

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

---

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

**НОРМУМИНОВ ЖАҲОНГИР АБДУСАМИЕВИЧ**

**КОНДЕНСАЦИОН ИССИҚЛИК УТИЛИЗАТОРЛАРИНИ ҚЎЛЛАШ  
ОРҚАЛИ ИССИҚЛИК ЭЛЕКТР СТАНЦИЯДАГИ ЁҚИЛҒИДАН  
ФОЙДАЛАНИШ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

**05.05.04 – Саноат иссиқлик энергетикаси**

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

**Тошкент – 2020**

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

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

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

**Нормуминов Жаҳонгир Абдусамиевич**

Конденсацион иссиқлик утилизаторларини қўллаш орқали иссиқлик  
электр станциядаги ёқилғидан фойдаланиш самарадорлигини  
ошириш..... 3

**Нормуминов Жаҳонгир Абдусамиевич**

Повышение эффективности топливо использования ТЭС за счет  
применения конденсационных теплоутилизаторов..... 23

**Normuminov Jakhongir Abdusamiyevich**

Improving the efficiency of fuel use of thermal power plants through the use  
of condensing heat utilizers..... 43

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 47

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

---

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

**НОРМУМИНОВ ЖАҲОНГИР АБДУСАМИЕВИЧ**

**КОНДЕНСАЦИОН ИССИҚЛИК УТИЛИЗАТОРЛАРИНИ ҚЎЛЛАШ  
ОРҚАЛИ ИССИҚЛИК ЭЛЕКТР СТАНЦИЯДАГИ ЁҚИЛҒИДАН  
ФЙДАЛАНИШ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

**05.05.04 – Саноат иссиқлик энергетикаси**

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

**Тошкент – 2020**

**Техника фанлар бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.2.PhD/T277 рақами билан рўйхатга олинган.**

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

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

**Илмий раҳбар:**

**Захидов Ромэн Абдуллаевич**  
техника фанлари доктори, академик

**Расмий оппонентлар:**

**Узоқов Ғуломжон Норбоевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Исаходжаев Хайрулла Суннатуллаевич**  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

**Етакчи ташкилот:**

**«Иссиқликэлектрлойиҳа» АЖ**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва «Илмий-техника маркази» МЧЖ ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.03.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ соат \_\_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўча, 2-уй. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32 e-mail: [tstu\\_info@tdtu.uz](mailto:tstu_info@tdtu.uz))

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

Диссертация автореферати 2020 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.  
(2020 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси).

**Қ.Р. Аллаев**

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

**О.Х. Ишназаров**

Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби,  
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Р.П. Бабаходжаев**

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

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда ишлаб чиқариш ва саноат корхоналарида иккиламчи энергия ресурсларидан самарали фойдаланиш ҳамда улардан чиқаётган атроф – муҳитга зарарли таъсир қилувчи газларнинг миқдорини камайтириш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу жиҳатдан, ривожланган мамлакатларда замонавий технологияларни қўллаш орқали «иссиқлик электр станцияларда (ИЭС) конденсацион иссиқлик утилизаторлари ёрдамида чиқариб юборилаётган тутун газлар орқали йўқотилаётган иссиқликни 3-7% га камайтириш ҳисобига қозон агрегатининг фойдали иш коэффицентини оширишга эришилган»<sup>1</sup>. Шу билан бирга, жаҳонда барча илмий ва муҳандислик фаолияти табиий ва энергетик захиралардан оқилона фойдаланиш йўлини излашга ва инсон ҳаёт фаолиятини таъминлайдиган экологик самарали қурилмаларни яратишга қаратилган. Бу борада, жумладан, жаҳон амалиётида тутун газлар иссиқлигини ўзлаштириш ҳисобига қозон агрегатларини энергия самарадорлигини ошириш учун конденсацион иссиқлик утилизаторларидан фойдаланишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда иссиқлик электр станциялар қозон агрегатларида конденсацион иссиқлик утилизаторларидан фойдаланиш усуллари, конденсацияланиш жараёнларинига таъсир этувчи омилларни аниқлаш ва моделлаштириш, тутун газларни шудринг нуқтасигача совитиш, шунингдек, станция энергия истеъмолини камайтирадиган замонавий технологияларни ишлаб чиқиш масалаларига қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу соҳада, жумладан, тутун газларни иссиқлик алмашинув аппаратлари ёрдамида шудринг нуқтасигача совитиш илмий муаммолари ўрганилган, бироқ булар бир қатор камчиликларга эга. Шу сабабли иссиқлик электр станциялари қозон агрегатларида конденсацион иссиқлик утилизаторларидан фойдаланиш масаласи долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Республикамизда иқтисодиётнинг муҳим тармоғларидан бири ҳисобланган энергетика соҳасини ривожлантиришнинг технологик даражасини янгилаш, жумладан ИЭС қозон қурилмаларида конденсацион иссиқлик утилизаторини самарадор геометрик ўлчамларини танлаб ўрнатиш, станциянинг энергия истеъмолини камайтириш ишлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар Стратегиясида, жумладан «... яқин келажакда устувор вазифа сифатида иқтисодиётнинг энергия ва ресурс сиғимларини қисқартириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий қилиш қайта тикланувчан энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш ...»<sup>2</sup> вазифалари белгиланган. Мазкур вазифани амалга ошириш, жумладан ИЭС қозон қурилмаларидан чиқадиган тутун газлари (конденсацион иссиқлик утилизатори, байпаслаш, иситиш ва совутиш

<sup>1</sup> <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-raboty-energeticheskikh-kotelnyh-agregatov-pri-szhiganii-prirodnogo-gaza-metodom-ispolzovaniya-skrutoy/viewer>

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

насоси) иссиқлигидан фойдаланиб ёқилғи самарадорлигини ошириш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 17 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон «2017-2021 йилларда қайта тикланувчан энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги ва 2017 йил 8 ноябрдаги ПҚ-3379-сон «Энергия ресурсларидан оқилона фойдаланишни таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Ҳозирги вақтда иссиқлик манбаларида тутун газларининг иссиқлигини ишлатиш жараёнини жадаллаштириш бўйича йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Томск ва Ульяновск давлат техника университетлари (Россия), Delft University of Technology (Netherland), Victoria University (Australia), Energy Research and Development Authority (USA), Гомель давлат техника университети (Беларус), Тошкент давлат техника университети, «Илмий-техника маркази» МЧЖ (Ўзбекистон) кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Қозон қурилмаларида конденсацион утилизаторларини қўллаш, ҳамда қозон қурилмасидан чиқиб кетаётган тутун газлар иссиқлигидан фойдаланиш жараёнларининг илмий асосларини ечишга қаратилган назарий ва илмий муаммоларни ҳал қилишда машҳур олимлар Nipun G., Mohammad S., Robert A.S., Jiange X., Кудинов А.А., Алексеев Ю.Н., Баскаков А.П., Мунц В.А., Беспалов В.В., Аронов И.З., Антонов В.А., Бухаркин Е.Н., Соснин Ю.П., Филипповский Н.Ф ва бошқа олимлар катта ҳисса қушишган.

Республикада қозон қурилмаларида конденсацион иссиқлик утилизаторларини қўллаш жараёнларини жадаллаштириш ҳамда уларнинг самарадорлигини ошириш борасида қуйидаги олимлар Захидов Р.А., Исмаходжаев С.Қ., Мухиддинов Д.Н. ва бошқалар томонидан илмий изланишлар олиб борилган ва олиб борилмоқда.

Эришилган муваффақиятларига қарамадан, чиқадиган тутун газларни чуқур совутиш, энергия ресурслари истеъмолига таъсир этувчи энг муҳим омилларни аниқлаш ҳисобига ИЭС қозонларининг ёқилғи сарфини камайтириш масалалари ҳамда қозон агрегатининг конструктив кўрсаткичлари ва иш режимининг таъсирини ҳисобга олган ҳолда конденсацион иссиқлик утилизаторнинг самарадорлиги етарли даражада кўриб чиқилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Илмий-техника маркази масъулияти чекланган жамияти илмий-тадқиқот режасининг №3-ФА-0-15754 «Ишлаб чиқариш объектларини иссиқлик билан таъминлаш тизимлари учун янги усул ва техник ечимларни ишлаб чиқиш» (2012-2014) мавзусидаги амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** илмий асосланган ҳолда конденсацион иссиқлик утилизаторларини қўллаш орқали иссиқлик электр станцияларда тутун газлари билан йўқотилаётган иссиқлик миқдоридан фойдаланиш ҳисобига ёқилғи самарадорлигини ошириш йўллари ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

қозон қурилмаларида иссиқлик энергиясини ишлаб чиқаришнинг технологик жараёнларини ўрганиш;

қозон қурилмасининг тутун газлари қувуридаги иссиқлик ва масса алмашинуви жараёнларини математик моделини ишлаб чиқиш;

тутун газлари таркиби ва ҳарорат режимларини аниқлаш учун қозон қурилмаларида режим-наладка синовларини ўтказиш;

иссиқлик утилизаторини қозон қурилмаларида ўрнатиш структуравий схемасини ва конденсацион иссиқлик утилизаторини такомиллаштирилган иссиқлик ҳисобини ишлаб чиқиш;

қозон иссиқлик тизими ишлашининг ҳароратларига қараб, чиқадиган газларнинг иссиқлик режимини ўрганиш;

конденсацион утилизаторнинг самарадор конструктив кўрсаткичларини ҳисоблаш алгоритминини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида ИЭС қозон қурилмаларидан чиқаётган тутун газларини иссиқлигидан фойдаланиш самарадорлигини оширишда юза конденсацион иссиқлик утилизаторини қўллашдан иборат.

**Тадқиқотнинг предмети** Республика ИЭСларида қозон қурилмасининг ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш учун конденсацион иссиқлик утилизаторларидан фойдаланишнинг замонавий технологик схемаларини илмий-техник асослашдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Конденсацион иссиқлик утилизаторларини иссиқлик техникавий таснифларини ҳисоблаш сонли усуллари, қозон агрегатларидан чиқиб кетаётган тутун газларни совитиш ва иситиш жараёнлари, энергия самарадор ўзлаштирувчи қурилмалар учун таклиф қилинаётган схеманинг иссиқлик ҳисобидан фойдаланилди.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

Ўзбекистон шароитлари учун буғ қозонларига байпас орқали конденсацион иссиқлик утилизаторларини қўллашни ИЭС негизида ишлаб чиқилган;

тутун газларни конденсацияланиш шароитида қозон агрегатлар тутун йўлларида ва конденсацион иссиқлик утилизаторларида иссиқлик техникавий жараёнларни математик модели ишлаб чиқилган;

конденсацион иссиқлик утилизаторининг иссиқлик ва конструктив параметрларининг оптимал қийматларини ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган;

иссиқлик утилизатори қўлланилган маълум схемаларни таҳлил қилиш асосида турли режимларда ишлайдиган иситиш ва совутиш машинасидан фойдаланишнинг энергия самарадор схемаси ишлаб чиқилган;

конденсацион иссиқлик утилизаторларининг энергия тежамкор геометрик кўрсаткичларининг оптимал қийматлари танланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси** қуйидагилардан иборат:

чиқувчи тутун газлар ҳароратини шудринг нуктасидан паст ҳароратларда конденсацияланиш жараёнларини математик модели ишлаб чиқилган;

тутун газларини иссиқлигини ўзлаштиришда конденсацион иссиқлик утилизаторларини самарадор геометрик кўрсаткичлари билан бирга иссиқлик ва конструктив ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган;

қозон қурилмасининг энергия самарадорлигини ошириш мақсадида конденсацион иссиқлик утилизаторидан ҳамда иситиш ва совутиш машинасидан фойдаланишнинг оқилона схемаси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончилиги илмий иш натижалари, яъни ушбу муаммони бошқа таниқли тадқиқотчиларнинг натижалари билан солиштириб, мавжуд тажриба маълумотлари билан таққослаб, сонли ҳисоблашлар ва тажриба натижаларидан олинган қийматлар мос келиши асосланди.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти республика ИЭСлар қозон қурилмаларини ёқилғидан фойдаланишида унинг самарадорлигини ошириш учун чиқиб кетувчи тутун газларнинг иссиқлигини чуқур утилизатция қилишда конденсацион иссиқлик утилизаторининг геометрик кўрсаткичларини аниқлаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган иқтисодий самарадор услуб ва қурилма ИЭС қозон қурилмаларига қўлланилиши учун таклиф қилинган. Олинган натижаларнинг амалий аҳамияти конденсацион иссиқлик утилизатори билан бирга иситиш ва совутиш насосини қўллаш орқали энергия самарадор схемаси яратилган. Ишлаб чиқилган усул ИЭС қозон қурилмалари самарадорлигини ошириш ва ёқилғи сарфини камайтириш имконини беради.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** ИЭС қозон қурилмаларида чиқиб кетаётган тутун газлари йўлига конденсацион иссиқлик утилизаторларини ўрнатиш ҳамда иситиш ва совутиш насоси қурилмасини қўллаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

№8 ТГМП-114С қозон қурилмасида конденсацион иссиқлик утилизатори «Ўзбекэнерго» АЖ тизимидаги корхонага, хусусан «Сирдарё ИЭС» АЖ энергия блокига ўрнатилган («Ўзбекэнерго АЖнинг 2019 йил 29 майдаги РМ-01-21/2750-сон маълумотномаси»). Натижада конденсацион иссиқлик утилизатори қўлланилган ҳолатда йилига сарфланадиган табиий



газни 245,6 минг м<sup>3</sup> ва таъминот сувини 28 минг м<sup>3</sup> га камайтиришга эришилган;

№1,2,4 қозон қурилмаларида конденсацион иссиқлик утилизатори «Ўзбекэнерго» АЖ тизимидаги корхонага, хусусан «Тошкент ИЭМ» АЖ энергия блокларига ўрнатилган («Ўзбекэнерго» АЖнинг 2019 йил 29 майдаги РМ-01-21/2750-сон маълумотномаси). Натижада конденсацион иссиқлик утилизаторлари қўлланилган ҳолатда йилига ҳар бир қозонхонага сарфланадиган табиий газни 53,1 минг м<sup>3</sup> ва таъминот сувини 10,9 минг м<sup>3</sup> га камайтиришга эришилган;

№1 НЗЛ-650-32 буғ қозонидан чиқадиган газларнинг иссиқлигини конденсация қилиш учун, иситиш ва совутиш машинаси ёрдамида самарадор схема «Ўзбекэнерго» АЖ тизимидаги корхонага, хусусан «Тошкент ИЭМ» АЖ энергия блокига ўрнатилган («Ўзбекэнерго» АЖнинг 2019 йил 29 майдаги РМ-01-21/2750-сон маълумотномаси). Натижада конденсацион иссиқлик утилизаторларининг технологик схемаси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 6 та илмий-амалий анжуманларда, шу жумладан, 3 та халқаро ва 3 та республика анжуманларида апробациядан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 12 та илмий мақола чоп этилган бўлиб, шу жумладан 2та Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси тавсия қилган хорижда ва 4 та республика миқёсидаги журналларда.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 116 бетни ташкил этади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Ишнинг кириш қисмида** диссертация мавзуси долзарблиги, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, тадқиқот объекти ва предмети, тадқиқот усуллари, олинган натижаларнинг илмий янгилиги ҳақида тушунтиришлар берилган. Тадқиқотнинг амалий натижалари келтирилган, уларнинг ишончлилиги исботланган. Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти аниқланди. Тадқиқот натижаларини жорий этиш, уларни синовдан ўтказиш, диссертация мазмуни бўйича нашрлар ҳақида маълумот берилди. Нашр қилинган мақолалар рўйхати келтирилган. Ишнинг тузилиши ва ҳажми кўрсатилди.

Диссертациянинг «**ИЭС қозон қурилмалари учун конденсацион иссиқлик утилизаторларини ишлаб чиқишнинг ҳозирги ҳолати**» номли биринчи бобида иссиқлик электр станцияларида конденсацион иссиқлик утилизаторлари, улардаги жараёнларини ўрганиш ва уларни хорижий мамлакатларда жорий этилган соҳаларидаги тажрибалари кўриб чиқилди. Ўзбекистонда ҳозирги кунга қадар иссиқлик электр станциялари қозон қурилмаларида ёқилғидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш мумкин бўлган ушбу технология қўлланилмайди. Тутун газлардан сув буғларининг

иссиқлигини олишда конденсацион иссиқлик утилизаторларидан фойдаланиш катта истиқболга эга эканлиги кўрсатилган.

