

**MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI PhD.26.02.2020.T.109.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

**MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI**

TOSHTEMIROV MIRJALOL ERGASH O‘G‘LI

**BINOLARDA HAVONI SOVUTISH VA NAMLASH
SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA ENERGIYA TEJAMKOR
USULLARINI YARATISH**

**05.09.03 Issiqlik ta‘minoti. Ventilyatsiya, konditsionerlash.
Gaz ta‘minoti va yoritish**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

SAMARQAND 2025

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

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

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

Toshtemirov Mirjalol Ergash o‘g‘li

Binolarda havoni sovutish va namlash samaradorligini oshirishda energiya
tejamkor usullarini yaratish 3

Тоштемиров Миржалол Эршевич

Создание энергосберегающих методов повышения эффективности
охлаждения и увлажнения воздуха в помещениях 21

Toshtemirov Mirjalol

Development of energy-saving methods to improve the efficiency of indoor
air cooling and humidification 41

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati 44

Список опубликованных работ

List of published works

**MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI PhD.26.02.2020.T.109.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

**MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI**

TOSHTEMIROV MIRJALOL ERGASH O‘G‘LI

**BINOLARDA HAVONI SOVUTISH VA NAMLASH
SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA ENERGIYA TEJAMKOR
USULLARINI YARATISH**

**05.09.03 Issiqlik ta‘minoti. Ventilyatsiya, konditsionerlash.
Gaz ta‘minoti va yoritish**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

SAMARQAND 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertasiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestasiya komissiyasida B.2024.2.PhD/T4758 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Doktorlik dissertasiya ishi Mirzo Ulug‘bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura – qurilish universitetida bajarilgan.

Dissertasiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.samdaqu.edu.uz) va «Ziyonet» Axborot ta’lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: **Boboyev Sobirjon Muradullayevich, texnika fanlari doktori, professor.**

Rasmiy opponentlar: **Xayriddinov Botir Egamberdiyevich, texnika fanlari doktori, professor.**

Ismanxodjayeva Mahayyo Risxiyevna, texnika fanlari nomzodi, professor.

Yetakchi tashkilot: **Jizzax Politexnika intstituti.**

Dissertasiya himoyasi Mirzo Ulug‘bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura – qurilish universiteti huzuridagi PhD.26.02.2020.T.109.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil «_____» «_____», soat 14:00 dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 140147, Samarqand sh., Lolazor ko‘chasi 70-uy. Tel.: (66) 237-18-47 / faks: (66) 237-19-53, e-mail: <http://info@samdaqu.edu.uz>.)

Dissertasiya bilan Mirzo Ulug‘bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura – qurilish universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№_____raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 140147, Samarqand sh., Lolazor ko‘chasi 70-uy. Tel.: (66) 237-18-47, e-mail: <http://arm.samdaqu.edu.uz>.)

Dissertasiya avtoreferati 2025 yil «_____» _____ kuni tarqatildi.

(2025 yil «_____» _____dagi _____ raqamli reestr bayonnomasi).

A.T.Xalmanov

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash
raisi o‘rinbosari, f.m.f.d., professor

R.M.Maxmudov

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash ilmiy kotibi, t.f.n., dotsent

G‘.Sh.Shukurov

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi, t.f.n., professor

KIRISH (Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati: Jahonda iqtisodiy o‘rta, sanoat tarmoqlari, qurilish sohasining rivojlanishi va urbanizatsiya sababli o‘rtacha tashqi havo haroratining oshishi keng miqyosda binolarda optimal mikroiklim yaratish tizimlariga bo‘lgan ehtiyojni ta‘minlash masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Bugungi kunga rivojlangan mamlakatlarda sovutish qurilmalaridan foydalanishda issiqlik va sovuqlik miqdorlarining ortib borishi elektr energiyasi tanqisligini keltirib chiqarmoqda, ayniqsa quruq va issiq iqlim sharoitida elektr energiyasiga bo‘lgan talabning eng yuqori ko‘rsatkichi, havoni mo‘tadillashga bo‘lgan talab ortganda yuzaga kelmoqda va dunyo elektr energiyasi iste‘molining 30 % ni tashkil etmoqda. Yaqin sharq va AQShning ayrim hududlarida havoning issiq kunlarida mikroiklim yaratishda sovutish tizimlariga sarf bo‘ladigan elektr energiyasiga bo‘lgan talab, elektr energiyasi iste‘molining 70% ni tashkil etadi¹. Bu borada, jumladan kontaktli sovutish qurilmalarini yangi konstruktiv sxemalarini yaratish, tashqi havoni suvni bug‘lantirib sovutish, energiya tejamkor issiqlik va massa almashinuv qurilmalarini ishlab chiqish, noan‘anaviy quyoshli sovutish tizimlaridan foydalanish va havoni sovutish samaradorligini oshirishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Jahonda, binolarda mikroiklim yaratish uchun zamonaviy havoni mo‘tadillash qurilmalarini yaratish, havoga suv bilan issiqlik va namlik jarayoni orqali ishlov berishda suvni bug‘lantirib havoni sovutish hamda energiya tejamkor kontaktli qurilmalarning ishlash rejimlarini optimallashtirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda, quruq issiq iqlim sharoitida havoni adiabatik sovutish va namlash jarayoni orqali gigroskopik material qo‘llanilgan sovutish-namlash qurilmalarini takomillashtirish, issiqlik-massa almashinuvi intensivligi bo‘yicha havoni sovutish samaradorligini aniqlashga qaratilgan tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, tolali gigroskopik materiallarni kontaktli qurilmalarda qo‘llashda issiqlik-massa almashinuv jarayonlarining matematik modelini takomillashtirish, to‘g‘ri va resirkulyatsiyali havo oqimi sxemasi bo‘yicha ishlaydigan kontaktli qurilmalarini takomillashtirishning hisoblash usuli, havoni sovutish qurilmalarining texnik-iqtisodiy samaradorligini aniqlash dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda binolarda mikroiklim yaratishda energiya tejamkor qurilmalardan foydalanish, havoni mo‘tadillash qurilmalarining sovutish samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar o‘tkazish va ularni amalda qo‘llash borasida keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan «Iqtisodiyotni elektr energiyasi bilan uzluksiz ta‘minlash hamda “Yashil iqtisodiyot” texnologiyalarini barcha sohalarga faol joriy etish, iqtisodiyotning energiya samaradorligini 20 foizga oshirish²» bo‘yicha vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, xususan, energiya tejamkor sovutish-namlash qurilmalarini takomillashtirish, tolali gigroskopik materiallarni kontaktli

¹<https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>

²O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni.

qurilmalarda qo'llashda issiqlik-massa almashinuv jarayonlarini matematik modellashtirish, kontaktli qurilmalarda issiqlik va massa almashinuv jarayonlarining samaradorligiga ta'sir etuvchi omillarni aniqlash, adiabatik sovutish-namlash jarayonida tolali gigroskopik materiallarni laboratoriya sharoitida sinovdan o'tkazish, samaradorligi yuqori bo'lgan energiya tejamkor kanop tolali gigroskopik material qo'llanilgan forsunkali sovutish-namlash qurilmalarini va hisoblash usullarini ishlab chiqish va joriy etish muhim hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasining 07.08.2024 yildagi "Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to'g'risida"gi O'RQ-940-son Qonuni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 14.12.2017 yildagi "To'qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatini jadal rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-5285-sonli farmoni, 24.05.2006 yildagi 0203-06-sonli "Ishlab chiqarish xonalari mikroiklimining sanitar-gigiyenik normalari" kabi me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan energiya tejamkor havoni mo'tadillash qurilmalaridan foydalanib, binolarda mikroiklim yaratish, mahsulot ishlab chiqarish, inson mehnat faoliyati unumdorligini oshirish va salomatligini saqlash vazifalarini amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot O'zbekiston Respublikasining fan va texnologiyalar rivojlanishining II. "Energetika, energiya va resurs-tejamkorlik, qayta tiklanuvchi energiya manbalari" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Bugungi kunda jahonning yetakchi oliy ta'lim muassasalari va ilmiy markazlarida, jumladan, Pekin universiteti (Xitoy), Yel universiteti (AQSH), Hindiston texnologiya instituti Dehli (Xindiston), Tamkang universiteti (Tayvan), Zhengzhou yengil sanoat universiteti (Xitoy, Xenan pravinsiyasi), Boloniya universiteti (Italiya), Moskva davlat qurilish milliy tadqiqot universiteti (Rossiya), Volgograd davlat texnika universiteti (Rossiya), Vitebsk davlat texnologiya universiteti (Belarusiya), Belarus milliy texnika universiteti (Belarusiya), Olmaota texnologiya universiteti (Qozog'iston), M.Osimiy nomidagi Tojikiston texnika universiteti va boshqalarda havoni mo'tadillash tizimlarida havoni namlab-sovutish jarayonlari, kontakt qurilmalarida issiqlik va massa almashinuv jarayonlarini o'rganishga yo'naltirilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

Havoni mo'tadillashda suvpurkagich qurilmalari (apparat) va ularda havoni namlash jarayonlari, havoni to'g'ridan-to'g'ri bug'lanishli sovutish jarayonlari, namlash kamerasidagi asosiy issiqlik va massa almashinuv jarayonlari bo'yicha izlanishlar olib borgan xorijiy olimlardan A.G.Averkin, B.V.Barkalov, L.D.Berman, V.N.Bogoslovskiy, V.I.Bodrov, B.I.Byali, A.A.Gogolin, M.I.Grimitlin, A.B.Doroshenko, L.M.Zusmanovich, O.I.Ivanov, E.E.Karpis, L.S.Klyachko, V.D.Korkin, O.Ya.Kokorin, A.Ya.Kreslin, A.B.Likov, B.S.Maisotsenko, E.G.Malyavina, A.B.Nesterenko, L.V.Petrov, D.V.Periplenskiy, M.Ya.Poz, G.M.,Pozin, M.B.Rayak, A.A.Rymkevich, O.D.Samarin, E.V.Stefanov, B.N.Yurmanov, A.G.Sotnikov, A.N.Gvozdkov, E.M.Belova va boshqalarning tadqiqotlari o'rganilgan.

Sanoat va qishloq xo'jaligi binolarida mikroiklim yaratish, bilvosita

bug‘lanishli sovutish, havoni ikki bosqichli to‘g‘ridan-to‘g‘ri bug‘lanishli sovutish jarayonlari, ishlab chiqarish korxonalarida havoni mo‘tadillash, ventilyatsiya tizimlarini loyihalash bo‘yicha izlanishlar olib borgan yurtimiz olimlaridan I.Z.Abbazov, L.A.Aliyeva, U.S.Baltayev, S.M.Boboyev, M.N.Musayev, X.Mandalak, G.I.Xabibi, M.T.Xodjiyev, B.E.Xayriddinov, M.R.Ismanxodjayeva, G‘.N.Uzoqov, Q.Yu. Abdullayev va boshqalarning ilmiy tadqiqot ishlari o‘rganib chiqilgan.

Ushbu tadqiqot ishlarida sanoat, jamoat va qishloq xo‘jaligi binolarining mikroiklim parametrlarini ta‘minlashda havoni sovutish va namlash samaradorligini oshirish o‘rganilmagan hamda havoni kanop tolali gigroskopik materiallar orqali sovutish va namlash kontaktli qurilmalari takomillashtirilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya ishi Mirzo Ulug‘bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti ilmiy tadqiqot rejasi asosida hamda “FARZONA STAL SERVIS” MCHJning “DAKA-INTEX” MCHJ (№122 xo‘jalik shartnomasi) va “NARPAYTEX” MCHJ o‘rtasida tuzilgan (№10-22) xo‘jalik shartnomasiga asosan amaliy loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi. Quruq va issiq iqlim sharoitida binolarda ventilyatsiya va havoni mo‘tadillash tizimlarida havoni sovutish – namlash uchun yuqori samarali kontaktli qurilmalarni yaratish, energiya sarfini kamaytirish va issiqlik-massa almashinuv jarayonlarining ilmiy-texnik asoslarini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

- havoni mo‘tadillash tizimlarida havoga issiqlik va namlik orqali ishlov berishning mavjud usullarini va texnologik sxemalarni tahlil qilish;
- kontaktli qurilmalarida issiqlik va massa almashinuv jarayonlarining samaradorligiga ta‘sir etuvchi omillarni aniqlash;
- energiya tejamkorlik asosida havoni adiabatik sovutish va namlash qurilmalarini ishlab chiqish;
- havoga suv bilan ishlov berishda, tolali gigroskopik (poliester tolali, sintepon tolali, shisha tolali va kanop tolali) materiallarni kontaktli qurilmalarda qo‘llashda issiqlik-massa almashinuv jarayonlarining hisoblash usullarini matematik madallashtirish;
- havoni sovutish-namlash uchun kontaktli qurilmalarni takomillashtirishning hisoblash usullarini ishlab chiqish;
- to‘g‘ri oqimli va havo resirkulyatsiyasi sxemasi bo‘yicha ishlaydigan kontaktli qurilmalarning konstruktiv sxemalarini ishlab chiqish va ilmiy asoslash;
- havoni sovutish-namlash jarayonida tolali gigroskopik (poliester tolali, sintepon tolali, shisha tolali va kanop tolali) materiallarni laboratoriya sharoitida eksperimental tajriba kamerasida sinovdan o‘tkazish;
- energiya tejamkor, yuqori samarali yangi qurilmaning texnik-iqtisodiy samaradorligini aniqlash va real qurilmada olingan tajriba natijalarini qayta ishlash.

Tadqiqotning ob‘yekti sifatida havoga suv bilan issiqlik va namlik jarayoni orqali ishlov berishda, tolali gigroskopik materiallarni kontakt qurilmalarida

qo‘llash bo‘yicha adiabatik sovutish - namlash tajriba kamerasi eksperimental stendi olingan.

Tadqiqot predmeti sifatida quruq va issiq iqlim sharoitida havoni mo‘tadillash tizimlarida havoga suv bilan issiqlik va namlik jarayonlari orqali adiabatik ishlov berish usuli va kontaktli qurilmalarda issiqlik va massa almashinuv jarayonlari olingan.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida nazariy va eksperimental tadqiqotlarni tizimli tahlil qilish, havoga issiqlik va namlik orqali ishlov berish jarayonlarini matematik modellashtirish, kontakt yuzalarini hisoblash, tajriba kamerasining prototip stendida laboratoriya va sanoat sharoitlarida eksperimental tadqiqotlar o‘tkazish va natijalarini qayta ishlash usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi:

– havoni mo‘tadillash tizimlarida qo‘llaniladigan to‘g‘ri oqimli va havo resirkulyatsiyasi sxemasi bo‘yicha ishlaydigan kontaktli sovutish-namlash qurilmasining konstruktiv sxemasi ishlab chiqilgan va havoga suv bilan ishlov berishda issiqlik va massa almashinuv jarayonlarining matematik modeli takomillashtirilgan;

– quruq issiq iqlim sharoitida mikroiklim parametrlarini ta‘minlash uchun havoni adiabatik sovutish va namlash jarayonida kanop tolali gigroskopik material qo‘llanilgan forsunkali sovutish-namlash qurilmalarini takomillashtirishning hisoblash usuli ishlab chiqilgan;

– havoga suv bilan issiqlik va namlik jarayoni orqali ishlov berishda, kanop tolali gigroskopik material qo‘llaniladigan kontaktli qurilmalarda issiqlik-massa almashinuvi intensivligi (Nu , Nu_D) bo‘yicha havoni sovutish samaradorlik koeffitsiyenti $E_A=0,95$ aniqlangan;

– birinchi marta kanop tolali gigroskopik material qo‘llanilgan forsunkali sovutish-namlash qurilmasining sovutish samaradorlik koeffitsiyenti E_A , aerodinamik qarshiligi ΔP , Nusseltning issiqlik Nu , va diffuzion Nu_D , mezonlari bo‘yicha funksional bo‘g‘liqliklar aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalariga quyidagilar kiradi:

– eksperimental sinovlar asosida havoni namlash-sovutish jarayonida energiya sarfini kamaytirishni, shuningdek, konditsioner qurilmalarida kanop tolali gigroskopik material qo‘llanilgan forsunkali sovutish-namlash kamerasidan foydalanishning ishonchliligi tasdiqlangan;

– taklif etilgan sovutish-namlash qurilmasida kanop tolali gigroskopik materialning qo‘llanilishi natijasida tomchi ushlab qolish vositalaridan voz kechish va kameraning uzunligi bo‘yicha o‘lchamlari 1,5 barobar qisqarishi ta‘minlangan;

– kanop tolali gigroskopik material qo‘llanilgan sovutish-namlash kamerasida havoga ishlov berish samaradorligi oshgan va elektr energiya sarfi, material sarfi hamda xizmat ko‘rsatish uchun xarajatlar kamaygan;

– tavsiya etilgan fundamental yechim, quvvati 30 ming m^3 /soatgacha bo‘lgan sanoat binolari uchun havoni mo‘tadillash tizimlarida loyihalashtirilayotgan har qanday modeldagi sovutish-namlash qurilmalarida qo‘llanilishi mumkin.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Dissertatsiya ishining ilmiy tamoyillari, havoga tolali gigroskopik materiallar orqali ishlov berish jarayonlarida issiqlik-massa almashinuvi nazariyasining qo‘llanilishi, o‘rganilayotgan

jarayonlarni matematik modellashtirish, ko'p sonli tajriba-sinovlarini zamonaviy o'lchash vositalaridan va standart usullardan foydalangan holda o'tkazish, olingan tajriba natijalarining o'zaro mutanosibligi, tajribalarning me'yoriy xujjatlar va qoidalar asosida amalga oshirilganligi hamda yaratilgan uskunaning amaliyotga joriy qilinganligi bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati kontaktli qurilmalarda havoga kanop tolali gigroskopik material orqali ishlov berish jarayonlarini matematik modellashtirish, sovutish samaradorlik koeffitsiyentini E_A , issiqlik-massa almashinuvi intensivligi Nu , Nu_D , namlantiruvchi element aerodinamik qarshiliklarining ΔP , optimal qiymatlarini aniqlash va hisoblash usullarini ishlab chiqish bilan bir qatorda, energiya tejamkor sovutish – namlash qurilmasining konstruktiv yechimlarini yaratish va ularni takomillashtirish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati energiya tejamkor kanop tolali gigroskopik material qo'llanilgan forsunkali sovutish-namlash qurilmasini ishlab chiqish va ishonchliligini oshirishda samaradorlik koeffitsiyenti E_A , bo'yicha texnik yechimlar tavsiya etish, shuningdek havoni mo'tadillash tizimlarini loyihalash amaliyotida sovutish-namlash qurilmasining qo'llanilishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Havoga issiqlik-namlik orqali ishlov berish jarayonlarining samaradorlik koeffitsiyentini E , oshirish bo'yicha olingan ilmiy tadqiqot natijalari asosida energiya tejamkor havoni sovutish-namlash qurilmasi Samaqand shahrida joylashgan "DAKA-INTEX" MCHJ va Samarqand viloyati Narpay tumani joylashgan "NARPAYTEX" MCHJga qarashli tikuv fabrikalari ishlab chiqarish sexi binolarida amaliyotga tadbiq etildi. Natijada havoni mo'tadillash tizimlari uchun sarflanadigan elektr energiya xarajatlari xorijiy ishlab chiqaruvchilarning namlash kameralariga nisbatan 30% tejamkorligi va kapital hamda ekspluatatsion xarajatlar 20 % kamayganli anqlangan. Iqtisodiy samara $L = 20000 \text{ m}^3/\text{soat}$ havo sarfiga ega markaziy kondisioner qurilmasiga nisbatan 17,4 mln.so'm.yilni tashkil qilgan (O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2025 yil 20 yanvardagi 06/665-son ma'lumotnomasi).

