

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
«ИЛМИЙ–ТЕХНИКА МАРКАЗИ» МЧЖ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.03.03
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

МУРТАЗАЕВ КУВОНДИК МУСТАФАЕВИЧ

**СУВ СОВИТИШ ҚУРИЛМАЛАРИДА (ГРАДИРНЯЛАРДА) ИССИҚЛИК
ВА МАССА АЛМАШИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ ЖАДАЛЛАШТИРИШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

05.05.04 – Саноат иссиқлик энергетикаси

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

Тошкент – 2017

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**
**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on
technical sciences**

Муртазаев Кувондик Мустафаевич

Сув совитиш қурилмаларида (градирняларда) иссиқлик ва масса
алмашиш жараёнларини жадаллаштириш технологиясини яратиш..... 3

Муртазаев Кувондик Мустафаевич

Разработка технологии в охладителях-градирнях за счет интенсификации
тепло-массообменных процессов..... 23

Murtazayev Kuvondik Mustafayevich

Development of technology in cooling agents of coolers due to the
intensification of heat and mass transfer processes..... 43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 46

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
«ИЛМИЙ–ТЕХНИКА МАРКАЗИ» МЧЖ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.03.03
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

МУРТАЗАЕВ КУВОНДИК МУСТАФАЕВИЧ

**СУВ СОВИТИШ ҚУРИЛМАЛАРИДА (ГРАДИРНЯЛАРДА) ИССИҚЛИК
ВА МАССА АЛМАШИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ ЖАДАЛЛАШТИРИШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

05.05.04 – Саноат иссиқлик энергетикаси

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

Тошкент – 2017

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1.PhD/T96 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети ва Ёнғин хавфсизлиги институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Муҳиддинов Джалолiddин Насирович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Кремков Михаил Витальевич
физика-математика фанлари доктори, профессор
Шаисламов Алишер Шаабдурахманович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

«Issiqlikeletrloyiha» АЖ

Диссертациянинг ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва «Илмий-техника маркази» МЧЖ ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.03.03 рақамли Илмий кенгашининг 2017 йил «___» _____соат _____даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 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 (33 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2. Тел.: (99871) 246-03-41

Диссертация автореферати 2017 йил «___» _____ да тарқатилган.
(2017 йил «___» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

Қ.Р.Аллаев

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

О.Х. Ишназаров

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

Ш.И. Клычев

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

Кириш (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда ишлаб чиқариш соҳаларида технологик қурилмаларни узлуксиз совутиш, сифатли электр энергия билан таъминлаш самардорлигини ошириш ҳамда энергия ва ресурс тежамкор иш режимларини яратишга қаратилган тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу жиҳатдан, саноат корхоналарининг технологик линияларида ҳаракатланаётган сувни совутишда ишлатиладиган суғориш қурилмаси ёрдамида энергия самардорлигини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, жумладан, ривожланган мамлакатларнинг «саноат корхоналарида кенг қўлланиладиган градириялар ёрдамида янги қабул қилинадиган сувни 95%гача истеъмолини камайитишга эришилади»¹.

Жаҳонда саноат корхоналари ривожланишида иссиқлик энергетикасининг самардорлигини ошириш, ишончилиги ва экологик тоза технологияларни ишлаб чиқиш алоҳида аҳамият касб этмоқда. Ушбу соҳада, жумладан, айланма сув таъминоти тизимининг ҳар бир элементининг ишлаш хусусиятларига таъсир этувчи омилларини аниқловчи қурилмаларни такомиллаштириш, айланма сув таъминоти тизимини совутиш қобилиятини оширишни комплекс усуллари ишлаб чиқиш, энергия тежамкор градирияларни яратиш йўналишларида амалга оширилаётган илмий-тадқиқот ишлари муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикаимиз мустақилликка эришгач иқтисодиётнинг муҳим тармоғи бўлган энергетика соҳасини сифат жиҳатидан ривожлантириш ва замонавий талаблар асосида соҳанинг техник-технологик даражасини юксалтиришга алоҳида эътибор қаратилди. Бу борада, жумладан, саноат корхоналарида градирияда иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнларини жадаллаштириш, технологик объектларда электр энергия истеъмолини камайитиш бўйича сезиларли натижаларга эришилиб, саноат корхоналарида айланма сув таъминотининг энергетик самардорлигини ошириш техник воситаси ишлаб чиқиш, градирияларда иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнларини жадаллаштиришнинг таъминловчи технологик суғориш қурилмаларни оптимал ишлашини таъминловчи алгоритмни такомиллаштиришни талаб этмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайитиш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш, ...»² бўйича вазифалар белгиланган. Ушбу вазифани амалга ошириш, жумладан, саноат корхоналаридаги сув совутиш технологик линияларида энергия тежамкор иш режимларидаги энергетик мувозанатни таъминлаш, қувват исрофини

¹<http://gradirni.tmim.ru>

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

мақбуллаш усулларини такомиллаштириш алгоритмини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 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 тикланувчи 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 технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурс-тежмкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Суғориш қурилмалари, сув тутгич ва сув сачратувчи қурилмаларнинг ҳар хил турларини ишлатишга турлича ёндашув асосида қўлланиладиган сувни совитувчи технология ва қурилмалар кўп миқдорда ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Бутун Россия иссиқлик техникаси институти, Конструкторлик технологик маълумотлар маркази, Бутун Россия сув таъминоти, сув олиш ва атрофдаги табиий муҳитни ҳимоялаш илмий тадқиқот институти, Бутун Россия голиргия илмий тадқиқот институти, Энергетика саноати (Россия Федерацияси), Қозоғистон Энергетика ва алоқа илмий тадқиқот ва лойиҳалаш институти, (Қозоғистон) ва мутахассислаштирилган кафедралари бор университетлар Москва энергетика институти (Россия федерацияси), Алмата энергетика ва алоқа институти (Қозоғистон), Тошкент давлат техника университети (Ўзбекистон), Toyohashi, Nagoya (Япония), Foster Wheeler (Финляндия), Alstom (Франция), Mitsubishi (Япония) ва «Бальке-Дюпп», «Техэкопром» (Россия федерацияси) илмий ишлаб чиқариш корхоналарида кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Энергия ва ресурс тежамкорлиги ва ишлаб чиқаришни энергия самарадорлигини ошириш бўйича илмий муаммоларни ҳал қилишда машҳур олимлар А.Ф. Володин, В.С. Понамаренко, Ю.И. Арефьев, В.Б. Андрианов, Л.Д. Берман, В.М. Панкрашин, А.Г. Лаптев, Р.И. Нигматуллин, Р.Е. Гельфанд, N.G. Deen, J.Nikuradse, D.G. Kroger, Reinhard Billet, Michael Beckmann, Kenzo Kitamura, Susumu Noda, Naruse Ichir ва бошқалар ўз ҳиссаларини қўшганлар. Иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнларини жадаллаштириш технологияларини яратиш ва уларнинг самарадорлигини ошириш борасида қуйидаги ўзбек олимлари Н.Р. Юсупбеков, Д.Н. Мухиддинов, С.М. Туробжонов, А.А. Аскарлов, Х.С. Нурмухамедов ва бошқалар томонидан ҳам бажарилган.

Сезиларли муваффақиятларга қарамай, градирняларда энергия ва ресурс тежамкор технологияларни иш режимларининг мавжуд усулларини такомиллаштириш ва янги усулларини яратиш муаммоси етарли даражада ўрганилмаган. Мазкур ишда саноат корхоналарида градирнянинг технологик жиҳозларини ривожлантириш ва бошқаришни оптимал вариантларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетининг илмий тадқиқот ишлари режасининг «Энергия ва ресурсларни тежашдаги технологиялар ва ёқилғи-энергетика ресурсларидан самарали фойдаланишни таъминлайдиган янги техник қурилмаларни ишлаб чиқиш» (2012-2020) мавзусидаги лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади саноат корхоналаридаги сувни совитиш даражасини ошириш учун суғориш қурилмаларида иссиқлик масса алмашилиш жараёнини жадаллаштириш, гидравлик қаршилиқни камайтириш, энергетик самарадорликни ошириш режимларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

кувурлардан қилинган суғориш қурилмаларида сувни совитишнинг самарали энергетик жараёнини математик моделини ишлаб чиқиш;

градирняларда сувни совитиш технологик линияси динамик жараёнининг компьютер дастурини ишлаб чиқиш;

градирняларда сувни совитишдаги экспериментал кўрсаткичларни компьютер дастурида олинган натижалар мослигини таҳлил қилиш;

градирнялардаги полимер суғориш қурилмали блокни ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш;

энергия самарали технологик жиҳозлар билан саноат градирняларини такомиллаштириш бўйича илмий-техник ечимларни ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида саноат корхоналарининг айланма техник сув таъминоти тизимидаги вентиляторли градирнялар ва уларнинг элементлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети саноат корхоналарининг градирняларидаги иссиқлик ва масса алмашилиш ҳамда уларнинг энергия тежайдиган жараёнларини амалга оширадиган қурилмалар ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида айланма сув таъминоти тизимининг ишини оптималлаштириш методологияси, гидродинамик, иссиқлик ва масса алмашуви жараёнларини математик моделлаш, статистик ишлов бериш ва интеграл баҳолаш тадқиқот усули қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

буғлатиб совитиш градирняларида композицион полимер материаллардан ишланган энергия самарали суғориш қурилмалари билан айланма техник сув таъминотининг энергия технологик схемаси ишлаб чиқилган;

буғлатиб совитиш градирнялари энергия самарали композицион полимер қувурли суғориш қурилмаларидаги иссиқлик ва масса алмашуви жараёнлари-

нинг асосий энергия технологик параметрлари аниқланган;

фазалар тақсимланиши нотекислиги ва турбулентлигини ҳисобга олиб қувурлардан қилинган суғориш қурилмаларида сувни совитиш жараёнининг услуби ишлаб чиқилган;

қувурли суғориш қурилмаларида сувни совутиш, иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнининг бошқариш алгоритми ишлаб чиқилган;

градирняларда сувни совитиш тизимидаги ҳавонинг ҳарорати ва тезлигини суғориш қурилмасининг баландлигига боғлиқ ҳолда қувурлар тўпламининг гидравлик қаршилиги аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

иссиқлик энергетика қурилмалари самарадорлигини оширишни таъминлайдиган, техник айланма сув таъминотининг шахмат тартибида жойлаштирилган композицион полимер қувурлардан иборат энергия самарали суғориш қурилмаларида сувни буғлатиб совитишнинг энергия технологик тизимлари ишлаб чиқилган;

суғориш қурилмаси блокининг оптимал ўлчовлари, сувни совитиш жараёнини жадаллаштиришни таъминлайдиган олти қатор қувурлар тўпламидан иборат суғориш қурилмасининг оптимал баландлиги аниқланган;

буғлатиб совитишли градирнянинг композицион полимер суғориш қурилма блокининг ҳисоблаш услуби ишлаб чиқилган;

вентиляторли градирняларни иссиқлик ташувчи оқимларнинг гидродинамик нотекислигини, электр энергия сарфларини камайтирувчи ва иссиқлик ФИКни оширувчи техник ечимлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги илмий асослар, хулоса ва таклифларнинг ишончлилиги иссиқлик ва масса алмашинуви назарияси ва математик физиканинг тегишли бўлимларини жалб қилиб тузилган математик моделларнинг адекватлигига асосланган замонавий, экспериментал маълумотларни таҳлил қилишда текширилган усулларнинг қўлланилиши билан тасдиқланади. Натижаларнинг ишончлилиги экспериментал ва саноат градирняларида олинган ҳисобий ва экспериментал маълумотларнинг мос келиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти сувни совитишнинг берилган ҳароратини таъминлайдиган, градирня суғориш қурилмасининг оптимал конструктив ва тартибли (режимли) тавсифини аниқлаш имконини берадиган компьютер ва экспериментал тадқиқотлар натижаларига асосланган ҳисоб-китоб методикасини такомиллаштириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти саноат корхоналарида градирняларнинг иссиқлик фойдали иш коэффициентини ошириш тизими ишлаб чиқилган. Ишлаб чиқилган тизим вентилятор электр энергияси харажатлари, гидродинамик тенгсизликни камайтирадиган, энергетик самарадорликни ошириш, суғориш қурилмалари ёрдами техник ечимларни градирняларда кенг қўламда қўлланилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Саноат корхоналарида айланма сув таъминоти тизимларини тежамкор иш режимларини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

БОП-63 суғориш қурилмасига Ўзбекистон интеллектуал мулк агентлигининг фойдали моделига патент олинган («Градирня суғориш қурилмалари», №FAP 01048-2015 й.). Суғориш қурилмасини татбиқ этилиши ҳароратлар фарқини $\Delta t=10-15^{\circ}\text{C}$ га ошириш имконини берган;

полимер суғориш қурилмасининг блоки (БОП-63) «Ўзбекнефтегаз» АЖ тасаруфидаги корхоналарда, жумладан «Муборакнефтваз» МЧЖ «Кўкдумалоқ» қонидаги газларни босим билан узатиш компрессор станциясининг (ГБУКС) умумий майдони 432 м^2 бўлган уч секцияли вентиляторли градирнясига жорий қилинган («Ўзбекнефтегаз» АЖнинг 2017 йил 2 октябрдаги 31/1-446-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижаларининг қўлланилиши корхонага бир йилда 407700 кВт/соат электр энергияни тежаш имконини берган;

полимер суғориш қурилмасининг энергиятежамкор иш режимлари «Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖда умумий майдонли 192 м^2 бўлган олти секцияли вентиляторли градирнянинг бир секциясида жорий қилинган («Ўзбекнефтегаз» АЖнинг 2017 йил 2 октябрдаги 31/1-446-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижаларининг қўлланилиши корхонага бир йилда 804528 кВт/соат электр энергияни тежаш имконини берган;

термопластик материаллардан экструзия усули бўйича тайёрланган қувурчадан иборат полимер суғориш қурилма блоки Давлат реестрига Tsh15008740-01:2013-сон билан рўйхатга олинган («Ўзстандарт» агентлигининг 2014 йил 18 апрелдаги маълумотномаси).

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 7 та илмий-амалий анжуманлар ва семинарларда, шу жумладан, 5 та халқаро ва 2 та республика анжуманларида апробациядан ўтди.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш, шу жумладан, хорижий журналларда 3 та мақола, республика журналларида 13 та мақола чоп этилган бўлиб, битта фойдали моделга Ўзбекистон Республикаси патенти мавжуд.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Градирняларда сувни совитишнинг мавжуд технологияларининг замонавий ҳолати таҳлили ва тадқиқот вазифаларининг белгиланиши**» деб номланган биринчи бобида суғориш қурилмалари градирняларда қўлланиладиган сувни совитиш технологияларида гидродинамик, иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнлари асосийлиги кўрсатилган.

Совитиш тизими технологик жиҳозларининг самарадорлигини ошириш усуллари ишлаб чиқишга йўналтирилган тадқиқотларнинг таҳлили шуни кўрсатдики, градирнянинг иссиқлик алмашгичларида гидравлик ва аэродинамик оқимларнинг ўзаро таъсир динамикаси оптимал бўлмаганлиги учун иссиқлик ва масса алмашилиш самарадорлиги паст ва ишлаб чиқарилган энергиянинг кўп миқдорда йўқотилиши вужудга келади.

Бунинг натижасида градирнядаги айланма сувнинг тўлиқ совитилмаслиги ва конденсатордаги вакуумнинг етарлича бўлмаслиги кузатилади. Бу ўз навбатида энергия блокнинг фойдали иш коэффициентига ва провардида ИЭС электр энергияни тўлиқ ишлаб чиқармасликка сабаб бўлади.

Мавжуд сувни совитиш схемалари бир қатор камчиликларга эга бўлгани учун ҳамда илмий тадқиқот объектлари доирасининг доимий мураккаблашуви ва кенгайиши иссиқлик энергетика қурилмаларининг айланма сув таъминоти тизимидаги технологик жиҳозлар конструкциялари ва янги самарадор усуллари ишлаб чиқишни талаб қилади. Бу камчиликларга сувни совитиш самарадорлигининг кичиклиги янги градирняларни қуриш ва эскиларини реконструкция қилишда капитал харажатлар катталиги, суғориш қурилмаси, сув тутгичва сачратгичларнинг самарадорлиги кичик бўлганлиги учун совитилган сувнинг таннархи юқорилигини кўрсатиш мумкин.