Қозон қурилмасининг номинал ишлаш ҳолатида табиий газ билан ёпиш камерасида аралаштирилганда ортиқча ҳаво коэффиценти  $1,05 \div 1,3$  оралиғида, чиқадиган газларнинг шудринг нуқтаси эса  $t_{ш.н} = 53 \div 55$  °С да бўлади. Шундай қилиб, қозоннинг конвектив қисмидан кейин конденсацион иссиқлик утилизаторининг самарали ишлаши учун сувнинг иситиш ҳарорати  $t_{конд} = 50$  °С дан юқори бўлмаслиги керак. Хориж тажрибасига кўра, қозонни иссиқлик ишлаб чиқаришида  $k = 0,05$  га тенг, яъни камида 5 % иссиқликдан фойдаланиш мумкин. Иссиқлик таъминоти тизимидаги қувурларда мавжуд ҳарорат фарқи айланма сув учун  $t_0 = 45$  °С ҳарорат қозондан чиқишда

$$t_{0_{чик}} = \frac{t_{конд} - t_0}{1,0 - k} + t_0 = \frac{50 - 45}{1,0 - 0,05} + 45 = 50,263 \text{ °С}$$

дан катта бўлмаслиги керак.

Бундан келиб чиқадики,  $95/70$  °С иситиш тизимидаги стандарт ҳарорат фарқи учун буғ қозонларининг юза конденсацион иссиқлик утилизаторларини улаш учун маълум бир чизмани қўллаш республика шароитларига мос келмайди. Чунки чиқадиган тутун газларидаги сув буғларининг конденсацияси фақат январь-феврал ойларида, қайтаётган қувурдаги сув ҳарорати  $40 \div 50$  °С дан паст бўлса, республикадаги иситиш тизимларининг мавжуд ҳарорат ҳолатлари учун хорижда ишлатилаётган чизмалардан фойдаланишни чеклайди.

Иссиқлик утилизаторларини қозонхона қурилмаси газ қувурларига улаш чизмаларида тўғри ишлаш ҳолатида ташқи ҳаво ҳарорати паст бўлганда қолдиқ буғларнинг конденсацияси газ қувурларида бўлиши мумкин бўлса ҳам контактли иссиқлик алмашинув аппаратларига нисбатан конденсат рекуператив иссиқлик алмашинувининг совутилган юзаларида максимал даражада йиғилади. Газнинг паст ёниш ҳарорати бўйича, бу қозонларнинг Ф.И.К  $96,4 \div 99,3$  % оралиғида, яъни қозонхонада ёқилғи тежаш 5 %га етиши мумкин. Қайтаётган қувурдаги сув ҳарорати  $20$  °С га камайтирилганда, ёқилғи иқтисоди  $15 \div 20$ %га ошиши мумкин. Шунинг учун, паст ҳароратли иситиш тизимлари учун техник ходимларнинг эҳтиёжлари учун ишлатиладиган иссиқ сув оптимал ҳарорати  $50$  °С га тенг.

Шу билан бирга, юза иссиқлик алмашинув аппаратлари дистилланган сувга яқин декорбонизациядан сўнг тузсиз конденсатни ажратиш имконини беради.  $1 \text{ м}^3$  табиий газни қозон қурилмасида ёқилганда, тутун газларини шудринг нуқтаси ҳароратигача совутганда  $1,1 \text{ кг}$  га яқин конденсат ажратиш мумкин. Агар қозонларда ишлаб чиқарилган буғнинг бир килограммига олиб келадиган бўлсак, чиқадиган газлардан ажралган сув миқдори тахминан юз граммни ташкил этади. Шундай қилиб, ИЭС учун кимёвий сувни тозалаш жараёнлари харажатларини камайтириш мумкин. Шу билан бирга, тушадиган конденсат  $pH$  нинг кислоталилиги қиймати  $3,5 \div 4,3$  дир.

Яна бир муаммолардан бири, тутун газ чиқувчи қувурнинг металл юзасини сақлаб қолиш, ишлаш вақтида улар ичида конденсат ҳосил

бўлишининг олдини олиш ҳисобланади. Ушбу талабни бажариш учун, чиқувчи газ қувурининг деворларидаги ҳарорати  $t_{dev}$  ёқилғи ёниш маҳсулотларининг ҳароратидан ошиб кетганда, конденсат ҳосил бўладиган шароитларни яратиш керак. Иссиқлик электр станцияларининг анъанавий қозонларига нисбатан конденсацион юза иссиқлик алмашинув аппаратлари кенг жорий этилишининг аҳамияти ҳам экология масалалари билан изоҳланади. Конденсацион юза иссиқлик утилизаторлари нафақат маълум ёқилғи сарфини камайтириш, атмосферага зарарли чиқиндиларни камайтириш, балки ҳосил бўлган конденсат плёнкасидаги зарарли газларни эритиш имконини беради. Атмосферани ифлослантирувчи ёниш маҳсулотларида мавжуд бўлган углерод, азот ва олтингугурт оксидларининг 10 % гача миқдори конденсатда қолади. Бу конденсат  $pH$  миқдорини камайтиришга ёрдам беради. Шу билан бирга, уни ишлатишдан олдин конденсатни нейтраллаш муаммоси декорбонизация қурилмаларидан фойдаланиш билан ҳал қилинади. Қозон қурилмаларида зарарли чиқиндиларнинг конденсациясини максимал даражада камайтиришда суғориш орқали газларни тозалаш учун скрубберлардан фойдаланиш тавсия этилади. Зарарли чиқиндиларни тўлиқ ушлаб туриш учун юза иссиқлик алмаштиргичларга қараганда майдонини ошириш ва бошқа шароитлар яратиш талаб этилади.

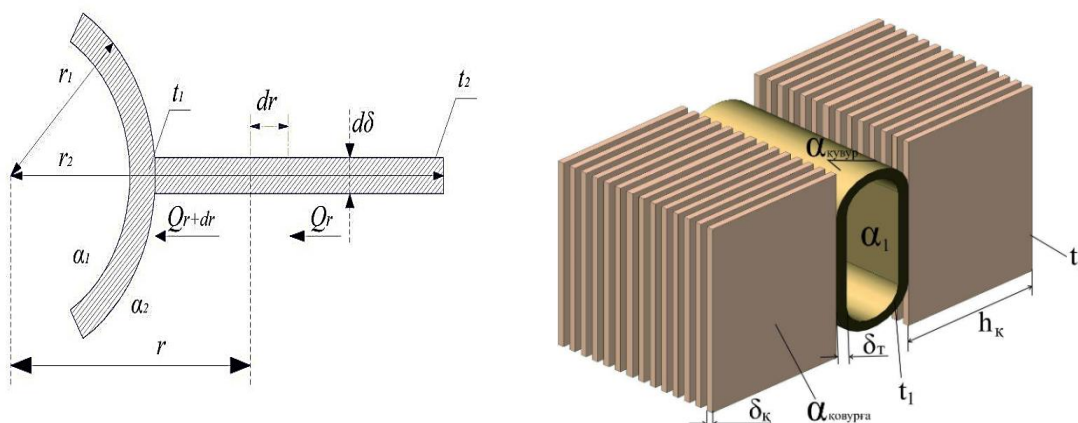
Эҳтимол иссиқлик узатиш коэффиценти тутун газларнинг оқими конвекция билан қуруқ газ ва сув буғлари оқимига бўлинадиган буғ-газ аралашмасида иссиқлик алмашинуви сифатида ҳисоб-китобларда тақдим этилиши мумкин. Иссиқлик узатиш коэффитциенти  $\alpha$  газларнинг намлик миқдори ошиши ва уларнинг ҳарорати пасайиши билан ортади.

Қозон қурилмасидан чиқишда ёниш маҳсулотлари сезиларли совутиш билан ишлатиладиган совутгичнинг ҳарорати юза ёки рекуператив иссиқлик алмаштиргичларининг иссиқлик-техник хусусиятларини аниқлайди. Сув буғининг конденсацияси рекуператив иссиқлик алмашинув аппаратининг бутун майдонида содир бўлади, унинг юзаси ҳарорати  $t_1$  (1-расм) совутгич  $t_{w1}$  ҳароратига яқин. Иссиқлик утилизаторларининг майдонларида жараёнлар учун  $t < t_1 < t_{ков}$  қовурға ва иссиқлик алмашинуви қувурлари листлардаги бу қийматлар шудринг ҳароратидан паст бўлган. Иссиқлик алмаштиргичнинг ичидаги қувурдан оқиб чиқадиган совутиш суюқлиги(хладогент)га иссиқлик узатиш коэффитциенти тутун газларидан чиқинди утилизация юзасига иссиқлик беришдан анча катта бўлиб, унинг ҳарорати  $t_1$  сувнинг ҳароратига  $t_w$  деярли тенг.

Контактли регенератив иссиқлик алмашинув аппарати фарқли ўлароқ, совутиш суви ёки хладагент ҳарорати конденсацион иссиқлик утилизатори тутун газларининг шудринг нуқтаси ҳарорати камайтирилганда улардаги “хўл” термометрнинг ҳароратига боғлиқ эмас.

Рекуператив иссиқлик утилизаторларида тутун газларидан конленсат чиқариш ёниш маҳсулотларида намлик миқдорини сезиларли даражада пасайтиради, аммо газ қувурлари металл юзасида суюқликнинг мўрига

ҳосил бўлиш имкониятлари инкор этмайди. Бу айниқса, совуқ мавсумда содир бўлиши мумкин. Конденсат пайдо бўлишининг яна бир истисно томони чиқадиган газлар билан конденсацион иссиқлик утилизаторидан ўтган байпас йўлидан чиқариб ташлашни таъминлайди.



**1-расм. Плёнкали иссиқлик алмашинув аппарати - утилизаторнинг майдони:** 1 - иссиқлик ташувчи (намгаз); 2 - иссиқлик узатиш воситасини ажратиб турувчи девор; 3-совуқ иссиқлик ташувчи(суюқлик).

Чиқинди газларнинг нам сақлами  $d'$  ва шудринг нуқтаси  $t_{ш.н}$  эмпирик аниқлаш учун қуйидаги ифодалар ишлатилади.

$$d' = (1 + 0,01 \cdot \alpha_{чик}) / (7,83 \cdot \alpha_{чик} - 0,83), \text{ кг/кг қуруқ газ}, \quad (1)$$

$$t_{ш.н} = 37,1 \cdot \lg(259 \cdot d'), \quad ^\circ\text{C}. \quad (2)$$

Бу фарқни оширишнинг кенг тарқалган усули сифатида чиқадиган газларнинг бир қисми конденсацион иссиқлик утилизаторини четлаб ўтиши учун ишлатилади. Қайта ишлаш тажрибаси шуни кўрсатадики, қуйидаги параметрлар рационал: иссиқлик алмаштиргичдан кейин газлар ҳарорати  $t'' = 41^\circ\text{C}$ ; уларнинг  $g_n$  массавий байпас улуши, уларнинг ҳарорати  $64^\circ\text{C}$  дан кам эмас.

Диссертациянинг «ИЭСларининг қозон қурилмаларига ўрнатилган конденсацион иссиқлик утилизаторларида жараёнларнинг сонли ҳисоб - китоблари» номли иккинчи бобида иссиқлик алмашинуви қовурғалари ҳақиқий ўлчамлари учун оралиқни аниқлаш учун математик моделлаштириш амалга оширилди, бу оралиқдан маълум бир тезликда чиқадиган газлар ўтади. Шу билан бирга, қозон қурилмаси конденсацион иссиқлик утилизаторининг аниқланган юзаси томонидан ажратилган металл массасининг бирлиги учун максимал иссиқлик қийматлари таъминланиши керак. Бунинг учун юза иссиқлик алмашинув аппарати қовурғаларининг оптимал ўлчамлари ҳисоблаб чиқилади, бу ерда узатиладиган иссиқлик максимал бўлади ва қовурғали энг самарали ҳисобланади.

Конденсацион иссиқлик утилизаторларининг иссиқлик утилизацияси қилиш жиҳатидан самарали таркибий параметрларини ҳисоблаш сув ва тутун газларининг иссиқликфизик параметрлари, карбонат ангидрид, сув буғларининг кислота даражасини аниқлаш графикалари бўйича жадвал

маълумотлари асосида амалга оширилди. Ҳисоблаш босқичлари тахминий итерация алгоритмлари асосида тузилган.

Иссиқлик алмашинув аппаратларнинг геометрик параметрларини ҳисоблашнинг бошланиши тутун газлари ва совутгич ўртасидаги конвекциядаги иссиқлик балансининг тенгламасини ўз ичига олади:

$$Q_2 = Fk_t \Delta t_l = Q_w = G_w c_{pw} (t_{w2} - t_{w1}), \quad (3)$$

бу ерда  $F$  - иссиқлик алмашинув аппаратининг иссиқлик узатиш юзаси майдони,  $m^2$ ;  $k_t$  - иссиқлик узатиш коэффициенти,  $Bm/m$ ;  $\Delta t_l$  - иссиқлик алмашинуви орқали ҳарорат градиенти,  $^{\circ}C$ ;  $G_w$  - иссиқлик алмаштиргичдан кейинги совутиш суви оқими,  $kg/c$ ;  $c_{pw}$  - сувнинг иссиқлик сиғими  $Bm/(kg K)$ ;  $t_{w1}, t_{w2}$  - иссиқлик алмашинув аппаратининг кириш ва чиқишидаги сув ҳарорати.

Алгоритмни қўллаш жараёнида сувнинг ўзига хос ҳажми ва энтальпияси ўртасидаги боғлиқликни тавсифлаш учун интерполяцион ифодалар ишлатилади

$$v = A_w + B_w p_1 + C_w p_1^2 + D_w p_1^4, \quad p_1 = 5 - p/10, \quad (m^3/kg);$$

$$I_w = E_w + F_w p_1 + G_w p_1^2 + K_w p_1^4, \quad (kJ/kg).$$

Ҳисобланган маълумотларни таққослаш 1-жадвалда келтирилган.

**1-жадвал**

Ҳисоблаш натижалари	$Q, MB$ $m$	Иссиқлик узатиш ва иссиқлик бериш коэффициенти, $Bm/(m^2 K)$				$\Delta t, ^{\circ}C$	$F, m^2$	$n, don$ $a$	$l_{z1}, m$
		аралаш $\alpha_2,$	ИА $\alpha_1,$	ребер $\alpha_r,$	труб $k_t,$				
Классик ҳисоблаш	42,2	4505	80,9	9,7	86,5	443	1067	85,6	76,8
Ҳисоблаш	41,9	4807	82,2	11,4	92,4	440,1	1019,8	84,5	74,6

$\alpha_k, e_p$ , ни топиш учун адабиётдан “классик” ҳисоблаш усуллари билан натижалардаги хатони аниқлайдиган маълум номаграммалар қўлланилади.

Утилизаторнинг иссиқлик ишлаб чиқариш қуввати қовурғалар пластиналари ва улар орасида қувурнинг оралик қисми орқали иссиқлик миқдорини ўз ичига олади:

$$Q_{КИУ} = Q_k + Q_m = nQ_{k1} + \alpha_k 2\pi r_1 t_1 (L_m - n\delta). \quad (4)$$

Ҳар бир қовурғадан ажраладиган иссиқлик (2-расм) қуйидагига тенг:

$$Q_{k1} = 2\pi r_1 \lambda \delta_k \left( \frac{dt}{dr} \right)_{r=r_1} = 2\pi r_1 \lambda \delta_k m \vartheta_1 \psi,$$

Иссиқлик алмашинувининг иссиқлик техник параметрлари ифодадан топилади:

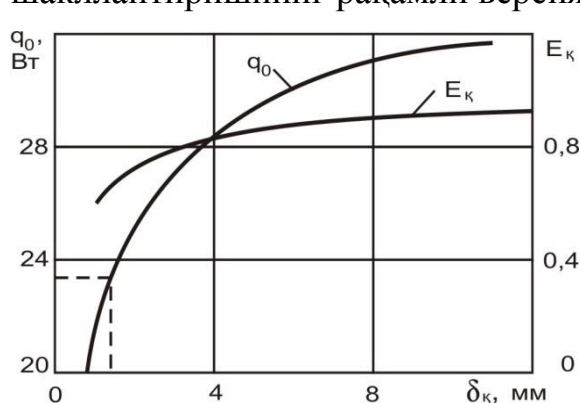
$$\psi = \frac{I_1(s_2)K_1(s_1) - I_1(s_1)K_1(s_2)}{I_0(s_1)K_1(s_2) + I_1(s_2)K_0(s_1)}, \quad m = \sqrt{2\alpha/\delta_k \lambda}.$$

Ҳар бир қовурғадаги самарадорлик қўйидаги ифодадан аниқланади:

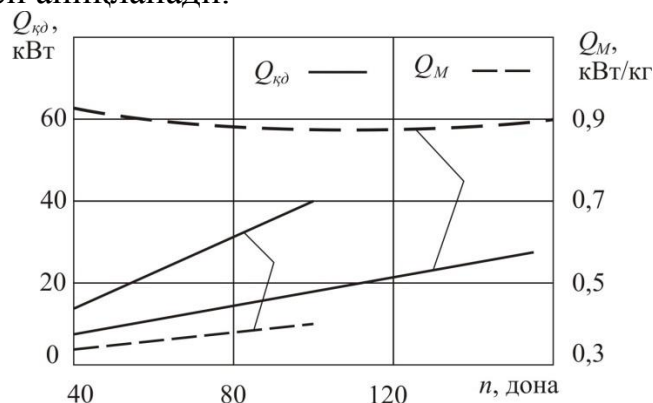
$$E_k = \psi \frac{2r_1^2}{m(r_2^2 - r_1^2)}, \quad (5)$$

Бундай иссиқлик алмаштиргичларни танлаш ёки ишлаб чиқаришда уларнинг рационал геометрик параметрларини топиш масалалари юзага келади, яъни уларнинг ихчамлиги, энг кичик ўлчамлари талаб этилади.