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya ishining nazariy va eksperimental tadqiqot natijalari 12 ta xalqaro va respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarning e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 21 ta ilmiy ish chop etilgan. O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan (PhD) doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 8 ta ilmiy maqola, shundan 4 ta xorijiy va 4 ta respublika ilmiy jurnallarida. Bundan tashqari 1 ta foydali madelga patent hamda 1 ta EHM uchun dasturga guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning hajmi va tuzilishi. Dissertatsiya ishi kirish qismi, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 180 betni, asosiy matni 120 betni tashkil etib, shu jumladan 13 ta jadval, 37 ta rasm, 140 nomdagi foydalanilgan manbalar ro'yxati va 22 ilovalardan tashkil topgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya tadqiqotining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, ob'yekti va predmeti tavsiflangan, O'zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalar taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mosligi, tadqiqotlarning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, shuningdek, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy qilinganligi, chop etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Zamonaviy havoni mo'tadillash tizimlarida qo'llaniladigan qurilmalarni tahlil qilish”** deb nomlangan birinchi bobida havoga suv bilan issiqlik va namlik orqali ishlov berish jarayonlari tahlil qilingan va havoga ishlov berishda issiqlik va massa almashinuvi jarayonlari amalga oshiriladigan kontaktli qurilmalar tahlil qilingan. Forsunkali namlash kameralarining (FNK) zamonaviy konstruktiv sxemalari, shuningdek, ushbu qurilmalarning konstruktiv afzalliklari va kamchiliklari o'rganib chiqilgan.

FNKlarining kamchiliklarini aniqlash bilan bir qatorda markaziy konditsionerlarning bir qismi sifatida ushbu qurilmalarni takomillashtirishning – forsunkalarga zanglar va chukmalarning tiqilib qolish muammolarini yechish, shuningdek, namlash kameralarini ishlatishda ularni tozalash uchun mehnat sarfini kamaytirish; qurilmalarni konstruktiv o'lchamlari va og'irligini kamaytirish; suyuqlik purkash va havo aralashmasini yaratish uchun energiya xarajatlarini kamaytirish; kamerada issiqlik va massa almashinuvining intensivligini oshirish kabi asosiy yo'nalishlarini shakllantirishimiz lozim.

L.D.Berman, V.N.Bogoslovskiy, B.V.Barkalov, A.A.Guxman, Lyuis, Merkel, E.E.Karpis, O.Ya.Kokorin, L.S.Klyachko, Yu.M.Prigunov, T.T.Makarevich, A.V.Nesternko A.V. Doroshenko, M.D. Sarishvili, E.V. Stefanov, G.I. Habibi, L.M.Zusmanovich, A.A.Gogolin, A.N.Gvozdkov, E.M.Belova, I.Z.Abbazov, L.A.Aliyorova U.S.Baltayev, S.M.Boboyev, M.N.Musayev, X.Mandalak, G.I.Xabibi, M.T.Xodjiev, B.E.Xayriddinov, M.R.Ismanxodjayeva, G'.N.Uzoqov, Q.Yu. Abdullayev kabi olimlar ilmiy tadqiqot ishlari kontaktli qurilmalarda issiqlik va massa almashinuv jarayonlari samaradorligini oshirishga bag'ishlangan. Ma'lumotlarni tahlil qilish va umumlashtirish, issiqlik va massa almashinuv qurilmalari ko'rsatkichlarini oshirish uchun namlash kameralarini takomillashtirish bo'yicha tadqiqotning asosiy yo'nalishlarini shakllantirish va asoslash imkonini beradi.

Ishchi gipoteza. Binolarda mikroiklim parametrlarini ta'nimlashda tashqi havo va resirkulyatsiya havolari aralashtirilib, havoni sovutish va namlash kamerasida kanop tolali gigroskopik materialdan foydalangan holda, yaratilgan energiya samarador qurilmasida issiqlik-massa almashinuvi jarayonlari rejimini aniqlash bilan izohlanadi. Muammoni hal qilish holatini adabiy va patent manbalarini tahlil qilish natijasida dissertatsiya ishi tadqiqotining maqsad va vazifalari shakllantirildi.

Dissertatsiyaning **“Havoni sovutish qurilmalarida issiqlik va massa almashinuv jarayonlarining nazariy tadqiqotlari”** deb nomlangan ikkinchi bobida havoga adiabatik ishlov berish jarayonida gigroskopik sovutish-namlash qurilmasida $t, d, G_w, \alpha, \beta, F, Q, E$ parametrlarni nazariy hisoblash usullari, havoga suv bilan issiqlik va namlik orqali ishlov berishda issiqlik-massa almashinuvi

jarayonlarining matematik modelini takomillashtirish, issiqlik-massa almashinuv tenglamalarini yechish orqali havoning boshlang'ich va oxirgi parametrlarini, gigroskopik materialdagi bug'lanayotgan suv miqdorini, sovutish samaradorlik koeffitsiyenti aniqlash formulalari, eksperimental ma'lumotlarni umumlashtirish uchun tajribalar asosida sovutish-namlash kameralarining hisoblash usullari keltirilgan.

Termodinamik nuqtai nazardan, issiqlik va massa almashinuv qurilmalarining kontakt yuzalari, ikki fazali getrogen tizimdir. Kontakt yuzalari harakatlanuvchi yoki qo'zg'almas namlantiriladigan qatlamlarning suyuqlik bilan muntazam yoki tartibsiz namlamishi hisobiga shakllanadi. Suyuqlik purkagichli kontaktli qurilmalarda bu sirt harakatlanuvchi polidispers tomchilar tizimi bo'lib, ularning fazoda tarqalishi asosan havo oqimining mayda zarrachlarga ajralayotgan suyuqlik bilan o'zaro gidrodinamik ta'siri orqali belgilanadi. Havo oqimi rejimi uchun harakat tenglamasi, issiqlik energiyasi va suv bug'ining massa saqlanish tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega:

- kontakt muhitidagi chegaraviy oqim harakati tenglamasi

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} + (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} P + \nu \nabla^2 \vec{V}; \quad (1)$$

- oshkora issiqlik tenglamasi

$$\rho c_p \frac{dt}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda \text{grad} t) + \iiint_{V_0}^{\delta_{max}} F_1(\zeta, \eta, \delta)(t - t_\delta) d\delta dV; \quad (2)$$

- suv bug'lari massasi balansi tenglamasi

$$\frac{dd}{\partial \tau} = \text{div}(D \text{grad} d) + \iiint_{V_0}^{\delta_{max}} F_1(\zeta, \eta, \delta)(d - d(t_\delta)) d\delta dV_0; \quad (3)$$

- nam havo oqimining entalpiya saqlanish tenglamasi

$$\frac{dI}{\partial \tau} = \text{div}\left(\frac{\lambda}{\rho c_p} \text{grad} I\right) + \iiint_{V_0}^{\delta_{max}} F_1(\zeta, \eta, \delta)(I - I(t_\delta)) d\delta dV_0; \quad (4)$$

$$\frac{dt_\delta}{\partial \tau} = F_2(\zeta, \eta, \delta)(I(t_\delta) - I); \quad (5)$$

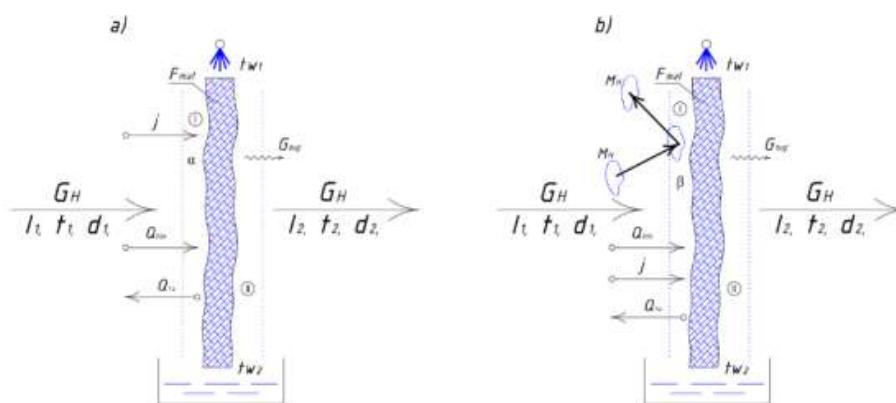
$$t_\delta = F_3(I_\delta). \quad (6)$$

Tenglama (1) uchun chegara shartlari uni chegaralovchi sirtlarda oqim tezligini qabul qilishni nazarda tutib, bundan tashqari, bir-biriga tutash (kontaktda bo'layotgan muhit) chegaralarda oqim haroratini kontakt sirtlarining o'xshash nuqtalaridagi haroratiga teng deb taxmin qilishimiz mumkin va nam havodagi suv bug'ining konsentratsiyasi sirt haroratidagi to'yinganlik egri chizig'idagi konsentratsiyalarga mos keladi.

Oshkora issiqlik (2), suv bug'lari massasi balansi (3) va umumiy issiqlik (4) tenglamalari farazlar asosida olingan. Havo va suvning o'zaro kontaktda fazoviy maydonning elementar hajmida issiqlik va barodiffuziya, Stefan oqimi va diffuzion issiqlik o'tkazuvchanligi ta'sirini hisobga olmaslik, issiqlik va massa oqimlarining

qiymatlari Furiye va Fik qonunlari bilan aniqlanadi. Biroq (1) - (6) tenglamalar tizimini yechish ularning noxiziqiligi tufayli katta qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. Muhandislik amaliyotida, oqim egallagan fazoda termodinamik parametrlarni tarqalishi emas faqat almashinuv muhiti chegarasidagi issiqlik oqimlari va ularning o'rtacha harorati qiymatlari asosiy o'rin egallaydi.

Issiqlik va massa almashish o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni aniqlashda, Reynolds analogiyasi mezon bilan Nyuton qonunidan foydalaniladi (1-rasm). Nyuton qonuniga asosan $q_o = \alpha_t \cdot (t_1 - t_2)$; $j_o = \beta_d \cdot (d_1 - d_2)$; Reynoldsning analogiyasiga asosan, chegara qatlamidan $(t_1; d_1)$ havo oqimiga $(t_2; d_2)$ o'tkazilgan nam havoning massasi M_H muhitning uzluksizligi tufayli bir xil massa bilan qoplanadi. $q_o = M_H \cdot c_H \cdot (t_1 - t_2)$; $j_o = M_H \cdot (d_1 - d_2)$;



1- rasm. Nyuton qonuni (a) va Reynolds analogiyasi (b) asosida suv I va havo II o'rtasidagi issiq-massa almashinuv jarayonlari: I-II – namlangan sirtga bevosita tegib turgan havo qatlami

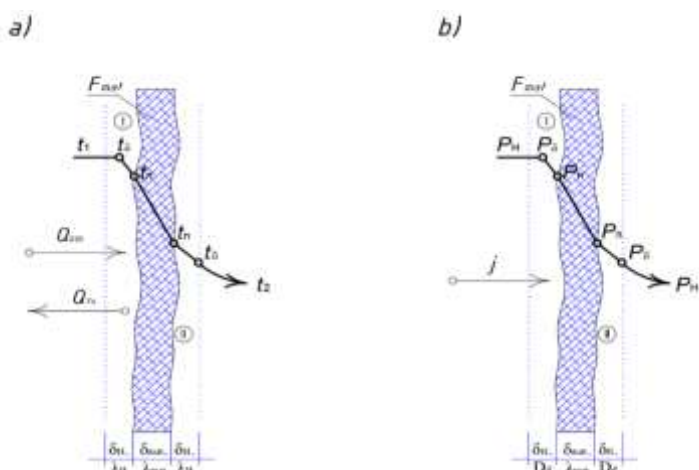
Bir chegaraviy qiymatdan ikkinchisiga o'tishning fizik xususiyatini o'rnatish uchun chegara qatlamini hisobga olgan holda (2-rasm) ko'rsatilgan almashinuv jarayonlarining, δ_H qalinlikdagi gigroskopik materialning qatlami ichida (t_δ haroratgacha) faqat molekulyar issiqlik oqib o'tishi sodir bo'lsa bu qatlam chegarasidan keyin faqat molyar o'tish sodir bo'ladi. Demak:

$$Q_{OSH} = \frac{1}{\frac{\delta_H}{\lambda_H} + \frac{1}{M_H \cdot c_H}} (t_{SR} - t_H) F = \alpha \cdot (t_{SR} - t_H) F; \quad (7)$$

Nam qatlam sirtidan gidrodinamik chegara qatlami orqali havoga massa oqib o'tish jarayoniga nisbatan xuddi shunday fikr yuritadigan bo'lsak, unda

$$j = \frac{1}{\frac{1}{M_H} + \frac{\delta_H^*}{D_d}} (d_{SR} - d_H) = \frac{M_H}{1 + \frac{\delta_H^*}{D_d} \cdot M_H} (d_{SR} - d_H) = \beta_d \cdot (d_{SR} - d_H); \quad (8)$$

O'xshashlik mezonlari o'rtasida ma'lum funktsional bog'liqliklar Ar, Re, Pr, Pr', Gu Nusseltning issiqlik (Nu) va diffuziya (Nu') mezonlari, birinchi holatda harorat maydonlarining o'xshashligini, ikkinchisida - namlik chegarasida bug'ning partzial bosimi maydonining o'xshashligini belgilaydi, mos ravishda issiqlik α va massa β berish koeffitsientlarini o'z ichiga oladi.



2-rasm. Havo va gigraskopik materialning chegara qatlamlarida issiqlik (a) va namlikning (b) molekulyar va molyar almashinuvini aniqlash.

Issiqlik va massa berish koeffitsiyentlari α , β asosida namlash kameralarini hisoblash V.Lyuis va F.Merkel tadqiqotlariga asoslangan. Ikkala koeffitsiyentni ham havo sarfini kiritadigan bo‘lsak uni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin.

$$\alpha = \frac{G \cdot c_H \cdot (t_1 - t_2)}{F \cdot \Delta t}; \quad (9) \quad \beta = \frac{G \cdot (I_1 - I_2)}{F \cdot \Delta I}; \quad (10)$$

Kontaktli qurilmalardagi namlantiruvchi gigroskopik material yuzasi F , bo‘yicha havo oqimi va suvning haroratlar farqi issiqlik almashish shartiga ko‘ra integrallanadi.

$$\int_{t_B - t_{WB}}^{t - t_W} \frac{d(t - t_W)}{t - t_{WB}} = - \int_0^x \frac{\alpha \cdot x \cdot F}{G_H \cdot c_H} \quad (11)$$

bunda x -gigroskopik material yuzasining g‘ovaklik koeffitsiyenti.