Юқорида келтирилганларни эътиборга олган ҳолда, ИЭС ва саноат корхоналари иссиқлик энергетик қурилмаларининг айланма сув таъминоти тизимлари энергетик самарадорлигини ошириш учун илмий ва муҳандислик асосларини ишлаб чиқиш мақсадида тадқиқотларни янада давом эттириш ва амалга ошириш эҳтиёжи пайдо бўлади.

«**Градирняларда гидродинамик ва иссиқлик-масса алмашуви жараёнларини моделлаштириш**» деб номланган иккинчи бобида шахмат тартибида жойлаштирилган қувурлар тўпламидан иборат полимер суғориш қурилмалари градирняда сувнинг плёнка томчи ва оқим кўринишида буғлатиб совитилишининг назарий аспекти ва моделлаштиришнинг натижалари келтирилган, сув буғлатиб совитиш жараёнининг термодинамик таҳлили бажарилган. Иссиқлик узатиш коэффициентини аниқлаш учун шахмат тартибида жойлаштирилган қувурлар тўплами суғориш қурилмаларида газ-сууюқлик иссиқлик ташувчиларининг ҳаракатланиш жараёнлари кўриб чиқилган.

Саноат градирняси ишини такомиллаштиришнинг ва самарадорлигини оптимал вариантларини аниқлаштириш учун градирняда сув совитилишининг иссиқлик масса алмашилиш жараёнининг математик модели ишлаб чиқилди.

Ихтиёрий сууюқлик ва газлар учун Рейнольдснинг $2 \cdot 10^2$ дан $2 \cdot 10^5$ оралиғида шахмат тартибидаги қувурлар тўпламини кўндаланг оқиб ўтиш шароитида конвектив иссиқлик узатишни ҳисоблаш учун М.А. Михеев тенгламаси

қўлланилган, бунда оқимларнинг турбулентлиги эътиборга олинган бўлиб тенгламанинг кўриниши қуйидагича:

$$Nu_c = 0,41 Re_c^{0,6} Pr_c^{0,33} \left(\frac{Pr_c}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} \quad (1)$$

бу ерда: Re -Рейнольдс критерийси, Pr - Прандтль критерийси.

Бу тенгламадан критерийларни аниқлашда оқим кесимининг ва қувур диаметрининг энг тор жойидаги тезлик ва ўртача ҳароратининг сонли қийматлари қабул қилинган. Бунда қувурлар орасидаги нисбий оралиқ иссиқлик узатилишига кам таъсир қилади.

Биринчи қатор қувурларининг ўртача иссиқлик узатилиши (1) формула бўйича аниқланади ва қувурлар тўплами учун иссиқлик узатишнинг ўртача қиймати $\alpha_{кув}$ ҳисобга олиб қуйидаги тенгликдан аниқланади:

$$\alpha_{мурб} = \frac{\alpha_1 F_1 + \alpha_2 F_2 + \dots + \alpha_n F_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}, \quad (2)$$

бу ерда: $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ - алоҳида қувурлар қаторларининг иссиқлик узатилиши коэффиценти; $F_1, F_2, \dots, F_n$ - иссиқлик ва масса алмашувининг мувофиқ юзалари.

$$\alpha_{мурб} = D_t w_1 l_1. \quad (3)$$

Иссиқликнинг турбулент узатилиши коэффиценти D_t тажрибаларда аниқланади ва оқимнинг турбулент ҳолатига боғлиқ, бу ҳолат массанинг оқим тезлиги (w_1) ва оқим билан ўзаро таъсирда бўлган жисмнинг тегишли диаметри ўлчами (l_1) билан аниқланади.

$\alpha_{турб}$ топилганидан сўнг унинг қийматини (2) тенгламага қўйиш зарур. Шундай қилиб, (1) тенгламадан сув плёнкаси билан ёпилган қувурлар сиртидаги иссиқлик узатиш коэффиценти топиш мумкин, бунда градирия суғориш қурилмасида ҳавонинг оқиб ўтиш натижасида турбулентликнинг вужудга келиши инобатга олинади.

Асосий эътибор градириянинг насадкали ҳудудида узатиш жараёнларини моделлаштиришга қаратилган, чунки у ерда совитиш жадал амалга оширилади. Бу ерда тадқиқот қилинаётган объектлар жойлашган: ҳаво оқимининг ядроси чегара қатлами ва суюқлик плёнкаси. Чегара қатлами «сув плёнкаси-ҳаво» оқими фазалар бўлиниш чегарасида вужудга келади.

Шубҳасиз, диффузия қилинаётган массанинг узатилиш жараёнига асосий қаршилик ўзаро таъсирлашаётган фазаларнинг чегара қатламида кўрсатилади. Масса алмашиниш жараёнини жадаллаштириш йўлларида бири деб чегара қатламли-плёнкани кичрайтириш ҳисобланади.

Фазаларнинг бўлиниш чегарасидаги фазалараро чегаравий қатлам диффузион плёнканинг қалинлигини аниқлаш тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\delta = \frac{D}{\beta} \cdot 10^{-7}, M \quad (4)$$

бу ерда: β - буғланаётган сувнинг масса узатилиш коэффициенти, м/с; D - тақсимланган модданинг молекуляр диффузияси коэффициенти; бунда F - диффузияга нормал йўналтирилган сирт.

(4) тенгламадан β катталиги плёнка катталигига δ тескари пропорционаллиги келиб чиқади. Диффузия ва масса узатилиши коэффициенти орасидаги боғланишни қуйидаги тенглама кўринишида кўрсатиш мумкин:

$$\beta = D / \delta, \quad (5)$$

Бунда суюқликда тақсимланган модданинг диффузия коэффициенти, D «плёнкали» оқим учун Рейнольдс сони Re ва насадкадаги суюқликнинг ўртача тезлиги $u_{\text{ср}}$ ҳисобланди.

Агар $Re_{\text{п}} < 1400$ бўлса, ламинар ҳолат ва $u_{\text{ср}} = 1,5u_{\text{ср}}$; агар $Re_{\text{шт}} > 1400$ бўлса, турбулент ҳолат ва $u_{\text{ср}} = 1,15u_{\text{ср}}$.

Иссиқлик ва масса алмашуви жараёнида сувнинг совитиш кўрсаткичлари аниқлангандан кейин сувни буғлатиб совитиш жараёнининг компьютер модели яратилди. Бутун технологик жараённи кўп кириш ва чиқиш кўрсаткичларга эга сачраткичга узатилаётган сувнинг умумий миқдори энергиясини ҳисобга олувчи яхлит жараён деб қараймиз.

Технологик жараённи чуқур ўрганиш учун технологик тизимнинг элементларини кўриб чиқамиз ва уларнинг ҳар бирини алоҳида квазиаппарат деб қараймиз. Градирня суғориш қурилмасининг блоки шахмат тартибда жойлаштирилган полимер қувурларнинг горизонтал ўрнатилган қатламларидан ташкил топган модел кўринишида бажарилган. Қувурлар панжарага ўрнатилган бўлиб, бу панжара полимер материаллардан мустаҳкам тузилма кўринишида ясалган. Қаторлар орасидаги масофа ва қатордаги тешиклар орасидаги масофани қувур диаметрига тенг деб олиш, иссиқлик ва масса алмашинувининг максимал жадаллаштиришини таъминлайдиган ҳаво оқимининг оптимал тезлигини олишни таъминлайди, бунда оптимал аэродинамик қаршилиқ кузатилади.

Сачратиш зонаси суюқлик ва ҳаводан ташкил топган бўлиб, унда суюқлик ва ҳаво орасида контактли иссиқлик ва масса алмашинуви жараёни кечади. Бу жараёнда сув сарфи қанчалик катта бўлса, жараён шунчалик самарадор ўтади. j - аппарат учун танлаб олинган сачратувчи ёки насадкали зонада иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнини математик моделлаштириш аппаратида иссиқлик балансини тузишдан бошланади.

$$\frac{\partial Q_j}{\partial \tau} = q_{\text{с},j-1} - q_{\text{с}}' - \Delta q_j + \Delta q_{\text{хаво}}, \quad (6)$$

$$Q_j = m_j \cdot e_j \cdot t_j,$$

бу ерда: $q_{\text{с},j}$ - j квазиаппаратидаги суюқлик иссиқлиги; $q_{\text{с},j-1}$ - j квазиаппаратга суюқлик билан келадиган иссиқлик энергияси; $q_{\text{с}}'$ - j квазиаппаратидан суюқлик билан кетадиган иссиқлик энергияси; Δq_j - j квазиаппаратидан суюқлик билан буғланиб кетадиган энергия; $\Delta q_{\text{хаво}}$ - j квазиаппаратига ҳаво билан келадиган иссиқлик энергияси.

Юқорида кўриб чиқилган иссиқлик балансининг ташкил этувчиларнинг математик баёнига ўтамыз:

$$q_{e,j-1} = G_{j-1} \cdot e_j \cdot t_{j-1}; \quad (7)$$

бу ерда: G_{j-1} - j аппаратининг сув сарфи; e_j - j квазиаппаратининг иссиқлик сифими (ҳажми); t_{j-1} - j квазиаппаратига сув билан кирган ҳарорат.

$$q_j = G_j \cdot c \cdot t_j; \quad (8)$$

$$\Delta q_{jm} = \Delta G_j \cdot I; \quad (9)$$

$$\Delta q_{jxav} = \alpha \cdot F_j (t_{xavoj} - t_j); \quad (10)$$

бу ерда: α - иссиқлик узатилиши коэффиценти; F_j - ҳаводан j - квазиаппаратига иссиқлик энергияси келадиган юза; t_{xavoj} - j аппаратига келадиган ҳаво ҳарорати; t_j - j квазиаппарат ҳарорати.

$$\Delta G = \beta \cdot F_j (X_{en} - X_{xav}); \quad (11)$$

бу ерда: ΔG - ҳаво сарфи; β - масса узатилиши коэффиценти.

Масса, ҳаво ва сув ҳароратларининг вақт бўйича ўзгариши дифференциал тенгламалар системасини ёзамиз:

$$\frac{\partial m_j \cdot c \cdot t_j}{\partial \tau} = G_{j-1} \cdot e_j \cdot t_{j-1} - G_j \cdot c \cdot t_j - (\beta \cdot F_j (X_{BH} - X_{Bozdyx})) \cdot i + \alpha \cdot F_j (t_{xavoj} - t_j) \quad (12)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = G_{j-1} \cdot e_j \cdot t_{j-1} - G_j \cdot c \cdot t_j - (\beta \cdot F_j (X_{BH} - X_{Boz})) \cdot i + \alpha \cdot F_j (t_{xavoj} - t_j) / (m_j \cdot c) \quad (13)$$

13 - тенгламада алоҳида ёндашишни талаб қиладиган қатор кўрсаткичлар бор. Хусусан, бу масса узатилиши β ва α иссиқлик узатилиши коэффиценти. Бу коэффицентларнинг қийматларини аниқлаш учун юқорида аниқланган экспериментал ёндашиш қўлланилган. Жараён ҳисоб-китобига сезиларли таъсир қиладиган яна бир кўрсаткич ҳаводаги намликнинг ҳақиқий ва барқарор концентрацияси ҳисобланади. Барқарор ва ҳақиқий шароит учун ҳаводаги сув концентрацияси аниқланганидан сўнг уч фазали квазиаппаратнинг иссиқлик ва масса алмашувини аниқлашга ўтиш мумкин.

Уч фазали квазиаппаратда суюқ ва газ асосий ҳаракатдаги фазалар деб ҳисобланади. Қаттиқ фаза, яъни насадка қувурлари сув томчилари ва ҳавонинг контакт сиртларининг катталашиши ва оқимлар турбулизацияси кучайиши натижасида иссиқлик ва масса алмашуви коэффицентини катталашуви ҳисобига иссиқлик ва масса алмашилишининг яхшиланишига ёрдам беради. Газ фазасига ўтаётган сув буғларини иссиқлик ва масса алмашилишининг классик тенгламаси билан топилади.

$$\Delta G = K_{vj} \cdot V_j \cdot (X_j^* - X_{j-1}) + \Delta G_2 + \dots + \Delta G_{j-1}. \quad (14)$$

бу ерда: K_{vj} - j -квазиаппаратидаги солиштирма ҳажм учун масса алмашуви коэффиценти; V_j - j квазиаппарат ҳажми; X_j^* - j - квазиаппаратига кираётган суюқлик нуктаи назаридан барқарор концентрация; X_{j-1} - j - квазиаппаратига кираётган газ оқими учун намликнинг ҳақиқий концентрацияси.

Масса узатиш коэффициентининг бошқа омилларга боғлиқлиги математик ва физик моделларда олинган натижаларнинг солиштириш орқали ўрнатиш билан аниқланади. Совитиш жараёнининг кўрсаткичларини аниқлайдиган тенгламалар системасини ёзамиз:

$$t_i = (G_{j+1} \cdot c \cdot t_{j+1} - \Delta G_i + \alpha \cdot F \cdot t_{e,j-1}) / ((G_0 - \sum_{j=n}^j \Delta G) \cdot c + \alpha \cdot F); \quad (15)$$

$$X_j = \beta_j \cdot F_j (X^* - X_{j-1}) / m_j; \quad (16)$$

$$\Delta G_e = G_{ej-1} (X_{j-1} - X_j); \quad (17)$$

$$X^* = \frac{P}{P_0}; P = P_0 \cdot X_{j-1}^{*M}; G_0 = \frac{G_e}{X_0}.$$

13- тенгламани ечишни таъминлайдиган 15-, 16-, 17- тенгламаларнинг алгоритмизацияси ўтказилди. Шундай алгоритмлаштириш асосида компьютер модели шакллантирилди. МАТЛАБ амалий дастурида ўзгарувчи қийматларни тақдим этиш орқали совитилган сув ҳароратини ҳисоблаш учун компьютер модели олиган. Windows илова кўринишида амалга оширилган компьютер модели мультимедиа дастур мажмуасидир, унга Visual Basic муҳитида ишлаб чиқилган график фойдаланувчи интерфейс ва маълумотларнинг локал базаси ҳамда Matlab муҳитидаги график хулоса ва ҳисоблаш ядроси киради. Компьютер модели оптимизацион ҳисоблашларни ўтказишга альтернатив вариантларни қидиришга мослаштирилган. Чунки, насадка геометриясининг, иссиқлик масса алмашилиш кўрсаткичларининг ва ҳоказолар ўзгаришини ҳисобга олиш мақсадида дастур блоклари кодини мустақил модефикация қилиш имконияти бор.

Ҳажмий масса узатиш коэффициенти β_{xv} , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{соат})$ ёки $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{соат})$, қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$\beta_{xv} = A \cdot q_c^n \lambda^m \quad (18)$$

бу ерда: A коэффициентини насадканинг конструктив хусусиятларининг унинг совитиш қобилиятига таъсирини характерлайди, м^{-1} ; $\lambda = q_b / q_{ж}$ - ҳаво ва сув масса сарфларининг нисбати, $\text{кг}/\text{кг}$; H - насадка блокнинг баландлиги, м ; m - ҳаво массаси тезлигининг ўзгариши ҳисобига ҳажмли масса узатиш коэффициентиининг боғлиқлигини характерловчи даража кўрсаткичи.

Тизимнинг моддий мувозанатидан (балансидан) келиб чиқиб, сувни совитиш технологик линиясида ҳарорати ростланадиган динамик жараёнининг барча кириш ва чиқиш параметрларига эга компьютер модели тузилди.