Максимал иссиқлик оқимини ишлатадиган конденсацион иссиқлик алмаштиргич қовурғаларининг радиал кўринишига эга бўлган тўртбурчаклар қовурғанинг қалинлигини оптималлаштиришда чегара вазифасини шакллантиришнинг рақамли версияси аниқланади.



**Расм.2.** Ажратилган иссиқлик ва радиал қовурғанинг самарадорлигини қалинлигига боғлиқлиги.



**Расм.3.** Мутлоқ  $Q_{k,d}$  ва иссиқлик ишлаб чиқариш  $Q_m$  ни солиштирма массаси бўйича иссиқлик ишлаб чиқариш иссиқлик-утилизаторлари қовурғалар сонига боғлиқлиги

Радиал қовурғанинг энг рационал қалинлигининг юқори чегараси (2-расм) 3,8 мм ни ташкил қилади, бу иссиқлик миқдори чиқариш қуввати  $q_0=28,5 \text{ Вт}$  га мос келади.

Қовурға юпқалашганда  $Q_{k,d}$  чиқадиган тутун газлари иссиқлик энергияси умумий утилизация табиий равишда камаяди, аммо ҳисоб-китоблар қовурғанинг солиштирма иссиқлик узатиши ошишини кўрсатади.

3-расмда қовурға қалинлиги 1 –  $\delta_k=5 \text{ мм}$ ; 2 –  $\delta_k=1 \text{ мм}$  белгиланган. Бунда унинг қадами  $s_k$  1-вариантда 1 – 21 дан 4мм гача ва 2-вариантда 2 – 23 дан 4мм гача оралиғида ўзгарган. Чиқадиган тутун газларининг тезлиги – 9 м/с қиймати қабул қилинди. Алюминий билан чанглатилган биметаллик қувур учун иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha_t=42,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$  қиймати аниқланади. Шу билан бирга қовурғанинг аниқланган қалинлиги 0,46 мм.

Бундан ташқари, конденсацион иссиқлик утилизаторларини улаш билан қозонхоналардаги газ чиқариш қувурларининг узоқ муддатли ишлаши учун ҳарорат шароитларини аниқлаш, қувурда ҳаракатланадиган тутун газларидан конденсациялаш жараёнларини таҳлил қилиш учун иссиқлик алмашинуви жараёнларини моделлаштириш амалга оширилди. Ёниш маҳсулотларининг

бир қисмини байпас асосида газ чиқиндиларининг металл конструкцияларини гидрат коррозиядан сақлаш усули танланган. Чиқувчи қувурда кўрсатилган газ оқимининг маълум бир қисми учун газлардан фойдаланишда 4-расмда берилган газ қувури кесими учун газ чиқиш  $dy$  минимал ошиши йўналишида иссиқлик балансининг тенгламаси қуйидагича ёзилади.

$$dQ_2 = dQ_{\text{маи}}, \quad (6)$$

бу ерда  $dQ_2$  – ёқилғи ёниш маҳсулотларида иссиқлик энергиясини ўзгартириш  $Bm$ ,  $dy$  майдонда ҳарорат  $dt$ ,  $^{\circ}C$  ўсишига мос келади;  $dQ_{\text{маи}}$  – конвектив оқимни ўзгартириш  $Bm$ ,  $dy$  майдонда, қувур ичидаги ички газ оқимидан атроф-муҳитга берилган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$dQ_2 = -G_2 \cdot C_2 \cdot dt \quad (7)$$

бу ерда  $G_2$  – чиқувчи газларнинг сарфи,  $кг/с$ ;  $C_2$  – уларни иссиқлик сифими  $Ж/(кг \text{ } ^{\circ}C)$ . Газ қувурида ҳаракатланаётганда ёниш маҳсулотларининг ҳароратини пасайтириш учун ифодадан топилади.

$$dQ_H = K_l \pi (t_2 - t_{\text{маи}}) d''y \quad (8)$$

бу ерда  $K_l$  – тутун газ қувурларининг цилиндрик девори орқали ёниш маҳсулотларидан ташқи ҳавога иссиқлик узатишнинг чизиқли коэффициентини,  $Bm/(м K)$ ;  $t_2$  –  $dy$  майдондаги, чиқувчи тутун газларининг ҳарорати,  $^{\circ}C$ ;  $t_{\text{маи}}$  – ташқи ҳаво ҳарорати,  $^{\circ}C$ ;

$$t_{\Gamma}^{m.k} = \left( t_{\Gamma}^{a.z.k} - t_{\text{маи}} \right) \exp \left( - \frac{K_l \pi H_{mp}}{G_{\Gamma} C_{\Gamma}} \right), \quad (9)$$

бу ерда  $t_{\Gamma}^{m.k}$  – тутун қувури бош қисмидаги газларнинг ҳарорати,  $^{\circ}C$ ;  $H_{mp}$  – газ чиқариш қувурининг баландлиги,  $м$ ;

Намлик миқдори тенг эканлигини ҳисобга олсак,

$$d_{a.z.k} = \chi \cdot d'_{\text{чик}} + (1 - \chi) \cdot d''_{\text{чик}},$$

шудринг нуктаси ҳароратини оламиз

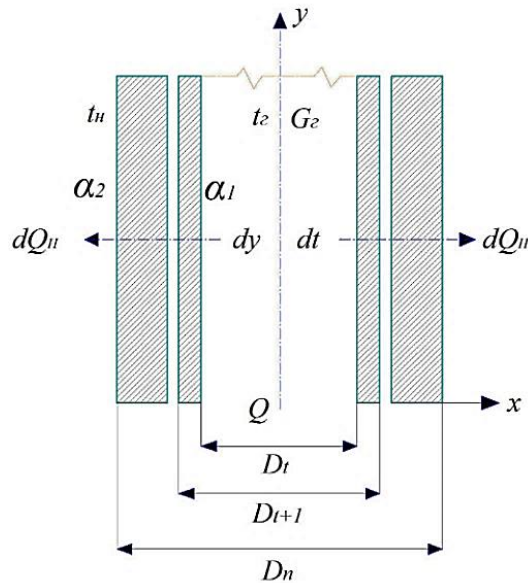
$$t_{\text{и.н}} = 37,1 \cdot \lg \left[ \frac{1000(\chi \cdot d'_{\text{чик}} + (1 - \chi) d''_{\text{чик}})}{(3,77 + 0,085 \alpha_{\text{чик}})} \right], \quad (10)$$

бу ерда  $\alpha_{\text{чик}}$  – ортиқча ҳаво коэффициентини,  $\chi$  – байпасга тутун газ қувури шиберининг очилиш бурчаги.

Қувурда сув буғининг конденсацияланишини олдини олиш учун зарур бўлган байпас орқали ўтган газнинг асосий қисми ишнинг бажарилишига қараб аниқланади.

$$t_{\text{э.м}}^{m.k} = t_{\text{и.н}} + \Delta t, \quad (11)$$

бу ерда  $\Delta t$  - газ чиқариш қувурининг ички юзаси ҳарорати  $t_{\text{и.н}}$  га нисбатан ўсиши  $10 \div 15^{\circ}C$  атрофида ўрнатилади, мўрига қувурдаги гидрат коррозияни йўқ қилади.



**4-расм. Тутун қувурида ёниш маҳсулотларининг иссиқлик алмашинуви схемаси.**

Тутун қувури бошланишидаги девор юзаси ҳарорати:

$$t_{\text{дев}}^{m.k} = t_2^{m.k} - K_1 (t_2^{m.k} - t_{\text{мау}}) \cdot \left[ \frac{1}{K_1} - \frac{1}{\alpha_2 D_2} \right] \quad (12)$$

Сирдарё ИЭС маълумотларига кўра, газ қувурларидаги ҳарорат майдонларининг ўзгаришини ҳисоблаш учун бир қатор натижалар 2-жадвалда келтирилган ва термик қучланиши кўрсатилган 5 - расмда.

**2-жадвал**

$\lambda$	$t_{\text{ш.л}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{Г}}^{\text{а.г.к}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{Г}}^{\text{т.к}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{дев}}^{\text{т.к}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{дев.м}}^{\text{т.к}}, ^\circ\text{C}$	$d_{\text{а.э.к}} \cdot 10^2 \text{ кг} / \text{кг к.г}$
0	41,2	40,3	28,72	11,74	3,82	4,65
0,1	43,1	51,12	38,01	17,29	7,72	5,47
0,2	44,24	62,45	47,05	22,64	11,49	6,23
0,3	46,53	74,36	55,85	27,82	15,13	6,48
0,4	47,67	87,58	64,42	32,82	18,65	7,44
0,5	49,24	96,21	72,77	37,67	22,06	8,53
0,6	50,27	107,15	80,92	42,36	35,36	9,24
0,7	51,46	114,64	88,9	47,13	28,72	9,59
0,8	53,38	128,35	96,24	51,31	31,66	10,27
0,9	54,51	137,21	103,44	55,38	34,53	11,12
1,0	55,6	147,43	110,69	59,46	37,4	11,65

2-жадвалда Сирдарё ИЭСнинг ТГМП-114С қозон қурилмасидаги конденсацион иссиқлик утилизаторини ўрнатиш дастлабки маълумотларда қувурдаги чиқадиган тутун газлари учун ҳароратнинг ўзгаришини ҳисоблаш натижалари:  $H_{\text{пр}}=320\text{м}$ . Қувурининг баландлиги, чиқадиган тутун газларининг ҳарорати  $64^\circ\text{C}$ , ташқи ҳаво ҳарорати  $0^\circ\text{C}$ .

Йилнинг совуқ мавсуми учун конденсацион иссиқлик утилизаторини ишлатганда тутун қувури тузилиши, уланиши ва изоляциядаги ҳарорат ўзгаришини аниқлаш керак. Чегараланмаган ҳарорат деформацияси шароитлари учун тутун қувурининг вертикал профилларида, тутун



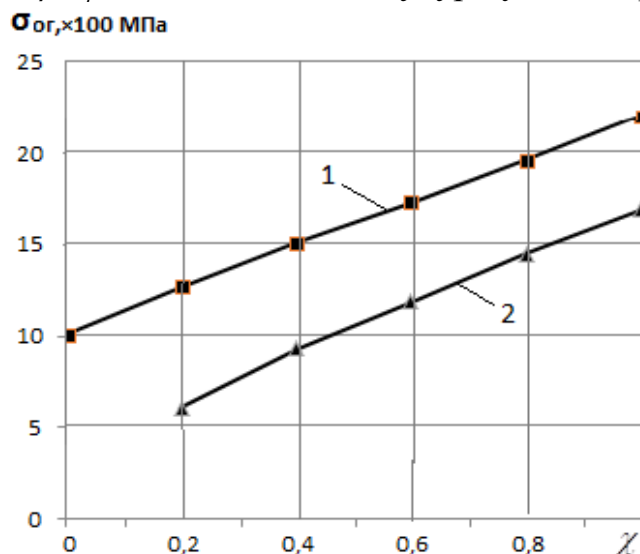
кувурининг қурилишида девор қалинлиги бўйлаб ҳароратнинг нотекис тақсимланиши туфайли ҳарорат кучланишлари пайдо бўлади. Паст ҳароратларда қувур деворининг ташқи юзасида аниқланган кучланишларини билиш имконини беради.

$$\sigma_{кл.1} = 0,165 \cdot i_{кл.1} \cdot E_0, \quad (13)$$

бу ерда  $E_0$  – эластик модел, МПа;  $i_{кл.1}$  – тутун қувур тузилиши кесимининг ҳароратни узайтириш.

$$i_{кл.1} = \beta_{кл.p} \Delta t \frac{D_1}{D_2}, \quad (14)$$

бу ерда  $\beta_{кл.p}$  – деворларнинг ҳарорат кенгайиши чизикли коэффиценти,  $t=20 \div 200^\circ C$  қийматида  $\beta_{кл.p} = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 1/^\circ C$ ;  $\Delta t$  – қувур бўйлаб ҳарорат градиенти.

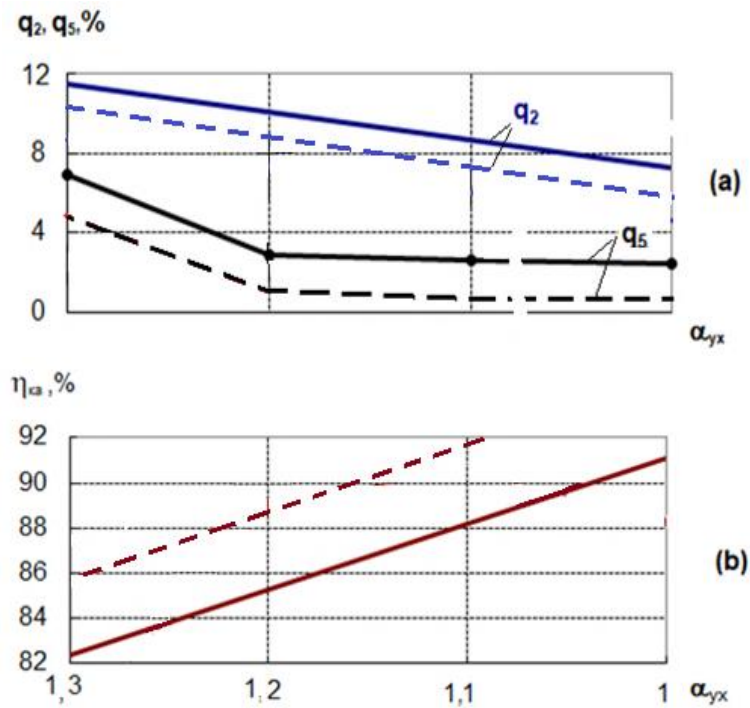


**5-расм.  $\sigma_i^{m.k} \cdot 10^2$  МПа байпасланган  $\chi$  газ параметрларининг улушига боғлиқлиги;  $H_{mp} = 320m$ ;  $V_0 = 10m/c$ ;  $t'_{ч.э} = 150^\circ C$  ва конденсацион иссиқлик утилизаторидан кейинги ташқи ҳаво ҳарорати  $t''_{ч.э} = 60^\circ C$ : 1 –  $t_{маш} = -15^\circ C$ ; 2 –  $t_{маш} = 0^\circ C$ .**

$$\Delta t = t_{дев.ич} - t_{дев.таш}.$$

бу ерда  $t_{дев.ич}$ ;  $t_{дев.таш}$  - қувур деворларининг тузилишини ички ва ташқи юзаси ҳарорати;  $D_1$ ,  $D_2$  – тутун қувур тузилишининг ички ва ташқи диаметрлари.

Диссертациянинг «ИЭСларининг қозон қурилмаларида конденсацион иссиқлик утилизаторларини ўрганиш бўйича тажриба тадқиқотларни ўтказиш» номли учинчи бобида қозонларни тадқиқот характерига эга иссиқлик техник синовлари натижасида янги конструкциялар, уларни элементларини ва янги ўлчамларни ишлатиш ва ҳоказоларни қайта ишлаш ёки текшириш зарурияти келиб чиқади.