Agar (11) tenglamani $(t - t_W)$ ga nisbatan yechadigan bo‘lsak quyidagiga ega bo‘lamiz.

$$t = t_{H.T} + (t_B - t_{H.T}) \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot F \cdot x}{G \cdot c_H}} \quad (12)$$

Havoning gigroskopik materialdan keyingi namlik darajasi quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi.

$$d = d_{OX} - \frac{c_H}{r} (t_B - t_{H.T}) \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot F \cdot x}{G \cdot c_H}} \quad (13)$$

Sovutish - namlash qurilmasidagi bug‘lanayotgan suv miqdorini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz

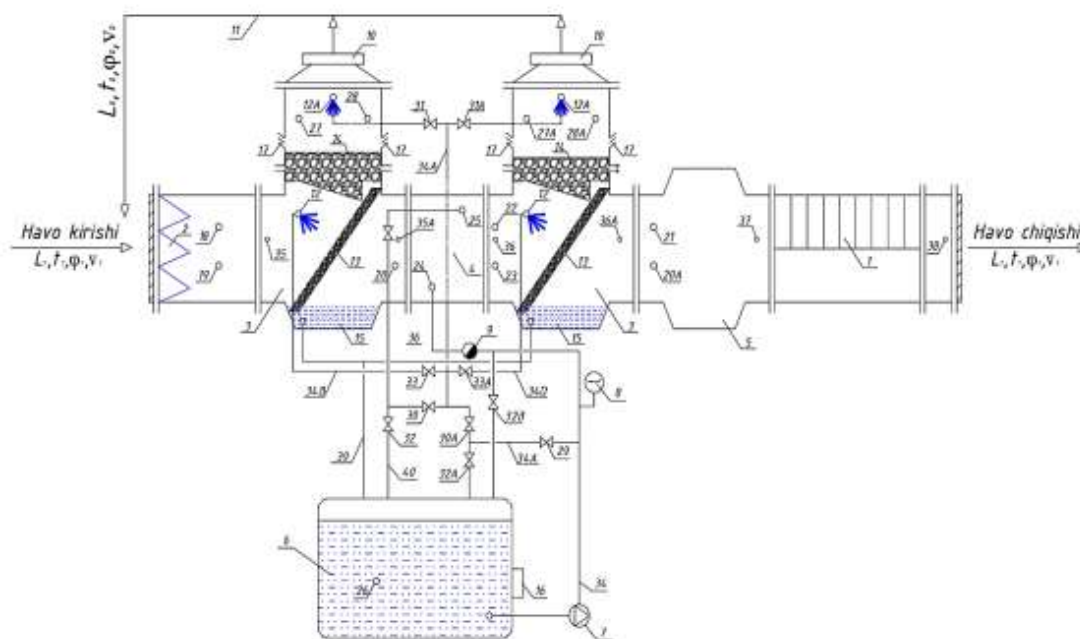
$$G_w = \frac{G \cdot c_H}{r \cdot F} t_{H.T} + (t_B - t_{H.T}) \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot F \cdot x}{G \cdot c_H}} \quad (14)$$

Gigroskopik material qo‘llanilgan forsunkali sovutish-namlash kameralarining issiqlik-texnik hisoblarini sovutish samaradorlik koeffitsiyenti E_A orqali amalga oshirish qulay.

$$E_A = 1 - \exp^{-\frac{\alpha \cdot F \cdot x}{G \cdot c_H}}; \quad (15)$$

Dissertatsiyaning “**Ekspirimental tadqiqotlar uchun qurilma tavsifi, hisoblash usuli va tadqiqot natijalari**” deb nomlangan uchinchi bobida havoga

adiabatik ishlov berish uchun maxsus ishlab chiqilgan (11 dona, $\text{Ø}5 \text{ mm}$, $P=2,5 \text{ Bar}$) suv purkash forsunkalari bilan o‘lchami (200x400x400 mm) bo‘lgan tajriba kamerasi stendida, laborotoriya hamda tabiiy sharoitda olingan eksperimental tadqiqotlarining natijalari bayon etilgan.



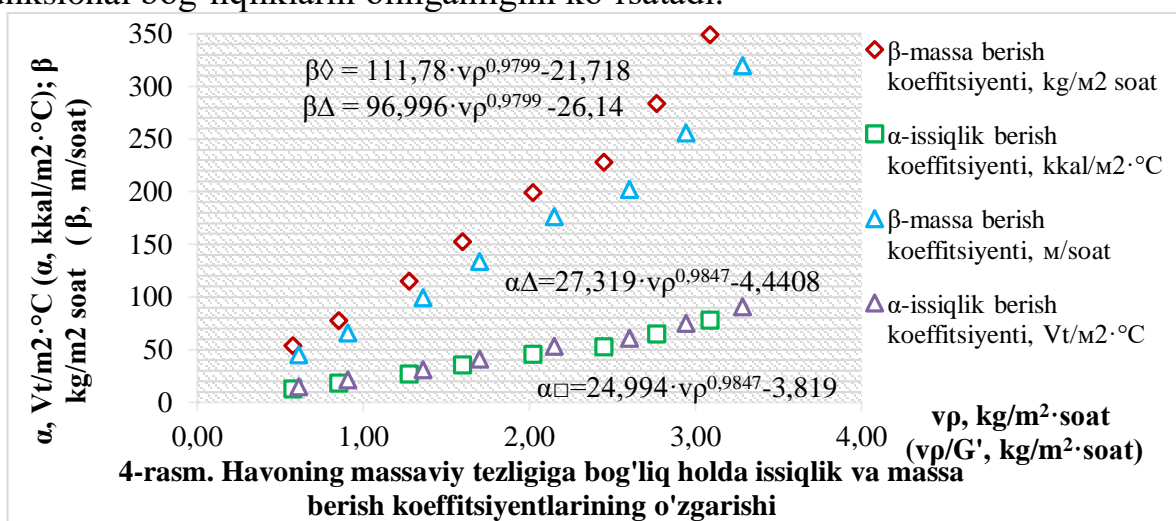
3-rasm. Eksperimental tadqiqot stendi prinsipl sxemasi

Eksperimental tadqiqot stendida tajriba kamerasi (sovutish-namlash kamerasi) tajribalar olib borish shaklini yoki usulini o‘zgartirish maqsadida 2 ta o‘rnatilgan bo‘lib, (3-rasm) tajribani olib borish usuliga bog‘liq holda ulardan biri qo‘llaniladi. Eksperimental tadqiqot stendi ventilyator (1), filtr (2), I va II tajriba (namlash-sovutish) kamerasi (3), issiqlik almashtirgich (4), statik bosim kamerasi (5), zahira suv baki (6), nasos (7), monometr (8), sarf o‘lchigich (9), suvni sovutish uskunasi uchun ventilyator (10), resirkulyatsion havo kanali (11), suv purkash uchun forsunkalar (12 va 12A), havoni namlash va sovutish uchun gigroskopik element (13), suvni sovutish uchun tosh qatlami (14), ortiqcha suv yig‘ish idishi (15), elektr qizdirgich (16), suvni sovutish uskunasiga havo kirishi uchun maxsus tirqish (17), havoni boshlang‘ich parametrlarini (t, φ, ϑ) o‘lchash uchun termoanemometr (18) va gigrotermometr (19), tajriba kamerasidan keyingi havoning parametrini o‘lchash uchun termoanemometr (20 va 20A) va gigrotermometr (21), issiqlik almashtirgichdan keyingi havoning parametrini o‘lchash uchun gigrotermometr (22) va termoanemometr (23), boruvchi va qaytuvchi issiqlik tashuvchi muhitning haroratlarini t_1 va t_2 , o‘lchash uchun termometlar (24) va (25), zahira suv bakidagi haroratni t_w , o‘lchash uchun termometr (26), suvni sovutish uskunasidagi havoning parametrlarini o‘lchash uchun termoanemometrlar (27 va 27A), gigrotermometrlar (28 va 28A), berkitish kranlari (29, 30, 30A, 31, 31A, 32, 32A, 33, 33A), ta‘minot quvurlari (34, 34A, 34B, 34D), uchastkalaridagi (stend elementlaridagi) bosimlar

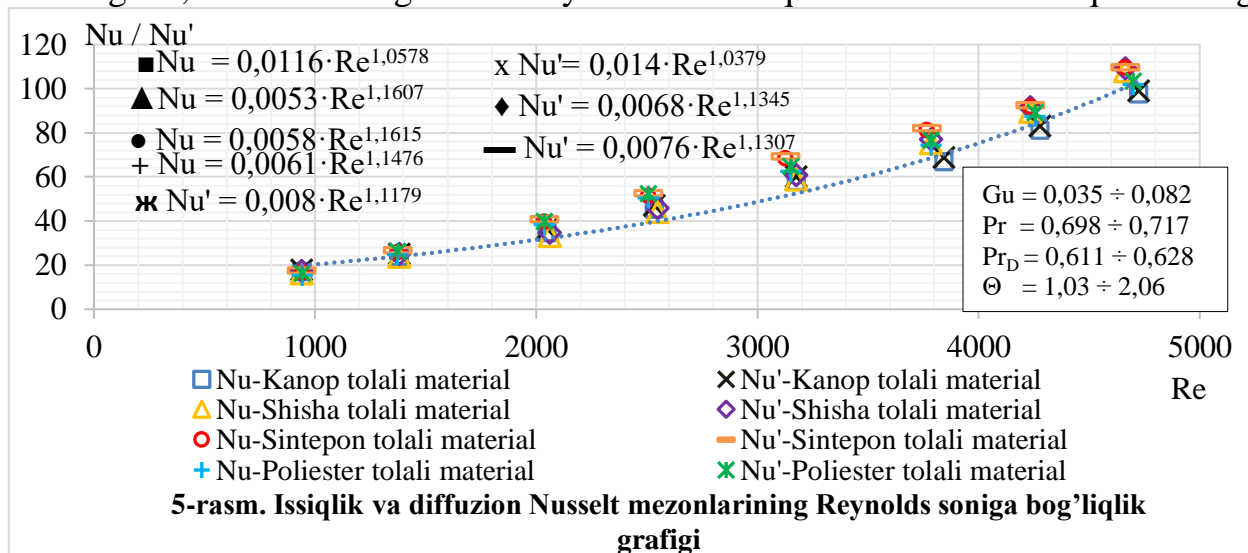
farqini aniqlash uchun diffirensial monometrlar oʻrnatish uchun tirqishlar (35, 35A, 36, 36A, 37, 38), kabi asosiy elementlardan tashkil topgan.

Yuqorida qoʻyilgan vazifalarga muvofiq issiqlik va massa berish koeffitsientlarining bogʻliqligini shuningdek, havoning massaviy tezligiga bogʻliq holda gigroskopik materilallarning aerodinamik xususiyatlarini aniqlash uchun eksperimental tadqiqotlar I va II tajriba kamerasida poliester, sintepon, shisha va kanop tolali materiallarni qoʻllagan holda havoning parametrlari $t_T = 24 \div 55 \text{ }^\circ\text{C}$, $\vartheta = 0,54 \div 3 \text{ m/s}$, $t_{H.T.} = 16 \div 24 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_T = 7 \div 50 \%$, $Gu = 0,05 \div 0,085$ oraliqda boʻlgan qiymatlarda oʻtkazildi.

Issiqlik va massa berish koeffitsiyentlari havoning massaviy tezligiga bogʻliqligi grafik shaklda (4-rasm) koʻrsatilgan. Grafik, havoning massaviy tezligi oshishi bilan issiqlik va massa berish koeffitsiyentlari ortib borishini va quyidagi funksional bogʻliqliklarni olinganligini koʻrsatadi.



Eksperimental maʼlumotlarni qayta ishlashda, gigroskopik element zichligi oshishi bilan issiqlik va massa almashinuvi jadallashtirishdagi oʻrtacha logarifmik farqlarning kamayishi aniqlandi. Material qatlamining qalinligini oshirish, shuningdek, materialning birlik yuzasida issiqlik va massa oqimlarining



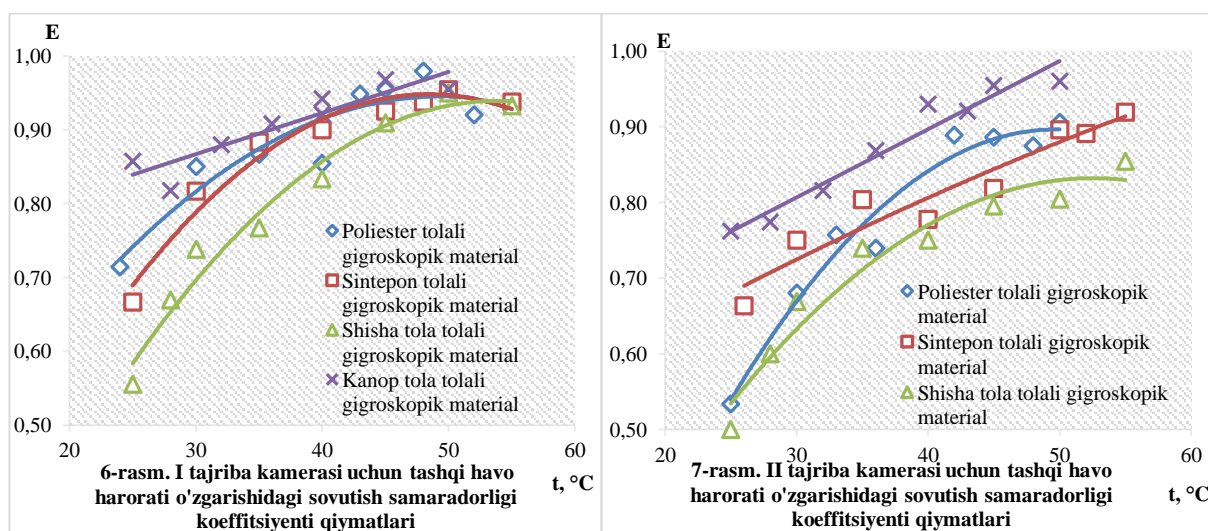
intensivligini va aerodinamik qarshilikni ortishiga olib keladi. Barcha oʻzgaruvchan sharoitlarda eksperimental maʼlumotlarga ishlov berish natijasida quyidagi issiqlik

va diffuzion Nusselt mezonlarining shartli Reynolds soniga bog‘liqligi bo‘yicha grafik keltirilgan va umumlashtirilgan funksional bog‘liqliklar olingan (5-rasm). Bunda Guxman mezonini havoni to‘g‘ridan-to‘g‘ri bug‘lanishli sovutish jarayonlarini baholashda juda keng tarqalgan psixrometrik haroratlar farqining qiymatlarini o‘z ichiga olishi aniqlandi. Ushbu mezonni suvni gigroskopik materiallarda to‘g‘ridan-to‘g‘ri bug‘lanishi bilan havoni sovutish-namlash rejimlarida, mezonlarga bog‘liqliklarini o‘rnatishda boshlang‘ich sharoitlarning ta‘sirini baholash uchun $Gu=0,035\div 0,082$ oraliqda qabul qilingan. O‘zaro ta‘sir qiluvchi vositalarning fizik parametrlarini hisobga olish uchun Prandtl mezonlari $Pr=0,698\div 0,717$ va $Pr_D=0,611\div 0,628$ chegara qiymatlarida qabul qilingan bo‘lib, darajaviy qiymati 0,33 teng. Gigroskopik materiallar uchun harorat faktori $\Theta=1,03\div 2,06$ oralig‘ida qabul qilingan.

$$Nu = 0,51 \cdot Re^{0,61} \cdot Gu^{0,175} \cdot Pr^{0,33} \cdot \Theta^{0,9}; \quad (16)$$

$$Nu' = 0,49 \cdot Re^{0,61} \cdot Gu^{0,135} \cdot (Pr')^{0,33} \cdot \Theta^{0,9}; \quad (17)$$

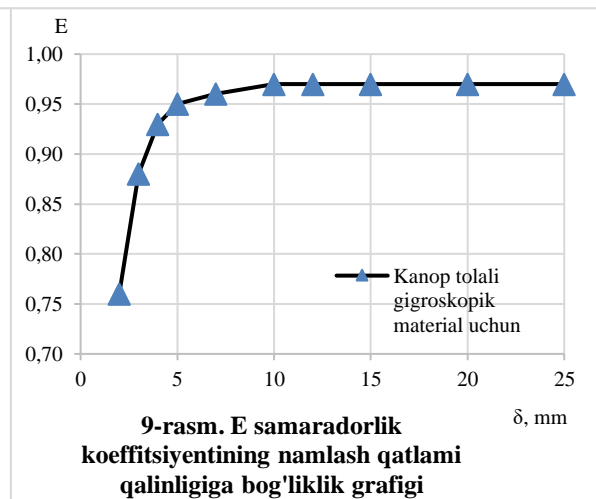
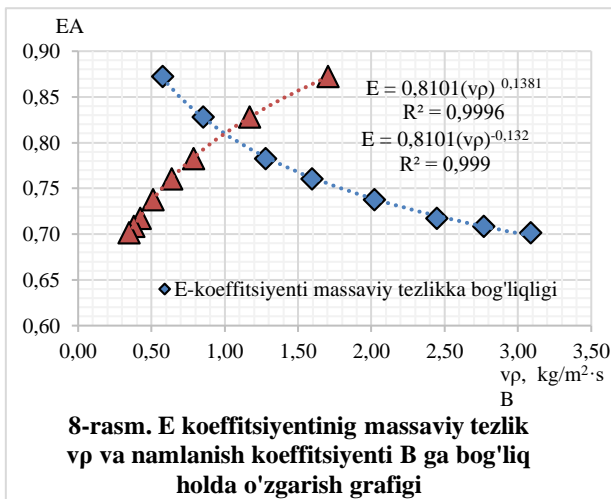
Tadqiqotlar turli xil gigroskopik materiallar (Poliester tolali, sintepon tolali, shisha tolali, kanop tolali materiallar) shartli jonli kesimidagi havoning massaviy tezligini, material zichligini va havoning boshlang‘ich parametrlarini sovutish samaradorlik koeffitsiyentiga E_A ta‘sirini o‘rganishga bag‘ishlangan. Shunga muvofiq, havoning massaviy tezligi: 0,57; 0,85; 1,28; 1,60; 2,02; 2,45; 2,77; 3,09 ($kg/m^2 \cdot s$), kameradagi forsunkalar diametri 3,5 mm, forsunkalar oldidagi suvning bosimi 0,5 bar dan 2,8 Bar gacha bo‘lgan oraliqda o‘rnatildi. Havo va suvning dastlabki parametrlari $t_1 = 24 - 55 \text{ }^\circ C$, $t_{1H.T.} = 17 - 24,5 \text{ }^\circ C$, $t_w = 19 - 24 \text{ }^\circ C$, chegaralar oralig‘ida o‘zgartirildi.