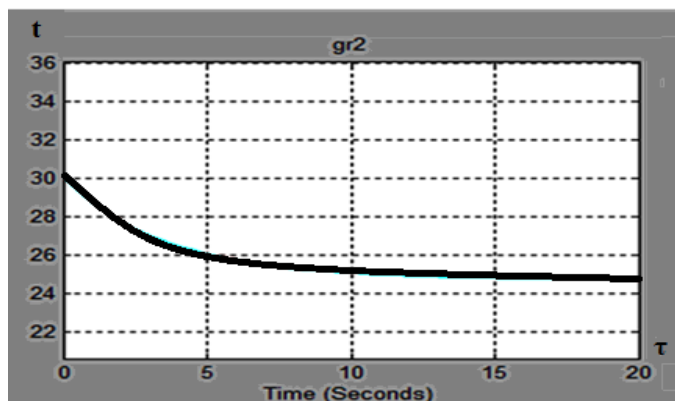
Градиридаги иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнининг компьютер моделига кириш параметрлари деб: G_{g_0} - кираётган газнинг бошланғич сарфи, t_0 - бошланғич ҳарорат, P - аппаратдаги босим, G - суюқлик сарфи, газнинг бошланғич намлиги қабул қилинган. Градирня иссиқлик ва масса алмашуви компьютер моделининг кириш параметрлари ҳисобланади. Чиқаётган газнинг ўлчанган сарфи G_g , ўлчанган ҳарорат t_e , аппарат босими P , суюқлик сарфи G чиқиш параметрларидир. Компьютер моделининг формулизациясидан сўнг турли бошланғич шартли жараённи тадқиқот қилиш ва жараённинг тегишли

кўрсаткичларини аниқлаш имконияти пайдо бўлди. Қабул қилинган бошланғич шартлар: кираётган сув ҳарорати 30°C , сув сарфи $0,4 \text{ кг/сек}$, ҳаво сарфи $0,1 \text{ кг/сек}$, ҳавонинг бошланғич намлиги $0,0002 \text{ кг/кг}$. Аппаратнинг ишчи ҳажмлари $V_0=0,1$ ва $V_0=0,5$ учун, масса узатиш коэффицентининг турли қийматлари учун; насадкали, насадка сачратгичли ва оқимнинг гидродинамик тузилиши идеал аралаштирувчи икки ячейкали сачратгич насадкали аппаратлар учун ҳисоб-китоблар ўтказилди.

Аппаратдаги оқимларнинг гидродинамик структураси идеал аралашуш кўринишида қабул қилинган. Ҳисоблар учун сувнинг ҳажми $0,5 \text{ м}^3$ масса узатиш коэффиценти 1 (бир) деб қабул қилинди. Бундай қурилмада сув 30°C дан $26,5^{\circ}\text{C}$ гача совийди. Ҳаво сарфи ошиши билан ҳарорат яна ҳам кўпроқ камаяди. Ҳисоблаш шуни кўрсатдики, икки секцияли, оқимнинг гидродинамик тузилиши идеал аралашуш бўлган совитиш аппаратида биринчи секциядан кейин совитилган сув ҳарорати $29,3^{\circ}\text{C}$, иккинчи секциядан кейин $25,6^{\circ}\text{C}$ гача бўлади. Шундай қилиб, пуркагич-насадкали аппарат жараён ҳароратини $3,4^{\circ}\text{C}$ ёки $11,8 \%$ га камайтиришга имкон беради.

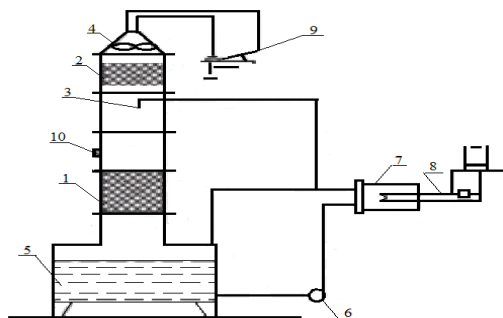
Композицион полимер трубалардан ясалган суғориш қурилмаси экспериментал градириянинг кўп босқичли тизимли таҳлили амалга оширилди.

Сув-ҳаво тизимининг мувозанатли шароитлари ўрганилди, суюқ ва газли фазалар учун иссиқлик ва масса алмашувининг математик ва компьютер моделлари шакллантирилди. Компьютер моделида ўтказилган тадқиқотлар танланган насадкали элементларидан фойдаланиш самарадорлигини кўрсатди.



1-расм. Ўтиш жараёнида ҳароратнинг вақтга боғлиқлиги.

«Градирияларнинг экспериментал моделларида сувни совитиш жараёнларини тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш» деб номланган учинчи бобида вентиляторли градирияда суғориш қурилмасининг янги конструкциясини синаш ва сувни турли режим ва конструктив кўрсаткичларда совитиш жараёнини тадқиқотларини ўтказиш учун 2-расмда кўрсатилган градириянинг экспериментал моделидан фойдаланилди.



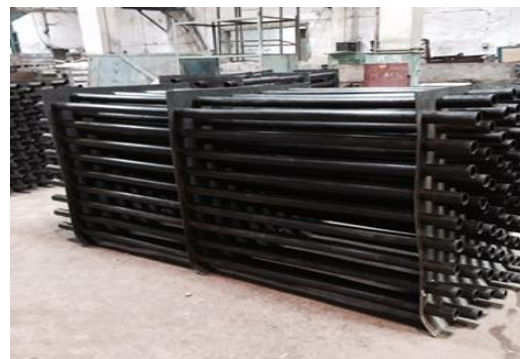
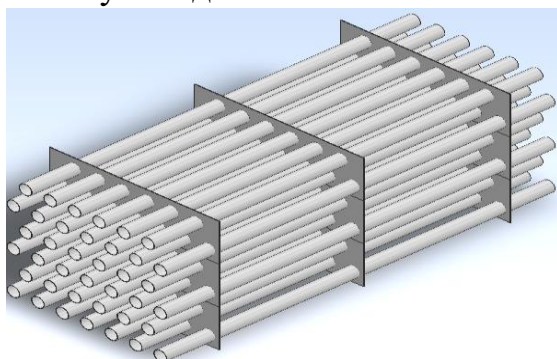
2-расм. Градирнянинг экспериментал модели схемаси.

1-тадқиқ қилинаётган суғориш мосламаси; 2-сув тутгич; 3-сув пуркагич; 4-вентилятор; 5-идиш; 6-насос; 7-электр қиздиргич; 8-қиздириш идиши; 9-микроманометр; 10-кузатиш ойнаси.

Ҳаво оқими тезлиги ва унинг ҳароратини ўлчаш Testo 405-V1 термоанемометри ёрдамида ўтказилди. Аниқлик классси (ҳарорат қиймати ўзгаришидан $\pm 0,5^{\circ}\text{C} + 0,3\%$). Ташқи ҳаво ва нисбий намлик Ассман аспирацион психрометрнинг куруқ ва ҳўлланган термометри билан ўлчанди. Сув билан тўғридан тўғри таъсир шароитида сувнинг ҳароратини симобли, шишали, ўлчаш бирлиги $0,1^{\circ}\text{C}$ (ҳисоблаш аниқлиги $0,05^{\circ}\text{C}$) бўлган термометр билан ҳамда Хитойда ишлаб чиқилган аниқлиги $1,5\%$ бўлган AR300 SMART, SENSOR туридаги контактсиз перометр ва маълумотларга ишлов бериш микропроцессор тизимли термопараларда ўлчанди. Градирнянинг кириш-чиқиш қисмида сув оқими ҳароратини ўлчаш учун ҳарорат датчиклари ўрнатилган. Лаборатория қурилмаси баландлиги $h_{\text{ап}} = 4,5$ м, градирня корпусининг ички ўлчами $1,0 \times 1,0 \text{ м}^2$, сув мосламасининг баландлиги $h_{\text{нас}} = 0,8 - 1,2$ м гача ўзгаради.

Дастлаб бўш аппаратда сувни совитиш жараёни тадқиқ қилинди, сўнг аппаратнинг ичига 4 дан 8 гача контакт элементлари ўрнатилган ҳолатда тажрибалар ўтказилди. Ҳар бир қаторда қувурлар шахмат тартибида жойлаштирилган, бунда қуйидаги ўлчам катталиклари ўрнатилган $s_1/d = s_2/d$, $s_1 = 0,63 \text{ м}$, $s_2 = 0,63 \text{ м}$, $d = 0,63 \text{ м}$.

Градирнянинг кириш-чиқиш қисмида ҳавонинг ҳарорати суғориш қурилмаси қувурларининг сиртидаги сув плёнкаси ҳамда совитилган ва совитилувчи сувнинг ҳарорати маълумотларни микропроцессор тизими билан ишлов берадиган ва потенциометрга уланган хромел капел термопаралари билан ўлчанди.



3-расм. ПСМБ (БОП)-63 композицион полимер қувурлардан тузилган суғориш мосламаси.

Экспериментал градирнянинг моддий ва иссиқлик балансларининг иссиқлик техникаси ҳисоблари ўтказилди. Градирняда сувни совитиш технологик линияси жараёнларини математик моделлаштиришда битта квази секцияси учун моддий ва иссиқлик баланслари назарий тузилди. Математик моделнинг адекватлигини текшириш учун экспериментал градирняда реал иссиқлик масса алмашилиш жараёнларининг барча кўрсаткичлари ўрганилди ва ҳисоблаб чиқилди. Градирняда сувни буғлатиб совитишда масса узатиш экспериментал маълумотларни бирлаштириб масса алмашилишнинг ҳажмий коэффициенти $\beta_{\text{хв}}$ учун қуйидаги эмпирик боғланиш олинди:

$$\beta_{\text{хв}} = 0,54 \cdot q_c^{1,02} \lambda^{0,27} \quad (19)$$

бу ерда: q_c - суғориш зичлиги, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{соат})$; $\lambda = \frac{G}{V_c}$.

Суюқ фаза бўйича градирнянинг иссиқлик ФИКни ушбу формула билан аниқлаш мумкин:

$$\eta_{\text{жс}} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_{\text{н.м}}} \cdot 100 \% \quad (20)$$

бу ерда: t_1 - градирняга киришдаги сувнинг ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$; t_2 - градирнядан чиқишдаги сувнинг ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{н.м}}$ - градирняга киришидаги нам термометр ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$ (суюқликни совитишнинг назарий чегараси).

Суғориш қурилмали экспериментал қурилмада сувни совитиш жараёнини тадқиқ қилиш бўйича тажрибалар ўтказилди. Бунда вентильатори ишлайдиган ва ишламайдиган ҳолатларда градирнянинг ишлашга қодирлиги аниқланди.

Қувурли суғориш мосламаси бўлган экспериментал қурилмада сувни буғлатиб совитиш жараёнида, ҳавонинг турли тезликлари ва ўзгармас суғориш зичлиги шароитида, ҳавонинг ҳарорати ва нисбий намлигини экспериментал натижалари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал.

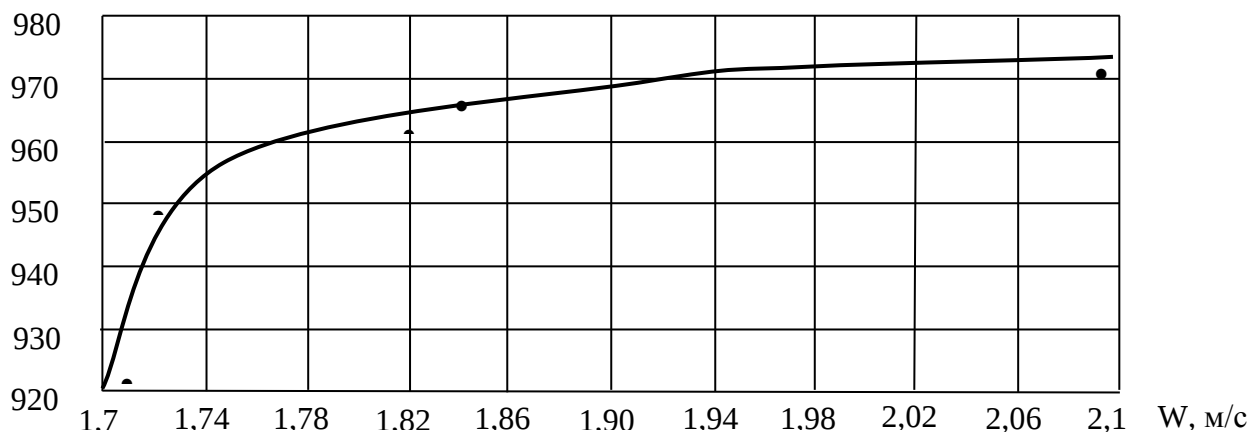
Ҳавонинг ҳар хил тезлиги ва ўзгармас суғориш зичлиги шароитида ўтказилган экспериментал тадқиқотлар натижалари

Тажриба рақами	1...4	5..7	8...10	11,12	13,14
Ҳаво тезлиги; w , м/сек	1,7	1,72	1,82	1,84	2,1
Киришдаги ҳаво ҳарорати; t , $^{\circ}\text{C}$	17,2	29,2	29,3	29,4	30
Нам ҳаво, %	31,7	31,6	34	32	32
Хўл термометр кўрсаткичи бўйича киришдаги ҳаво ҳарорати; t , $^{\circ}\text{C}$	21	20,6	21	22	22
Киришдаги сув ҳарорати; t , $^{\circ}\text{C}$	38	41	43	42	40
Чиқишдаги сув ҳарорати; t , $^{\circ}\text{C}$	27	30	32	31	29
Суюқлик бўйича иссиқликнинг ФИК; η , %	65	54	50	55	61
Иссиқлик узатиш коэффициенти; α_v , $\text{Вт}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$	928,8	948,2	959	968,4	971
Масса узатиш коэффициенти; $\beta_{\text{хв}}$, $\text{кг}/\text{м}^3 \cdot \text{сек}$	2,855	2,866	2,910	2,918	3,022

1-жадвалдан ҳаво тезлиги ошганда ва суғориш зичлиги q_c доимий қийматга эга бўлганда иссиқлик узатиш коэффициенти α катталашуви, 4-расм

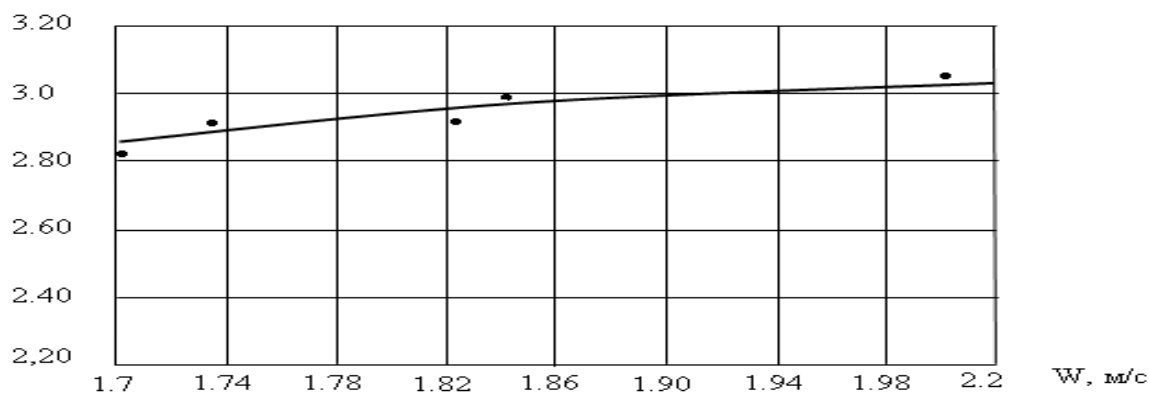
ва масса ўзатиш коэффициентининг β_{xv} эса кам ўзгариши кўринади 5-расм.