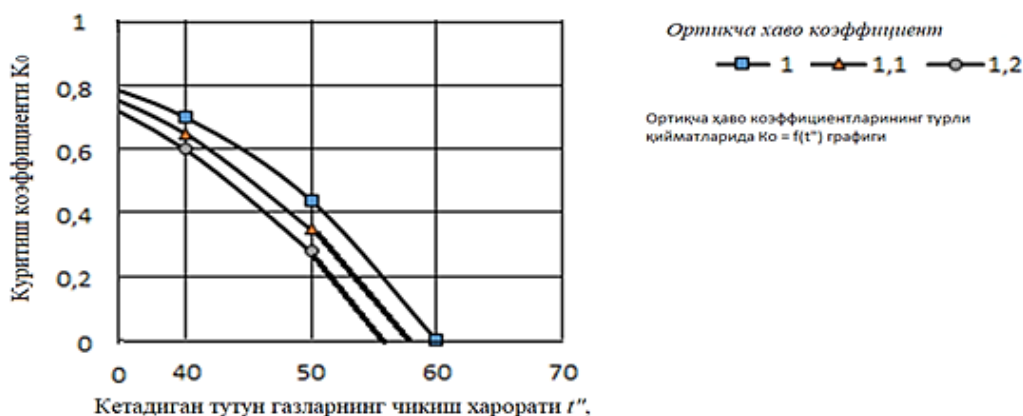
**6-расм. Тошкент ИЭМдаги НЗЛ-650-32 қозонларини юкламасида тажриба боғлиқликлари**

**3-жадвал**

Конденсацион утилизаторнинг иссиқлик ишлаб чиқаришида НЗЛ-650-32 қозон қурилмаси учун тутун газларининг совутиш ҳарорати.

Параметр	Қиймати					
Чиқиб кетадиган тутун газларнинг охириги ҳарорати $t''$ , $^{\circ}C$	40	42	44	46	48	50
Конденсат сарфи $G_k$ , $кг/с$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
Конденсацион иссиқлик утилизаторнинг назарий қуввати, $кВт$	24,5	22,8	20,6	18,3	16,5	14,8
Кетадиган газларнинг қуритиш коэффиценти, $K_0$ , $Вт/(м^2 \text{ } ^{\circ}C)$	0,65	0,59	0,52	0,47	0,41	0,34

Тутун газларининг бошланғич намлиги (1кг қуруқ газ учун килограммга) ва шунингдек, шудринг нуктасининг ҳарорати ёниш маҳсулотларида ортиқча ҳаво коэффиценти ва сезиларли кичик даражада табиий газ таркиби ҳамда пуфлаш ҳавосининг намлик таркибига боғлиқ.



**Расм.7. Тажриба орқали олинган боғлиқликлар билан, чиқадиган тутун газларининг қуриш коэффициентлари ўзгарганда уларнинг якуний ҳароратига боғлиқлиги графиги.**

7 ва 6-расмларидаги тажриба натижасида олинган турли хил ортикча хаво коэффициентларида чиқиш ҳароратига қараб чиқадиган тутун газларининг чуқур қуриш коэффициенти жадвалида боғлиқликлар кўрсатилган

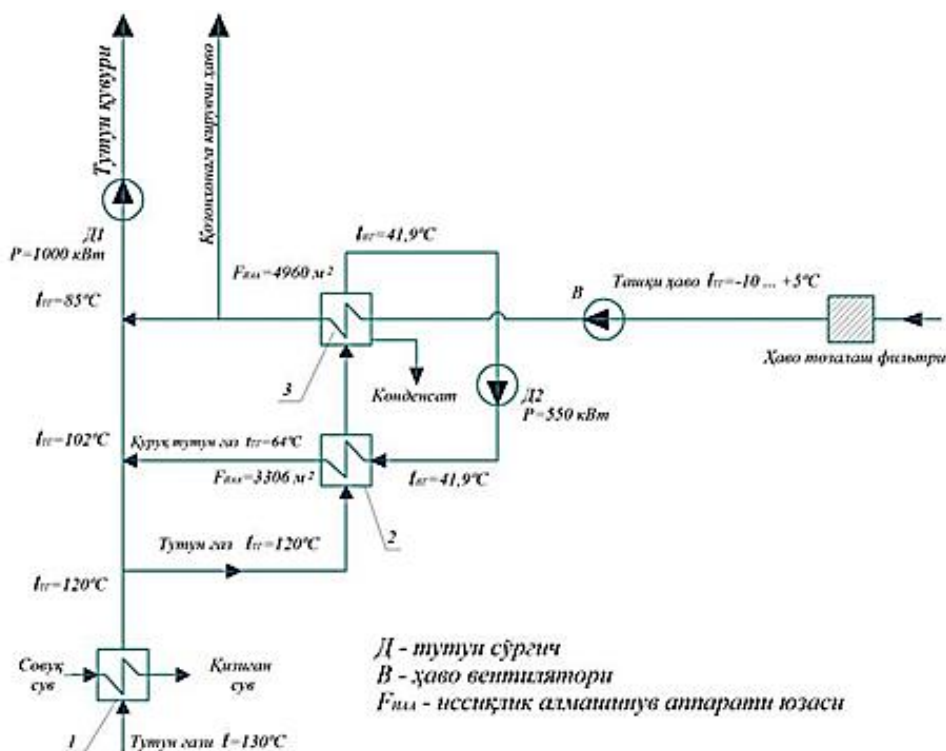
$$K_0 = d'' / d'$$

Диссертациянинг «ИЭС мавжуд қозон қурилмаларида конденсацион иссиқлик утилизаторини улаш чизмаларини танлаш усуллари» номли тўртинчи бобида иссиқлик утилизатор қурилмалари иссиқлик аэродинамик ва гидравлик ҳисоб-китоблар асосида танланади.

Сирдарё ИЭСда ТГМП-114С қозон қурилмаси чизмасида тутун газларининг бир қисми сув экономайзердан кейин олинади ва ўтхонага тутун газини қайта айлантурувчи вентилятор (ВГД) орқали юборилади. Қозонда тутун газларини қайта ишлаш чизмаси танланди, қайта ишлайдиган тутун газлари қозонхонанинг асосий ўтхонасига бир вақтда ҳар бир горелка остида ва ҳар бир олтига горелкадан марказий каналга бир вақтнинг ўзида берилади.

Иссиқлик утилизаторининг биринчи босқичида иситиш иссиқлик ташувчи сифатида тармоқ насосидан кейин айланма тармоқ суви ишлатилади. Қозоннинг иссиқлик чизмасини ҳисоблаш натижалари кириш ҳарорати 50°C ва оқим тезлигига -10,3 кг/с бўйича қабул қилинади.

8-расмда кўрсатилган ушбу чизмада қозонхонанинг газ трактига харажатлари камайтириш учун нам тутун газларининг бир қисми (учинчи қисм) икки иссиқлик алмашинув аппаратларидан ташкил топган конденсацион утилизаторга берилади. Тутун газларининг биринчи киришида экономайзер (Э) ва иссиқлик алмаштирув аппарати (ИАА) да қуришдаги иссиқлик энергияси ҳисобига нам газларнинг дастлабки совутиш ҳолати содир бўлади. Иккинчи иссиқлик алмашинув рекуператив конденсатор (К) бўлиб, унда тутун газлари таркибидаги сув буғлари конденсацияланганда вентилятор (В) томонидан аралаштириш камерасидан (АК) олинган ҳаво 25÷35 °C ҳароратгача иситилади. Иситиш ҳавосининг катта қисми станция цехларида иссиқлик таъминоти учун вентиляция сифатида берилади, сўнгра қозонга, қолганлари эса чиқувчи тутун қувурига ташланади.



**8-расм. Тутун газларини қуритишнинг технологик чизмаси:** 1-экономайзер; 2-иссиқлик алмашинуви аппарати; 3-конденсацион иссиқлик утилизатори

Ҳаво  $-5$  дан  $-15^{\circ}\text{C}$  гача бўлган ҳароратда атмосферадан олинади. Ташқи ҳаво ҳарорати  $-15^{\circ}\text{C}$  дан паст бўлса, уни аралаштириш камерасида конденсат ёки тўғридан-тўғри цехдан илиқ ҳаво аралаштириш керак.

Керакли босим пасайишини таъминлаш учун қозон қурилмасида мавжуд бўлган  $D1$  тутун сўргичига ёрдам сифатида иссиқлик алмашинув аппаратларини аэродинамик қаршилигини бартараф этиш учун зарур бўлган  $D2$  тутун сўргичи чуқур совутилган тутун газлари учун конденсатордан кейин керакли босим ва ишлаб чиқаришини ўрнатади.

4-жадвалда Сирдарё ИЭС ТГМП-114С қозон қурилмаси чизмаси бўйича ҳисоб-китоблар натижалари келтирилган.

**4-жадвал**

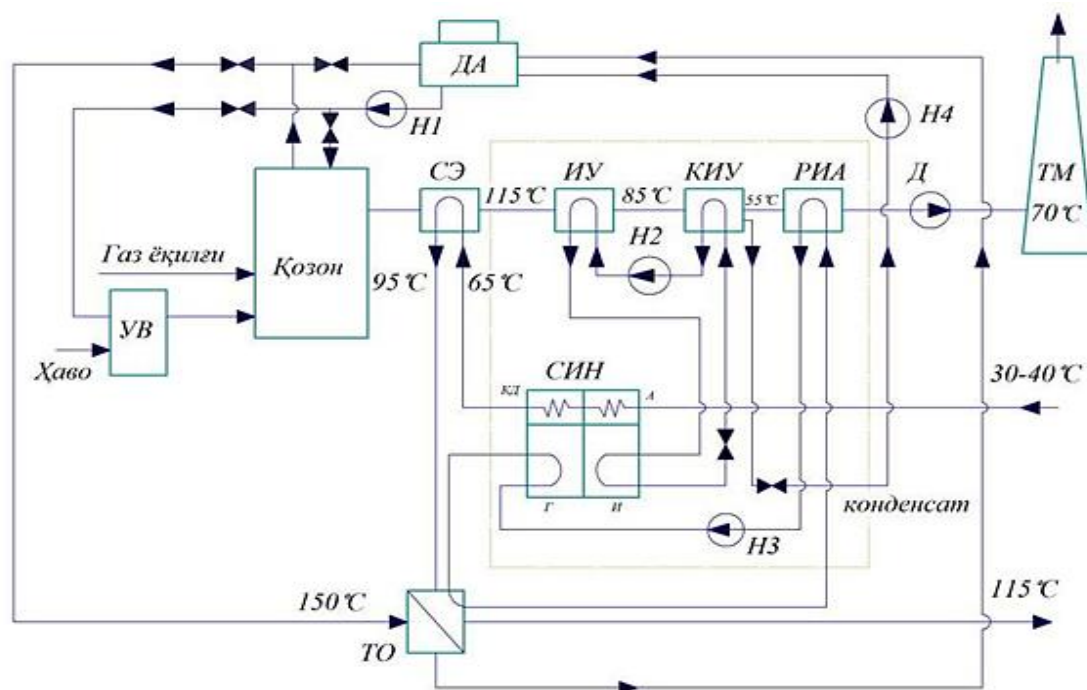
Тутун газларининг бошланғич ҳароратининг ТГМП-114С қозон учун конденсацион иссиқлик утилизатор ишига таъсири.

$t_1, ^{\circ}\text{C}$	$Q_k, \text{MВт}$	$t_2, ^{\circ}\text{C}$	$t_3, ^{\circ}\text{C}$	$t_{к.х}, ^{\circ}\text{C}$	$t_к, ^{\circ}\text{C}$
150	9,72	135,80	97,09	29,90	40,65
130	9,26	118,30	85,15	27,70	41,86
110	9,18	100,80	73,24	25,47	45,05
90	8,67	83,17	61,28	23,30	48,20

бу ерда  $t_1$  – қозон қурилмасидан чиқадиган тутун газларининг ҳарорати,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $Q_k$  – конденсацион иссиқлик алмашинув аппаратининг иссиқлик ишлаб чиқариш миқдори,  $\text{MВт}$ ;  $t_2$  – қуритилган газлар билан аралаштирилгандан кейинги тутун газларининг ҳарорати,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_3$  – қиздирилган ҳаво билан аралаштирилгандан кейинги тутун газларининг ҳарорати,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{к.х}$  – қиздирилган ҳаво ҳарорати,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_к$  – қуритилган тутун газларининг ҳарорати,  $^{\circ}\text{C}$ ;

Конденсацион иссиқлик алмашинув аппаратининг иссиқлик ишлаб чиқариш қуввати вентиляторлари орқали атмосферадан ўртача ҳарорат  $-10^{\circ}\text{C}$  да олинadиган совуқ ташқи ҳаво тезлиги ошиши билан ортади. Шу билан бирга, вентиляторга берилadиган қўшимча электр энергия истеъмоли қурилма иқтисодига сезиларли таъсир кўрсатмайди.

Совутиш жараёни самарадорлигини ошириш мақсадида Тошкент ИЭМ учун совутиш ва иситиш насос қурилмаларини (СИН) уланган ҳолдаги чизмасини ишлаб чиқилди.



**9-расм. Тошкент ИЭМ қозон қурилмалари учун абсорбцион иссиқлик насосли конденсацион қозонхона.** СЭ – сув экономайзери, ИУ – иссиқлик утилизатори, КИУ – конденсацион иссиқлик утилизатори, СИН – совутиш ва иситиш насоси.

9-расмда кўрсатилгандек, иссиқлик ташувчи узатувчи тармоқлари СИН генератор орқали қайта ишланадиган рекуператив иссиқлик алмашинув аппарати (РИА), асосий чиқувчи газлар йўлига конденсацион иссиқлик утилизатори (КИУ) ўрнатилган. СИНга қарама-қарши томонга қўшимча равишда, совутиш цикли, бундан ташқари, КИУ конденсацион иссиқлик утилизаторидан кейин чиқадиган тутун газлари туфайли иситиш амалга оширилади, бу иссиқлик энергетик қурилмаларида газ ёқилғисини ёқишда чуқур совутиш тизимлари ва иссиқликни утилизациясини қўллаш самарадорлигини ошириш имконини беради. ва иссиқлик алмашинув аппаратлари утилизаторида ишлатилadиган иссиқлик конденсатордаги иситиш тизимидан қайтиб совутиш сувига ўтказилади, у таъминот қувури орқали ўтадиган абсорберда СИНнинг ишлаш циклида иситилгандан кейин юборилади. Уни кейинги иситиш қувур орқали экономайзерга ва қувур бўйича айланма сув талаб этадиган ҳароратгача қиздирилади, охириги иситиш икки қувурли иссиқлик таъминоти тизимида қувур бўйича юза иссиқлик алмашинув аппаратида  $115\div 140^{\circ}\text{C}$  ҳароратда амалга оширилади.

Бу СИН орқали юза ва конденсацияланадиган циркуляцион муҳитни иссиқлик алмаштиргич-утилизаторларида совутиш жараёнларининг

ишончилигини таъминлаш имконини беради, ва рекуператив РИА иситилади. Бу қозоннинг иш ҳолатларидан қатъий назар амалга оширилади, хом сув ёки паст бошланғич ҳароратли иссиқ сув таъминотида фойдаланиш мумкин эмас.

Шу билан бирга, таъминот сувининг термик деаэраторидаги, қувур линияси билан асосий тутун газ қувурига боғланади, буғлатгичдан кейин СИН совутиш ўртача айланиш сув буғлари конденсати қувур орқали юборилади. Деаэрациядан (ДА) кейин, декарбонизацияланган сувнинг аксарияти қувурлари орқали насос билан қозонни ёқиш учун берилади.

8-расмда кўрсатилганидек, абсорбцион иссиқлик насосидан фойдаланиш техник ечим билан таққослаганда қозон қурилмасидаги газ йўлида тутун газларини совутиш ва иситиш самарадорлигини оширади.

Шундай қилиб, «Узбекэнерго» АЖ 29.05.2019 йилдаги RM-01-21/2750-сон маълумотномаси асосида Сирдарё ИЭС ва Тошкент ИЭМда иқтисодий самарадорлик йилига 298,7 минг  $m^3$  табиий газ ҳамда 38,9 минг  $m^3$  таъминот суви, ўз навбатида 2019 йил нархларига кўра 120,28 миллион сўмни ташкил этади.

## ХУЛОСА

Техника фанлари фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси «Конденсацион иссиқлик утилизаторларини қўллаш орқали иссиқлик электр станциядаги ёқилғидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш» илмий иш натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилган:

1. Сирдарё ИЭС учун қиш мавсумида ташқи ҳаво ҳисобига тутун газларни конденсацион иссиқлик утилизаторида совутиш схемаси ишлаб чиқилди. Натижада, бу схема асосида 17200  $Gcal$  энергия тежаб қолинди.