Grafikdan ko‘rinib turibdiki I va II tajriba kameralari qo‘llanilganda eksperimental tadqiqot o‘tkazish uchun qabul qilingan tashqi havo haroratlarida samaradorlik koeffitsiyentini o‘zgarishini kuzatishimiz mumkin (6 va 7-rasm).

E_A koeffitsiyentining havoning massaviy tezligi va gigroskopik materialda havoni namlanish koeffitsiyentiga B , bog‘liqligi bo‘yicha eksperimental ma‘lumotlar (8 va 9-rasm) grafik shaklida keltirilgan.

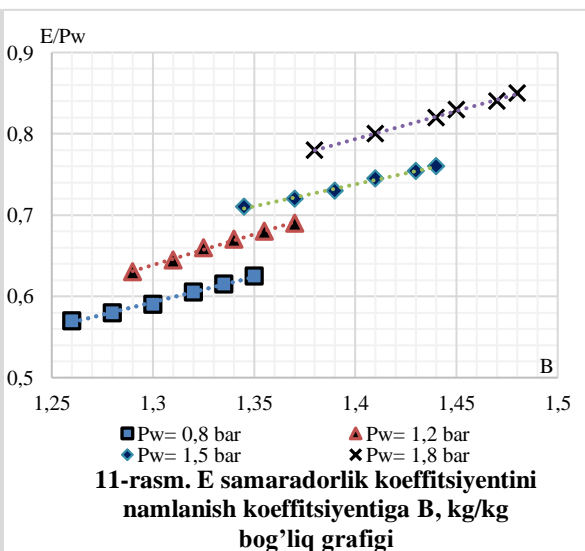
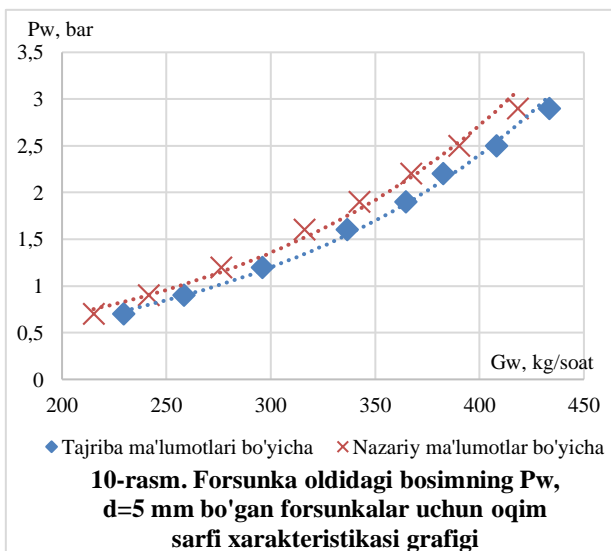
Eksperimental ma‘lumotlarni qayta ishlash quyidagi bog‘liqlikni olish imkonini berdi (bu tajribalarda kanop tolali, shisha tolali, sintepon tolali, polyester tolali materiallar qo‘llanildi va $G_w=0,103$ litr/s; va $Gu=0,0535$ doimiy):



$$E_A = 0,8101 \cdot \vartheta \rho^{-0,132} \cdot P_f^{0,11} \cdot Gu^{0,023} \cdot \delta_{mat}^{0,6} ; \quad (18)$$

$$E_A = 0,8101 \cdot B^{0,1381} ; \quad (19)$$

Eksperimental tadqiqot natijalarini qayta ishlash orqali sovutish-namlash (I va II) kamerasida samaradorlik koeffitsiyentini E_A namlanish koeffitsiyentiga B , kg/kg bog'liq holda forsunkalardagi suvning turli xil bosimlarda P_w bar, o'zgarish ko'rsatkichi (10-11-rasm) keltirilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki tajriba kamerasini qo'llanilish usulidan qat'iy nazar samaradorlik koeffitsiyenti E_A forsunkadagi suvning sarfi va bosimi ortishiga qarab ortib boradi.



Dissertatsiyaning “**Havoni sovutish qurilmasini sanoat binolarida tajribadan o'tkazish va texnik-iqtisodiy samaradorlik**” deb nomlangan to'rtinchi bobida ishlab chiqarish tajriba sinovlarini o'tkazish usullari va o'lchov natijalarini qayta ishlash, kanop tolali forsunkali sovutish-namlash kamerasini va olingan analoglarni qiyosiy hisoblash va yaratilgan sovutish-namlash qurilmalarini amaliyotga joriy etishda texnik-iqtisodiy samaradorlikni aniqlash natijalari bayon etilgan. Markaziy konditsioner tizimida havoga ishlov berish qurilmalarining ikkita varianti, kanop tolali gigroskopik material qo'llanilgan forsunkali sovutish-namlash kamerasi va xorijiy ishlab chiqaruvchilarning namlash kameralarining suv purkash uchun nasosning quvvati bo'yicha texnik-iqtisodiy taqqoslash amalga oshirilgan.

Namlash kameralaridan foydalanish samaradorligini texnik va iqtisodiy taqqoslash.

1-jadval

Havoga ishlov berish rejimi	Suv purkash uchun nasosning quvvati KVt		
Sovutish-namlash	Tajriba kamerasida	“NED”	“VEZA”
	4	5,5	5,5

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, kanop tolali gigroskopik material qo‘llanilgan namlash-sovutish forsunkali kamerasidan foydalanish xorijiy ishlab chiqaruvchilarning namlash kameralariga nisbatan 30% energiya tejashni ta‘minlaydi.

Bozor iqtisodiyotiga o‘tish davrida investitsion takliflar samaradorligini aniqlashning eng ko‘p qo‘llaniladigan usullari Birlashgan Millatlar Tashkilotining Sanoatni rivojlantirish tashkiloti UNIDO tomonidan taklif qilingan. Asosiy kapitalning zarur rentabellik darajasiga erishishga e‘tibor qaratgan holda, xarajatlarni solishtirish va aniqlash uchun samaradorlikni baholash ko‘rsatkichlariga quyidagilar kiradi:

NPV (Net Present Value) - keltirilgan sof daromad

$$NPV = B \left(\frac{1 - (1 + E)^{-T}}{E} \right) - I ; \quad (20)$$

PI (Profitability Index) - rentabellik indeksi

$$PI = \frac{B(\sum_{t=0}^T (1 + E)^{-T})}{I} ; \quad (21)$$

PP (Payback Period) xarajatlarni o‘z-o‘zini oqlash muddati

$$PP = \frac{I}{B} ; \quad (22)$$

Doimiy yillik sof daromad NPV bo‘yicha olingan hisob-kitoblar natijalari

2-jadval

Yil	Investitsiya I, mln.so‘m.		Yillik sof tejamkorlik B, mln.so‘m.		Diskont tejamkorlik, mnl.so‘m.		Keltirilgan sof daromad - NPV, mln.so‘m.	
	90,18	72,716						
1			15,324	17,423	13,682	16,283	-76,5	-56,43
2			15,324	17,423	12,216	15,218	-64,28	-41,21
3			15,324	17,423	10,907	14,222	-53,37	-26,99
4			15,324	17,423	9,739	13,292	-43,64	-13,7
5			15,324	17,423	8,695	12,422	-34,94	-1,278
6			15,324	17,423	7,764	11,610	-27,18	10,331
7			15,324	17,423	6,932	10,850	-20,24	21,182
8			15,324	17,423	6,189	10,140	-14,06	31,322
9			15,324	17,423	5,526	9,477	-8,53	40,799
10			15,324	17,423	4,934	8,857	-3,596	49,656
11			15,324	17,423	4,405	8,278	0,8093	57,933
12			15,324	17,423	3,933	7,736	4,7426	65,669
13			15,324	17,423	3,512	7,230	8,2545	72,899
14			15,324	17,423	3,136	6,757	11,39	79,656
15			15,324	17,423	2,800	6,315	14,19	85,971

Gigroskopik material qoʻllanilgan sovutish-namlash kamerasini tikuv sexiga joriy etish uchun sarflangan mablagʻlarni qoplash muddati (PP) (22) formula boʻyicha aniqlandi.

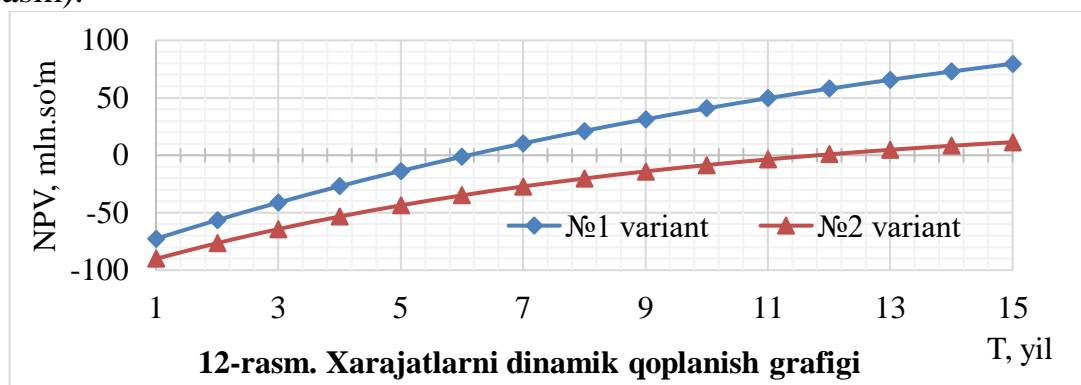
$$PP = \frac{90,18 \text{ mln. so'm}}{15,324 \text{ mln so'm}} = 5,89 \text{ yil (№1 variant joriy etilganda)}$$

$$PP = \frac{72,716 \text{ mln. so'm}}{17,423 \text{ mln so'm}} = 4,17 \text{ yil (№2 variant joriy etilganda)}$$

Sof mavjud daromad koeffitsiyenti PI, sof mavjud daromadning jami investitsiyalarga nisbati bilan tavsiflanadi va (21) formula yordamida aniqlandi:

$$PI = \frac{104,3}{90,18} = 1,15 > 1 \quad \text{va} \quad PI = \frac{158,68}{72,716} = 2,18 > 1$$

Hisoblash natijalariga koʻra, joriy etilgan namlash-sovutish kamerasini T yil davomida doimiy diskontlangan daromad NPV ga bogʻliqligi boʻyicha grafik tuzildi (12-rasm).



Egri chiziqning vaqt oʻqi bilan kesishish nuqtasi daromad va investitsiyalar teng boʻlgan vaqtga toʻgʻri keladi, yaʼni xarajatlarni dinamik qoplash DPP, davrini aniqlaymiz.

XULOSA

1. Havoni moʻtadillash tizimlarida havoga issiqlik va namlik jarayoni orqali ishlov berishning mavjud usullari va texnologik sxemalari tahlil qilindi va toʻgʻri oqimli va havo resirkulyatsiyasi sxemasi boʻyicha ishlaydigan kontaktli qurilmalarda issiqlik va massa almashinuv jarayonlarining samaradorligiga taʼsir etuvchi omillar aniqlandi.

2. Issiq davr uchun havoni moʻtadillash tizimlarida toʻgʻri va resirkulyatsiyali havo oqimi sxemasi boʻyicha havoni sovutish samaradorlik koeffitsiyentini oshirish orqali kanop tolali gigroskopik materialdan foydalanib, havoni sovutish-namlash uchun havoga ishlov berish kontakli qurilmasining konstruktiv sxemasi ishlab chiqildi.

3. Havoga suv bilan issiqlik va namlik jarayoni orqali ishlov berishda tolali gigroskopik (poliester tolali, sintepon tolali, shisha tolali va kanop tolali) materiallarni kontaktli qurilmalarda qoʻllash orqali tashqi havoni adiabatik sovutish-namlash jarayonida issiqlik-massa berish koeffitsiyentlari, sovutish-namlash kamerasining aerodinamik qarshiligi, sovutish samaradorlik koeffitsiyentlarini aniqlash uchun eksperimental laboratoriya stendi yaratildi hamda laboratoriya sharoitida tajriba sinovlari oʻtkazildi.

4. Quruq issiq iqlim sharoitida tashqi havoga suv bilan issiqlik va namlik jarayoni orqali ishlov berishda kanop tolali gigroskopik materialdan foydalanib, havoni sovutish va namlash uchun to'g'ri va resirkulyatsiyali havo oqimi sxemasi bo'yicha ishlaydigan "Havoni namlab-taqsimlagich" kontaktli qurilmasi ishlab chiqildi (Pat. UZ FAP 2570/ F24F6/00 (2006.01)).

5. Havoni sovutish-namlash qurilmasidagi tolali gigroskopik materialga markazdan qochirma forsunkalar yordamida suvni tuman ko'rinishida purkash va suv sovutish uskunasi matoning yuqori qismidan suvni jilg'alatib oqizish yo'li bilan materialni namlash orqali tashqi issiq havoga adiabatik ishlov berishda issiqlik va massa almashinuv jarayonlarining matematik modeli takomillashtirildi.

6. Havoga suv bilan issiqlik va namlik jarayoni orqali ishlov berishda kanop tolali gigroskopik material qo'llanilgan forsunkali sovutish-namlash qurilmasining sovutish samaradorlik koeffitsiyenti E_A , issiqlik α , va massa β , berish koeffitsiyenti, gigroskopik materiallar bo'yicha sovutish-namlash kamerasining aerodinamik qarshiligi ΔP , issiqlik Nu , va diffuzion Nu_D , Nusselt mezonlari bo'yicha funksional bo'g'liqliklar olindi.

7. Eksperimental laboratoriya stendida havoga suv bilan issiqlik va namlik jarayoni orqali ishlov berishda tolali gigroskopik (poliester tolali, sintepon tolali, shisha tolali va kanop tolali) materiallarni qo'llash bo'yicha tajriba sinovlari o'tkazish natijasida samaradorligi eng yuqori $E_A=0,95$ bo'lgan kanop tolali gigroskopik material qabul qilindi.

8. Havoni sovutish-namlash qurilmasida kanop tolali gigroskopik material qo'llanilishi natijasida havoni tozalash samaradorligi oshishi, suv purkash uchun energiya xarajatlari kamashi, qurilmaning tavsiya etilgan sxemasi tomchi ushlagichlardan voz kechishga imkon berishi va ishlab chiqarish uchun material sarfini tejashni ta'minlashi va forsunkalar kam miqdorda tez-tez tiqilib qolishi natijasida suv tuman ko'rinishida purkatilishi kabi muhim afzalliklar aniqlandi.

9. Issiq davrda tashqi havoga suv bilan ishlov berish jarayonida gigroskopik materialdan keyin havoning harorati $t=17-25$ °C, namlik darajasi $d=9,6-17$ gr/kg, va nisbiy namligi $\varphi=80$ %, havoni adiabatik sovutish-namlash qurilmasidagi bug'lanayotgan suv miqdori $G=2,88$ kg/soat, issiqlik-massa almashinuvchi gigroskopik materialning optimal qalinligi $\delta=5$ mm aniqlandi.

10. Ilmiy tadqiqot natijalari asosida energiyatejamkor havoni sovutish-namlash qurilmasi Samaqand viloyatidagi "DAKA-INTEX" MCHJ va "NARPAYTEX" MCHJga qarashli tikuv fabrikalari ishlab chiqarish sexi binolarida amaliyotga tadbiiq etildi (O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2025 yil 20 yanvardagi 06/665-son ma'lumotnomasi). Qurilmani amaliyotga joriy qilish natijasida "DAKA-INTEX" MCHJ va "NARPAYTEX" MCHJ ishlab chiqarish sexining ventilyatsiya va havoni mo'tadillash tizimlari loyihalandi va havoni mo'tadillash tizimlari uchun sarflanadigan elektr energiya xarajatlari 30% tejamkorligi va kapital va ekspluatatsion xarajatlar 20 % kamayganli aniqlandi. Iqtisodiy samara $L = 20000$ m³/soat havo sarfiga ega markaziy kondisioner qurilmasiga nisbatan 17,4 mln.so'm.yilni tashkil etdi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.26.02.2020.Т.109.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ САМАРКАНДСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ МИРЗО УЛУГБЕКА**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ МИРЗО УЛУГБЕКА**

ТОШТЕМИРОВ МИРЖАЛОЛ ЭРГАШ УГЛИ

**СОЗДАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ И УВЛАЖНЕНИЯ ВОЗДУХА В
ПОМЕЩЕНИЯХ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

САМАРКАНД 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан под номером В.2024.2. PhD/Т4758.

Докторская диссертационная работа выполнена в Самаркандском государственном архитектурно-строительном университете имени Мирзо Улугбека.