$\alpha_v, \text{Вт/м}^3\text{К}$

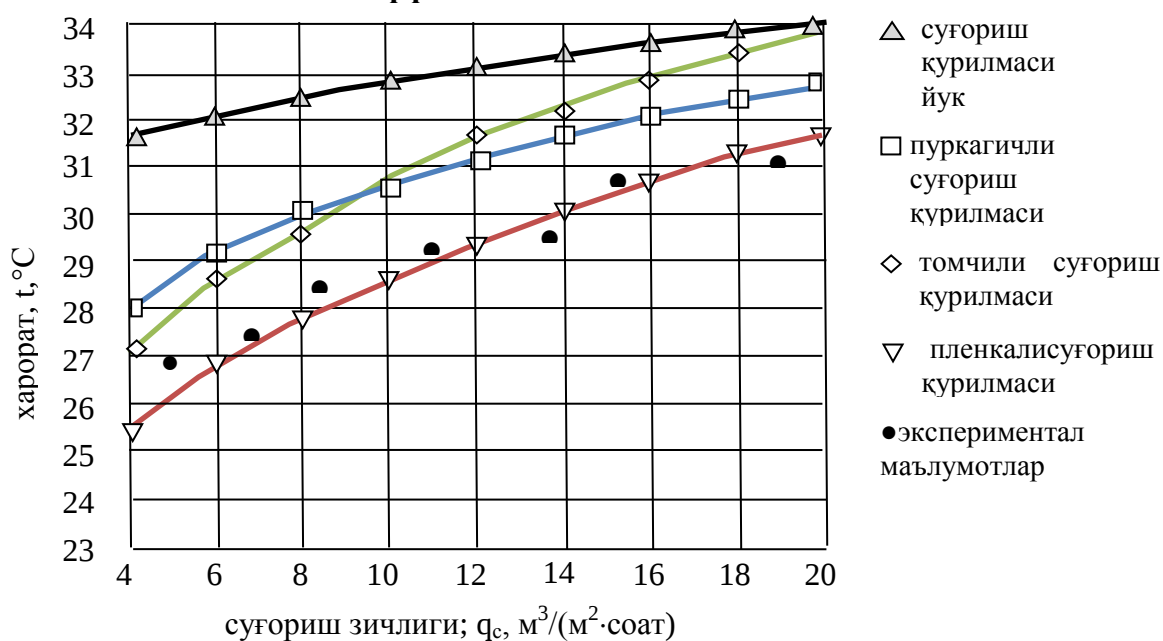


4-расм. Суғориш зичлиги $q_c = 4.93 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{соат}$ га тенг бўлганда ҳажмий иссиқлик узатиш коэффициентини ҳаво тезлигига боғлиқлиги.

$\beta_{vx}, \text{кг/м}^3\text{с}$



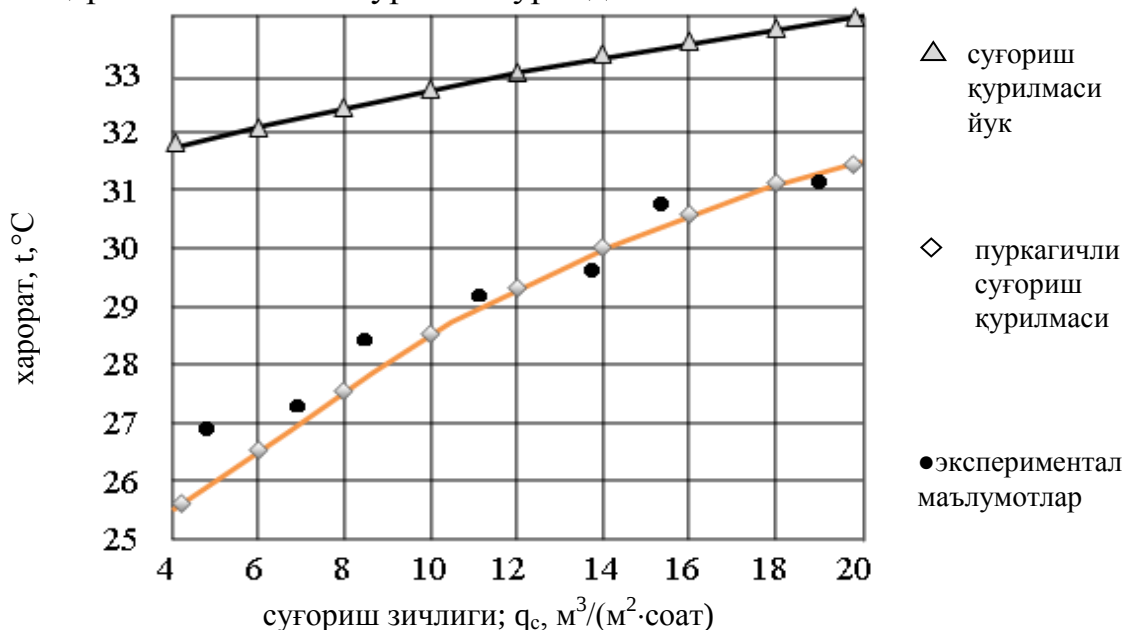
5-расм. Суғориш зичлиги $q_c = 4.93 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{соат}$ га тенг бўлганда ҳажмий масса узатиш коэффициентини ҳаво тезлигига боғлиқлиги.



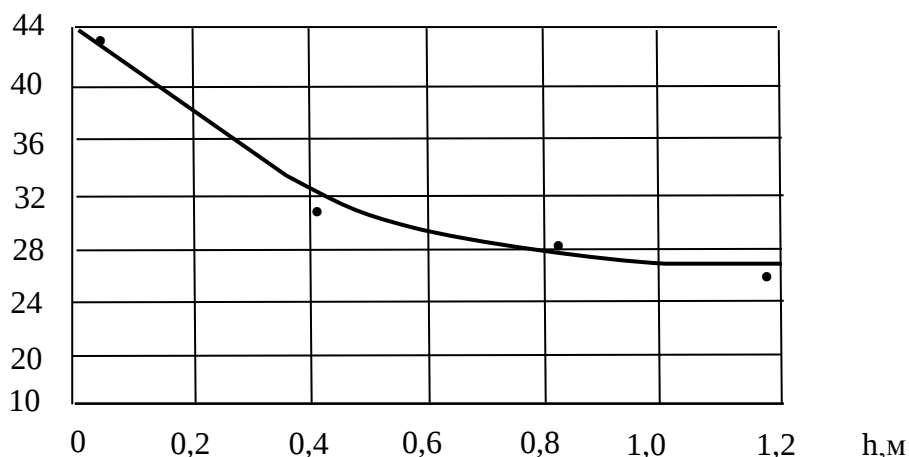
6-расм. 64 м² майдонли намунавий градирня учун совитилган сув ҳарорати t_2 нинг суғориш зичлигига q_c га боғлиқлиги.

6-,7-расмларда майдони 64-144 м² ли бўлган градирня учун совитилган сув ҳарорати t_2 нинг суғориш зичлиги q_c га боғлиқлигининг таққослаш

маълумотлари келтирилган. Чизмалардан ҳисобланган экспериментал маълумотларнинг совитилган сув эгри чизиқлари (1-эгри чизиқ) билан қоникарли мос келиши кўриниб турибди.



7-расм. 144 м² майдонли градиня учун совитилган сув харорти t_2 нинг суғориш зичлиги q_c га боғлиқлиги



8-расм. Совитилаётган сув харорати ўзгаришининг суғориш қурилмаси оаландлигига боғлиқлиги.

Суғориш қурилмаларида сувни совитишнинг иссиқлик масса алмашиниш жараёнларига таъсир этадиган кўрсаткичларидан бири унинг гидравлик қаршилигидир. Шу сабабли биз суғориш қурилмасининг аэродинамик қаршилигини тажрибаларда текширдик ва қуйидаги формула билан ҳисобладик:

$$\Delta P = \zeta_{op} \gamma_s \omega^2 / (2g). \quad (20)$$

Суғориш қурилмаси аэродинамик қаршилигининг суғориш зичлигига боғлиқлиги экспериментал тенглама билан ифодаланади:

$$\zeta_{op} = h(\zeta_{c.o} + K_{op} q_c). \quad (21)$$

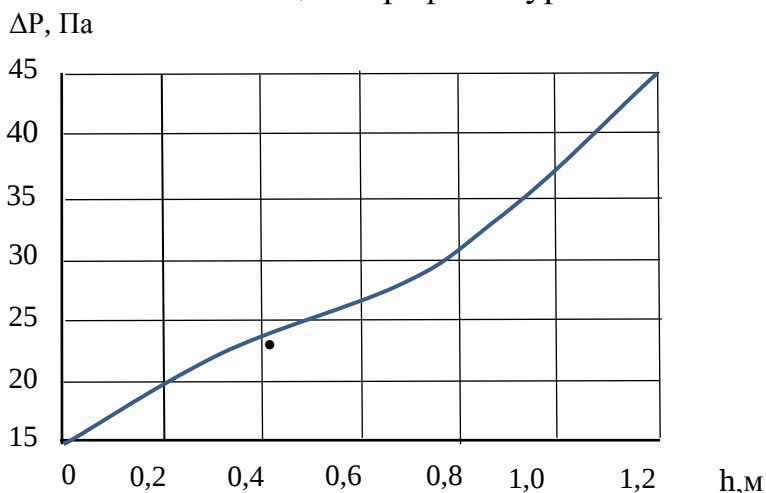
Суғориш қурилмасининг ҳисобий аэродинамик кўрсаткичлари сифатида $\zeta_{c.o}$ ва K_{op} катталиклари олинган уларни аниқлаш учун суғориш зичлиги ва ҳаво тезлигининг турли қийматларида аэродинамик тадқиқотлар (ўлчовлар), шу жумладан, сув берилмайдиган ҳолатда (қуруқ суғориш мосламаси) ҳам ўтказилди. (20) - (22) тенгламалар орқали ζ_{op} ва $\zeta_{c.o}$, қийматлари аниқланди ва барча ўлчовлар натижалари бўйича ўрта қиймати олинди. Кейин (21) дан, K_{op} ни қиймати аниқланди:

$$K_{op} = (\zeta_{op} - \zeta_{c.o}) / q_{жс}. \quad (22)$$

(22) тенгламадаги ζ_{op} ва $\zeta_{c.o}$ суғориш қурилмасининг бир метр баландлигига тўғри келади.

Суғориш қурилмасининг аэродинамик қаршилигини аниқлаш учун қуйидаги параметрлар ўлчанган. Градирнянинг суғориш қурилмалари устидаги эркин кесимида ҳаво ҳаракатининг тезлиги w м/с; суғориш зичлиги q_c , $m^3/(m^2 \cdot соат)$; қуруқ термометр бўйича ҳаво ҳарорати ϑ ; °С, суғориш қурилмасининг тагида H_1 , ва устида H_2 ($кг/м^2$) нуқталарида босим датчикларидан олинган микроанометр кўрсаткичлари.

9-расмда тезлик 2 м/с ва суғориш зичлиги $q_c=10,93 m^3/m^2 \cdot соат$ ҳолатида ΔP нинг h баландликка боғлиқлик графиги кўрсатилган.



9-расм. ΔP нинг суғориш қурилмаси баланлиги h боғлиқлиги.

Ҳисоблаш ва экспериментал маълумотларнинг яхши мос келиши таклиф этилган математик моделнинг ишга қодирлиги, реал иссиқлик масса алмашинуви ва ҳаво тезлигининг асосий омилларини етарлича аниқлик билан кўрсатишидан далолат беради.

Математик модель ва тажриба маълумотларида иссиқлик ФИК қийматларининг фарқи 5% дан ошмайди.

«Саноат градирнялари ишлашини энергия самарадорлигини ошириш мақсадида модернизация қилиш» деб номланган тўртинчи бобида «Муборакнефтваз» МЧЖ «Кўкдумалоқ» ГБУКС ва «МГҚИЗ» МЧЖда ўрнатилган саноат градирняларининг техник тавсифи кўриб чиқилган. «Муборакнефтваз» МЧЖ «Кўкдумалоқ» ГБУКС ишлаб чиқариши корхонасининг АСТТларида совитувчи қурилма сифатида ҳар бир секциясининг суғориш юзаси $144 m^2$

бўлган уч вентиляторли градирня ўрнатилган. Градирняда иссиқлик-масса алмашуви жараёнини жадаллаштириш учун градирнянинг ичида таянч панжарасига баландлиги 1,0 м гача бўлган бир қатор БОП-63 композицион полимер қувурлардан ишланган ўлчамлари $1,0 \times 1,0 \times 2,0 \text{ м}^3$ бўлган блоклардан тузилган суғориш қурилмалари ўрнатилди. Лойиҳа бўйича кўзда тутилган суғориш қурилмалари билан бир хил баландликка эга таклиф этилган суғориш қурилмасининг аэродинамик қаршилиги 2-4 марта кичик.

«МГҚИЗ» МЧЖнинг корхоналарида совитувчи қурилма сифати вентиляторли АСТТда олти секцияли градирнялар қўлланилди. «МГҚИЗ» МЧЖ да такомиллаштиришнинг биринчи босқичи 2-цеҳдаги олти секцияли 192 м^2 бўлган суғориш майдонли вентиляторли градирнянинг тўртинчи секциясидан бошланди. Унда бир қаторнинг баландлиги 1,0 м бўлган БОП-63 қувурли суғориш мосламалари ўрнатилди (3-расм).

Градирня ишининг энергия самарадорлигига ижобий таъсир этувчи асосий иссиқлик техник параметрлар қуйидагилар: 1. Ҳаво тезлигининг қиймати. 2. Суюқлик сарфининг қиймати. 3. Суғориш қурилмаси блокларининг конструкцияси. 4. Фаза тақсимланишининг нотекислиги. Бу шартларнинг барчаси суғориш қурилмаларини ўрнатиш орқали такомиллаштирилишда бажарилди. Фазалар тақсимланишининг бир хиллиги шароитида полиэтилен қувурли суғориш қурилмали блокларига эга градирня иссиқлик ФИК $\eta_{\text{ж}}=0,75$ ни ташкил этади.

БОП-63 композицион полимер материаллардан ясалган суғориш қурилмали градирня суғориш қурилмаларининг баландлиги 1,0 м бўлганда бошқаларга нисбатан сувни яхши совитади, иссиқлик ФИК эса $1,15 \div 1,8$ марта каттароқ.

Шундай қилиб, «Муборакнефтьгаз» МЧЖ «Кўкдумалоқ» ГБУКС ва «МГҚИЗ» МЧЖда градирняларни суғориш қурилмаларини татбиқ этиш орқали такомиллаштириш натижасида иқтисодий самара 2015 йил нархларида 136 859 602 сўмни ташкил этади.

ХУЛОСА

«Сув совитиш қурилмаларида (градирняларда) иссиқлик ва масса алмашиш жараёнларини жадаллаштириш технологиясини яратиш» мавзусидаги докторлик диссертация бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари қуйидагилардан иборат:

1. Буғлатиб совитиш гарадирнясининг суғориш қурилмаси ёрдамида суюқ фазанинг таъсирини турбулент алмашилиш коэффициентларини иссиқлик узатишни масса алмашилиш ва узатилаётган масса нисбатларининг балансларини, иссиқлик оқимларини назарда тутувчи ва градирнялар суғориш қурилмаларини ҳисоблаш вариантларини танлаш учун ишлатиладиган газ ва суюқлик ҳаракатининг математик модели ишлаб чиқилган. Натижада иссиқлик узатишни масса алмашилиш ва узатилаётган масса нисбатларининг балансларини қуришда аниқлик даражасини 5% ошириш имкони яратилган.

2. Рақамли экспериментлар усулида; буғлатиб совитиш мосламаларнинг характерли тартиботлари; насадка баландлиги 0,1-1,2 м бўйича ҳароратлар концентрациялар ва оқимлар таҳлили; конструктив параметрлар таъсири: насадка баландлиги 0,1-1,2 м ва канал кенглигининг 0,063 м градирнянинг совитиш имкониятига таъсири аниқланган. Натижада совитилаётган сувнинг ҳарорати 27°C га тенг бўладиган баландликнинг оптимал қийматининг имкони яратилган.

3. Контакт элементли суғориш қурилмада газ оқими ва суюқликнинг ўзаро таъсири натижасида суюқ фазанинг дисперсланиши иссиқлик масса алмашилиш жараёнларини жадаллиги суғориш қурилмаси элементларининг жойлашишига боғлиқлиги аниқланди. Натижада, шахмат тартибида жойлашганда оптимум қийматга эга; томчиларнинг деспергатор ва қувурлар оралиғидаги парчаланиш даражаси; суғориш мосламаси элементларининг суюқлик билан ҳўлланилиши; ҳаво тезлиги; сув сарфи қийматини аниқ ҳисоблаш имконини берган.