2. Тутун газларни совутиш ва иситиш учун қуввати 1280  $kW$  абсорбцион иссиқлик насосидан фойдаланиб, Тошкент иссиқлик электр марказидаги НЗЛ-650-32 русумли қозон агрегатида конденсацион иссиқлик утилизаторини улаш схемаси ишлаб чиқилди. Натижада, тутун газларни шудринг нуқтасидан паст ҳароратгача совутиш имконини берди.

3. Конденсацион иссиқлик утилизатори конструкив кўрсаткичларини иссиқлик беришга таъсири, ҳамда уни иссиқлик алмашинув юзаси самарадорлигига боғлиқлиги аниқланди. Натижада, конденсацион иссиқлик утилизаторининг самарадор геометрик ўлчамлари қабул қилинди.

4. Конденсацион иссиқлик утилизаторидан кейин ёниш маҳсулотларидаги сув буғларини конденсацияланиш шароитида, чиқувчи тутун газларни ҳароратга боғлиқлиги аниқланди. Натижада, қозон агрегатида ёқилғидан фойдаланиш самарадорлигини 3-4 % га ошириш имконини берди.

5. Конденсацион иссиқлик утилизаторни қозон агрегатида улашни конструктив ва иссиқлик ҳисоблаш услублари яратилди. Натижада, ҳисоблаш аниқлигини ортишига эришилди.

6. Олиб борилган тадқиқотлар асосида таклиф этилган қурилмаларни амалиётга тадбий этилишидан олинандиган умумий иқтисодий самарадорлик ошишига ва энергия сарфини камайишига имконият яратилди. Натижада йилига 298,7 минг  $m^3$  табиий газ, ҳамда 38,9 минг  $m^3$  таъминот суви тежаб қолинди.

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

---

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

**НОРМУМИНОВ ЖАХОНГИР АБДУСАМИЕВИЧ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОПЛИВО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ТЭС ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНДЕНСАЦИОННЫХ  
ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРОВ**

**05.05.04 - Промышленная теплоэнергетика**

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

**Ташкент–2020**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистана за № В2017.2.PhD/T277**

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

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

**Научный руководитель:**

**Захидов Ромэн Абдуллаевич**  
доктор технический наук, академик

**Официальные оппоненты:**

**Узоков Гуломжон Норбоевич**  
доктор технический наук, профессор

**Исаходжаев Хайрулла Суннатуллаевич**  
доктор философии (PhD) по техническим наукам

**Ведущая организация:**

**АО «Теплоэлектропроект»**

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года в \_\_\_ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.03.03 при Ташкентском государственном техническом университете и ООО «Научно–технический центр». (Адрес: 100095,г.Ташкент ул. Университетская 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32 e-mail: [tstu\\_info@tdtu.uz](mailto:tstu_info@tdtu.uz)).

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

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года.  
(реестр протокола рассылки № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года).

**К.Р. Аллаев**

Председатель научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, профессор, академик

**О.Х. Ишназаров**

Ученый секретарь научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, старший научный сотрудник

**Р.П. Бабаходжаев**

Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, доцент



## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире важное место имеет эффективное использование вторичных энергоресурсов в производственных и промышленных предприятиях, а также уменьшение количества загрязняющих вредных газов, влияющее на окружающую среду. В этом аспекте в развитых странах при применении современных технологий «в теплоэлектростанциях (ТЭС) с помощью конденсационных утилизаторов за счет уменьшения теплоты уходящих дымовых газов на 3-7 % достигнуто повышение коэффициента полезного действия котлоагрегатов»<sup>1</sup>. В мире все научные и инженерные исследования направлены на нахождение путей рационального использования природных и энергетических запасов, а также на создание экологически эффективных устройств, обеспечивающих жизнедеятельность человека. В том числе, в зарубежной практике особое внимание обращается на использование конденсационных утилизаторов для повышения энергоэффективности котлоагрегатов за счет освоения теплоты уходящих дымовых газов.

В мире проводятся исследования по методам использования конденсационных теплоутилизаторов в котлоагрегатах ТЭС, определению и моделированию влияющих параметров на процесс конденсации, охлаждению дымовых газов до температуры точки росы, а также по разработке современных технологий, уменьшающих энергопотребление станций. В этой отрасли, изучены научные проблемы охлаждения дымовых газов с помощью теплообменников, но они имеют недостатки. В этой связи актуальной задачей является использование конденсационных теплоутилизаторов в котлоагрегатах ТЭС.

В нашей республике развитие технологических разработок энергетической отрасли является главной целью экономики. В этой связи, осуществляются работы по выборочной установке эффективных геометрических параметров конденсационных теплоутилизаторов в котлоагрегатах ТЭС и уменьшению энергопотребления станции. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах отмечены задачи «... в ближайшем будущем в качестве первоочередной задачи ставится сокращение объемов потребления энергии и ресурсов в экономике, внедрение энергосберегающих технологий при выработке энергии и широкое использование возобновляемых источников энергии...»<sup>2</sup>. В свете вышеуказанного реализация на практике, в частности, утилизация теплоты в уходящих газах (посредством конденсационного теплоутилизатора, теплового насоса) на нужды станции является важной задачей для повышения эффективности топливо использования.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, поставленных в Указе Президента Республики Узбекистан

---

<sup>1</sup> <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-raboty-energeticheskikh-kotelnyh-agregatov-pri-szhiganii-prirodnogo-gaza-metodom-ispolzovaniya-skrytoy/viewer>

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

№ УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», от 26 мая 2017 года УП №3012 «2017-2021 годы развития энергетики на основе возобновляемых источников энергии Стратегия действий по развитию Республики Узбекистан, меры по внедрению современных энергоэффективных и энергосберегающих технологий», Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан № ПП-3379 от 8 ноября 2017 года «О мерах по обеспечению рационального использования энергоресурсов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

**Соответствие исследования перспективным направлениям развития науки и технологии республики.** Данное исследование выполнено в соответствии приоритетным направлением развития науки и технологий республики II «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

**Степень изучения проблемы.** В настоящее время в мире наблюдается острая необходимость в научных работах в области интенсификации процесса утилизации теплоты уходящих газов на теплоисточниках. Активные исследования проводятся в Томском и Ульяновском государственных технических университетах (Россия), Delft University of Technology (Нидерланды), University Victoria (Австралия), Energy Research and Development Authority (США), Гомельском государственном техническом университете (Беларусь), Ташкентском государственном техническом университете и «Научно – техническом центре» ООО (Узбекистан). Вопросы применения конденсационных утилизаторов на котлоагрегатах рассматривались в работах Nipun G., Mohammad S., Robert A.S. Jiange X., Аронова И.З., Антонова В.А., Алексеева Ю.Н., Баскакова А.П., Бухаркина Е.Н., Мунца В.А., Кудинова А.А., Соснина Ю.П., Филипповского Н.Ф., Беспалова В.В. и др.

Вопросы использования конденсационного теплоутилизатора в котлоагрегатах теплоэлектростанций рассмотрены в исследованиях узбекских ученых Захидова Р.А., Исмаходжаева С.К., Мухитдинова Д.Н. и других.

Вместе с тем, не смотря на значительные достижения анализ работ показал, что в не достаточной степени изучены вопросы энергопотребления котлов ТЭС с учетом влияния наиболее важных факторов, а также влияние конструктивных показателей котлоагрегата и режимов работы на эффективность конденсационного теплового утилизатора.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ Общества с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр» по проекту АЗ-ФА-0-15754 «Разработка новых методов и технических решений для систем теплохладоснабжения производственных объектов» (2012-2014 гг.).

**Целью исследования** является разработка научно обоснованных способов повышения эффективности топлива за счет использования теплоты

уходящих дымовых газов в теплоэлектростанциях при применении конденсационных теплоутилизаторов.

**Задачи исследования:**

изучение режимов технологических процессов производства тепловой энергии на газовых котлоагрегатах;

разработка математической модели тепло- и массообменных процессов утилизации теплоты уходящих газов в газоходах котлоагрегатов;

проведение режимно-наладочных испытаний на котлоагрегатах ТЭС, для определения содержания дымовых газов и температурных режимов;

разработка структурных схем подключения теплоутилизаторов в котлоагрегаты и усовершенствование методики теплового расчета схемы с конденсационным теплоутилизатором;

изучение тепловых режимов газов по температуре работы тепловой системы котла;

разработка алгоритма расчёта эффективных конструктивных показателей конденсационных теплоутилизаторов.

**Объектом исследования** является применение конденсационных поверхностных теплоутилизаторов при повышении эффективного использования тепла уходящих дымовых газов из котлоагрегатов ТЭС.

**Предмет исследования** состоит из обоснования действующих научно-технологических схем использования конденсационных теплоутилизаторов для повышения эффективности котлоагрегатов на ТЭС республики при утилизации выбросов тепловой энергии.

**Методы исследования.** Используются численные методы расчета теплотехнических характеристик конденсационных теплоутилизаторов, процессов нагрева и охлаждения уходящих дымовых газов в газоходах котлоагрегатов, тепловые расчеты предлагаемых схем для энергоэффективного утилизирующего оборудования.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработаны технические решения применения с байпасной линией конденсационных теплоутилизаторов к паровым котлоагрегатам для условий Узбекистана на основе ТЭС;

разработана математическая модель теплотехнических процессов в конденсационном теплоутилизаторе и газоходах котлоагрегата в условиях конденсации уходящих газов ниже точки росы;

разработаны методики теплового и конструктивного расчета конденсационных теплоутилизаторов;

разработаны новые схемы использования тепловых насосов для эксплуатации в различных режимах на основе анализа известных схем подключения конденсационных теплоутилизаторов уходящих дымовых газов;

получены энергоэффективные рациональные геометрические размеры конденсационных теплоутилизаторов.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана математическая модель процессов конденсации при температурах ниже точки росы температуры отходящих дымовых газов;  
разработан алгоритм теплового и конструктивного расчетов в сочетании с эффективными геометрическими направляющими конденсационных теплообменников при тепловой обработке дымовых газов;  
с целью повышения энергоэффективности котельного устройства разработана рациональная схема использования конденсационного теплообменника, а также нагрева и охлаждающей машины.

**Достоверность полученных результатов исследования.** Полученные результаты основываются на сравнении численных расчетов с результатами других исследователей данной проблемы, сверки с имеющимися экспериментальными данными.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований определяется для теплоэлектростанций республики точным расчетом геометрических размеров и площадью теплопередающей поверхности конденсационного теплоутилизатора при глубокой утилизации теплоты уходящих дымовых газов для повышения эффективности топливо использования котлоагрегатов. Для использования на котлоагрегатах теплоэлектростанции предложены и разработаны эффективный метод и схема.

Практическая значимость полученных результатов состоит в создании схемы применения теплового насоса для охлаждения и нагрева уходящих газов вместе с конденсационным теплоутилизатором. Разработанный метод позволяет повысить эффективность котлоагрегатов ТЭС и снизить расходы топлива.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных научных результатов по установке конденсационных утилизаторов тепла на пути отходящих дымовых газов в котельных установках и применению нагрева и охлаждающего насосного устройства:

№8 ТГМП-114С предложено установить на предприятии в системе АО «Узбекэнерго», в частности энергоблок АО «Сырдарьинская ТЭС» (справка РМ -01-21/2750-номер от 29.05.2019 года, объединение АО «Узбекэнерго»). В результате при использовании конденсационного теплоутилизатора потребление природного газа в год сокращается до 245,6 тыс. м<sup>3</sup>, а воды до 28 тыс. м<sup>3</sup>.

№1,2,4 предложено установить на предприятии в системе АО «Узбекэнерго», в частности энергоблок АО «Ташкентский ТЭЦ» (справка РМ -01-21/2750-номер от 29.05.2019 года, объединение АО «Узбекэнерго»). В результате при использовании конденсационного теплоутилизатора потребление природного газа в год сокращается до 53,1 тыс. м<sup>3</sup>, а воды до 10,9 тыс. м<sup>3</sup>.

Для конденсации тепла дымовых газов, выделяющихся из парового котла №1 НЗЛ-650-32, эффективную схему с использованием нагрева и охлаждающей машины предложено установить для предприятия в системе АО «Узбекэнерго», в частности, в энергоблоке АО «Ташкентский ИЭЦ»

(справка РМ -01-21/2750-номер от 29.05.2019 года объединение АО «Узбекэнерго»). В результате была разработана новая технологическая схема, при которой использовался конденсационный теплоутилизатор.

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

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 12 научных работ, в том числе 2 статьи в зарубежных, 4 статьи в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации содержит 116 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** даны разъяснения по актуальности темы диссертации, цели и задачам исследования, показаны объект и предмет исследования, раскрыты методы исследования, научная новизна полученных результатов. Приведены практические результаты исследований, обосновывается их достоверность. Определена научная и практическая значимость результатов исследований. Дана информация по внедрению результатов исследований, их апробации, публикациям по содержанию диссертации. Приведен список опубликованных работ. Показаны структура и объем работы.

В первой главе диссертации под названием **«Современное состояние вопроса разработки конденсационных теплоутилизаторов для котлоагрегатов ТЭС»** приведен обзор известных разработок в области конденсационных теплоутилизаторов на теплоэлектростанциях и опыта исследования процессов и их внедрения в зарубежных странах. В Узбекистане до настоящего времени данная технология, при которой возможно повысить топливоиспользование, на котлоагрегатах теплоэлектростанций не применяется. Показано, что использование конденсационного теплоутилизатора при отборе теплоты паров воды из дымовых газов имеет значительные перспективы.

В номинальном режиме эксплуатации котлоагрегата коэффициент избытка воздуха при смешивании в топливной камере с природным газом находится в диапазоне  $1,05 \div 1,3$ , при этом точка росы уходящих газов составляет  $t_p = 53 \div 55$  °С. Таким образом, для эффективной работы конденсационного теплоутилизатора после конвективной части котла требуется, чтобы температура подогрева воды не была выше  $t_{конд} = 50$  °С. Как показывает зарубежный опыт эксплуатации, удается утилизировать не менее 5 % теплоты, вырабатываемой котлом  $k = 0,05$ . При имеющемся перепаде температур в трубопроводах системы теплоснабжения для температуры обратной воды  $t_0 = 45$  °С на выходе из котла ее температура должна быть не более

$$t_{0_{\text{вых}}} = \frac{t_{\text{конд}} - t_0}{1,0 - k} + t_0 = \frac{50 - 45}{1,0 - 0,05} + 45 = 50,263 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Отсюда следует, что применение известной схемы подключения поверхностных конденсационных теплоутилизаторов паровых котлов для стандартного перепада температур в отопительной системе 95/70 °С не подходит к условиям республики, поскольку конденсация водяных паров в уходящих дымовых газах имеет место лишь в наиболее холодное время отопительного сезона январь-февраль, когда температура воды в обратном трубопроводе ниже 40÷50 °С. Это ставит ограничение на использование известных за рубежом схем при существующих температурных режимах теплосетей республики.

При правильном режиме эксплуатации в схемах подключения теплоутилизаторов к газоходу котлоагрегата конденсат максимально собирается на охлаждаемых поверхностях рекуперативного теплообменника, а не в дымовой трубе, хотя конденсация при низких температурах наружного воздуха остаточных паров там возможна. По низшей теплоте сгорания газа КПД этих котлов находится пределах 96,4÷99,3 %, т.е. экономия топлива в новом котлоагрегате может достигнуть 5 %. При уменьшении температуры воды в обратном трубопроводе до 20 °С экономия топлива может увеличиться до 15÷20 %. Поэтому для систем низких температур отопления оптимальная температура получаемой горячей воды, используемой на нужды технического персонала, равна 50 °С.

При этом поверхностные теплообменники дают возможность выделить обессоленный конденсат, после декарбонизации по составу близкий к дистиллированной воде. Из сжигаемого 1 м<sup>3</sup> природного газа в котлоагрегатах при охлаждении дымовых газов до температурной точки росы возможно выделить около 1,1 кг конденсата. Если привести к одному килограмму вырабатываемого котлами пара, то объемы выделения воды из уходящих газов составляют порядка ста грамм. Таким образом, появляется возможность уменьшения затрат на процессы химической водоочистки на ТЭС. При этом значение кислотности рН выпадающего конденсата составляет 3,5÷4,3.

Другая проблема состоит в необходимости обеспечить сохранность металлической поверхности отводящих газоходов к дымовым трубам, предотвратив образование конденсата внутри них в период эксплуатации. Для выполнения этого требования необходимо создать условия, когда температура стенок отводящего газохода к дымовой трубе  $t_{cm}$  превышает температуру продуктов сгорания топлива, при которой выпадает конденсат.