Автореферат диссертации размещен на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) на сайте Ученого совета (www.samdaqu.edu.uz) и на информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: **Бобоев Собиржон Мурадуллаевич**, доктор технических наук, профессор.

Официальные оппоненты: **Хайриддинов Ботир Эгамбердиевич**, доктор технических наук, профессор.
Исманходжева Мухайа Рисхиевна, кандидат технических наук, профессор.

Ведущая организация: **Джизакский политехнический институт.**

Защита диссертации состоит в «___» «_____» 2025 года в 14:00 часов на заседании Ученого совета PhD.26.02.2020.Т.109.01 при Самаркандском государственном архитектурно-строительном университета имени Мирзо Улугбека. (Адрес: 140147, г.Самарканд, улица Лолазор д.70. Тел.: (66) 237-18-47 / факс: (66) 237-19-53, e-mail: <http://info@samdaqu.edu.uz>.)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета имени Мирзо Улугбека. (зарегистрирован за №___). (Адрес: 140147, г.Самарканд, улица Лолазор №70. Тел.: (66) 237-18-47, e-mail: <http://arm.samdaqu.edu.uz>.)

Автореферат диссертации разослан «___» «_____» 2025 года.

(реестр протокола рассылки №___ от «___» «_____» 2025 года.)

А.Т.Халманов

Заместитель председателя Научного совета по присуждению ученых степеней, д.ф.-м.н., профессор

Р.М. Махмудов

Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, к.т.н., доцент

Г.Ш.Шукуров

Председатель научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, к.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (PhD)).

Актуальность и востребованность темы диссертации: В мире в связи с ростом экономики, развитием в больших масштабах отраслей промышленности, строительства и урбанизации, а также повышением средней температуры наружного воздуха придается особое значение вопросам создания систем, обеспечивающих оптимальные параметры микроклимата в зданиях. На сегодняшний день в развитых странах увеличение количества тепла и холода при использовании охлаждающих устройств вызывает нехватку электроэнергии, особенно в сухом и жарком климате, где самый высокий спрос на электроэнергию возникает, когда увеличивается спрос на кондиционирование воздуха, и приходится 30% мирового потребления электроэнергии. На Ближнем Востоке и в некоторых регионах США потребность в электроэнергии, используемой в системах охлаждения для создания микроклимата в жаркие дни, составляет 70% от общего уровня потребления электроэнергии в зданиях¹. В связи с этим, особое внимание уделяется созданию новых конструктивных схем контактных охлаждающих устройств, охлаждению наружного воздуха путем испарения воды, разработке энергоэффективных тепломассообменных устройств, использованию нетрадиционных систем солнечного охлаждения и повышению эффективности охлаждения.

В мире ведутся научные исследования по созданию современных устройств для обеспечения параметров микроклимата, в частности, охлаждения воздуха за счет испарения воды при его обработке водой и оптимизации режимов работы энергоэффективных контактных устройств. В этом направлении приоритетными считаются исследования по совершенствованию охлаждающих и увлажняющих устройств с использованием гигроскопичных материалов в условиях сухого жаркого климата, а также определение эффективности охлаждения воздуха за счет повышения интенсивности тепло- и массообмена. Вместе с тем совершенствование математической модели процессов тепломассообмена при использовании волокнистых гигроскопичных материалов в контактных устройствах, разработка методики расчета усовершенствованных контактных устройств, работающих по схеме прямого и рециркуляционного потока воздуха, определение технико-экономического эффекта воздухоохлаждающих аппаратов что является актуальной задачей.

В нашей республике реализуется масштабные мероприятия по использованию энергосберегающих устройств для создания микроклимата в зданиях, а также проводятся исследования по повышению эффективности охлаждения в устройствах кондиционирования и их применению на практике. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы, среди прочего, поставлены задачи «Непрерывное обеспечение экономики электроэнергией и активное внедрение технологий «Зеленой экономики» во все сферы, повышение энергоэффективности экономики на 20%²». Наиболее

¹ <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>

² Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № ПФ-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

востребованным в реализации этих задач является совершенствование энергоэффективных воздухоохлаждающих устройств, математическое моделирование процессов теплообмена при использовании волокнистых гигроскопичных материалов в контактных устройствах, выявление факторов на эффективность процессов теплообмена в контактных устройствах, проведение испытаний волокнистых гигроскопичных материалов в лабораторных условиях в адиабатном процессе, разработка методов расчета и внедрение высокоэффективных энергосберегающих, простых и надежных форсуночных устройства с использованием гигроскопичного материала из конопляного волокна и др.

Данное диссертационное исследование способствует выполнению задач, изложенных в нормативно-правовых документах по созданию микроклимата в зданиях, в частности, при производстве продукции, повышении производительности труда человека и сохранении здоровья с использованием энергосберегающих устройств кондиционирования воздуха, в том числе: Закон Республики Узбекистан №ЗРУ-940 от 08.07.2024 г. «Об экономии энергии, ее рациональном использовании и повышении энергоэффективности», Указ Президента Республики Узбекистан №УП-5285 от 14.12.2017 г. «О мерах по ускоренному развитию текстильной и швейно-трикотажной промышленности», № УП-5303 от 16.01.2018 г. а также Санитарно-гигиенические нормы № 0203-06 от 24.05.2006 г. «Санитарно-гигиенические нормы микроклимата производственных помещений».

Соответствие исследований приоритетам развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в рамках II приоритетного направления развития науки и технологий Республики Узбекистан «Энергетика, энергоресурсосбережение и возобновляемые источники энергии».

Уровень изученности проблемы. Исследования, направленные на изучение процессов охлаждения и увлажнения воздуха в системах кондиционирования, процессов тепло- и массообмена в контактных устройствах, проводятся в ведущих высших учебных заведениях и научных центрах мира, в том числе: Пекинский университет (Китай), Йельский университет (США), Индийский технологический институт Дели (Индия), Тамканский университет (Тайвань), Чжэнчжоуский университет легкой промышленности (Китай, провинция Хэнань), Болонский университет (Италия), Московский государственный строительный национальный исследовательский университет (Россия), Волгоградский государственный технический университет (Россия), Витебский государственный технологический университет (Беларусь), Белорусский национальный технический университет (Беларусь), Алматинский технологический университет (Казахстан), Технический университет Таджикистана имени М.Осими и другие.

Закономерности теплообменных процессов в форсуночных камерах орошения распылительных устройствах для реализации процессов охлаждения и увлажнения воздуха, прямого испарительного охлаждения

воздуха, а также методов расчета были изучены в исследованиях ряда зарубежных ученых А.Г.Аверкина, Б.В.Баркалова, Е.М.Беловой, Л.Д.Бермана, В.Н.Богословского, В.И.Бодрова, Б.И.Бялого, А.Н.Гвоздкова, А.А.Гоголина, М.И.Гримитлина, А.Б.Дорошенко, Л.М.Зусмановича, О.И.Иванова, Е.Е.Карписа, Л.С.Клячко, В.Д.Коркина, О.Я.Кокорина, А.Я.Кресляня, А.Б.Лыкова, Б.С.Майсоценко, Е.Г.Малявиной, А.Б.Нестеренко, Л.В.Петрова, М.Я.Поза, Г.М.Позина, М.Б.Раяк, А.А.Рымкевича, О.Д.Самарина, Е.В.Стефанова, Б.Н.Юрманова, А.Г.Сотникова и других.

Создание микроклимата в промышленных и сельскохозяйственных зданиях, процессы прямого и косвенного испарительного охлаждения, двухступенчатого испарительного охлаждения воздуха, теория проектирования систем вентиляции и кондиционирование воздуха производственных помещений были изучены научными работами учёных нашей страны И.З.Аббазова, Л.А.Алиеровой, У.С.Балтаева, С.М.Бобоева, М.Н.Мусаева, Х.Мандалака, Г.И.Хабиби, М.Т.Ходжиева, Б.Э.Хайрирдинова, М.Р.Исманходжаевой, Г.Н.Узокова, Г.Ю.Абдуллаева и других авторов.

Однако в вышеуказанных научных работах не изучалось повышение эффективности охлаждения и увлажнения воздуха при обеспечении параметров микроклимата промышленных, общественных и сельскохозяйственных зданий, а также не совершенствовались контактные устройства для охлаждения и увлажнения воздуха с помощью гигроскопичного материала из конопляного волокна.

Связь диссертационного исследования с научными планами высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено на основании плана научно-исследовательских работ Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета и в рамках реализации практического проекта на основании хозяйственного договора, заключенного ООО «FARZONA STAL SERVIS» с ООО «DAKA-INTEX». (хоздоговор №122) и ООО «NARPA YTEX» (хоздоговор №10-22).

Цель исследования заключается в разработке научно-технических основ теплообменных процессов и создании высокоэффективных контактных устройств для охлаждения-увлажнения воздуха и снижении энергопотребления в системах вентиляции и кондиционирования в условиях сухого и жаркого климата.

Задачи исследования:

- анализ существующих способов и технологических схем тепловлажностной обработки воздуха в системах кондиционирования;
- определение факторов, влияющих на эффективность процессов теплообмена в контактных устройствах;
- разработка энергоэффективных устройств для адиабатического охлаждения и увлажнения воздуха на основе энергосбережения;
- математическое моделирование методов расчета теплообменных процессов при обработке воздуха с водой в контактных устройствах с использованием волокнистых гигроскопических (полиэфирное

волокно, синтепоновое волокно, стекловолокно и конопляное волокно) материалов;

- разработка методов расчета совершенствования контактных устройств для увлажнения-охлаждения воздуха;
- разработка и научное обоснование конструктивных схем контактных устройств, работающих по прямоточной и рециркуляционной схеме;
- проведения испытания волокнистых гигроскопичных (полиэфирное волокно, синтепоновое волокно, стекловолокно и конопляное волокно) материалов на испытательной камере в лабораторных условиях в процесс адиабатического охлаждения – увлажнения воздуха;
- обработка результатов экспериментальных данных проведенных на реальном устройстве и определить технико-экономическую эффективность нового энергосберегающего и высокоэффективного устройства.

Объектом исследования является экспериментальный стенд с использованием волокнистых гигроскопических (полиэфирное волокно, синтепоновое волокно, стекловолокно и конопляное волокно) материалов при обработке воздуха с водой.

Предметом исследования являются процессы теплообмена в контактных устройствах при, протекающих в СКВ обработке воздуха водой в условиях сухого и жаркого климата.

Методы исследования. Аналитические исследования, физический эксперимент, измерение параметров, анализ результатов, общелогические методы и приемы исследования, обобщение.

Научная новизна исследования:

- разработана конструктивная схема контактного устройства, работающего по прямоточной и рециркуляционной схеме потока воздуха и усовершенствована математическая модель теплообменных процессов при обработке воздуха с водой;
- разработана метод расчета совершенствования форсуночных воздухоохлаждающих устройств с использованием гигроскопичного материала из конопляного волокна в процессе адиабатического охлаждения и увлажнения воздуха для обеспечения параметров микроклимата в условиях сухого жаркого климата;
- определена коэффициент эффективности охлаждения $E_A=0,95$ при обработки воздуха водой по установлению критериальных зависимостей (Nu , Nu_D) в контактных аппаратах с использованием гигроскопичного материала на основе конопляного волокна;
- впервые получены обобщенные функциональные зависимости по коэффициенту эффективности E_A , аэродинамическому сопротивлению ΔP и тепловому и диффузионному критериям Нуссельта Nu , Nu_D в форсуночной камере орошения с использованием в качестве насадки гигроскопичного материала из конопляного волокна.

Практическим результатам исследования относятся:

- на основе экспериментальных испытаний подтверждено снижение энергозатрат в процессе охлаждения-увлажнения воздуха, а также надежность

использования в устройствах кондиционирования воздуха охлаждающей камеры с насадкой из конопляноволокнистого гигроскопичного материала;

– в предлагаемом устройстве с использованием гигроскопичного материала из конопляного волокна за счет отсутствия каплеулавливающих средств имеет место уменьшение габаритов камеры в 1,5 раза;

– использование камеры охлаждения воздуха позволило повысить эффективность обработки воздуха и снизить расход электроэнергии, расход материалов и затраты на обслуживание;

– предлагаемое решение может быть использовано в любых моделях камер орошения, используемых в системах кондиционирования воздуха промышленных зданиях производительностью до 30 тыс. м³/ч.

Достоверность результатов исследования подтверждается применением научных положений диссертационной работе, теории теплообмена в процессах обработки воздуха с волокнистым гигроскопическим материалом и математическим моделированием изучаемых процессов, проведением экспериментальных исследований на основе нормативных правил с современных измерительных приборов и стандартных методов, соответствием результатов экспериментальных данных а также внедрением разработанный установки в производстве.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обоснована математическим моделированием процессов обработки воздуха водой гигроскопичного материала в контактных устройствах, разработкой методов расчета оптимальных значений коэффициента эффективности охлаждения E_A , интенсивности теплообмена N_u , N_{uD} , аэродинамического сопротивления охлаждающего устройств ΔP , а также созданием конструктивного решения энергосберегающего устройства для охлаждения-увлажнение воздуха и усовершенствовать их.

Практическая значимость полученных результатов объясняется разработкой энергосберегающей охлаждающей камеры с использованием гигроскопичного материала из конопляного волокна а также ее применением устройства, в практике проектирования систем кондиционирования воздуха.

Внедрение результатов исследований. Энергосберегающее устройство, разработанное на основе результатов научных исследований по повышению коэффициента эффективности охлаждения в процессе тепловлажностной обработки воздуха внедрено в помещениях производственного цеха швейных фабрик, ООО «ДАКА-ИНТЕХ» в городе Самаканд и ООО «NARPAUTEK» в Нарпайском районе Самаркандской области. В результате внедрения устройства на практике установлено, что расход электроэнергии, используемой для систем кондиционирования на 30% меньше, чем у камер увлажнения зарубежных производителей. Применение охлаждающей камеры позволяет снизить капитальные и эксплуатационные затраты на 20 %, а общий экономический эффект составляет 17,4 млн сум.год. по сравнению центральным кондиционером с расходом воздуха $L=20000$ м³/час. (Справка

Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан № 06/665 от 20.01.2025 г.)

Апробация результатов исследования. Результаты теоретических и экспериментальных исследований диссертации были представлены и обсуждены на 12 международных и республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликована 21 научная работы, из них 8 научных статей, в том числе 4 в зарубежных и 4 в республиканских журналах и научных изданиях, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций (PhD). Кроме того, получены 1 патент на полезную модель и 1 свидетельство на программу для ЭВМ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации – 180 страниц, основной текст – 120 страниц, в том числе 13 таблиц, 37 рисунков, список источников из 140 наименований и 22 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.

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

В первой главе диссертации **“Анализ современных устройств, используемых в системах кондиционирования воздуха”** проанализированы процессы тепловлажностной обработки воздуха с водой, а также рассмотрены тепломассообменные процессы при обработке воздуха в контактных устройствах. Изучены современные конструктивные схемы форсуночных камер охлаждения а также преимущества и недостатки их конструкции. Зная недостатки камеры орошения, можно сформулировать основные направления совершенствования этих устройств в качестве элементов центральных кондиционеров:

- решение проблемы засорения форсунок, а также снижение трудозатрат на их очистку при использовании камер охлаждения;
- уменьшение конструктивных размеров и массы этих устройств;
- повышение эффективности процессов охлаждения и увлажнения;
- снижение энергозатрат на распыление жидкости и создание водовоздушной смеси;
- увеличение интенсивности тепломассообмена в объеме камеры.

Научные работы посвящены повышению интенсивности процессов тепло- и массообмена в контактных устройствах ряда известных ученых Л.Д.Бермана, В.Н.Богословского, Б.В.Баркалова, А.А.Гухмана, Льюиса, Меркелья, Э.Э.Карписа, О.Я.Кокорина, Л.С.Клячко, Ю.М.Пригунова, Т.Т.Макаревича, А.В.Нестерко, А.В.Дорошенко, М.Д.Саришвили, Е.В.Стефанова, Л.М.Зусмановича, А.А.Гоголина, А.Н.Гвоздкова, Е.М.Беловой, И.З.Аббазова, Л.А.Алиеровой, У.С.Балтаева, С.М.Бобоева, М.Н.Мусаев, Х.Мандалака, Г.И.Хабиби, М.Т.Ходжиева, Б.Е.Хайридинова, М.Р.Исманходжаевой, Г.Н.Узокова, К.Ю.Абдуллаева и другие.

Анализ и обобщение ранее выполненных работ позволил сформировать и обосновать основные направления исследований по совершенствованию камер увлажнения для улучшения их теплотехнических и эксплуатационных показателей.

Рабочая гипотеза. Объясняется, что режим тепломассообменных процессов в созданном энергоэффективном устройстве при обеспечении параметров микроклимата в зданиях определяется смешиванием наружного и рециркуляционного воздуха с использованием гигроскопического конопляного материала в камере охлаждения. В результате критического анализа состояния решения проблемы, литературных и патентных источников по теме диссертационной работы сформулированы цель и задачи исследований.

В второй главе диссертации **“Теоретическое исследование тепломассообменных процессов в устройствах охлаждения воздуха”** представлена разработка методов теоретического расчета параметров $t, d, G_w, \alpha, \beta, F, Q, E$ в охлаждающем устройстве при адиабатной обработке воздуха, совершенствование математической модели процессов тепломассообмена при обработке воздуха с водой, формулы для определения начальных и конечных параметров воздуха, количества испаряющихся воды в гигроскопичном материале и коэффициента эффективности охлаждения на основе решения уравнений тепломассообмена.