4. Тажриба стендида градирняда сувни совитиш жараёни тадқиқот қилинди, масса бериш коэффиценти ва иссиқлик ФИКнинг ҳаво тезлиги, сув сарфи, суғориш зичлигига боғлиқлиги ва суғориш қурилмаси қаршилигининг унинг баландлигига боғлиқлиги аниқланди. Натижада, полимер композицион материаллардан ясалган суғориш қурилма 1,0x1,0x2,0 м³ ўлчамли, сувни совитиш жараёнини лойиҳадагидан 30-35 % га жадаллаштиришга имконини берган.

5. Математик модел ва экспериментал тадқиқотлар натижалари саноат градирнялари учун суғориш қурилмаларини конструкциялашда оптимал техник ечимларни танлаш учун ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган. Натижада, конструкциянинг оптимал вариантини танлаш имконини берган.

6. Ишлаб чиқилган суғориш қурилмасига (1,0x1,0x2,0 метрли блок) Ўзбекистон давлат стандарти Tsh15008740-01:2013 рақами, №FAP 01048 «Градирня суғориш қурилмалари» фойдали маделига патент олинган. Ушбу суғориш қурилмаси ГБУКС «Кўкдумалоқ» «Муборакнефтвергаз» МЧЖнинг учвентиляторли градирнясини ҳамда «МГҚИЗ» МЖЧси иккинчи цехининг олти секцияли градирнясининг тўртинчи секциясини такомиллаштиришда татбиқ этилди. БОП-63 суғориш қурилмасини ГБУКС «Кўкдумалоқ» «Муборакнефтвергаз» МЧЖ ва «МГҚИЗ» МЖЧда татбиқ этиш натижасида 136 859 602 иқтисодий самара олиш имконини берган.

**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
УНИВЕРСИТЕТ**

МУРТАЗАЕВ КУВОНДИК МУСТАФАЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ В ОХЛАДИТЕЛЯХ-ГРАДИРНЯХ
ЗА СЧЕТ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛО-МАССООБМЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ**

05.05.04 – Промышленная теплоэнергетика

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

Ташкент–2017

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № B2017.1.PhD/ T96

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова и Институте пожарной безопасности.

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

Научный руководитель: **Мухиддинов Джалалиддин Насырович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Кремков Михаил Витальевич**
доктор физико-математических наук, профессор

Шаисламов Алишер Шоабдурахманович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **АО «Issiglikelektroiha»**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2017 г. 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 33). Адрес: 100095, Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-03-41

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2017 года.
(протокол рассылки № __ от «__» _____ 2017 года).

К.Р.Аллаев
Председатель научного совета
по присуждению учёной степени
д.т.н., профессор

О.Х. Ишназаров
Учёный секретарь научного совета
по присуждению учёной степени, д.т.н., с.н.с.

Ш.И.Клычев
Заместитель председателя научного семинара
при научном совете по присуждению
учёной степени, д.т.н., профессор

Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В современном мире приобретают важное значение исследования, направленные на бесперебойное охлаждение технологического оборудования в производственных отраслях, повышение эффективности обеспечения качественной электроэнергией, а также создание энерго- и ресурсосберегающих рабочих режимов. В связи с этим, уделяется особое внимание повышению энергетической эффективности охлаждения воды с помощью оросителей, движущейся в технологических линиях промышленных предприятий. В этом направлении, том числе, в развитых странах «широкое применение в промышленных предприятиях градирен позволяет до 95% сократить потребление подпиточной воды»¹.

В мире развитие промышленных предприятий при повышении эффективности теплоэнергетики, в том числе разработке надежных и экологических чистых технологий приобретает особое значение. В этой отрасли, в частности, в системе оборотного водоснабжения совершенствование установок, определяющие факторы, влияющие на качество работы каждого отдельного элемента, разработка комплексных методов повышения охлаждающих способностей в системе оборотного водоснабжения, создания энергосберегающих градирен, является одной из важных задач научно - исследовательских работ.

После обретения независимости нашей республики особое внимание уделяется качественному развитию важнейшей отрасли экономики-энергетики, повышению ее технико - технологической оснащенности на основе современных требований. В связи с этим, для интенсификации тепло - и массообменных процессов в градирнях промышленных предприятий на технологических объектах, а также при разработке технических средств повышения энергетической эффективности системы оборотного водоснабжения требуется усовершенствование алгоритма, обеспечивающего оптимальную работу оросительных установок, интенсифицирующих тепло - массообменные процессы в градирнях. 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 данных задач, в том числе обеспечение энергетического баланса энергосберегающих режимов охлаждения воды в технологических линиях промышленных предприятий и разработка усовершенствованного алгоритма компенсационных методов расчета потерь энергии считается одной из важнейших задач.

¹ <http://gradirni.tmim.ru>

² Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Данное диссертационное исследование в определённой 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», Постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан «О программах сокращения использования энергии и внедрения энергосберегающей технологии в отраслях экономики и социальной сфере на 2015-2019 годы» №ПК-2343 от 5 мая 2015 года, Постановления Президента ПК-3012 от 2017 года «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергетической эффективности в отраслях экономики и социальных сферах в 2017-2021 годах» и других правовых документах относящихся к соответствующей деятельности.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий II. «Энергетика, энерго-ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Научные исследования, направленные на разработку технологии и установок охлаждения воды с применением различных типов оросительных установок, водоуловителей и разбрызгивающих устройств, проводятся в ведущих мировых научных центрах и высших учебных заведениях, в том числе во Всероссийском теплотехническом институте, Центре конструкторско-технологической информации, Всероссийском научно-исследовательском институте водообеспечения, водозабора и охране окружающей среды, Всероссийском научно-исследовательском институте голирии, Энергопром (Россия), Казахстанском научно - исследовательском и проектно институте энергетики и связи (Казахстан) и в крупнейших университетах, имеющих специализированные кафедры: Московском энергетическом институте (Россия), Алматинском университете энергетики и связи (Казахстан), Ташкентском государственном техническом университете (Узбекистан), а также в научно-производственных организациях Toyohashi, Nagoya (Япония), Foster Wheeler (Финляндия), Alstom (Франция), Mitsubishi (Япония), «Бальке-Дюрр», «Техэкопром» (Российская Федерация).

Ученые А.Ф. Володин, В.С. Понамаренко, Ю.И. Арефьев, В.Б. Андрианов, Л.Д. Берман, А.Г. Лаптев, Р.И. Нигматуллин, Р.Е. Гельфанд, N.G. Deen, J. Nikuradse, D.G. Kroger, Reinhard Billet, Michael Beckmann, Kenzo Kitamura, Susumu Noda, Naruse Ichiro достигли значительных теоретических и практических результатов в решении проблемы энерго - и ресурсосбережения, а также в повышении энергетической эффективности производства. Узбекскими учеными Н.Р. Юсупбековым, Д.Н. Мухиддиновым, С.М. Турабджановым, А.А. Аскарковым, Х.С. Нурмухамедовым и другими также были выполнены исследования в области создания технологии и повышения эффективности интенсификации тепло - массообменных процессов.

Несмотря на достигнутые достижения в данной области по совершенствованию существующих и созданию новых способов и методов

энергия и ресурсосберегающих технологий, рабочий режим градирен в плане развития технологического оборудования недостаточно изучен. Развитие технологических средств в градирнях промышленных предприятий и разработка оптимальных вариантов управления считается важной задачей настоящей работы.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета по теме: «Разработка и исследование высокоэффективных энергетических и тепло- технологических установок и энерго- и ресурсосбережения на промышленных предприятиях» (2012-2020 гг.).

Целью исследования является увеличение степени охлаждения в оросительных устройствах на промышленных предприятиях за счет интенсификации тепло- массообменных процессов, снижение гидравлического сопротивления, разработка режимных условий повышения энергетической эффективности.

Задачи исследования:

разработка математической модели энергоэффективного процесса охлаждения воды в трубчатых оросителях;

разработка компьютерной программы динамического процесса технологической линии охлаждения воды в градирнях;

анализ адекватности экспериментальных данных охлаждения воды с результатами компьютерного моделирования;

разработка метода расчета блока полимерного оросительного устройства в градирнях;

разработка научно-технических решений по совершенствованию промышленных градирен с энергоэффективным оборудованием.

Объектом исследования являются вентиляторные градирни и их элементы в системах оборотного технического водоснабжения промышленных предприятий.

Предметом исследования являются устройства, обеспечивающие на практике ресурсосберегающие процессы и тепло-и массообмен в градирнях промышленных предприятий.

Методы исследований. В методологии оптимизации работы систем оборотного водоснабжения, математическом моделировании гидродинамических и тепло-и массообменных процессов использованы методы статистической обработки и интегральной оценки результатов исследований.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны энерготехнологические схемы оборотного технического водоснабжения с энергоэффективными трубчатыми оросителями из композиционных полимерных материалов в градирнях испарительного охлаждения;

установлены основные энерготехнологические параметры тепло-и массообменных процессов в энергоэффективных композиционных полимерных трубчатых оросителях градирни испарительного охлаждения;

разработан метод процесса охлаждения воды в трубчатых оросителях с учетом турбулентности и неравномерности распределения фаз;

разработан алгоритм управления процесса тепло- и массообмена, охлаждения воды в устройствах трубчатого оросителя;

определены параметры гидравлического сопротивления пучка труб в зависимости от высоты оросителя при различных температурах и скоростях воздуха в системе охлаждения градирен.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны энерготехнологические системы испарительного охлаждения воды с энергоэффективными оросителями из композиционных полимерных, расположенных в шахматном порядке труб технического оборотного водоснабжения, способствующие повышению эффективности работы ТЭУ;

определена оптимальная высота блока оросителя, состоящего из шести рядов пучка труб, позволяющего интенсифицировать процесс охлаждения воды;

разработана методика расчета блока полимерного композиционного трубчатого оросителя градирни испарительного охлаждения;

разработаны технические решения по повышению эффективности вентиляторных градирен, снижающих гидродинамическую неравномерность потоков теплоносителей и затраты на электрическую энергию вентилятора, а также повышающие тепловой КПД.

Достоверность полученных результатов исследования. Достоверность результатов исследований, теоретических основ, заключения и предложений заключается в применении проверенных методов анализа экспериментальных данных, основанного на адекватности математических моделей с привлечением соответствующих разделов теории тепло- и массообмена и математической физики. Достоверность результатов обоснована в соответствии с расчетными данными, полученными для экспериментальных и промышленных градирен.

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 оросителей градирни, обеспечивающих заданную температуру охлаждения воды.

Практическая значимость работы состоит в разработке конкретных технических решений по модернизации вентиляторных градирен с помощью разработанных оросителей, снижающих гидродинамические неравномерности, затраты на электрическую энергию вентилятора и позволяющие повысить тепловой КПД градирен.

Внедрение результатов исследования. На основании разработанных для обратной системы водоснабжения промышленных предприятий рабочих энергосберегающих режимов:

получен патент агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на полезную модель («Оросительные установки градирни» №FAP01048-2015 г.). Внедрение оросительной установки позволило увеличить разность температур на $\Delta t=10-15^{\circ}\text{C}$;

блок полимерной оросительной установки (БОП-63) внедрен на предприятиях АК «Узбекнефтегаз», в том числе на трёхсекционной вентиляторной градирне ГНКС «Кокдумалак» ООО «Мубарекнефтегаз», общей площадью 432 м^2 , (Справка АК «Узбекнефтегаз» за номером 31/1-446 от 2 октября 2017 года). Применение результатов научных исследований позволило сэкономить предприятию 407700 кВт/ч электроэнергии в год;

энергосберегающие рабочие режимы полимерной оросительной установки внедрены на одной секции шестисекционный вентиляторной градирни площадью 192 м^2 на ООО Мубаракском газперерабатывающем заводе (Справка АК «Узбекнефтегаз» за номером 31/1-446 от 2 октября 2017 года). Применение результатов научных исследований позволило сэкономить предприятию 804528 кВт/ч электроэнергии в год;

блок полимерной оросительной установки, изготовленный из труб термопластических материалов методом экструзии зарегистрирован в государственном реестре за номером Tsh15008740-01:2013 (Справка агентства Узстандарт 18 апреля 2014 года).

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования прошли апробацию на 7 научно-практических конференциях и семинарах, в том числе на 5-ти международных и 2-х республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 20 научных работ, 3 статьи в иностранном журнале, 13 статей - в республиканских журналах, из них 1 патент Республики Узбекистан на полезную модель.

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 исследования, определены объект и предмет исследования, соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, представлен перечень внедрения результатов исследования в практику, приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ современного состояния технологий охлаждения воды в градирнях и постановка задачи исследования»** показано, что в технологии охлаждения воды основными являются гидродинамические и тепло-и массообменные процессы в оросителях градирни. Анализ исследования по разработке способов повышения энергоэффективности технологического оборудования систем охлаждения показывает, что из-за неоптимальной динамики взаимодействия гидравлических и аэродинамических потоков в градирнях эффективность тепло- и массообмена низка, и значительная часть выработанной энергии теряется, потери в большей степени возникают за счет неэффективного процесса тепло-и массообмена в градирнях теплообменников.

Следствием этого является недоохлаждение оборотной воды в градирне и недостаточный уровень вакуума в конденсаторе, что отражается в целом на КПД энергоблока, в итоге происходит недовыработка электроэнергии на ТЭС.

Показано, что постоянное расширение круга объектов научных исследований требует разработки новых эффективных методов и конструкций технологического оборудования систем оборотного водоснабжения для ТЭУ, т.к. существующие схемы охлаждения воды имеют ряд недостатков.

К этим недостаткам относятся: низкая эффективность охлаждения воды, большие капиталовложения при строительстве новых градирен и реконструкции старых, из-за плохого качества оросителей- водоуловителей и разбрызгивателей, вследствие чего высокая себестоимость охлажденной воды.

Учитывая вышесказанное, возникает необходимость дальнейшего проведения исследований с целью разработки научных и инженерных основ для повышения энергетической эффективности систем оборотного водоснабжения на ТЭС и теплоэнергетических установках промышленных предприятий.

Во второй главе диссертации **«Моделирование процессов гидродинамики тепло-и массообмена в градирнях»** рассмотрены теоретические аспекты и приведены результаты моделирования испарительного охлаждения воды в виде пленки, капель, струй воды в градирнях с полимерным оросителем, состоящим из пучка труб в шахматном расположении. Проведен термодинамический анализ процесса испарительного охлаждения воды. Для определения коэффициента теплоотдачи рассмотрены процессы движения теплоносителей газ-жидкость в оросителях с шахматным расположением элементов в пучке труб.

Для конкретизации оптимальных вариантов усовершенствования работы промышленной градирни и её эффективности разработана математическая модель тепло-и массообменного процесса охлаждения воды в градирне.

Для расчёта конвективной теплоотдачи при поперечном обтекании пучка труб шахматного расположения для любых жидкостей и газов в диапазоне изменения Re от $2 \cdot 10^2$ до $2 \cdot 10^5$ было использовано уравнение М.А. Михеева (1), преобразованное с учетом турбулентности потоков, имеющее следующий вид:

$$Nu_{жс} = 0,41 Re_{жс}^{0,6} Pr_{жс}^{1/3} \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}, \quad (1)$$

где Re-критерий Рейнольдса, Pr-критерий Прандтля.

При определении критериев подобия в этой формуле принимаются числовые значения средней температуры потока, скорости в его наиболее узком сечении. При этом относительные расстояния между трубами влияют на теплоотдачу сравнительно слабо.

Средняя теплоотдача турбулизированного потока к трубам первого ряда определяется по формуле (1), и средняя величина коэффициента теплоотдачи для всего пучка труб находится с учетом $\alpha_{турб}$ по следующей формуле:

$$\alpha_{турб} = \frac{\alpha_1 F_1 + \alpha_2 F_2 + \dots + \alpha_n F_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}, \quad (2)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ - коэффициенты теплоотдачи отдельных рядов труб; $F_1, F_2, \dots, F_n$ - соответствующие поверхности тепло-и массообмена.