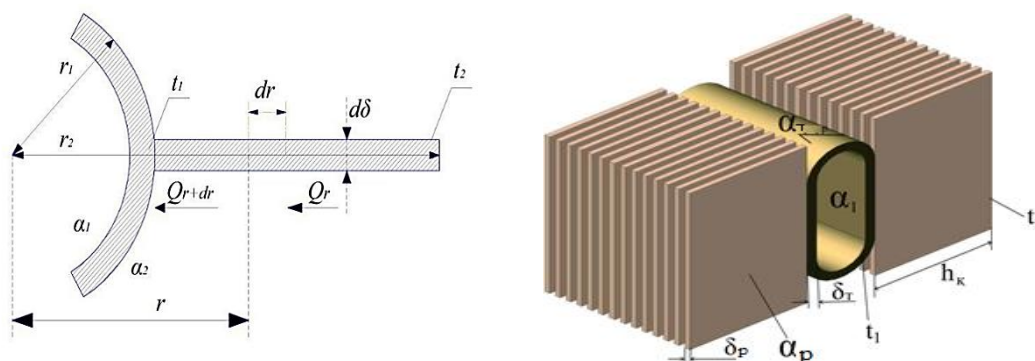
Важность широкого внедрения конденсационных поверхностных теплообменников применительно к традиционным котлам теплоэлектростанций объясняется также вопросами экологии. Конденсационные поверхностные теплоутилизаторы позволяют не только за счет снижения удельного расхода топлива уменьшить вредные выбросы в атмосферу, но также вредные растворения газов в образующейся конденсатной пленке. Определенное количество - до 10 % содержащихся в

продуктах сгорания загрязняющих атмосферу углеродных, азотных и серных окислов остаётся в конденсате. Это способствует уменьшению рН конденсата. При этом проблема нейтрализации конденсата перед его использованием решается применением декарбонизирующих установок. Для максимального снижения концентрации вредных выбросов в котлоагрегатах целесообразно использовать скрубберы для очистки газов путем орошения. Для полного удержания вредных выбросов требуется увеличение площади поверхностных теплообменников и другие условия, чем в контактных теплообменниках.

Предположительно, коэффициент теплоотдачи при переносе теплоты поток дымовых газов конвекцией может быть представлен в расчетах как теплообмен в парогазовой смеси, разделенный на потоки сухих газов и паров воды. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  растет с увеличением влагосодержания газов и снижением их температуры.

При значительном охлаждении на выходе котлоагрегата продуктов сгорания температура используемого хладагента определяет теплотехнические характеристики поверхностных или рекуперативных теплообменников. Конденсация паров воды будет происходить на всей площади рекуперативного теплообменника, когда температура его поверхности  $t_1$  (рис.1) близка к температуре хладагента  $t_{w1}$ , то. Для процессов  $t < t_1 < t_p$  - только в тех местах теплоутилизатора, в которой данные её значения в пластинах ребер и труб теплообменника ниже температурной точки росы. Принимается, что коэффициент теплоотдачи от ребер теплообменника к протекающей в его трубках охлаждающей жидкости (хладагента) существенно больше отдачи теплоты от уходящих газов к поверхности утилизации, температура которой  $t_1$  почти равна температуре воды  $t_{w1}$ .

В отличие от контактного регенеративного теплообменника температура охлаждающей воды или хладагента при уменьшении до температурной точки росы дымовых газов в конденсационном поверхностном теплоутилизаторе не зависит от температуры «мокрого» термометра в них.



**Рис.1. Участок оребренного теплообменника – утилизатора: 1 – горячий теплоноситель (влажный газ); 2 – разделяющая теплообменные среды оребренная стенка; 3 – холодный теплоноситель (жидкость).**

Выделение конденсата из дымовых газов в рекуперативном теплоутилизаторе значительно снижает содержание влаги в продуктах

сгорания, но не исключает возможности появления жидкости на поверхности металлических газоходов к дымовой трубе. Это может происходить особенно в холодное время года. Имеются два надежных способа защиты от коррозии газового тракта после конденсационного теплоутилизатора: нанесение на внутренние поверхности ведущих к дымовой трубе газоходов специальной дорогостоящей гидроизоляции. Другое исключение появления конденсата обеспечивает подогрев уходящих газов либо подогретым воздухом, либо отводимыми по байпасной линии мимо конденсационного теплоутилизатора уходящими газами.

Для эмпирического определения влагосодержания  $d'$  и точки росы  $t_p$  уходящих газов при сжигании топлива в котлоагрегате использованы следующие формулы:

$$d' = (1 + 0,01 \cdot \alpha_{yx}) / (7,83 \cdot \alpha_{yx} - 0,83), \text{ кг/кг сухого газа}, \quad (1)$$

$$t_p = 37,1 \cdot \lg(259 \cdot d'), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2)$$

В качестве широко используемого способа увеличения этой разности применяются байпасированные части уходящих газов в обход конденсационного теплоутилизатора. Как показывает опыт эксплуатации, рациональными являются следующие параметры: после данного теплообменника температура газов  $t''=41 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; массовая байпасная доля в них  $g_n$  такова, что при смешивании с основным потоком газов перед поступлением в газоходы к дымовой трубе их температура была не ниже  $64 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Во второй главе диссертации **«Численные расчеты процессов в конденсационных теплоутилизаторах, устанавливаемых на котлоагрегатах теплоэлектростанций»** представлено математическое моделирование по определению диапазона для реально выполнимых размеров ребер теплообменника, через который проходят с определенной скоростью уходящие газы. При этом должны обеспечиваться максимальные значения удельной теплоты на единицу массы металла, отводимой развитой поверхностью конденсационного теплоутилизатора котлоагрегата. Для этого рассчитаны оптимальные размеры ребер поверхностного теплообменника, куда входят высота и толщина ребер, их число, расстояние между ними, при которых передаваемая теплота становится максимальной и делает ребрение наиболее эффективным.

Расчет эффективных в плане утилизации теплоты конструктивных параметров конденсационных теплоутилизаторов проводился на основе табличных данных по теплофизическим параметрам воды и дымовых газов, графиков определения степени черноты углекислого газа, паров воды. Этапы расчета составлены на основе приближенных алгоритмов итерации.

Начало расчета геометрических параметров теплообменников включает уравнение теплобаланса при конвекции между дымовыми газами и хладагентом:

$$Q_2 = Fk_t \Delta t_l = Q_w = G_w c_{pw} (t_{w2} - t_{w1}), \quad (3)$$



где  $F$  - площадь теплопередающей поверхности теплообменника,  $m^2$ ;  $k_t$  - коэффициент теплопередачи,  $Bm/m$ ;  $\Delta t_l$  - температурный градиент через теплообменник,  $^{\circ}C$ ;  $G_w$  - расход охлаждающей воды через теплообменник,  $кг/с$ ;  $c_{pw}$  - теплоемкость воды,  $Bm \cdot c / (кг \cdot K)$ ;  $t_{w1}$ ,  $t_{w2}$  - температура воды на входе и выходе из теплообменника.

В ходе применения алгоритма при описании зависимости между удельным объемом и энтальпией воды применялись интерполяционные выражения

$$v = A_w + B_w p_1 + C_w p_1^2 + D_w p_1^4, \quad p_1 = 5 - p/10, \quad (m^3/кг);$$

$$I_w = E_w + F_w p_1 + G_w p_1^2 + K_w p_1^4, \quad (кДж/кг).$$

Сравнение расчетных данных приведено в таблице 1.

**Таблица 1**

Результаты расчета	$Q, MB$ $m$	Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи, $Bm/(m^2 K)$				$\Delta t, ^{\circ}C$	$F, m^2$	$n, шт$	$l_{z1}, m$
		смеси $\alpha_2,$	ТО $\alpha_1,$	ребер $\alpha_r,$	труб $k_t,$				
Классический расчет	42,2	4505	80,9	9,7	86,5	443	1067	85,6	76,8
Расчет	41,9	4807	82,2	11,4	92,4	440,1	1019,8	84,5	74,6

При «классических» методах расчета использованы известные из литературы номограммы для нахождения  $\alpha_k$ ,  $e_p$ , которые определяют погрешность в результатах.

Теплопроизводительность утилизатора включает количества теплоты через пластины ребер и промежуточной части трубы среди них:

$$Q_{pc} = Q_p + Q_c = nQ_{p1} + \alpha_k 2\pi r_1 t_1 (L_t - n\delta_p) \quad (4)$$

Теплота, переданная от каждого ребра (рис.2), равняется:

$$Q_{p1} = 2\pi r_1 \lambda \delta_p \left( \frac{dt}{dr} \right)_{r=r_1} = 2\pi r_1 \lambda \delta_p m \mathcal{G}_1 \Psi,$$

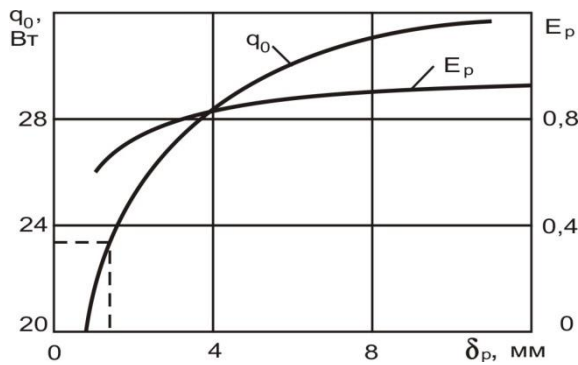
где теплотехнические параметры теплообменника

$$\Psi = \frac{I_1(s_2)K_1(s_1) - I_1(s_1)K_1(s_2)}{I_0(s_1)K_1(s_2) + I_1(s_2)K_0(s_1)}, \quad m = \sqrt{2\alpha / \delta_p \lambda}.$$

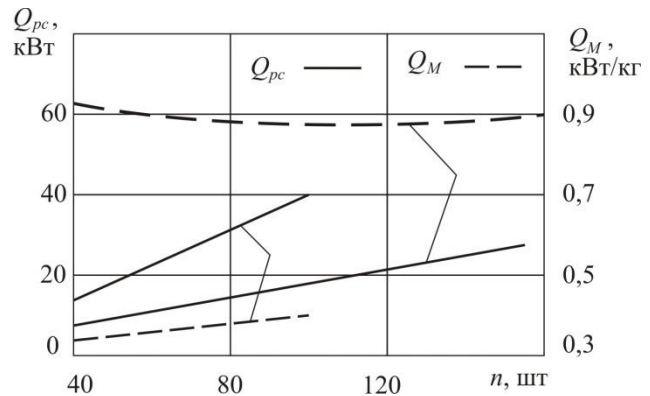
Эффективность в каждом ребре находится по формуле:

$$E_p = \Psi \frac{2r_1}{m(r_2^2 - r_1^2)}, \quad (5)$$

При подборе либо изготовлении таких теплообменников встают вопросы нахождения их рациональных геометрических параметров, предъявляется требование их компактности, т.е. возможно наименьших габаритных размеров.



**Рис.2. Зависимость отведенной теплоты и эффективности радиального ребра от его толщины**



**Рис.3. Зависимость абсолютной  $Q_{pc}$  и удельной по массе  $Q_m$  теплопроизводительности от количества ребер теплоутилизатора**

При оптимизации толщины прямоугольного ребра с радиальным профилем трубок конденсационного теплообменника, утилизирующем максимальный тепловой поток, определен численный вариант постановки граничной задачи. Верхний предел наиболее рациональной толщины радиального ребра (рис.2) составляет 3,8 мм, для которого соответствует значение отвода количества теплоты  $q_0 = 28,5 \text{ Вт}$ .

С утончением ребра естественно уменьшается общая утилизация ребром тепловой энергии уходящих дымовых газов  $Q_{pc}$ , однако расчеты показывают, что при этом удельная теплопередача ребра возрастает.

На рис.3. обозначены: толщины ребра 1 –  $\delta_p = 5 \text{ мм}$ ; 2 –  $\delta_p = 1 \text{ мм}$ . При этом его шаг  $s_p$  изменялся в диапазоне: вариант 1 – от 21 до 4 мм; вариант 2 – от 23 до 4 мм. Было принято значение скорости уходящих дымовых газов – 9 м/с. Для биметаллической трубы определено значение при напылении алюминием коэффициента теплоотдачи  $\alpha_t = 42,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . При этом уточненная толщина ребра составляет 0,46 мм.

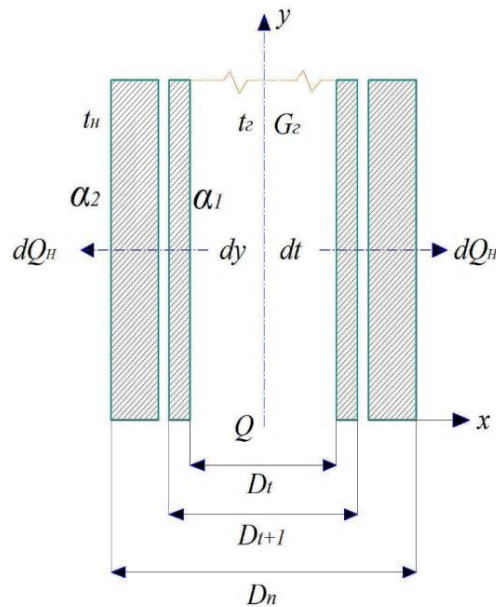
Также выполнено моделирование процессов теплообмена для определения температурных условий долгой эксплуатации газоотводящих труб котельных установок с подключением конденсационных теплоутилизаторов, анализ процессов выпадения конденсата из движущихся в трубе уходящих дымовых газов. Выбран метод сохранения металлоконструкций газоходов от гидратной коррозии на основе байпасирования части продуктов сгорания. При минимальном приращении  $dy$  в направлении ухода газов для заданного сечения газохода, показанного на рис. 4, уравнение теплоравновесия состоит из

$$dQ_e = dQ_n, \quad (6)$$

где  $dQ_e$  - изменение тепловой энергии в продуктах сгорания топлива, Вт, на участке  $dy$  соответствующем приращению температуры на  $dt, ^\circ\text{C}$ ;  $dQ_n$  - изменение конвективного потока, Вт, на участке  $dy$ , от внутреннего газового потока в дымовой трубе в окружающую среду

$$dQ_e = -G_e \cdot C_e \cdot dt, \quad (7)$$

где  $G_2$  – расход уходящих газов,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $C_2$  - их теплоемкость,  $\text{Дж}/(\text{кг} \text{ } ^\circ\text{C})$ .



**Рис. 4. Схема теплообмена продуктов сгорания в дымовой трубе.**

Формула понижения температуры продуктов сгорания при их движении в газоходе.

$$d_{осн} = \chi \cdot d'_{yx} + (1 - \delta) \cdot d''_{yx}, \quad (8)$$

где  $K_l$  - коэффициент теплопередачи от дымовых газов через цилиндр дымовой трубы во внешнюю среду, имеющей линейный характер,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;  $t_2$  - температура уходящих дымовых газов, на участке  $dy$   $^\circ\text{C}$ ;  $t_n$  - температура воздуха снаружи,  $^\circ\text{C}$ .

$$t_{Г}^{оз} = (t_{Г}^{осн} - t_n) \exp\left(-\frac{K_l \pi H_{mp}}{G_{Г} C_{Г}}\right), \quad (9)$$

где  $t_2^{оз}$  - температура газов в оголовке дымовой трубы,  $^\circ\text{C}$ ;  $H_{mp}$  - высота газоотводящей трубы, м.

Учитывая, что влагосодержание равно

$$d_{осн} = \chi \cdot d'_{yx} + (1 - \chi) \cdot d''_{yx},$$

получаем температуру росы

$$t_p = 37,1 \cdot \lg \left[ \frac{1000(\chi \cdot d'_{yx} + (1 - \chi)d''_{yx})}{(3,77 + 0,085\alpha_{yx})} \right], \quad (10)$$

где  $\alpha_{yx}$  - коэффициент избытка воздуха,  $\chi$  - угол открытия шиберга газохода в байпас.

Пропускаемая через байпас часть газов, необходимая для исключения конденсации паров воды в газоходе, определяется на основе выполнения условия:

$$t_{с2}^{оз} = t_p + \Delta t, \quad (11)$$

где  $\Delta t$  - повышение температуры внутренней поверхности газоотводящей трубы по отношению к  $t_p$ .  $\Delta t$  задается в пределах  $10 \div 15^\circ\text{C}$ , что исключает гидратную коррозию в газоходах к дымовой трубе.