С термодинамической точки зрения контактные поверхности в теплообменных и массообменных устройствах представляют собой двухфазные гетерогенные системы. Контактные поверхности образуются за счет орошения жидкостью насадок регулярной или нерегулярной структуры, реализуемых в виде подвижных или неподвижных слоев. Поверхность контакта при распылении жидкости представляет собой систему движущихся полидисперсных капель, распределение которых в пространстве определяется главным образом гидродинамическим взаимодействием воздушного потока с разделяющейся на мелкие частицы жидкостью.

Уравнение движения, уравнения сохранения тепловой энергии и массы водяного пара для режима потока воздуха имеют следующий вид:

- уравнение движения граничного потока в контактной пронстранстве

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} + (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad}P + \nu \nabla^2 \vec{V}; \quad (1)$$

- уравнение явного теплота

$$\rho c_p \frac{dt}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda \text{grad} t) + \int\limits_{V_0}^{\delta_{max}} F_1(\zeta, \eta, \delta)(t - t_\delta) d\delta dV; \quad (2)$$

- уравнение баланса массы водяного пара

$$\frac{dd}{\partial \tau} = \text{div}(D \text{grad} d) + \int\limits_{V_0}^{\delta_{max}} F_1(\zeta, \eta, \delta)(d - d(t_\delta)) d\delta dV_0; \quad (3)$$

- уравнение сохранения энтальпии потока влажного воздуха

$$\frac{dI}{\partial \tau} = \text{div}\left(\frac{\lambda}{\rho c_p} \text{grad} I\right) + \int\limits_{V_0}^{\delta_{max}} F_1(\zeta, \eta, \delta)(I - I(t_\delta)) d\delta dV_0; \quad (4)$$

$$\frac{dt_\delta}{\partial \tau} = F_2(\zeta, \eta, \delta)(I(t_\delta) - I); \quad (5)$$

$$t_\delta = F_3(I_\delta). \quad (6)$$

Граничные условия для уравнения (1) предполагают скорость потока на ограничивающих его поверхностях, кроме того, можно считать, что температура потока на прилегающих друг к другу границах (контактирующей среде) равна температуре на аналогичные точки контактных поверхностей, а концентрации паров воды во влажном воздухе соответствуют концентрациям на кривой насыщения при температуре поверхности.

Уравнения сохранения количества явной тепловой энергии (2) и массы водяного пара (3) получены на основе балансовых уравнений процессов переноса, протекающих в элементарном объеме контактного пространства, в предположении, что в режимах кондиционирования воздуха эффектами термо- и бародиффузии, а также диффузионной теплопроводности можно пренебречь, а величины тепловых и массовых потоков определяются законами Фурье и Фика. Также пренебрежимо малым считается эффект течения Стефанова. По этим же причинам в уравнении сохранения явной тепловой энергии отсутствуют диссипативные члены. Однако, решение системы уравнений (1) – (6) вызывает большие трудности из-за их нелинейности. В инженерной практике большой интерес представляет не распределение термодинамических параметров потока в пространстве, а только тепловые потоки на границе обменной среды и их средние значения.

При определении связи между тепло и массообменом используется закон Ньютона и аналогия Рейнольдса (см. Рис. 1). По закону Ньютона $q_o = \alpha_t \cdot (t_1 - t_2)$; $j_o = \beta_d \cdot (d_1 - d_2)$; По аналогии Рейнольдса, масса влажного воздуха, перенесенная из пограничного слоя $(t_1; d_1)$ в воздушный поток $(t_2; d_2)$, покрывается той же массой M_B за счет неразрывности среды. $q_o = M_H \cdot c_H \cdot (t_1 - t_2)$; $j_o = M_H \cdot (d_1 - d_2)$;

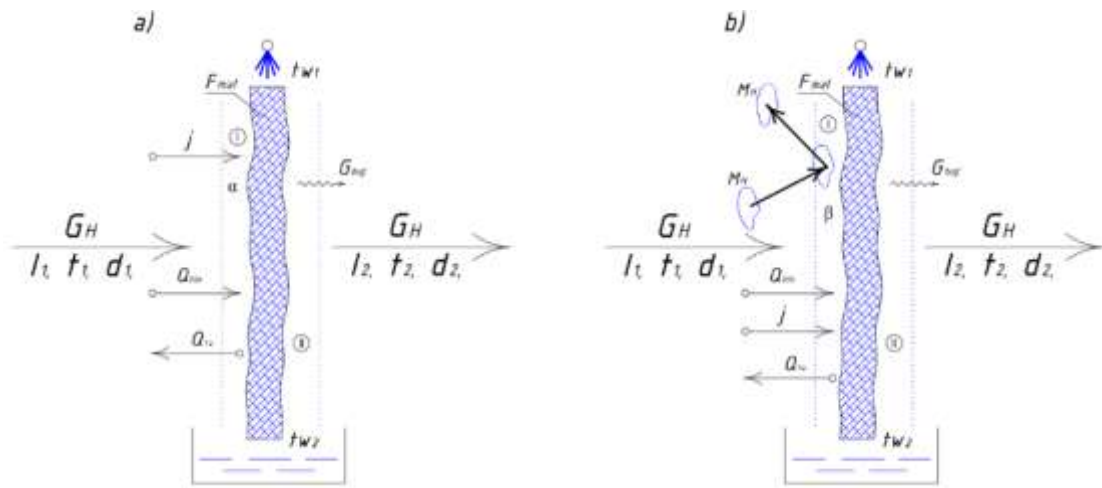


Рис. 1. Процессы теплообмена между водой I и воздухом II на основе закона Ньютона (а) и аналогии Рейнольдса (б): I-II - слой воздуха, непосредственно соприкасающийся со смоченной поверхностью

Для установления физической свойства перехода от одного граничного значения к другому с учетом пограничного слоя (см. рис. 2) представленные обменные процессы, показывают, что по толщине слоя гигроскопичного материала толщиной δ_H (до температуры t_δ) происходит только молекулярный перенос тепла, а после границы этого слоя происходит только молярный перенос внутри пограничного слоя воздуха толщиной (δ_B). Так:

$$Q_{\text{я}} = \frac{1}{\frac{\delta_B}{\lambda_B} + \frac{1}{M_B \cdot c_B}} (t_{\text{II}} - t_B) F = \alpha \cdot (t_{\text{II}} - t_B) F; \quad (7)$$

Если аналогичным образом представить процесс переноса массы с поверхности влажного слоя через гидродинамический пограничный слой в воздух, то

$$j = \frac{1}{\frac{1}{M_B} + \frac{\delta_B^*}{D_d}} (d_{\text{II}} - d_B) = \frac{M_B}{1 + \frac{\delta_B^*}{D_d} \cdot M_B} (d_{\text{II}} - d_B) = \beta_d \cdot (d_{\text{II}} - d_B); \quad (8)$$

Функциональные зависимости между критериями подобия Ar, Re, Pr, Pr', Gu (Nu) (Nu'), определяют в первом случае подобие температурных полей, во втором - на границе влажности поля парциального давления пара включает коэффициенты тепло- и массообмена соответственно.

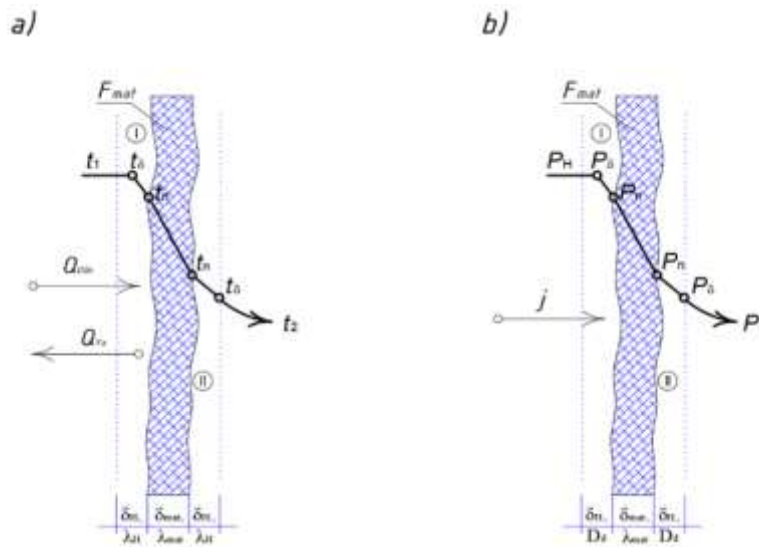


Рис. 2. Определение молекулярного и молярного обмена теплом (а) и влагой (б) в пограничных слоях воздуха и гигроскопичного материала.

Расчет камер охлаждения воздуха по коэффициентам тепло- и массоотдачи α и β основан на исследованиях У. Льюиса и Ф. Меркеля.

Уравнения для определения коэффициентов тепло и влагообмена можно записать в следующем виде.

$$\alpha = \frac{G \cdot c_B \cdot (t_1 - t_2)}{F \cdot \Delta t} ; \quad (9)$$

$$\beta = \frac{G \cdot (I_1 - I_2)}{F \cdot \Delta I} ; \quad (10)$$

Разность температур между потоком воздуха и водой на поверхности F увлажняющего гигроскопичного материала в контактном устройстве интегрируется в соответствии с условием теплообмена.

$$\int_{t_H - t_{WH}}^{t - t_W} \frac{d(t - t_W)}{t - t_{WH}} = - \int_0^F \frac{\alpha \cdot x \cdot F}{G_B \cdot c_B} \quad (11)$$

где: x - коэффициент пористости или плотности гигроскопичного материала.

Решение уравнения (11) относительно $(t - t_W)$, может быть представлено в следующем виде:

$$t = t_M + (t_H - t_M) \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot F \cdot x}{G \cdot c_B}} \quad (12)$$

Влагосодержание воздуха после его обработки в насадке из гигроскопичного материала определяли по следующей формуле:

$$d = d_K - \frac{c_H}{r} (t_H - t_M) \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot F \cdot x}{G \cdot c_B}} \quad (13)$$

Определяем количество испаряющейся воды в увлажнительно-охлаждающем устройстве по следующей формуле:

$$G_w = \frac{G \cdot c_H}{r \cdot F} t_M + (t_H - t_M) \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot F \cdot x}{G \cdot c_B}} \quad (14)$$

Теплотехнические расчеты камер охлаждения-увлажнения воздуха удобно проводить на основе использования коэффициента адиабатической эффективности E_A

$$E_A = 1 - \exp^{-\frac{\alpha \cdot F \cdot x}{G \cdot c_B}} \quad (15)$$

В третьей главе диссертации **“Описание установки, методика расчета и результаты экспериментальных исследований”** описаны результаты экспериментальных исследований, полученные в лабораторных и натурных условиях на экспериментальном стенде размерами (200x400x400 мм), для адиабатического процесса охлаждения и увлажнения воздуха.

В стенде с целью изменения формы или способа проведения экспериментов установлены 2 экспериментальные камеры (см. рисунок 3), одна из них используется в зависимости от метода проведения экспериментов.

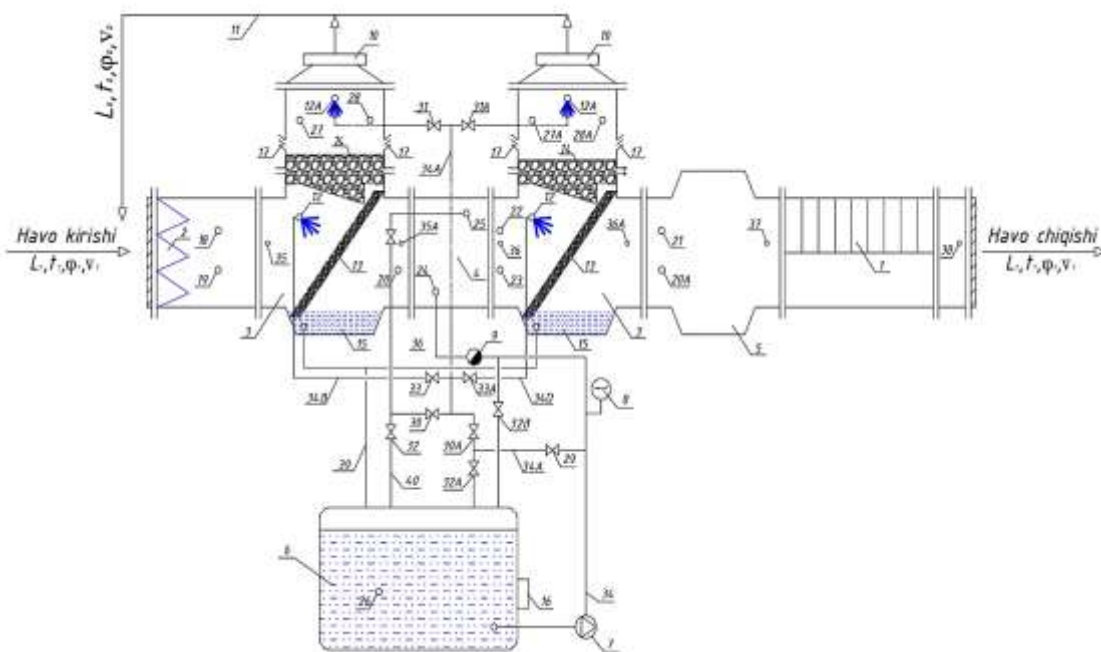


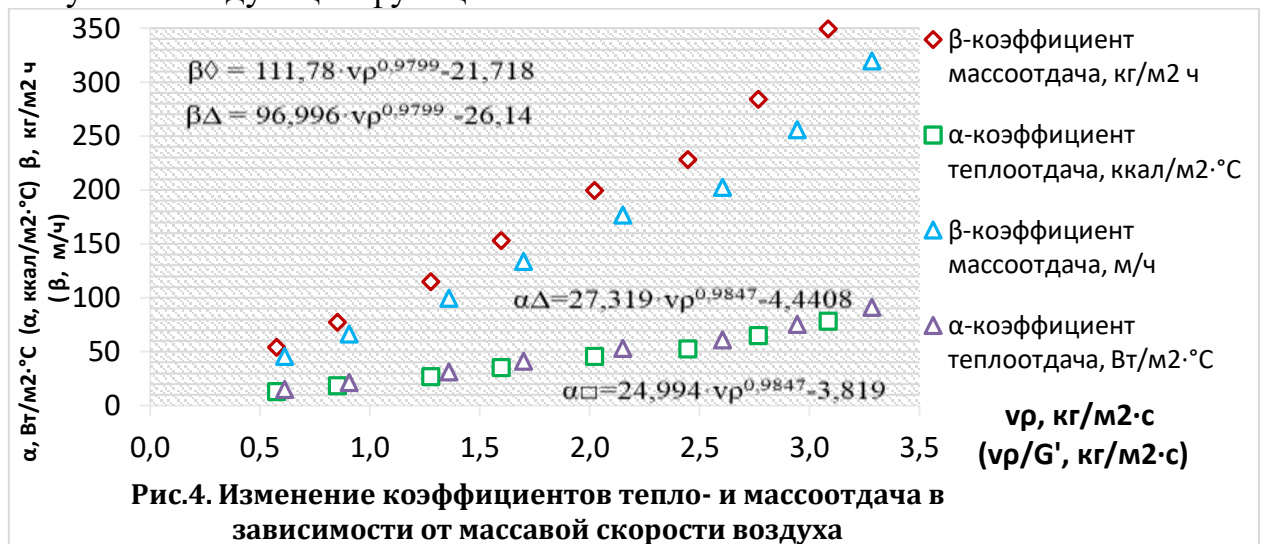
Рис. 3. Схема экспериментального стенда

Стенд содержит: вентилятор (1), фильтр (2), I и II опытная камера (3), теплообменник (4), камера статического давления (5), резервуар резервной воды (6), насос (7), манометр (8), расходомер (9), вентилятор для устройств охлаждения воды (10), канал рециркуляции воздуха (11), водораспылительные форсунки (12 и 12А), гигроскопический элемент (13), пористые каменный слой для охлаждения воды (14), бак для сбора избыточной воды (15), электронагреватель (16), специальная щель для подвода воздуха к водоохлаждающему оборудованию (17), для измерения начальных параметров

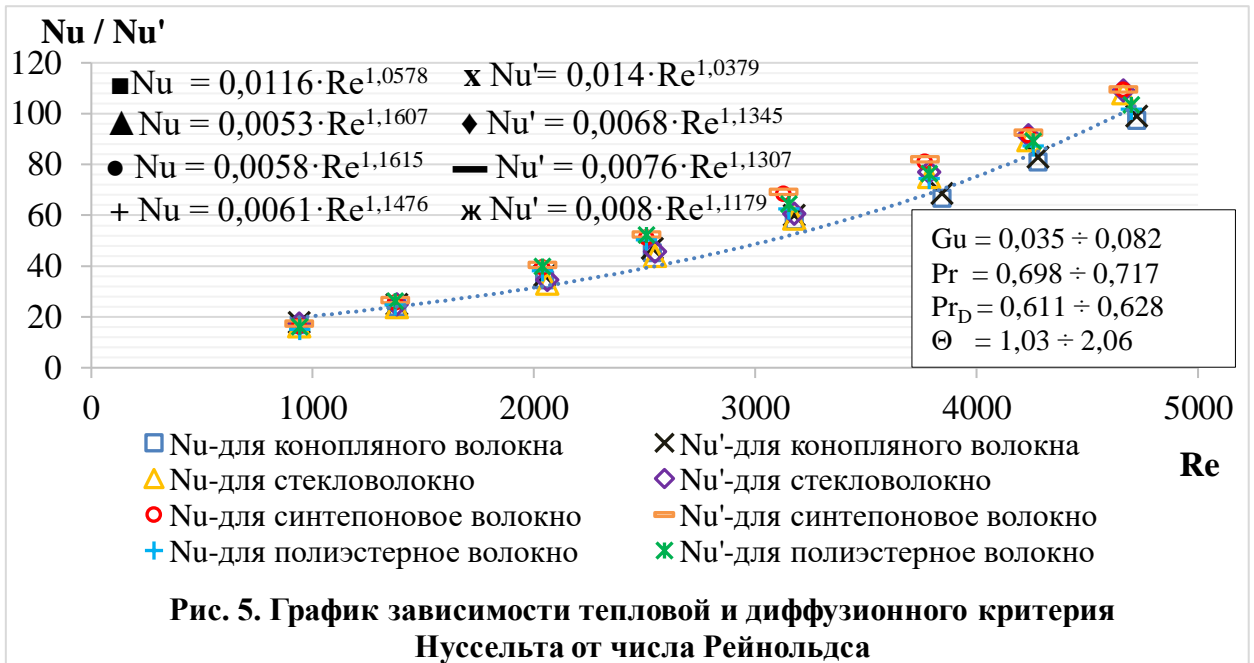
воздуха (t, ϑ и φ) термоанемометр (18) и гигротермометр (19) для измерения конечных параметров воздуха (t, ϑ и φ) термоанемометр (20 и 20А) и гигротермометр для измерения параметров воздуха после экспериментальной камеры (21), гигротермометр (22) и термоанемометр (23) для измерения параметров воздуха после теплообменника, термометры (24) и (25) для измерения температур t_w поступающего и обратного теплоносителя t_1 и t_2 , термометр для измерения температуры резервуара воды (26), термоанемометры (27 и 27А) для измерения параметров воздуха в водоохлаждающем оборудовании, гигрометры (28 и 28А), запорная арматура (29, 30, 30А, 31, 31А, 32, 32А, 33, 33А), подводящие трубы (34, 34А, 34Б, 34Д), место для установки дифференциальных манометров обнаружения (35, 35А, 36, 36А, 37, 38).