Повышение конвективного теплообмена труб в потоке за первым рядом объясняется увеличением его турбулентности при обтекании последующих рядов труб в пучке:

$$\alpha_{турб} = D_t w_1 l_1. \quad (3)$$

Коэффициент турбулентного D_t переноса тепла определяется экспериментально и вычисляется в зависимости от турбулентного состояния потока, определяемого скоростью течения масс (w_1) и характерным геометрическим размером тела (l_1), взаимодействующего с потоком воды.

После нахождения $\alpha_{турб}$ необходимо его значение подставить в уравнение (1).

Таким образом, из уравнения (1) можно найти коэффициент теплоотдачи с поверхности труб, покрытых пленкой воды при обтекании воздухом с учетом турбулизации потоков в оросителе градирни.

Основное внимание было сосредоточено на моделировании процессов переноса (массообмена) в области градирни с насадкой, где происходит наиболее интенсивное охлаждение. Здесь находятся исследуемые объекты: ядро воздушного потока, пограничный слой и пленка жидкости. Пограничный слой образуется на границе раздела фаз «пленка-вода-воздух».

Очевидно, что в пограничном слое между контактирующими фазами происходит основное сопротивление процессу переноса диффундируемой массы. Одним из путей интенсификации массообменного процесса является уменьшение пограничного слоя - пленки.

Уравнение для определения толщины δ диффузионной пленки межфазного пограничного слоя на границе раздела фаз имеет вид:

$$\delta = \frac{D}{\beta} \cdot 10^{-7}, \text{ м} \quad (4)$$

где β -коэффициент массоотдачи испаряющейся воды, м/ч; D -коэффициент молекулярной диффузии распределяемого вещества для случая F -поверхности, нормальной к направлению диффузии.

Из уравнения (4) следует, что величина β обратно пропорциональна толщине пленки δ . Связь между коэффициентами массоотдачи и диффузии можно представить в виде уравнения:

$$\beta = D / \delta. \quad (5)$$

Были рассчитаны коэффициенты диффузии D распределяемого вещества в жидкости, число Рейнольдса Re для «пленочного» течения воды и средняя скорость жидкости u_{cp} в насадке.

Если число $Re_{п} < 1400$ - режим ламинарный и $u_{гр} = 1,5u_{cp}$; если число $Re_{гр} > 1400$ - режим турбулентный и $u_{гр} = 1,15u_{cp}$.

После нахождения параметров охлаждения воды в процессе тепло-и массообмена было проведено компьютерное моделирование процесса испарительного охлаждения воды. Представим весь технологический процесс как единое целое с множеством входных и выходных параметров, учитывающих общее количество воды и энергии, подаваемое в распылитель.

Для более глубокого изучения технологического процесса рассмотрим элементы технологической линии и будем считать каждый из них отдельным квазиаппаратом. Блок оросителя градирни выполнен в виде модуля из слоев горизонтально расположенных в шахматном порядке рядов полимерных продольных труб. Трубы закреплены в трубные решетки, которые выполнены из полимерного материала в виде жесткой конструкции. Выбор расстояния между отверстиями в ряду и расстояния между рядами равного диаметру труб позволяет создать оптимальную скорость потока воздуха соответствующей максимальной интенсификации тепло-и массообмена, при этом обеспечивается его оптимальное аэродинамическое сопротивление.

Распылительная зона градирни состоит из жидкости и воздуха, в ней происходит контактный тепло-и массообменный процесс между ними. В этом процессе, чем больше показатель расхода воды, тем эффективнее проходит процесс. Математическое моделирование процесса тепло-и массообмена для выбранной распылительной или насадочной зоны j -го аппарата начинается с составления теплового баланса в аппарате:

$$\frac{\partial Q_j}{\partial \tau} = q_{e,j-1} - q_e' - \Delta q_j + \Delta q_{jв03}, \quad (6)$$

$$Q_j = m_j \cdot e_j \cdot t_j, ;$$

где Q_j - теплота жидкости в j - ом квазиаппарате; $q_{e,j-1}$ - тепловая энергия, приходящая с водой в j - ый квазиаппарат; q_e' - тепловая энергия, уходящая с жидкостью из j - го квазиаппарата; Δq_j - тепловая энергия, уносимая испаряющейся жидкостью из j - го квазиаппарата; $\Delta q_{jв03}$ - тепловая энергия, поступающая из воздуха в j -й квазиаппарат.

Переходим к математическому описанию вышеперечисленных составляющих теплового баланса:

$$q_{e,j-1} = G_{j-1} \cdot e_j \cdot t_{j-1}; \quad (7)$$

где G_{j-1} - расход воды j-го аппарата; e_j - теплоемкость воды j-го квазиаппарата; t_{j-1} - температура воды, привнесенной в j-й квазиаппарат.

$$q_j = G_j \cdot c \cdot t_j; \quad (8)$$

$$\Delta q_{jm} = \Delta G_j \cdot I; \quad (9)$$

$$\Delta q_{j\text{воз}} = \alpha \cdot F_j (t_{\text{воз}j} - t_j); \quad (10)$$

где α - коэффициент теплоотдачи; F_j - поверхность, на которую поступает тепловая энергия из воздуха в j-й квазиаппарат; $t_{\text{воз}j}$ - температура воздуха, поступающего в j-й квазиаппарат; t_j - температура j-го квазиаппарата.

$$\Delta G = \beta \cdot F_j (X_{\text{вн}} - X_{\text{воздух}}); \quad (11)$$

где ΔG - расход воздуха; β - коэффициент массоотдачи.

Запишем систему дифференциальных уравнений изменения массы и температуры воздуха и воды по времени:

$$\frac{\partial m_j \cdot c \cdot t_j}{\partial \tau} = G_{j-1} \cdot e_j \cdot t_{j-1} - G_j \cdot c \cdot t_j - (\beta \cdot F_j (X_{\text{вн}} - X_{\text{воздух}})) \cdot i + \alpha \cdot F_j (t_{\text{воз}j} - t_j) \quad (12)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = G_{j-1} \cdot e_j \cdot t_{j-1} - G_j \cdot c \cdot t_j - (\beta \cdot F_j (X_{\text{вн}} - X_{\text{воз}})) \cdot i + \alpha \cdot F_j (t_{\text{воз}j} - t_j) / (m_j \cdot c) \quad (13)$$

В данном уравнении (13) имеется ряд показателей, требующих особого рассмотрения. В частности, это коэффициенты массоотдачи β и теплоотдачи α . Для определения значения этих коэффициентов используются экспериментальные подходы, которые были описаны выше. Другим показателем, существенно влияющим на расчет процесса, является действительная и равновесная концентрация влаги в воздухе. После определения концентрации воды в воздухе для равновесного и для реально действующего условия можно переходить к определению тепло-и массообмена трехфазного квазиаппарата.

В трехфазном квазиаппарате основными действующими фазами будут жидкая и газовая фазы. Твердая фаза, т.е. насадочные трубы, способствует улучшению тепло-и массообмена благодаря увеличению поверхности контакта капель воды и воздуха за счет увеличения коэффициента тепло-и массообмена и усиления турбулизации потоков. Переходящие в газовую фазу пары воды находим из уравнения тепло-и массообмена:

$$\Delta G = K_{vj} \cdot V_j \cdot (X_j^* - X_{j-1}) + \Delta G_2 + \dots + \Delta G_{j-1}. \quad (14)$$

здесь K_{vj} - коэффициент массообмена для удельного объема j-го квазиаппарата; V_j - объем квазиаппарата; X_j^* - равновесная концентрация с точки зрения входящей жидкости в j-ом квазиаппарате; X_{j-1} - действительная концентрация влаги для входящего газового потока в j-ом квазиаппарате.

Определение зависимостей коэффициентов массоотдачи от других факторов устанавливается путем сравнения результатов, полученных на математических и физических моделях. Запишем систему уравнений, позволяющую определить параметры процесса охлаждения воды в квазиэlemente градирни:

$$t_i = (G_{j+1} \cdot c \cdot t_{j+1} - \Delta G_i + \alpha \cdot F \cdot t_{e,j-1}) / ((G_0 - \sum_{j=n}^j \Delta G) \cdot c + \alpha \cdot F); \quad (15)$$

$$X_j = \beta_j \cdot F_j (X^* - X_{j-1}) / m_j; \quad (16)$$

$$\Delta G_e = G_{ej-1} (X_{j-1} - X_j); \quad (17)$$

$$\text{где } X^* = \frac{P}{P_0}; P = P_0 \cdot X_{j-1}^{*M}; G_0; = \frac{G_e}{X_0}.$$

Осуществлена алгоритмизация уравнений 15, 16 и 17, способствующая решению уравнения (13). На основе этого была формализована компьютерная модель. При использовании переменных в прикладной программе МАТЛАБ, получена компьютерная модель расчета температуры охлажденной воды. Компьютерная модель, реализованная как Windows-приложение, является мультипрограммным комплексом, включающим графический пользовательский интерфейс и локальную базу данных, разработанных в среде Visual Basic, а также вычислительное ядро и графический вывод в среде Matlab. Компьютерная модель имеет модульную структуру, приспособленную к проведению оптимизационных расчетов, поиску альтернативных вариантов, благодаря возможности независимой модификации кода программных блоков с целью учесть изменения геометрии насадки, ее тепло-и массообменных характеристик и т.п.

Объемный коэффициент массоотдачи β_{xv} , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ или $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, определяется по формуле:

$$\beta_{xv} = A \cdot q_{ж}^n \lambda^m, \quad (18)$$

где коэффициент A характеризует влияние конструктивных особенностей насадки на ее охлаждающую способность, м^{-1} ; $\lambda = q_e/q_{ж}$ - отношение массовых расходов воздуха и жидкости, $\text{кг}/\text{кг}$; H - высота блока насадки, м ; m - показатель степени, характеризующий зависимость объемного коэффициента массоотдачи от изменения массовой скорости воздуха.

Исходя из материального баланса системы, была составлена компьютерная модель динамического процесса технологической линии охлаждения воды в градирне, со всеми входящими и выходящими параметрами и регулируемой температурой.

Входящими параметрами компьютерной модели тепло-и массообменного процесса градирни являются: начальный расход входящего газа G_{g0} , начальная температура t_0 , давление в аппарате, расход жидкости, начальная влажность газа. Выходные параметры: показательный расход выходящего газа G_g , показательная температура t_e , давление аппарата P , расход жидкости G . После

формализации компьютерной модели появилась возможность исследования процесса с различными начальными условиями и определения соответствующих показателей процесса. Приняты начальные условия: температура входящей воды 30 °С, расход воды 0,4 кг/с, расход воздуха 0,1 кг/с, начальная влажность воздуха 0,0002 кг/кг. Были проведены расчеты: для рабочих объемов аппарата: $V_0=0,1$ и $V_0=0,5$; для различных значений коэффициентов массоотдачи; для аппаратов насадочного и распылительно-насадочного с гидродинамической структурой потоков двухъярусного идеального перемешивания.

Гидродинамическая структура потоков в аппарате принята в виде ячейки идеального перемешивания. Для расчета приняты: величина объема воды 0,5 м³, коэффициент массоотдачи 1 (единица). В такой установке вода охлаждается от 30 °С до 26,5 °С, с увеличением расхода воздуха температура будет ещё больше уменьшаться. В результате расчета в случае трёхсекционного аппарата охлаждения с гидродинамической структурой потока идеального перемешивания для каждой гидродинамической ячейки, температура охлажденной воды после первой ячейки имеет 29,3 °С, после второй ячейки - 25,6 °С. Таким образом распылительный насадочный аппарат позволяет уменьшать температуру процесса в каждой квазисекции на 3,4 °С или 11,8 %.

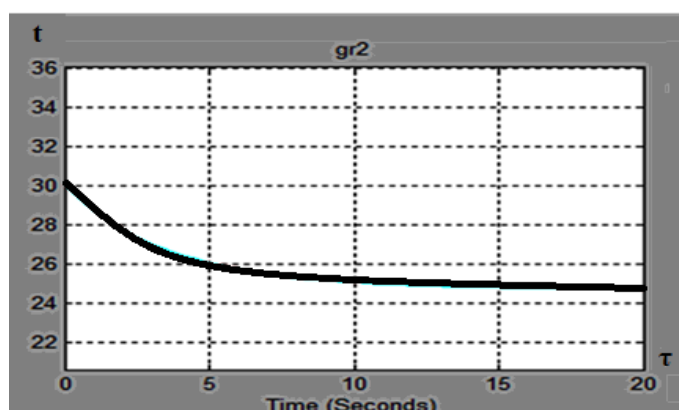
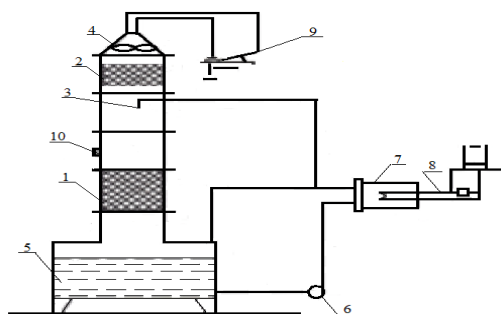


Рис.1. Кривая переходного процесса охлаждения температуры воды по времени

Осуществлён многоступенчатый системный анализ экспериментальной градирни с использованием оросителей из композиционных полимерных труб.

Изучены равновесные условия системы вода-воздух, формализованы математические и компьютерные модели процессов тепло-и массообмена для жидкой и газовой фаз. Проведенные на компьютерной модели исследования показывают эффективность использования выбранных насадочных элементов.

В третьей главе диссертации **«Разработка и исследования процессов охлаждения воды на экспериментальной модели градирни»** экспериментальная модель градирни использовалась для проведения исследования процесса охлаждения воды при различных режимных и конструктивных параметрах и при испытаниях новых конструкций оросителей в вентиляторной градирне, которая схематично показана на рис.2.



1- исследуемый ороситель; 2- водоуловитель; 3- распылитель; 4- вентилятор; 5- емкость; 6- насос; 7- электронагреватель; 8- нагревательная ёмкость; 9- микроманометр; 10- смотровые окна

Рис. 2. Схема экспериментальной модели градирни

Измерения скорости воздушного потока и его температуры проводились с помощью термоанемометра Testo 405-V1. Класс точности ($\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C} + 0,3 \text{ \%}$ от измеренных значений температур). Относительную влажность и температуру наружного воздуха измеряли по сухому и смоченному термометрам аспирационного психрометра Ассмана. Температуру воды измеряли ртутным стеклянным термометром с ценой деления $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (точность отсчёта - $0,05 \text{ }^{\circ}\text{C}$) при прямом контакте с водой, а также бесконтактным пирометром модели AR300 SMART, SENSOR, производство КНР с классом точности $1,5 \text{ \%}$ и термопарой с микропроцессорной системой обработки данных. Для измерения температуры потоков воды на входе и выходе из градирни предусмотрены датчики температур. Высота лабораторной установки $h_{\text{ап}} = 4,5 \text{ м}$, внутренний размер корпуса градирни $1,0 \times 1,0 \text{ м}^2$, высота слоя оросителя меняется от $h_{\text{нас}} = 0,8$ до $h_{\text{нас}} = 1,2 \text{ м}$.

Первоначально исследовался процесс охлаждения воды в полном аппарате, затем проводились эксперименты с числом контактных элементов равным от 4 до 8 в одном ряду с шахматным расположением труб с при $s_1/d = s_2/d$, $s_1 = 0,63 \text{ м}$, $s_2 = 0,63 \text{ м}$, $d = 0,63 \text{ м}$.

Температуры охлаждаемой и охлажденной воды и водяной пленки на поверхности блока труб оросителя (рис.3) и воздуха на входе и выходе из градирни измерялись хромель-копелевыми термопарами, соединенными с потенциометром с микропроцессорной системой обработки данных.