Температура поверхности стенки в оголовке начала дымовой трубы равна:

$$t_{cm}^{oz} = t_{\Gamma}^{oz} - K_l(t_{\Gamma}^{oz} - t_H) \cdot \left[ \frac{1}{K_l} - \frac{1}{\alpha_2 D_2} \right] \quad (12)$$

Ряд результатов расчета изменения температурных полей в газоходах к дымовой трубе, по данным Сырдарьинской ТЭС, представлен в табл 2, а график термических напряжений показан на рис. 5.

**Таблица 2**

Результаты расчета изменения температуры для уходящих дымовых газов в трубе при исходных данных установки конденсационного теплоутилизатора на котлоагрегате ТГМП-114С Сырдарьинской ТЭС: высота трубы  $H_{mp}=320\text{м}$ , температура уходящих дымовых газов  $64^\circ\text{C}$ , наружная температура воздуха  $0^\circ\text{C}$

$\lambda$	$t_p, ^\circ\text{C}$	$t_{\Gamma}^{очн}, ^\circ\text{C}$	$t_{\Gamma}^{ог}, ^\circ\text{C}$	$t_{ст}^{ог}, ^\circ\text{C}$	$t_{стм}^{ог}, ^\circ\text{C}$	$d_{очн} \cdot 10^2 \text{ Кг} / \text{Кг с.г}$
0	41,2	40,3	28,72	11,74	3,82	4,65
0,1	43,1	51,12	38,01	17,29	7,72	5,47
0,2	44,24	62,45	47,05	22,64	11,49	6,23
0,3	46,53	74,36	55,85	27,82	15,13	6,48
0,4	47,67	87,58	64,42	32,82	18,65	7,44
0,5	49,24	96,21	72,77	37,67	22,06	8,53
0,6	50,27	107,15	80,92	42,36	35,36	9,24
0,7	51,46	114,64	88,9	47,13	28,72	9,59
0,8	53,38	128,35	96,24	51,31	31,66	10,27
0,9	54,51	137,21	103,44	55,38	34,53	11,12
1,0	55,6	147,43	110,69	59,46	37,4	11,65

Для холодного сезона года при эксплуатации конденсационного теплоутилизатора требуется определить перепады температур на конструкции дымовой трубы, её футеровки и изоляции. Для условий невынужденной температурной деформации в вертикальных профилях дымовой трубы проявляются температурные напряжения из-за неравномерного распределения температур вдоль толщины стенки в конструкции дымовой трубы. При низких температурах на наружной поверхности стенки дымовой трубы дают знать напряжения растяжения, определяемые

$$\sigma_{кл.1} = 0,165 \cdot i_{кл.1} \cdot E_0, \quad (13)$$

где  $E_0$  - упругий модуль, МПа;

$i_{кл.1}$  - температурное растяжение сечения конструкции дымовой трубы.

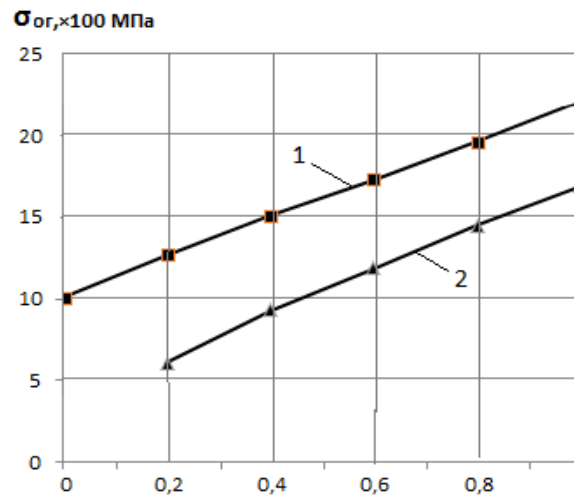
$$i_{кл.1} = \beta_{кл.п} \Delta t \frac{D_1}{D_2}, \quad (14)$$

где  $\beta_{кл.р}$  - линейный коэффициент температурного расширения стенок, составляет в пределах  $t = 20 \div 200^{\circ}C$  значение  $\beta_{кл.р} = 5 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}C$ ;

$\Delta t$  - температурный градиент вдоль трубы.

$$\Delta t = t_{ст.в} - t_{ст.н}.$$

где  $t_{ст.в}$ ;  $t_{ст.н}$  - температуры внутренней и внешней поверхности стенок конструкции трубы;  $D_1$ ,  $D_2$  - внутренний и внешний диаметры конструкции дымовой трубы.

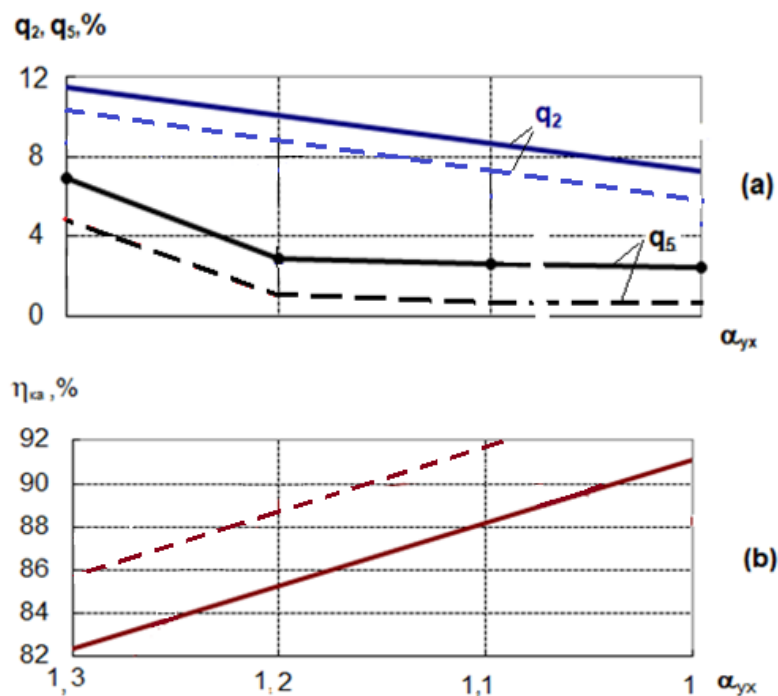


**Рис. 5.** Зависимость  $\sigma_i \cdot 10^2 \text{ МПа}$ , от доли байпасируемых  $\chi$  газов параметров;  $H_{мп}=320 \text{ м}$ ;  $V_0=10 \text{ м/с}$ , до  $t'_{yx}=150^{\circ}C$  и после  $t''_{yx}=60^{\circ}C$  конденсационного теплоутилизатора при наружной температуре воздуха  $t_n$ : 1 -  $t_n=-15^{\circ}C$ , 2-  $t_n=0^{\circ}C$ .

В третьем главе диссертации «Проведение экспериментальных исследований на котлоагрегатах теплоэлектростанций по исследованию потенциала конденсационных утилизаторов тепла» рассматриваются теплотехнические испытания котлов, проведение которых вызывается необходимостью обработки или проверки новых конструкций, их элементов, использования новых закономерностей и т.д., т.е. имеющих исследовательский характер.

Начальное влагосодержание дымовых газов (в килограммах на 1 кг сухих газов) и, следовательно, температура точки росы существенно зависит от коэффициента избытка воздуха в продуктах сгорания и в значительно меньшей степени - от состава природного газа и влагосодержания дутьевого воздуха.

Начальное влагосодержание дымовых газов (в килограммах на 1 кг сухих газов) и, следовательно, температура точки росы существенно зависят от коэффициента избытка воздуха в продуктах сгорания и в значительно меньшей степени - от состава природного газа и влагосодержания дутьевого воздуха.

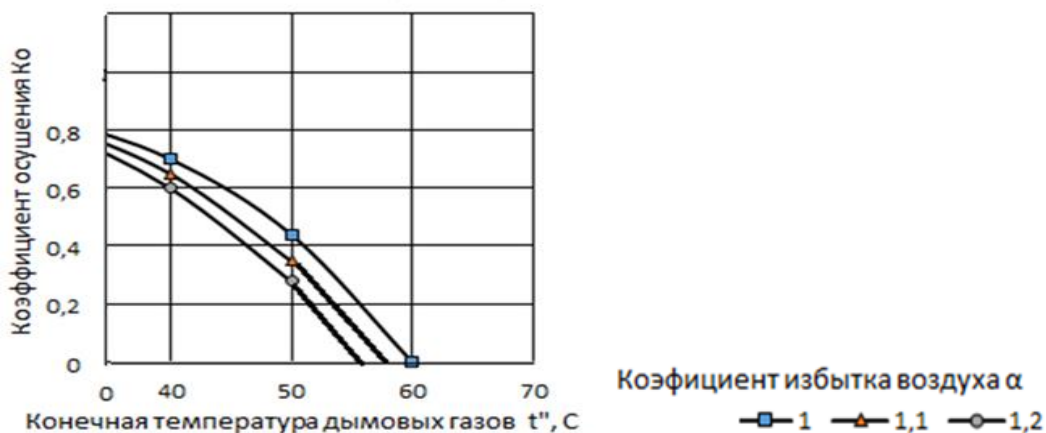


**Рис.6. Экспериментальные зависимости на ТашТЭС при нагрузке котла НЗЛ-650-32**

**Таблица 3**

Температура охлаждения дымовых газов на тепло-производительность конденсационного утилизатора для котлоагрегата НЗЛ-650-32.

Параметр	Значение					
Конечная температура уходящих дымовых газов после конденсационного теплоутилизатора $t''$ , °C	40	42	44	46	48	50
Расход конденсата $G_k$ , кг/с	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
Теоретическая мощность конденсационного теплоутилизатора, кВт	24,5	22,8	20,6	18,3	16,5	14,8
Коэффициент осушения дымовых газов, $K_0$	0,65	0,59	0,52	0,47	0,41	0,34



**Рис.7. Полученный по экспериментальным данным график зависимости коэффициента осушения уходящих дымовых газов от их конечной температуры при изменении коэффициента избытка воздуха.**

На рис.7 показан полученный по экспериментальным зависимостям (рис.6.) график коэффициента глубины осушения уходящих дымовых газов в зависимости от их температуры на выходе при различных коэффициентах избытка воздуха

$$K_0 = d'' / d'.$$

В четвертом главе диссертации «**Методика выбора схем подключения конденсационного теплоутилизатора на действующих котлоагрегатах ТЭС**» производится выбор теплоутилизационных установок на основе теплового, аэродинамического и гидравлического расчетов.

На Сырдарьинской ТЭС в схеме котлоагрегат ТГМП-114 часть дымовых газов отбирается за водяным экономайзером и подается вентилятором рециркуляции дымовых газов (ВГД) в топку. На котле осуществлена реконструкция схемы рециркуляции дымовых газов – рециркулирующие дымовые газы подаются в топку корпуса котла одновременно в шлицы под каждой горелкой и в центральный канал каждой из шести горелок.

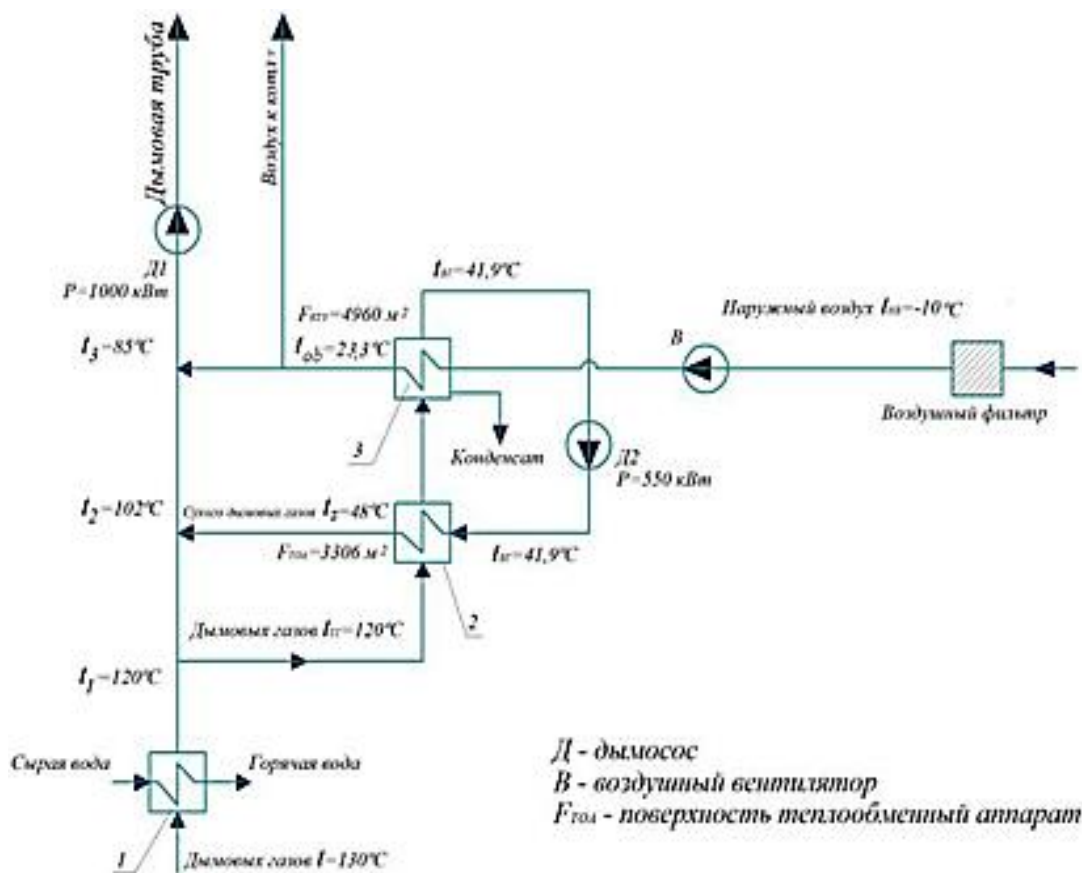
В качестве нагреваемого теплоносителя в первой ступени теплоутилизатора используется обратная сетевая вода после сетевого насоса. Ее температура на входе равна 50 °С и расход – 10,3 кг/с приняты по результатам расчета тепловой схемы котлоагрегата.

В данной схеме, показанной на рис.8, для снижения затрат принимается то, что в газовый тракт котлоагрегата врезается отвод, по которому часть влажных дымовых газов (третья часть) подается на конденсационный утилизатор, состоящий из двух теплообменных аппаратов. В первом по ходу дымовых газов экономайзере (Э) и теплообменнике (ТО) происходит предварительное охлаждение влажных газов за счет тепловой энергии осушенных. Второй теплообменник представляет собой рекуперативный конденсатор (К), в котором при конденсации содержащихся в дымовых газах водяных паров происходит подогрев воздуха, забираемого из камеры смешения (СМ) вентилятором (В), до температуры 25÷35 °С. Значительная часть нагретого воздуха в качестве приточной вентиляции подается на теплоснабжение в цех станции и далее в котел, остальное сбрасывается в дымоход.

Воздух забирается из атмосферы с температурой от -5 до -15 °С. Если температура наружного воздуха ниже -15 °С, то к нему необходимо подмешивать в камере смешения теплый воздух из конденсатора или непосредственно из цеха.

В поддержку имеющегося в котлоагрегате дымососа Д1 для обеспечения необходимого перепада давлений, требуемого для преодоления аэродинамического сопротивления теплообменников ТО и К, устанавливается дымосос Д2 нужного напора и производительности после конденсатора на сухие охлажденные дымовые газы.

Результаты расчетов по схеме для котлоагрегата ТГМП-114С Сырдарьинской ТЭС приведены в таблице 4.



**Рис.8. Технологическая схема установки осушения дымовых газов:**  
 1-экономайзер; 2-теплообменный аппарат; 3-конденсационный теплоутилизатор.

**Таблица 4**

Влияние начальной температуры дымовых газов на работу конденсационного теплоутилизатора для котла ТГМП-114С

$t_1, ^\circ\text{C}$	$Q_k, \text{MWm}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_3, ^\circ\text{C}$	$t_{n.b}, ^\circ\text{C}$	$t_s, ^\circ\text{C}$
150	9,72	135,80	97,09	29,90	40,65
130	9,26	118,30	85,15	27,70	41,86
110	9,18	100,80	73,24	25,47	45,05
90	8,67	83,17	61,28	23,30	48,20

Здесь  $t_1$  - температура уходящих дымовых газов из котлоагрегата,  $^\circ\text{C}$ ;  
 $Q_k$  - теплопроизводительность конденсационного теплообменника, МВт;  
 $t_2$  - температура уходящих дымовых газов после смешения с осушенными газами;  $t_3$  - температура уходящих дымовых газов после смешения с подогретым воздухом;  $t_{n.b}$  - температура подогретого воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_s$  - температура осушенных дымовых газов,  $^\circ\text{C}$ .