В соответствии с поставленными задачами для определению коэффициентов тепло и массоотдачи, аэродинамических свойств гигроскопичных материалов в зависимости массовой скорости воздуха проведены экспериментальные исследования в испытательной камере (I и II) в следующем диапазоне параметров: $t_H = 24 \div 55$ °С, $\vartheta = 0,54 \div 3$ м/с, $t_M = 16 \div 24$ °С, $\varphi_T = 7 \div 50$ %, $Gu = 0,05 \div 0,085$.

График зависимость коэффициентов тепло-массоотдачи от массовой скорости воздуха показан на рис. 4. Видно, что коэффициенты тепло-массоотдачи увеличиваются с увеличением массовой скорости воздуха, и получены следующие функциональные зависимости.



При обработке экспериментальных данных установлено, что среднелогарифмические разности потенциалов тепло- и массообмена уменьшаются с увеличением плотности гигроскопической насадки. В результате обработки экспериментальных данных при всех переменных условиях были получены следующие обобщенные функциональные зависимости теплового и диффузионного критериев Нуссельта (см. рис. 5). Здесь мы видим, что критерий Гухмана включает в себя значения психрометрической разности температур, которая



используется при оценке процессов прямого испарительного охлаждения воздуха. Этот критерий мы принимаем в диапазоне $Gu=0,035\div 0,082$ с целью оценки влияния начальных условий в режимах увлажнения-охлаждения воздуха с прямым испарением воды в гигроскопичных материалах. Для учета физических параметров взаимодействующих средств критерии Прандтля были приняты при предельных значениях $Pr=0,698\div 0,717$ и $Pr_D=0,611\div 0,628$, а значение степени равно 0,33. Для гигроскопичных материалов принят температурный фактор $\Theta=1,03\div 2,06$.

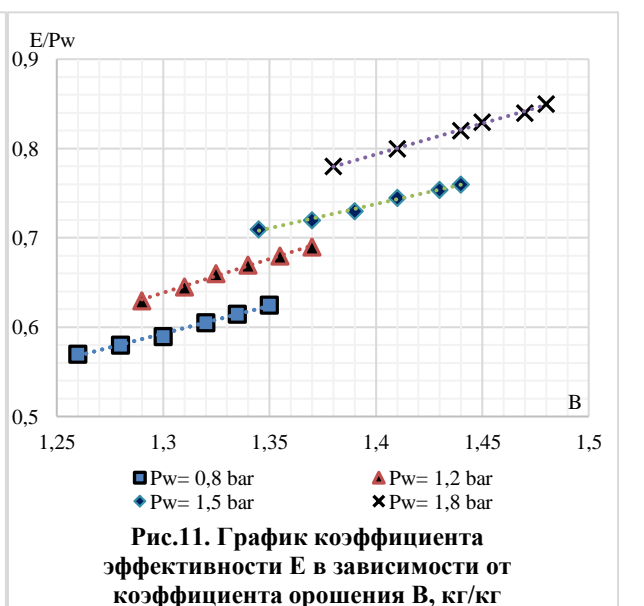
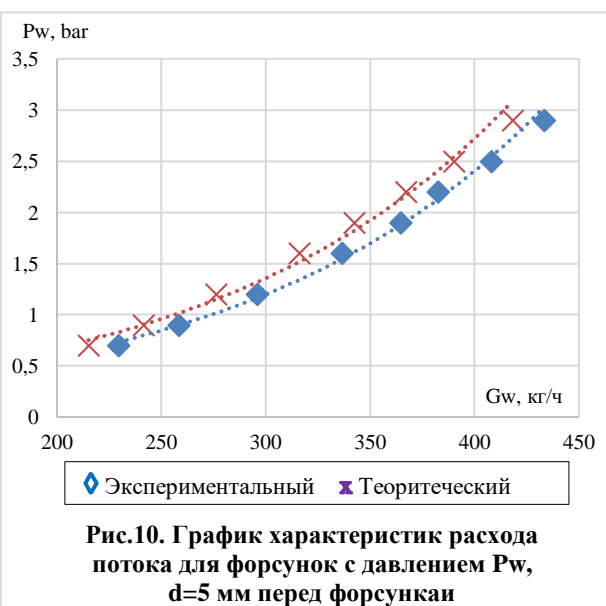
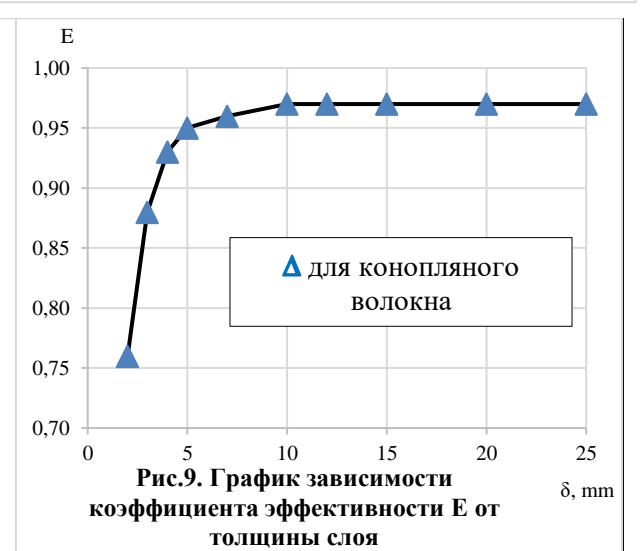
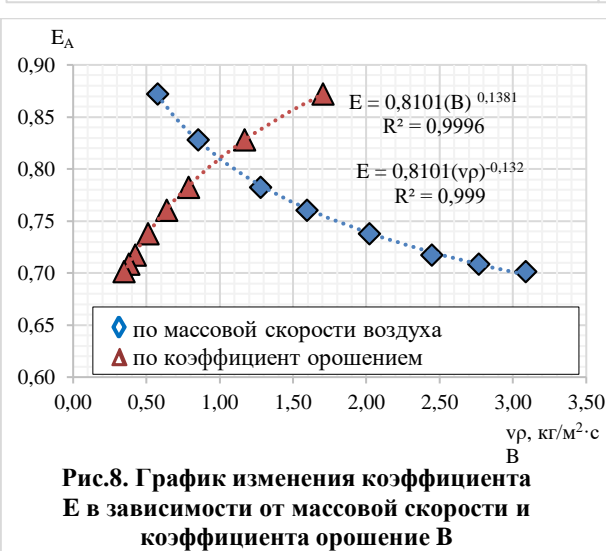
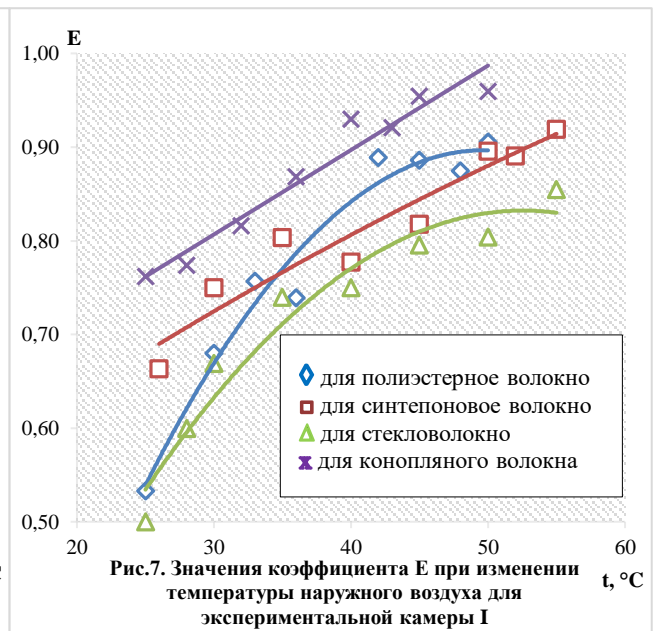
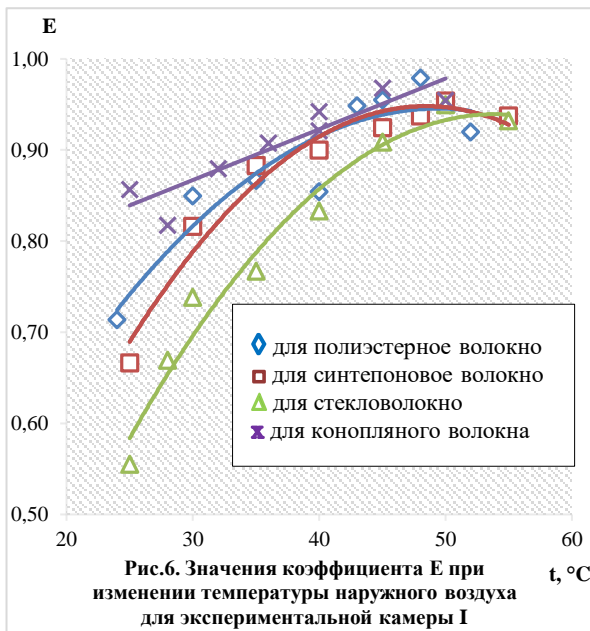
$$Nu = 0,51 \cdot Re^{0,61} \cdot Gu^{0,175} \cdot Pr^{0,33} \cdot \Theta^{0,9}; \quad (16)$$

$$Nu' = 0,49 \cdot Re^{0,61} \cdot Gu^{0,135} \cdot (Pr')^{0,33} \cdot \Theta^{0,9}; \quad (17)$$

Исследования посвящены изучению влияния массовой скорости воздуха, плотности материала и начальных параметров воздуха на коэффициент эффективности охлаждения воздуха при использовании в качестве насадки различных гигроскопичных материалов. Начальные параметры изменялись в следующий пределах: массовая скорость воздуха $\vartheta\rho$, 0,57; 0,85; 1,28; 1,60; 2,02; 2,45; 2,77; 3,09 (кг/м²·с), диаметр форсунки в камере $d = 3,5$ мм, давление воды перед форсунками в диапазоне от 0,5 бар до 2,8 бар, $t_1 = 24 - 55$ °С, $t_{1M} = 17 - 24,5$ °С, $t_w = 19 - 24$ °С.

Как видно из графика (см. рис. 6 и 7), можно наблюдать изменение коэффициента эффективности охлаждения E_A , при принятых температурах наружного воздуха в экспериментальных камерах I и II.

Зависимость коэффициента E_A от массовой скорости воздуха и коэффициента орошения B , в гигроскопичном материале представлена на графике (см. рис. 8 и 9).



Обработка экспериментальных данных позволила получить следующие зависимости (в экспериментах использовались конопляные, синтепоновые,

полиэстерные и стекловолокнистые материалы) $G_w=0,103$ л/с;
 $Gu=0,0535=const$:

$$E_A = 0,8101 \cdot \vartheta \rho^{-0,132} \cdot P_{\phi}^{0,11} \cdot Gu^{0,023} \cdot \delta_{\text{мат}}^{0,6} ; \quad (18)$$

$$E_A = 0,8101 \cdot B^{0,1381} ; \quad (19)$$

В результате обработки экспериментальных данных определено изменение коэффициента эффективности охлаждения E_A , в зависимости от коэффициента орошения B , (кг/кг) и при различных давлениях воды P_w , (Bar) перед форсунками (рис. 10 и 11). Как видно из графиков, независимо от способа использования экспериментальной камеры (при использовании испытательной камеры I или II) коэффициент эффективности E_A увеличивается с увеличением расхода и давления воды.

В четвертой главе диссертации **“Проведение натуральных исследований воздухоохлаждающей устройств в промышленных зданиях и технико-экономическая эффективность”** описаны методы производственных опытно-промышленных испытаний и обработки результатов измерений, сравнительный расчет воздухоохлаждающей камеры с использованием конопляного волокна и известных аналогов, а также результаты оценки технико-экономической эффективности при реализации разработанных устройств. Проведено сравнение технико-экономической эффективности двух вариантов: камеры охлаждения воздуха с использованием в качестве насадки гигроскопичного материала из конопляного волокна и камеры охлаждения зарубежных производителей. Результаты сравнения различных вариантов камера охлаждения по энергопотреблению (без учета эксплуатационных преимуществ камер увлажнения) представлены в таблице 1.

Энергопотребление воздухоохлаждающих устройств

Таблица 1

Режим обработки воздуха	Мощность насоса для распыления воды, КВт.		
	В экспериментальной камере	“NED”	“VEZA”
Охлаждение и увлажнение	4	5,5	5,5

Как видно из таблицы 1, использование камеры с насадкой из конопляного волокна обеспечивает 30% экономии электроэнергии по сравнению с камерами увлажнения зарубежных производителей.

В переходный период к рыночной экономике ЮНИДО (UNIDO – United National Industrial Development Organization – Организация Объединенных национальных организаций промышленного развития) был предложен метод получения наибольшего расширения инвестиционного предложения.

Основным принципом является определение эффекта посредством сопоставления предстоящих интегральных результатов и затрат с ориентацией на достижение требуемой нормы дохода на капитал. К числу показателей эффективности относятся:

NPV (Net Present Value) - чистая текущая стоимость

$$NPV = B \left(\frac{1 - (1 + E)^{-T}}{E} \right) - I; \quad (20)$$

PI (Profitability Index) - индекс рентабельности

$$PI = \frac{B(\sum_{t=0}^T (1 + E)^{-T})}{I}; \quad (21)$$

PP (Payback Period) - срок окупаемости

$$PP = \frac{I}{B}; \quad (22)$$

Результаты расчета постоянной годовой чистой прибыли NPV представлены следующим образом (см. табл. 2).

Таблица 2

Год	Инвестиции, млн сум.		Годовая чистая прибыль В, млн сум.		Дисконтный экономичность, млн сум.		Годовой чистой прибыли NPV, млн сум.	
	90,18	72,716	15,324	17,423	13,682	16,283	-76,5	-56,43
1			15,324	17,423	13,682	16,283	-76,5	-56,43
2			15,324	17,423	12,216	15,218	-64,28	-41,21
3			15,324	17,423	10,907	14,222	-53,37	-26,99
4			15,324	17,423	9,739	13,292	-43,64	-13,7
5			15,324	17,423	8,695	12,422	-34,94	-1,278
6			15,324	17,423	7,764	11,610	-27,18	10,331
7			15,324	17,423	6,932	10,850	-20,24	21,182
8			15,324	17,423	6,189	10,140	-14,06	31,322
9			15,324	17,423	5,526	9,477	-8,53	40,799
10			15,324	17,423	4,934	8,857	-3,596	49,656
11			15,324	17,423	4,405	8,278	0,8093	57,933
12			15,324	17,423	3,933	7,736	4,7426	65,669
13			15,324	17,423	3,512	7,230	8,2545	72,899
14			15,324	17,423	3,136	6,757	11,39	79,656
15			15,324	17,423	2,800	6,315	14,19	85,971

Определен срок окупаемости (PP) по (22) внедрения в швейном цехе увлажнительно-охлаждающей камеры с гигроскопичным материалом.

$$PP = \frac{90,18 \text{ млн. сум}}{15,324 \text{ млн. сум}} = 5,89 \text{ год (при внедрение вариант №1)}$$

$$PP = \frac{72,716 \text{ млн. сум}}{17,423 \text{ млн. сум}} = 4,17 \text{ год (при внедрение вариант №2)}$$

Коэффициент чистого дохода PI, характеризуется отношением чистого располагаемого дохода к сумме инвестиций и определялся по формуле (21):

$$PI = \frac{104,3}{90,18} = 1,15 > 1 \quad \text{для вариант №1}$$

$$PI = \frac{158,68}{72,716} = 2,18 > 1 \quad \text{для вариант №2}$$

По результатам расчетов был построен график зависимости постоянного дисконтированного дохода от NPV предлагаемого устройства за T года, который представлен на рисунке (см. рисунок 12).