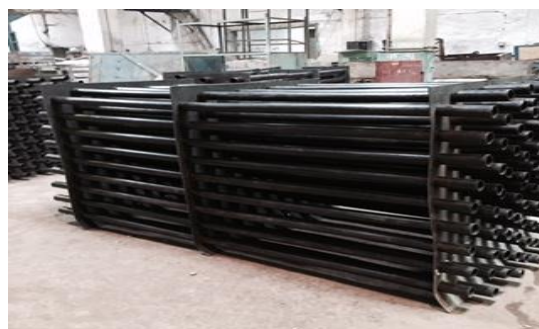
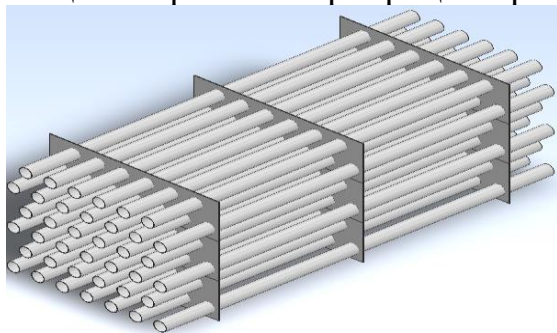


Рис. 3. Блок оросителя из композиционных полимерных трубок БОП-63

Были определены необходимые параметры, измеряемые в экспериментальной установке. Проведен теплотехнический расчет материальных и тепловых балансов экспериментальной градирни. При математическом моделировании процессов технологической линии охлаждения воды в градирнях были теоретически составлены для одной квазисекции материальные и тепловые балансы. Для проверки адекватности математической модели были рассмотрены и рассчитаны параметры реальных процессов тепло- и массообмена в экспериментальной градирне. В результате обработки экспериментальных и теоретических данных получены эмпирические выражения для расчёта объёмного коэффициента массоотдачи для градирни с оросителем из полимерных труб:

$$\beta_{xv} = 0,54 \cdot q_{ж}^{1,02} \lambda^{0,27} \quad (19)$$

где $q_{ж}$ - плотность орошения, $м^3/(м^2 \cdot ч)$; $\lambda = \frac{G}{V_{ж}}$.

Тепловой КПД градирни по жидкой фазе можно определить по формуле:

$$\eta_{ж} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_{M.T}} \cdot 100 \%, \quad (20)$$

где t_1 -температура воды на входе в градирню, °С; t_2 -температура воды на выходе из градирни, °С; $t_{M.T}$ -температура мокрого термометра на входе в градирню, °С (теоретический предел охлаждения жидкости).

Были проведены опыты по исследованию процесса охлаждения воды на экспериментальной установке. При этом определялась работоспособность градирни с работающим и не работающим вентилятором.

Результаты экспериментальных исследований температуры и относительной влажности воздуха в процессе испарительного охлаждения воды на экспериментальной установке с трубчатыми оросителями при разных скоростях воздуха и постоянной плотности орошения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований при разных скоростях воздуха и постоянной плотности орошения $q_{ж} = 4,93 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$

Номер опыта	1...4	5..7	8....10	11,12	13,14
Скорость воздуха, w, м/с	1,7	1,72	1,82	1,84	2,1
Температура воздуха на входе, t, °С	17,2	292	29,3	29,4	30
Влажность воздуха, %	31,7	31,6	34	32	32
Температура воздуха на входе по показаниям мокрого термометра, t, °С	21	20,6	21	22	22
Температура воды на входе, t, °С	38	41	43	42	40
Температура воды на выходе, t, °С	27	30	32	31	29
Тепловой КПД по жидкости, $\eta_{ж}$, %	65	54	50	55	61
Коэффициент теплоотдачи, α , Вт/м ³ ·К	928,8	948,2	959	968,4	971
Коэффициент массоотдачи, β_{xv} , кг/м ³ ·с	2,855	2,866	2,910	2,918	3,022

Как видно из табл. 1, коэффициент теплоотдачи α растет (рис. 4), а коэффициент массоотдачи β_{xv} мало изменяется при повышении скорости воздуха и постоянной плотности орошения $q_{ж}$ (рис. 5)

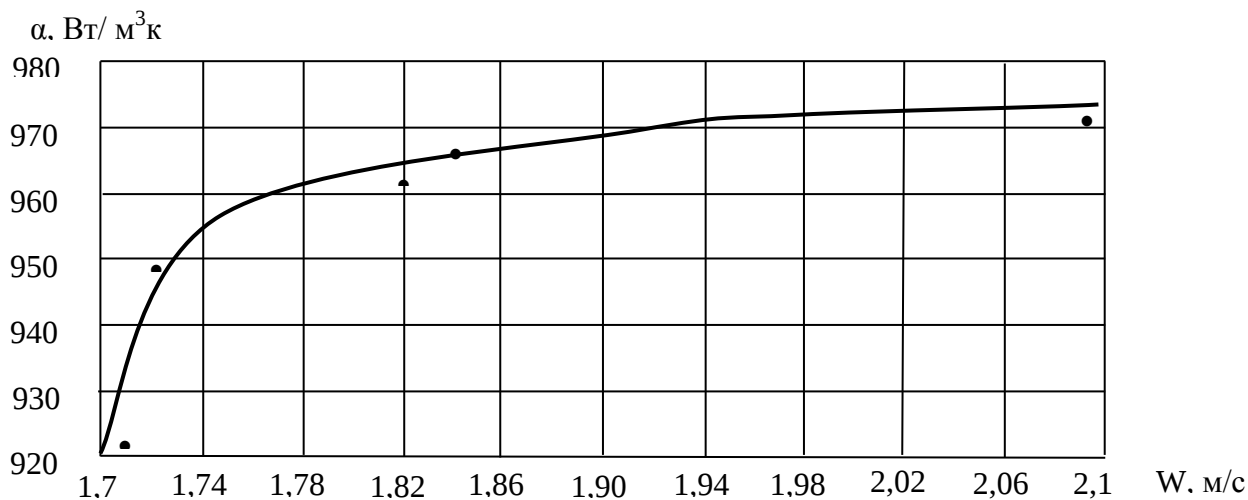


Рис. 4. График зависимости коэффициента теплоотдачи α от скорости воздуха при плотности орошения $q_{жс} = 4.93 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$

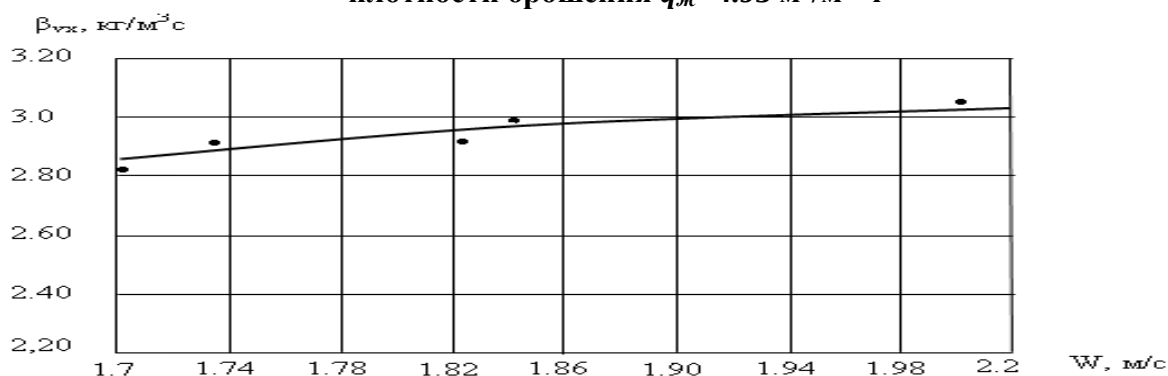


Рис. 5. График зависимости объемного коэффициента массообмена $\beta_{вх}$ от скорости воздуха при плотности орошения $q_{жс} = 4.93 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$

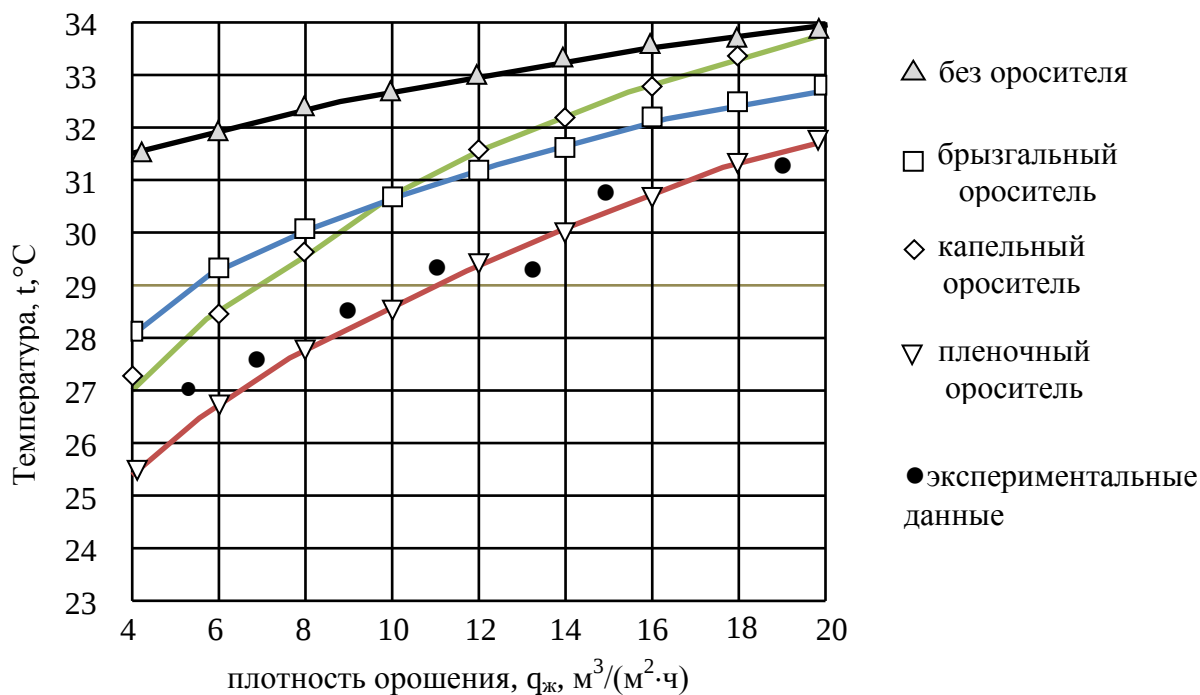


Рис. 6. Зависимость температуры охлажденной воды t_2 от удельной гидравлической нагрузки $q_{ж}$ для типовой градирии площадью 64 м²

Зависимость температуры охлажденной воды t_2 от плотности орошения

$q_{ж}$ для градирни площадью $64 \div 144 \text{ м}^2$ в сопоставлении с экспериментальными данными приведены на (Рис.6-7). Из этих графиков видно, что расчетно-экспериментальные данные удовлетворительно ложатся на кривые (первая кривая) охлажденной воды.

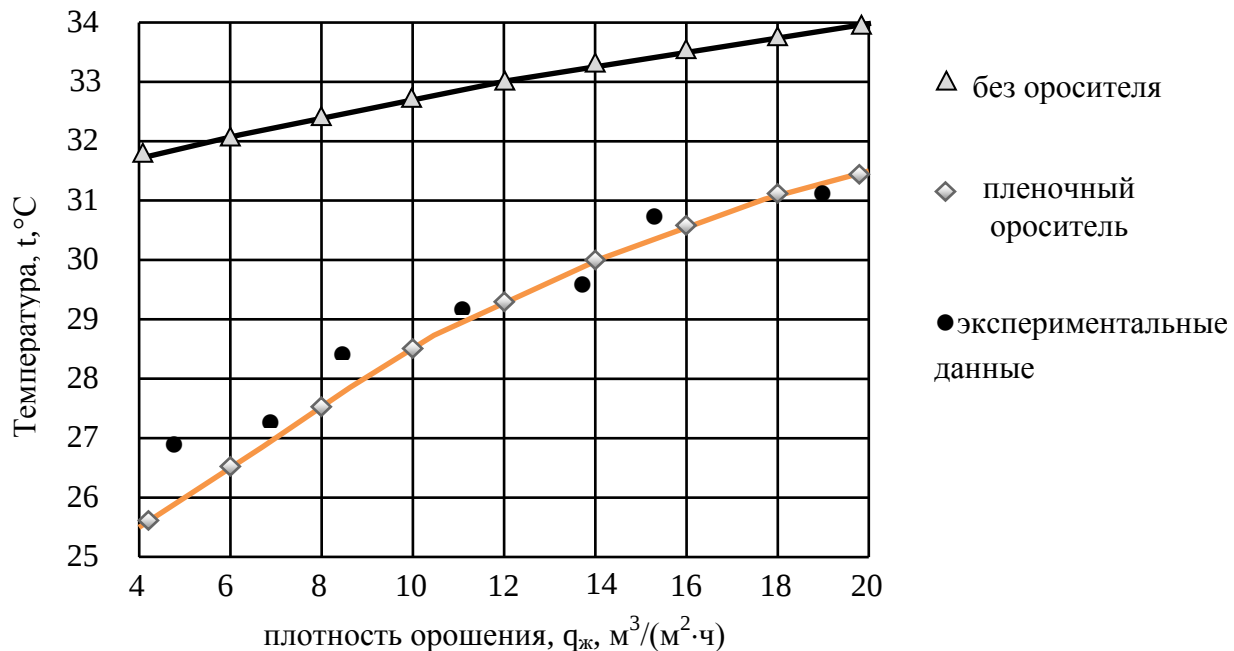


Рис.7. Зависимость температуры охлажденной воды t_2 от плотности орошения $q_{ж}$, для градирни площадью 144 м^2

На рис. 8. приведена зависимость изменения температуры охлаждаемой воды от высоты насадки. Из рисунка видно, что увеличение высоты оросителя происходит до $1,0 \div 1,2$ метра и дальнейшее увеличение высоты существенно не влияет на изменения температуры охлаждаемой воды.

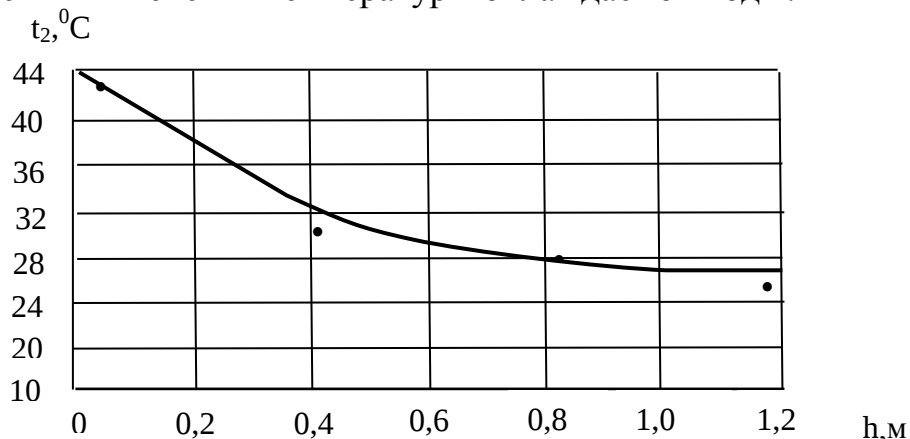


Рис. 8. Зависимость изменения температуры охлаждаемой воды от высоты насадки

Одной из характеристик оросителя является его гидравлическое сопротивление, влияющее на тепло- и массообменные процессы охлаждения воды. Поэтому нами были проведены экспериментальные исследования и расчет аэродинамического сопротивления оросителя по формуле:

$$\Delta P = \zeta_{op} \gamma_6 \omega^2 / (2g). \quad (20)$$

Зависимость аэродинамического сопротивления оросителя от плотности орошения выражается экспериментальной формулой

$$\zeta_{op} = h(\zeta_{c.o} + K_{op} q_{ж}). \quad (21)$$

В качестве расчетных аэродинамических характеристик оросителя используются величины $\zeta_{c.o}$ и K_{op} . Для их нахождения проводилась серия измерений (аэродинамических исследований) при различных плотностях орошения и скоростях воздуха, в том числе и на сухом оросителе (без подачи воды). По (20) - (22) находили значения ζ_{op} и $\zeta_{c.o}$, которые затем усредняли по результатам всех измерений. Затем, исходя из (21), определили значение K_{op} :

$$K_{op} = (\zeta_{op} - \zeta_{c.o}) / q_{ж}. \quad (22)$$

Значения ζ_{op} и $\zeta_{c.o}$ в (22) относятся к 1 м высоты оросителя.