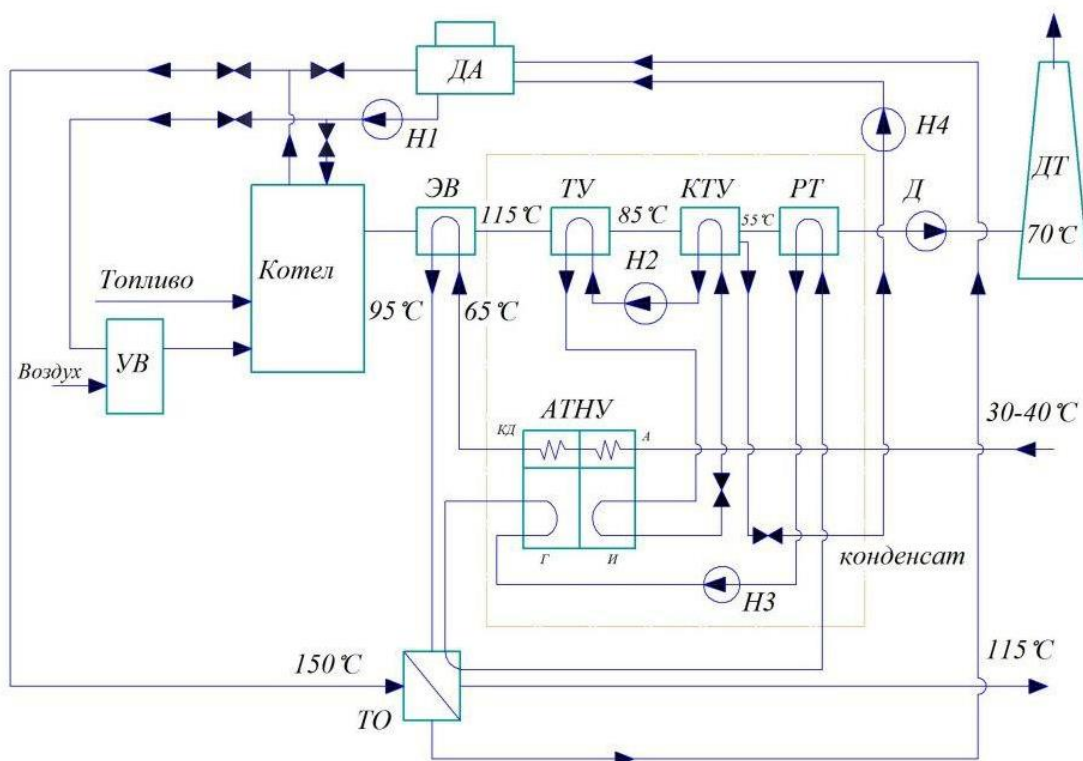
Теплопроизводительность конденсационного теплообменника возрастает с повышением скорости подачи вентилятором холодного наружного воздуха, который забирается из атмосферы с температурой в среднем  $-10\ ^\circ\text{C}$ . При этом дополнительный расход электроэнергии на



вентиляторы не оказывает заметного влияния на экономичность установки.

Чтобы повысить эффективность охлаждающих процессов применительно к ТашТЭЦ разработана схема с подключением абсорбционных теплонасосных установок (АТНУ), к испарителю которого подключены к газоходам для охлаждения в поверхностном ТУ и конденсационном КТУ теплообменниках-утилизаторах уходящих дымовых газов. Как показано на рис.9, подключаются линии подачи теплоносителя через генератор АТНУ к рекуперативному теплообменнику (РТ), который устанавливается на основном газоходе после конденсационного теплоутилизатора (КТУ).

Этим в АТНУ достигается помимо обратного, холодильного цикла, также подогрев за счет уходящих дымовых газов после КТУ, что позволяет повысить эффективность применения систем глубокого охлаждения и утилизации теплоты в теплоэнергетических установках сжигания газового топлива.



**Рис. 9. Конденсационная котельная установка с абсорбционным тепловым насосом для котлоагрегатов ТашТЭЦ.**

Теплота, утилизированная в теплообменниках-утилизаторах, передается обратной охлаждающей воде теплосети в конденсаторе, направленной туда после подогрева в цикле работы АТНУ в абсорбере, поступающей по трубопроводу. Дальнейший её подогрев происходит при подаче по трубопроводу в экономайзере ЭВ и по трубопроводу окончательный догрев обратной воды до требуемой температуры воды в подающем трубопроводе осуществляют в поверхностном теплообменнике ТО до температуры  $115 \div 140$  °С с подачей по трубопроводу в двух трубной системе теплоснабжения.

Это позволяет через АТНУ обеспечить надежность процессов охлаждения в поверхностном ТУ и конденсационном КТУ теплообменниках-

утилизаторах циркуляционной среды и нагрева в рекуперативном теплообменнике. Это осуществляется независимо от режимов работы котла, при чем исключено использование сырой воды либо воды горячего водоснабжения с низкими начальными температурами.

При этом в термический деаэратор ДА питательной воды, с трубопроводом отвода выпара в основной газопровод, направляют через трубопровод конденсат водяных паров из циркуляционного контура охлаждающей среды из испарителя АТНУ. После деаэрации большую часть декарбонизированной воды подают по трубопроводу с помощью насоса на подпитку котла.

Таким образом, использование абсорбционного теплового насоса повышает эффективность процессов охлаждения и нагрева уходящих дымовых газов в газопроводе котлоагрегата по сравнению с техническим решением, показанным на рис.8.

В результате, АО «Узбекэнерго» 29.05.2019 года РМ-01-21/2750-справка из номера, экономическая эффективность Сырдарьинской ТЭС и Ташкентской ТЭС составит 298,7 тыс.  $m^3$  природного газа в год и 38,9 тыс.  $m^3$  питьевой воды соответственно, 120,28 млн. сумов по ценам 2019 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана схема охлаждения в конденсационном теплоутилизаторе дымовых газов за счет наружного воздуха в зимний период для Сырдарьинской ТЭС, в результате на основе этой схемы за год экономится 17200  $Gcal$  тепла.

2. Разработана схема подключения конденсационного теплоутилизатора на ТашТЭЦ котлоагрегата НЗЛ-650-32 с использованием абсорбционного теплового насоса производительностью 1280  $kW$  для охлаждения и подогрева уходящих дымовых газов, который дает возможность охлаждения температуры ниже точки росы.

3. Определены зависимости влияния конструктивных параметров поверхностного конденсационного утилизатора на тепловую отдачу и эффективность его теплообменной поверхности. В результате приняты эффективные геометрические параметры конденсационных теплоутилизаторов.

4. Определены зависимости температур уходящих дымовых газов после поверхностного конденсационного утилизатора в условиях конденсации водяных паров из продуктов сгорания, который позволяет повысить эффективность использования топлива в котлоагрегатах на 3÷4%.

5. Составлены методики конструктивного и теплового расчетов предлагаемых схем подключения конденсационных теплоутилизаторов, в результате достигнуто повышение точности расчета.

6. Предложенные установки по проводимым исследованиям после внедрения в практику дают возможность увеличить экономическую эффективность и понизить энергозатраты. В результате за год сэкономлено 298,7 тыс.  $m^3$  природного газа и 38,9 тыс.  $m^3$  питательной воды.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREE  
DSc.27.06.2017.T.03.03 AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY**

---

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

**NORMUMINOV JAKHONGIR ABDUSAMIYEVICH**

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF FUEL USE OF THERMAL  
POWER PLANTS THROUGH THE USE OF CONDENSING  
HEAT UTILIZERS**

**05.05.04 – Industrial Thermal Power**

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

**Tashkent – 2020**

**The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2017.2.PhD/T277**

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

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

**Scientific consultant:**

**Zakhidov Romen Abdullayevich**  
doctor of Technical Sciences, academician.

**Official opponents:**

**Uzoqov Gulomjon Norboyevich**  
doctor of Technical Sciences, professor

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

**Leading organization:**

**JSC «Teploelectroproect»**

The defense of dissertation will be take place «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 at \_\_\_\_ o'clock at meeting of Scientific Council at the Scientific Council DSc.27.06.2017.T.03.03 Tashkent State Technical University and LLC «Scientific-Technical Centre». (Address: 2, University str., Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone: (99871) 227-03-41, fax: (99871) 227-10-32, e-mail: [tstu\\_info@tdtu.uz](mailto:tstu_info@tdtu.uz)).

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

Abstract of dissertation was distributed on «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 year.  
(mailing report № \_\_\_\_ on «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 year).

**K.R. Allaev**  
Chairman of Scientific Council on awarding scientific degrees,  
Doctor of technical sciences, Professor, Academician

**O.X. Ishnazarov**  
Scientific secretary of the Scientific Council  
on awarding scientific degrees,  
Doctor of technical sciences, Senior Researcher

**R.P. Babakhodjaev**  
Chairman of the scientific seminar under Scientific Council  
on awarding scientific degrees,  
Doctor of technical sciences, Assistant Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** development and research of methods for increasing the efficiency of large boiler plants and their use of fuel by deep utilization of the emitted heat with flue gases using condensing heat exchangers at thermal power plants.

### **Tasks of the research:**

study of the modes of technological processes of thermal energy production at gas boilers of TPPs;

development of a mathematical model of heat and mass transfer processes utilizing the heat of the flue gases in the gas ducts of boiler units;

conducting operational tests on boiler units of thermal power plants to determine temperature conditions and comparing the results with the calculated ones;

development of structural diagrams for connecting heat exchangers to TPP boiler units and an improved method for thermal calculation of a circuit with a condensing heat exchanger;

study of the modes of heat recovery of flue gases depending on the temperature parameters of the functioning of the boiler and heating system;

development of an algorithm for calculating the rational design parameters of a condensing utilizer;

**The object of the research work** is a condensing surface heat exchanger of flue gases of thermal power plant boilers.

**The scientific novelty of the results** is as follows.

technical solutions have been developed for connecting condensing heat exchangers with a bypass line to steam boilers of thermal power plants for the conditions of the power system of Uzbekistan,

a mathematical model of heat engineering processes in a condensing heat exchanger and boiler flue gas ducts in the conditions of flue gas condensation below the dew point has been developed,

developed methods of thermal and structural calculation of condensation heat exchangers,

new schemes have been developed using heat pumps for operation in various modes based on an analysis of well-known schemes for connecting condensing flue gas heat exchangers,

rational geometric dimensions of condensation heat exchangers were obtained.

**The practical results of the study** are as follows:

a mathematical model of condensation processes was developed at temperatures below the dew point of the temperature of the exhaust flue gases;

an algorithm has been developed for thermal and structural analysis in combination with effective geometric guides of condensing heat exchangers during flue gas heat treatment;

in order to increase the energy efficiency of the boiler unit, a rational scheme has been developed for using a condensing heat exchanger, as well as heating and a cooling machine.

**The reliability of the research results** the results obtained are based on a comparison of numerical calculations with the results of other researchers of this problem, reconciliation with the available experimental data.

**Scientific and practical significance of the research results.**

The scientific significance of the research results is determined for thermal power plants of the republic by accurate calculation of the geometric dimensions and the area of the heat transfer surface of the condensing heat recovery unit with the deep utilization of the heat of the exhaust flue gases to increase the efficiency of the fuel used by boiler units.

For use at boilers of a thermal power plant, a developed effective method and scheme have been proposed. The practical significance of the results obtained is to create a scheme for using, together with a condensing heat exchanger, a heat pump for cooling and heating flue gases. The developed method allows to increase the efficiency of TPP boiler units and reduce fuel consumption.

**Implementation of research results.** Based on scientific results obtained on the installation of condensation heat utilizers on the way of outgoing smoke gases in boiler installations and application of heating and cooling pump device:

No. 8 TGMP-114C was proposed to be installed at the enterprise in the system of JSC “Uzbekenergo”, in particular, the power unit of JSC “Syrdarya TPP” (certificate RM-01-21/2750-number dated May 29, 2019, association of JSC “Uzbekenergo”). As a result, when using condensation heat exchangers, the consumption of natural gas per year is reduced to 245.6 thousand m<sup>3</sup>, and water to 28 thousand m<sup>3</sup>.

It was proposed to install No. 1,2,4 at the enterprise in the system of JSC “Uzbekenergo”, in particular the power unit of JSC “Tashkent CP” (certificate RM-01-21/2750-number dated May 29, 2019, the association of JSC “Uzbekenergo”). As a result, when using condensation heat exchangers, the consumption of natural gas per year is reduced to 53.1 thousand m<sup>3</sup>, and water to 10.9 thousand m<sup>3</sup>.

To condense the heat of the flue gases released from the steam boiler No. 1 NZL-650-32, it was proposed to install an efficient circuit using heating and a cooling machine for the enterprise in the system of JSC Uzbekenergo, in particular, in the power unit of JSC Tashkent TPP (reference RM -01-21 / 2750-number dated May 29, 2019, the union of JSC Uzbekenergo). As a result, a new technological scheme was developed, in which condensation heat exchangers were used.

**Structure and scope of the dissertation.** The structure of the thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, a list of used literature and applications. The scope of the thesis consists 116 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Нормуминов Ж.А., Захидов Р.А., Анарбаев А.И., Юсупов Р. Современные методы утилизации тепла в ТЭС на основе тепловых насосов и конденсационных утилизаторов // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. 2015, №4. С. 132-134 (05.00.00 №21).
2. Нормуминов Ж.А., Захидов Р.А., Анарбаев А.И., Косокина В.К. Схема утилизации теплоэнергии котлоагрегатов ТЭС путем конденсации водяных паров уходящих газов // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. 2016, №3-4. С. 158-162 (05.00.00 №21).
3. Нормуминов Ж.А., Захидов Р.А., Анарбаев А.И., Косокина В.К. Алгоритм расчета тепломассообмена при конденсации продуктов сгорания в газоотводящих трубах котлов // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. 2017, №3-4. С. 96-101 (05.00.00 №21).
4. Нормуминов Ж.А., Анарбаев А.И., Захидов Р.А., Умарджанова Ф.Ш. Анализ опыта применения конденсационных утилизаторов на котлоагрегатах. Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики», 2017, №2. С. 72-77 (05.00.00.№5).
5. Normuminov J.A. Efficiency of Application the Condensing Heat Utilizers in the Existing Boiler's Unit in Heat Power Station // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. 2018, Volume 5, Issue 11. p. 3619-3624 (05.00.00.№8).
6. Нормуминов Ж.А., Захидов Р.А., Анарбаев А.И. Перспективы энергосбережения и водоподготовки при установке конденсационных теплоутилизаторов на теплоэлектростанциях // Российский журнал «Энергосбережение и Водоподготовка», июнь 2019, №3. С. 3-6 (05.00.00.№97).

**II бўлим (II часть; II part)**

7. Нормуминов Ж.А., Анарбаев А.И., Косокина В.К. Расчет эффективности использования конденсационных теплоутилизаторов в котлоагрегатах. Сборник научных трудов XII международного симпозиума по фундаментальным и прикладным проблемам. г.Миасс (Россия). 12-14 сентября 2017. -С. 77-83.
8. Нормуминов Ж.А., Усмонов Н.О., Алимова М.М. Применение схем водородных топливных элементов газовых турбин и солнечных тепловых установок на ТЭС // Сборник статей по материалам LIV Международной научно-практической конференции. Вопросы технических наук. г. Москва (Россия). №1(41), 2017. -С. 55-59.
9. Нормуминов Ж.А., Усмонов Н.О., Алимова М.М. Влияния основных параметров воздуха в работе газотурбинных установок // Сборник статей по материалам LIV Международной научно-практической конференции. Вопросы технических наук. г. Москва (Россия). №1(41), 2017. -С. 60-64.
10. Нормуминов Ж.А., Анарбаев А.И., Косокина В.К. Повышение эффективности котлоагрегатов ТЭС при установке конденсационных теплоутилизаторов//Международная научная-практической конференция Инновация-2017. Сборник научных статей. г.Ташкент, -С. 118-119.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» ва «Энергия ва ресурс тежаш муаммолари» журналлари таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги ўзаро мувофиқлаштирилди (\_\_ . \_\_ 2020 йил)

Босишга рухсат этилди: 10.02.2020 йил  
Бичими 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулда чоп этилди.  
Шартли босма табоғи 3,25. Адади 80. Буюртма № 08-02

“IMPRESS MEDIA” MChJ босмахонасида чоп этилди.  
Тошкент шаҳри, Қушбеги кўчаси, 6-уй.