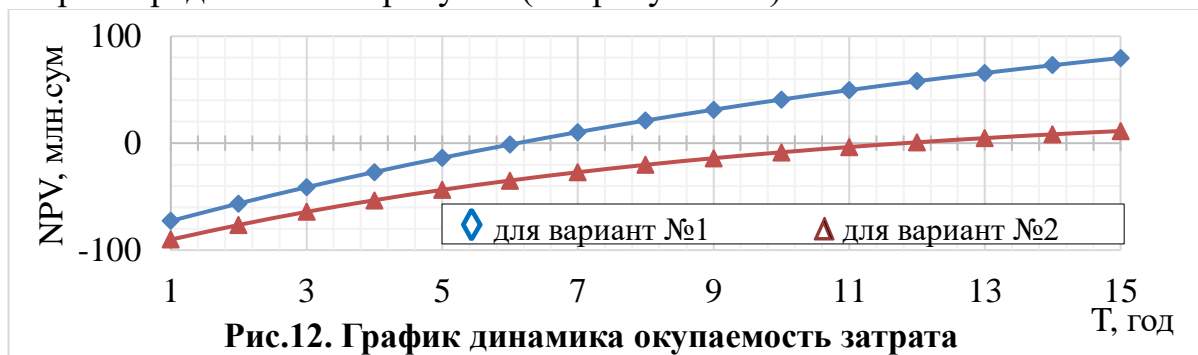


Рис.12. График динамика окупаемость затраты

В результате достигнуто снижение затрат электроэнергии на охлаждение воздуха на 30%, а также снижение капитальных и эксплуатационных затрат на 20% по сравнению с камерами увлажнения зарубежных производителей. Определено, что использование устройства принесет экономическую эффективность в размере 17,4 млн.сум/год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проанализированы существующие способы и технологические схемы процессов тепловлажностной обработки воздуха в системах кондиционирования воздуха и выявлены факторы, влияющие на эффективность тепломассообменных процессов в контактных устройствах, работающих по прямоточной и рециркуляционной схемам потока воздуха.

2. Разработано конструктивное решение контактного устройства обработки воздуха для его охлаждения и увлажнения с использованием гигроскопичного материала на основе конопляного волокна, обеспечивающего повышение эффективности охлаждения воздуха в прямоточных и рециркуляционных системах кондиционирования воздуха для теплого периода года.

3. Создан экспериментальный лабораторный стенд и проведены исследования в лабораторных условиях по определению коэффициентов тепломассоотдачи, аэродинамического сопротивления охлаждающе-увлажнительной камеры и коэффициентов эффективности охлаждения воздуха в процессе адиабатического охлаждения-увлажнения наружного воздуха с использованием волокнистых гигроскопичных материалов (полиэфирное волокно, синтепоновое волокно, стекловолокно, пеньковое волокно) в контактных устройствах при тепловлажностным обработке воздуха водой.

4. Разработано контактное устройство, работающее по схеме прямотока и рециркуляционного потока воздуха для охлаждения и увлажнения наружного воздуха с использованием гигроскопичного материала из конопляного волокна в процессе тепло и влагообмена между воздухом и водой при непосредственном контакте в условиях жаркого сухого климата. (Pat. UZ FAP 2570/ F24F6/00 (2006.01).

5. Усовершенствована математическая модель процессов тепломассообмена при адиабатической обработке наружным воздухом путем смачивания материала за счет стекания воды сверху ткани из водоохлаждающего устройства и распыление воды в виде тумана на волокнистый гигроскопичный материал в камере охлаждения-увлажнения с помощью центробежных форсунок.

6. Получены обобщенные функциональные зависимости по коэффициентам эффективности охлаждения E_A , коэффициентам тепло-массоотдачи α , β , аэродинамического сопротивления камеры охлаждения-увлажнения для гигроскопичных материалов ΔP , и тепловому и диффузионному критериям Нуссельта Nu , Nu_D при обработке воздуха форсуночными камерами орошения с использованием гигроскопичного материала из конопляного волокна.

7. В результате экспериментальных испытаний по использованию волокнистых гигроскопичных материалов (полиэстерное волокно, синтепоновое волокно, стекловолокно, конопляное волокно) при обработке воздуха водой посредством тепловлажностных процессов на экспериментальном лабораторном стенде принят конопляный волокнистый гигроскопичный материал с наивысшей эффективностью $E_A=0,95$.

8. Использование гигроскопичного материала из конопляного волокна в камере охлаждения и увлажнения воздуха дало существенные преимущества, такие как повышение эффективности очистки воздуха, снижение энергозатрат на распыление воды. Также предложенная схема устройства позволяет отказаться от капелеулавителя и экономить материальные затраты на производстве, обеспечивает простоту очистки за счет уменьшения количества форсунок и распыление воды в виде тумана для исключения засорения форсунок.

9. В результате оптимизации режимов работы устройства с насадкой из гигроскопического материала в жаркий период года были определены параметры: температура обработанного воздуха $t = 17 - 25$ °С, влагосодержание $d = 9,6 - 17$ г/кг, относительная влажность $\varphi=80$ %, количество воды, испаряющейся в устройстве при адиабатном охлаждении и увлажнении воздуха $G = 2,88$ кг/ч, а оптимальная толщина тепло-массообменного гигроскопического материала составляет $\delta = 5$ мм.

10. На основе результатов научных исследований внедрено в эксплуатацию энергоэффективное воздухоохлаждающее устройство в зданиях производственных цехов швейных фабриках ООО «ДАКА-INTEX» и ООО «NARPAUTEX» в Самакандской области. В результате внедрения устройства спроектированы системы вентиляции и кондиционирования воздуха производственного цеха ООО «ДАКА-INTEX» и ООО «NARPAUTEX» и определена экономия затрат на электроэнергию для систем кондиционирования воздуха на 30%, а также снижение капитальных и эксплуатационных затрат на 20%, экономический эффект составил 17,4 млн.сум в год. по сравнению центральным кондиционером с расходом воздуха $L=20000$ м³/час. (справка Министерства строительства и жилищно-коммунального обслуживания Республики Узбекистан от 20 января 2025 года №06/665).

**SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING SCIENTIFIC DEGREE
PhD.26.02.2020.T.109.01 AT THE SAMARKAND STATE
ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION UNIVERSITY NAMED
AFTER MIRZO ULUGBEK**

**SAMARKAND STATE ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION
UNIVERSITY NAMED AFTER MIRZO ULUGBEK**

TOSHTEMIROV MIRJALOL

**DEVELOPMENT OF ENERGY-SAVING METHODS TO IMPROVE THE
EFFICIENCY OF INDOOR AIR COOLING AND HUMIDIFICATION**

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

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

Samarkand – 2025

The theme of the dissertation for the degree of doctor of philosophy is registered by the Supreme Attestation Commission at the Ministers of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B.2024.2.PhD/T4758.

The dissertation was conducted at the Samarkand State Architecture and Construction University named after Mirzo Ulugbek. The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of Scientific council (www.samdaqu.edu.uz) and on Information and educational portal "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Scientific advisor: **Boboev Sobirzhon**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: **Khayriddinov Botir**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Ismankhodjaeva Mukhaya, Candidate of Technical Sciences, Professor

Leading organization: **Jizzakh Polytechnic Institute**

Defensing of the dissertation will take place on «___» of «_____»2025 at ___ hours at a meeting of the Scientific Council numbered PhD.26/27.02.2020.T.109.01 meeting at Samarkand State Architecture and Construction University named after Mirzo Ulugbek as the following address: 140147, Samarkand, Lolazor st., 70. Tel.: (998.66) 237-18-47; fax: (998 66) 237-19-53, e-mail: info@samdaqu.edu.uz.

The dissertation can be found in the Information Resource Center of the Samarkand State Architecture and Construction University named after Mirzo Ulugbek (registered under No. ____). Address: 140147, Samarkand, st. Lolazor, 70. tel.: (998 97) 315-44-50, e-mail: <http://arm.samdaqu.edu.uz>.

The abstract of the dissertation was circulated on «_____» «_____» 2025 year.
(mailing report №___ on «_____» «_____» 2025 year).

A.T. Khalmanov

Deputy Chairman of the Scientific Council for Awarding Academic Degrees, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

R.M. Makhmudov

Scientific Secretary of the Scientific Council for Awarding Academic Degrees of Candidate of Technical Sciences, Docent

G.Sh.Shukurov

Chairman of the scientific seminar at the Scientific Council for Awarding Academic Degrees, PhD., Professor

INTRODUCTION (Abstract of the PhD dissertation)

The aim of the study is to reduce energy consumption, develop scientific and technical foundations of heat and mass transfer processes and create highly efficient contact devices (apparatus) for humidifying and cooling air in ventilation and air conditioning systems in dry and hot climates.

Research objectives: - analysis of existing methods and process flow charts for heat and humidity treatment of air in air conditioning systems; - determination of factors influencing the efficiency of heat and mass transfer processes in contact devices; - development of adiabatic air cooling and humidification devices based on energy efficiency; - development of methods for calculating the heat and mass transfer surface during air treatment with water using fibrous hygroscopic (polyester fiber, synthetic winterizer fiber, fiberglass and hemp fiber) materials in contact devices; - development of theoretical foundations for improving contact devices for air humidification and cooling; - development and scientifically substantiated design schemes of direct current or air recirculation contact devices; - testing of fibrous hygroscopic (polyester fiber, synthetic winterizer fiber, fiberglass and hemp fiber) materials in an experimental test chamber under laboratory conditions during adiabatic humidification and cooling; - processing of experimental data results for technical and economic assessment of the efficiency of a new energy-saving and highly efficient device.

The object of the study is an experimental stand using fibrous hygroscopic (polyester fiber, synthetic fiber, fiberglass and hemp fiber) materials in the treatment of air with water.

The subject of the study is the processes of air treatment with water in dry and hot climate conditions on the air conditioning system and heat and mass transfer processes in contact devices.

Scientific novelty of the research:

- the design scheme of the contact device operating on a direct-flow or recirculation scheme of air and the mathematical model of heat and mass transfer processes during water-air processing have been developed;
- the theoretical foundations and calculation method for improving hygroscopic humidifying and cooling devices made of hemp fiber during adiabatic air cooling have been developed;
- the cooling efficiency coefficient $E_A=0.95$ was determined by the intensity of heat and mass transfer (Nu , Nu_D) in contact devices using hemp fiber hygroscopic material during air treatment with water due to the heat and humidity process;
- for the first time, generalized functional dependencies were obtained for the efficiency coefficient E_A , aerodynamic resistance ΔP , and thermal and diffusion Nusselt criteria Nu , Nu_D in irrigation chambers using hygroscopic material made of hemp fiber.

Volume and structure of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, references and applications. The total volume of the dissertation is 178 pages, including 13 tables, 38 figures, a list of sources with 140 names and 22 applications.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть, I part)

1. Boboyev S.M., Toshtemirov M.E., Ismoilov A.I. Havoni namlab-taqsimlagich.// O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi. № FAP 2570. talabnoma FAP 20230154; 28.04.2023; e'lon. 9(282) 26.09.2024, axborotnoma. № 9

2. Бобоев С.М., Тоштемиров М.Э., Исmoilов А.И. // Использование холода грунта для охлаждения приточного воздуха. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. серия: строительство и архитектура. ISSN: 1815-4360 eISSN: 2078-1954. 2022. Вып. 3(88). 113-120 стр. (05.00.00.№18)

3. Бобоев С.М., Тоштемиров М.Э., Исmoilов А.И. // Аккумуляторы теплоты фазового перехода в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. серия: строительство и архитектура. ISSN: 1815-4360eISSN: 2078-1954. 2022. Вып. 3(88). 121-128 стр. (05.00.00.№18)

4. Toshtemirov M.E.// Sovutish-namlash kamerasining issiqlik massa almashish samaradorligini aniqlash. "Ma'morchilik va qurilish muammolari" ilmiy-texnik jurnali. SamDAQU, 2024, №3, 190-192 betlar. (05.00.00.№14)

5. Toshtemirov M.E.// Kanop tolaligigroskopik material qo'llanilgan namlash-sovutish kamerasinitexnik-iqtisodiy samaradorligini baholash. "Ma'morchilik va qurilish muammolari" ilmiy-texnik jurnali. SamDAQU, 2024, №3, 186-190 betlar. (05.00.00.№14)

6. Toshtemirov M.E., Boboyev S.M., Abdullayev Q.Yu. // Havoninamlash kameralarida havo bilan suvning o'zaro issiqlik va massa almashinuvi xususiyatlari. "Ma'morchilik va qurilish muammolari" ilmiy-texnik jurnali. SamDAQU, 2024, №1 Maxsus son, 635-638 betlar. (05.00.00.№14)

7. Тоштемиров М.Э., Бобоев С.М., Бурхонов Х.Р. // Анализ методов теплотехнического расчета камеры орошения. Научно-технический журнал «Проблемы архитектуры и строительства» СамГАСУ, 2024, №1 Спецвыпуск, стр. 635-638. (05.00.00.№14)

8. Тоштемиров М.Э., Баротов К.Н. // Анализ современных методов теплотехнического расчета камер орошения. Modern education and development. ISSN:3060-4567 2024. 360-371 стр. (05.00.00)

9. Boboev S.M., Toshtemirov M.E. // Development of a two-stage supply air treatment system using air injection distributor-humidifier. JournalNX-ISSN No: 2581-4230 10-12th December 2020, Impact Factor 7.223. (05.00.00)

II bo'lim (II часть, II part)

10. Холбоев У., Тоштемиров М.Э., Бобокулов Х., Равшанова М. // Исследования систем кондиционирования воздуха в цехах текстильной промышленности. Материалы международной научно-практической конференции на тему “Проблемы и решения внедрения инновационных технологий в сфере инженерных коммуникаций”. СамГАСИ. Самарканд-2020, 21-22 май, част II, с. 84-87.

11. Бобоев С.М., Тоштемиров М.Э., Бобокулов Х., Равшанова М. // Анализ режимов адиабатного увлажнения воздуха в ургутском ткацком цехе. Материалы международной научно-практической конференции на тему “Проблемы и решения внедрения инновационных технологий в сфере инженерных коммуникаций”. СамГАСИ. Самарканд-2020, 21-22 май, част II, с. 73-76.-2020.

12. Toshtemirov M.E.// Suvpurkagich (apparat) qurilmalarida havoni namlash va sovutishni tahlil qilish. “O‘zbekiston-2030” Strategiyasida belgilangan suv resurslarini tejash va atrof muhitni muhofaza qilish” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari. SamDAQU. Samarqand-2024, 27-30 may, 408-414 betlar.

13. Toshtemirov M.E., Boboyev S.M. // Havoni mo'tadillash tizimlarining (HMT) havoni namlash- sovutish kameralarida qo'llaniladigan suv purkash usullari tahlili. “O‘zbekiston-2030” Strategiyasida belgilangan suv resurslarini tejash va atrof muhitni muhofaza qilish” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari. SamDAQU. Samarqand-2024, 27-30 may, 402-407 betlar.

14. Сусллова О.Ю., Ситников П.Е., Лебедев Н.С., Тоштемиров М.Э. // Новые возможности повышения эффективности воздухоприготовительных центров СКВ и В. «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». Материалы XXII международной научной конференции. Волгоград, 2024. с. 238-242.

15. Бобоев С.М., Эшматов М.М., Тоштемиров М.Э., // Разработка контактных аппаратов адиабатного охлаждения воздуха. «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». Материалы XXII Международной научной конференции. Волгоград, 2024. с. 233-237.

16. Тоштемиров М.Э., Ходжаев П.С., Равшанова М. // Уменьшение потерь холода и теплоты через изоляцию воздухопроводов. «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». Материалы XXII международной научной конференции. Волгоград, 2024. с. 223-227.

17. Бобоев С.М., Тоштемиров М.Э., Исмоилов А.И. // А.И.Разработка двухступенчатой системы обработки приточного воздуха с использованием эжекционного воздухораспределителя увлажнителя по энергосберегающей технологии. “Muqobil energiya manbalaridan samarali foydalanish muammolari va yechimlari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari. FarPI. Farg‘ona-2023, 7-8 noyabr, 350-354 betlar.

Avtoreferat «Me'morchilik va qurilish muammolari» ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazildi va uning o'zbek, rus va ingliz (tezis) tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi (01.04.2025-y)

Bosishga ruxsat etildi: 01.04.2025-yil.

Bichimi 60x45 $\frac{1}{16}$. «Times New Roman» garniturada raqamli bosma usulida bosildi. Shartli bosma tabog'i 2,75.

Adadi: 70. Buyurtma: № 1/1.

“Sardor poligraf” OK bosmaxonasida chop etildi.

Manzil: Samarqand viloyati, Samarqand tumani, Xishrav MFY.