетики. Том-II. Ташкент, 2011 г., «Охлаждение воды в трехфазном псевдооживленном слое» 27-28 стр.

18. Захидов Р.А., Анарбаев А.И., Исаходжаев Х.С., Мухторов Ф. Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов, ученых. Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере. Челябинск, 2013 г. «Новые подходы к расчету параметров испарительного охлаждения в системах кондиционирования воздуха» 115-119 стр.

19. Захидов Р.А., Анарбаев А.И., Исаходжаев Х.С., Мухторов Ф.Х. Энергетика: Управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. Благовещенск, 2013 г. «Развитие систем кондиционирования воздуха на основе двухступенчатого испарительного охлаждения» 570-572 стр.

20. Анарбаев А.И., Захидов Р.А., Мухторов Ф.Х., Исаходжаев Х.С. Международная научная конференция Инновация-2013. Ташкент «Двухступенчатый испарительный охладитель оборотной воды для систем кондиционирования воздуха» 225-226 стр.

21. Исаходжаев Х.С., Анарбаев А.И., Материалы конференции Возобновляемые источники энергии: технологии и установки. Ташкент, 2016 г. Температура влажного воздуха на выходе из испарительной установки, состоящей из испарительной камеры и вращающегося регенеративного теплообменника. 264-265 стр.

22. Исаходжаев Х.С., Тоирова Н.Ж. Республика илмий-амалий анжумани. 1-Китоб, Карши, 2016 г. «Моделирование процесса

испарительного охлаждения оборотной воды в трехфазном псевдооживленном слое» 27-29 стр.

23. Захидов Р.А., Анарбаев А.И., Исаходжаев Х.С. Материалы 10-й Международной научно-технической конференции: Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Москва. 24-25 мая 2016 г. «Системы испарительного охлаждения оборотной воды в трехфазном псевдооживленном слое для птицеферм».

24. Авезов Р.Р., Авезова Н.Р., Рахимов Э.Ю., Исаходжаев Х.С. Свидетельство № DGU 04184 от 18.01.2017г. «Математическая модель для определения температуры оборотной воды и отработанного влажного воздуха на выходе из трехфазного псевдооживленного испарительного охладителя». Официальный бюллетень. Агентство по интеллектуальной собственности РУз № 2 28.02.2017г.