Для определения аэродинамического сопротивления оросителя измеряли следующие параметры: скорость движения воздуха в свободном сечении градири над оросителем w , м/с; плотность орошения $q_{ж}$, м³/(м²·ч); температуру воздуха по сухому термометру ϑ , °С, показания микроманометров от датчиков давления под H_1 и над H_2 оросителем, кг/м²

На рис. 9. представлен график зависимости ΔP от h высоты оросителя при скоростях 2 м/с и плотности орошения $q_{ж}=10,93$ м³/м² ч

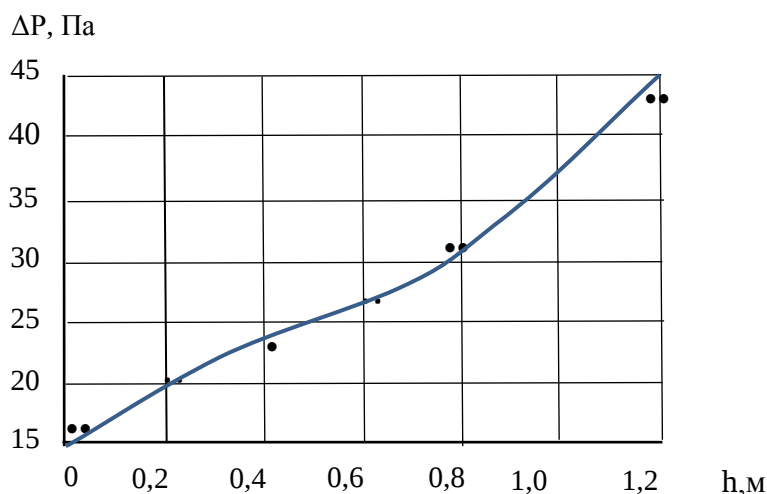


Рис. 9. Зависимость ΔP от высоты оросителя h

Оптимальное совпадение результатов расчета и эксперимента показывает работоспособность математической модели и определяет с достаточной точностью основные факторы реального тепло- массообмена и скорость движения потоков воздуха.

Расхождение результатов расчётов по тепловому КПД математической модели с опытными данными не превышает 5%.

В четвертой главе диссертации **«Модернизация промышленных градири с целью повышения энергоэффективности их работы»** были рассмотрены технические характеристики промышленной градири ГНКС «Кокдумалак» ООО «Мубарекнефтегаз» и ООО «Мубарекский газоперерабатывающий завод» (МГПЗ). На водооборотных системах

производства ГНКС «Кокдумалак» ООО «Мубарекнефтегаз» в качестве охлаждающего устройства принята трёхвентиляторная градирня, с площадью орошения 144 м² в каждой секции. Для интенсификации процесса тепло- и массообмена в градирне были установлены оросители, состоящие из блоков с размерами 1,0 м x 1,0 м x 2,0 м, выполненные из композиционных полимерных труб БОП-63 в один ярус высотой до 1 м и установленные на опорную решетку внутри градирни. При одинаковой высоте оросителя аэродинамическое сопротивление прохождения воздуха было в 2-4 раза меньше, чем в оросителях, предусмотренных проектом.

В ООО «МГПЗ» в системах в оборотного водоснабжения в качестве охлаждающих устройств, установленных в шестисекционный градирни первый этап модернизации был начат с четвертой секции шестисекционной вентиляторной градирни цеха №2, с площадью орошения 192 м², на которой были установлены модернизированные трубчатые оросители БОП-63

Как известно, основными теплотехническими параметрами, которые влияют на энергоэффективность работы градирен, являются: 1. Величины скорости воздуха. 2. Величины расхода жидкости. 3. Конструкции блоков насадки. 4. Неравномерности распределения фаз всех этих условий были выполнены при модернизации с установкой оросителей. При равномерном распределений фаз в градирне с блоками из полимерных трубных оросительных установок тепловой КПД составил $\eta_{ж}=0,75$.

В градирнях с оросителями из полимерных материалов БОП-63 с высотой 1 м наблюдалось хорошее охлаждение воды, а тепловой КПД при этом увеличился в 1,5÷1,8 раз.

В результате модернизации градирен за счет внедрения оросителя БОП-63 в ГНКС «Кокдумалак» ООО «Мубарекнефтегаза» и ООО «МГПЗ» получен суммарный экономический эффект размере 136 859 602 сум в ценах 2015 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатами исследований по теме докторская диссертации «Разработка технологии в охладителях-градирнях за счет интенсификации тепло-массообменных процессов» являются:

1. Разработка математической модели движения газа и жидкости в оросителе градирни испарительного охлаждения, учитывающая влияние жидкой фазы, коэффициентов турбулентного обмена, теплоотдачи, массообмена и балансовых соотношений переносимой массы теплового потока и позволяющая выбирать вариант расчета оросителей градирен, что позволило при построении балансов теплопередачи массообмена получить степень точности выше 5 %.

2. Методом численных экспериментов выявлено:

- характерные режимы установок испарительного охлаждения и проанализированы характерные распределения температур, концентраций, потоков по высоте насадки в пределах 0,2-1,2 м;

- влияние конструктивных параметров - высоты насадки в пределах 0,2-1,2 м и ширины каналов 0,063 м - на охлаждающую способность градирни. В результате получена возможность определения оптимального значения высоты при котором температура охлаждающей воды достигает 27 °С.

3. Установлено, что интенсивность процессов тепло-и массопереноса при взаимодействии потоков газа и жидкости в аппарате с насадочными контактными элементами (ороситель) при диспергировании жидкой фазы зависит от расположения элементов оросителя. В результате получена возможность точного расчета оптимального значения: степени дробления капель в зоне диспергатора и межтрубном пространстве; смачиваемости контактных элементов оросителя жидкостью; скорости воздуха; величины расхода воды.

4. На экспериментальном стенде исследованиями установлены зависимости коэффициента массоотдачи, теплоотдачи и теплового КПД от скорости воздуха, расхода воды, плотности орошения и зависимости гидравлического сопротивления оросителя от его высоты. В результате полимерная композиционная оросительная установка размера 1,0х1,0х2,0 м³ позволила интенсифицировать процесс охлаждения воды на 30 -35 % по сравнению с проектным.

5. Математическая модель и результаты экспериментальных исследований использованы при разработке методики расчета выбора оптимальных технических решений по конструированию оросителей в промышленных градирнях. В результате получена возможность выбора оптимального варианта конструкции

6. На разработанный ороситель (Блок оросителей с размерами (1,0х1,0х2,0 м³) получены государственные стандарт, Tsh15008740-01:2013, патент на полезную модель №FAP 01048 «Оросители градирни». Данный ороситель внедрен при модернизации трёхвентиляторной градирни ГНКС «Кокдумалак» ООО «Мубарекнефтегаза», а также четвертой секции шестисекционной градирни ООО «МГПЗ». В результате внедрения оросителя БОП-63 в ГНКС «Кокдумалак» ООО «Мубарекнефтегаза» и ООО «МГПЗ» получена возможность экономической эффективности в размере 136 859 602 сум в ценах 2015 года.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING DEGREE OF DOCTOR
OF SCIENCES №: 27.06.2017.T.03.03 AT TASHKENT STATE
TECHNICAL UNIVERSITY AND LLC
“SCIENTIFIC-TECHNICAL CENTRE”**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

MURTAZAEV KUVONDIK MUSTAFAEVICH

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY IN COOLERS-GRADERS
BASED ON HEAT AND OIL MASS INTENSIFICATION PROCESSES**

05.05.04- Industrial Thermal Power

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

Tashkent – 2017

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.1.PhD/T96.

The dissertation has been done at the Tashkent State Technical University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) on the website www.tdtu.uz and on the website of «ZIYONET» Information and education portal www.ziyonet.uz

Scientific supervisor:	Muhiddinov Jalaliddin Nasyrovich Doctor of Technical Sciences, professor
Official opponents:	Kremakov Mikhail Vitalievich Doctor of physics and mathematics sciences, professor Shaislamov Alisher Shoabdurakhmanovich Candidate of Technical Sciences, associate professor
Leading organization:	LLC «Issiglikelektroloiya»

The defense will take place «__» _____ 2017 ____ at _____ at the meeting of Scientific Council at the Scientific Council DSc.27.06.2017.T.03.03 at the Tashkent State Technical University and LLC “Scientific-Technical Center”. Address: 2, Talabalar str. Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone/ Fax: (+998 71) 227-10-32, e-mail: tstu_info@tdtu.uz

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent State Technical University (Registration number____) (Address: 2, Talabalar str., Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone/ Fax: (+99871) 227-03-41

Abstract of the dissertation was distributed on «__» _____ 2017 year.
(mailing record № _____ on «__» _____ 2017 year).

K.R. Allaev
Chairman of scientific council
for awarding of scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

O.H. Ishnazarov
Scientific secretary of scientific council
for award of scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Senior Scientific Researcher

Sh.I. Klychev
Deputy Chairman of the Scientific Seminar under the Scientific
Council on award of academic degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is increase of cooling effect in irrigation facilities on industrial enterprises cause of intensification of heat- oil mass transfer processes, reduction of hydraulic resistance, and development of mode conditions for increasing energy efficiency.

Tasks of research:

to develop mathematical model of energy efficient process for water cooling in tubular irrigators;

to develop computer program of dynamic process for technological cooling of water in cooling towers;

to perform adequacy analyses of experimental data of water cooling with result received by modeling on computers;

to develop the method of calculating polymer block of irrigation facility in cooling towers;

to develop scientific technical solutions on improving of industrial cooling towers with energy efficient equipment

The object of the research is fan cooling towers and their elements in the systems of recycled technical water supply of industrial enterprises.

Scientific novelty of the research is consisted of the following:

energy technological diagrams for recycled technical water supply with energy efficient tubular sprinklers made from composite polymeric materials in evaporative cooling towers were developed;

main energy-technological parameters of heat- oil mass transfer processes in energy-efficient composite polymer tubular sprinklers of the evaporative cooling tower were found;

the method of the water cooling process in tubular sprinklers taking into account turbulence and uneven distribution of phases was developed;

the algorithm for controlling the process of heat and oil mass transfer, water cooling in tubular sprinkler devices were developed;

the parameters of tube bundle hydraulic resistance dependent on the height of the sprinkler at various temperatures and air velocities in the cooling tower of cooling system were determined.

The structure and volume of the thesis. The dissertation consists of introduction, five chapters, conclusion, a list of references and appendices. The text of the thesis is presented on 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Мухиддинов Д.Н., Муртазаев К.М. Эксплуатация композиционных полимерных оросителей // Журнал «Вестник ТашГТУ» №3, 2010 С.62-64. (05.00.00 №16).
2. Мухиддинов Д.Н., Муртазаев К.М. Моделирование процессов переноса тепла в оросителях градирни // Журнал «Вестник ТашГТУ» №4, 2010 С.51-55. (05.00.00 №16).
3. Мухиддинов Д.Н., Муртазаев К.М., Пулатов И.Р. Влияние конструкции оросителей на процессы тепло- и массообмена в градирнях // Журнал «Проблемы энерго и ресурсосбережения» №3, 2014, С.99-105. (05.00.00 №21).
4. Мухиддинов Д.Н., Муртазаев К.М. Исследование процессов охлаждения воды в экспериментальной вентиляторной градирне // Журнал «Проблемы энерго и ресурсосбережения» №1-2, 2015, С.92-97. (05.00.00 №21).
5. Мухиддинов Д.Н., Артиков А.А., Муртазаев К.М. Системный анализ технологической линии охлаждения воды с использованием градирни // Журнал «Проблемы информатики и энергетики» №1, 2016, С.63-70. (05.00.00 №5).
6. Мухиддинов Д.Н., Муртазаев К.М. Исследования гидродинамических процессов в оросителях вентиляторных градирен // Научно-технический журнал ФерПИ №1, 2016, С.97-100. (05.00.00 №20).
7. Mukhiddinov D.N., Artikov A.A., Murtazayev K.M., Masharipova Z. Mathematical modeling of cooling process water in the packed towers // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, 2016. - Volume 3, Issue 10, Pages: 2830-2839. (05.00.00 №8).
8. Муртазаев К.М., Мухиддинов Д.Н., Мухиддинова Я.Д. Методы расчета коэффициентов тепло- и массообмена и определение теплового к.п.д. экспериментальной установки градирни // Научно-технический журнал ФерПИ спец. Вып, 2017, С.55-59. (05.00.00 №20).
9. Мухиддинов Д.Н., Артиков А.А., Муртазаев К.М., Машарипова З.А. К вопросу компьютерной алгоритмизации и процесса испарения воды // Журнал «Химическая технология контроль и управлением» №3, 2017, С.64-73. (05.00.00 №12).
10. Мухиддинов Д.Н., Муртазаев К.М., Мухиддинова Я.Д. Сбережение энергоресурсов модернизацией технологического оборудования вентиляторной градирни // Научно-технический журнал ФерПИ №2, 2017, С.148-152. (05.00.00 №20).
11. Mukhiddinov D.N., Murtazayev K.M., Mukhiddinova Y.D. Experimental analysis of heat-mass-exchange progresses of irrigators cooling stack // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, 2017. - Volume 4, Issue 2, Pages: 3239-3249. (05.00.00 №8).

Ибўлим (Ичасть; Иpart)

12. Мухиддинов Д.Н., Бабаходжаев Р.П., Муртазаев К.М. Опыт эксплуатации пленочного оросителя в градирнях для высокоминерализованных вод в условиях жаркого климата // Третья Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Энергетика: Управление, качество и эффективность использования энергоресурсов». - Благовещенск, Амурская область, 2003, С.315-317.
13. Муртазаев К.М., Рахманов Н.М. Технологическое оборудование градирен и методы интенсификации тепло- и массообменных процессов // «Наука, образование, техника» Материалы Международной научно-технической конференции «Современное состояние и актуальные проблемы развития энергетики». - Ош, 2008, С. 120-121.
14. Мухиддинов Д.Н., Муртазаев К.М. Стенд для экспериментального исследования испарительного охлаждения воды в градирне // Международная научная конференция «Инновация-2011»: Сборник научных статей. - Ташкент, 25-27 октября 2011, С.140-141.
15. Муртазаев К.М., Махкамов Н.Я., Муслимов Б.А. Метод выбора градирен на основе теплотехнологических расчетов // Ёнфин хавфсизлигини таъминлашнинг ташкилий ва илмий-техник муаммолари Илмий-амалий конференция материаллари. - Тошкент, 2011, С.88-90.
16. Муртазаев К.М. Составление материального и теплового баланса вентиляторной градирни испарительного типа // Международная научно-техническая конференция «Современное состояние и перспективы развития энергетики» - Ташкент, 2011, Том II. С.44-46.
17. Мухиддинов Д.Н., Муртазаев К.М. Повышение энергоэффективности промышленных вентиляторных градирен ГНКС «Кокдумалак» ООО «Мубарекнефтегаз» // Узбекский журнал нефти и газа. - Ташкент, 2015, №3. С.59-62.
18. Муртазаев К.М., Мухиддинов Д.Н., Мухиддинова Я.Д. Ороситель градирни. Полезная модель Республики Узбекистан № FAP 2014 0124 от 19.09.2014 г // Официальный бюллетень ГПВ РУз, 2015, № 11 (175). С.64-65.
19. Мухиддинов Д.Н., Артиков А.А., Муртазаев К.М. Внедрение результатов математического моделирования процесса охлаждения воды в вентиляторных градирнях ООО «МГПЗ» // Узбекский журнал нефти и газа. - Ташкент, №4, 2016, С.43-46.
20. Murtazaev K.M Improving the efficiency of polymer in a cooling tower sprinkler water recycling systems // «European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences» 15th International scientific conference 20th July, 2017. Vienna, Austria 2017. Pages: 97-104.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» илмий журнал таҳририятида таҳрирдан
ўтказилди (__.__.2017 йил).

Босишга рухсат этилди: __.__.2017 йил
Бичими 60x45 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 5. Адади: 100. Буюртма: № ____.

Ўзбекистон Республикаси ИИВ Академияси,
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68
«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ» ДУК