

Раздел 3. «IT-технологии, энергетика, автоматизация и вычислительная техника»

FTAMP 44.31.35
ЭОЖ: 621.181.3

DOI [10.53002/036](https://doi.org/10.53002/036)

Н.Н. Асабина

Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан
(E-mail: n.assabina@tttu.edu.kz)

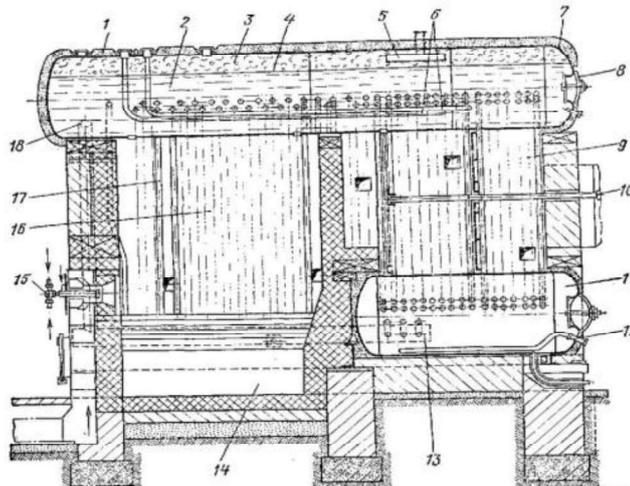
Барабанды қазандықтардың буқыздырғыштарының металл коррозиясы

Барабанды қазандықтардың буқыздырғыштарының металл коррозиясы жылу алмасу жабдықтарының сенімділігі мен тиімділігінің төмендеуіне әкелетін жылу энергетикасы саласының негізгі проблемаларының бірі болып табылады. Мақалада қазандықтардың жұмысына тән жоғары температура мен қысым жағдайында металдардың коррозиялық бұзылуының себептері, механизмдері мен ерекшеліктері қарастырылады. Судың сапасы, агрессивті заттардың болуы және металл беттерінің сипаттамалары сияқты коррозияның қарқындылығына әсер ететін факторларға талдау жасалды. Барабан қазандықтарын пайдаланатын нысандардағы коррозияны эксперименттік талдау нәтижелеріне назар аударылады. Коррозия жылдамдығы, зақымдану дәрежесі және пайдалану параметрлерінің әсері туралы мәліметтер келтірілген. Суды химиялық өңдеуді, коррозияға төзімді материалдарды таңдауды және режимдік шараларды қоса алғанда, металды бұзу процестерінің алдын алу және баяулату әдістері ұсынылған. Нәтижелер жабдықты пайдаланудың барлық кезеңдерінде коррозиямен күресудің жүйелік тәсілінің маңыздылығын растайды.

Түйінді сөздер: коррозия, буқыздырғыштар, барабанды қазандықтар, жылу энергетикасы, металдың бұзылуы, химиялық суды тазарту, коррозияға қарсы шаралар, пайдалану параметрлері

Кіріспе

Металл коррозиясы – бұл жылу энергетикасындағы жабдықтың беріктігі мен тиімділігіне айтарлықтай әсер ететін күрделі электрхимиялық процесс. Тасымалдаушыға жанатын отыннан жылу беріледі, бұл оның қайнауына әкеледі. Осылайша пайда болған бу-су қоспасы барабанға бағытталады, онда тасымалдаушыға өндірілген өнім бөлінеді. Осы жұмыс принципінің арқасында барабанды қазандықтар өнімділіктің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді, ал олардың тиімділігі ПӘК 90% жетеді.



1-сурет. Барабанды қазандықтың құрылымы

Раздел 3. «IT-технологии, энергетика, автоматизация и вычислительная техника»

Барабандармен жабдықталған қазандықтардың ерекшелігі төмен температуралы бу алу мүмкіндігі болып саналады, соның арқасында құрылғыны суық іске қосу айтарлықтай жеңілдетілген. Қолданылатын судың сапасына қойылатын талаптар орташа, өйткені үздіксіз үрлеу арқылы тұздарды жою мүмкіндігі бар. Барабанды қазандықтардың жинақтау қабілеті жоғарылайды, соның арқасында желінің жиілігін реттеу процесінде жүктеменің күрт өзгеруі алынып тасталады [1; 87].

Барабанды буқыздырғышта металл жоғары температурада қатты қыздырылған бумен және жанармай өнімдерімен жанасады, бұл – коррозияға әсірді күшейтеді. Бұл тақырыптың өзектілігі жылу электр станцияларының сенімділігін төмендететін коррозиялық бұзылуларға байланысты ақаулардың көбеюіне және жабдықтың істен шығуына байланысты.

Соңғы зерттеулерге сәйкес, суды тиімсіз тазарту, салқындатқыштың ластануы және ескірген құрылымдық материалдардан туындаған кристаллаларлық, питтинг және оттегі коррозиясы ең көп зиян келтіреді. Бұл зерттеудің мақсаты – бу қыздырғыштардың металл коррозиясының қарқындылығы мен себептерін зерттеу, пайдалану параметрлері мен бұзылу жылдамдығы арасындағы тәуелділікті анықтау және алдын алудың тиімді әдістерін ұсыну [2; 25].

Әдістер мен материалдар

Зерттеу жүргізу үшін барабанды қазандықтары бар ЖЭО қазандық қондырғыларынан алынған эксперименттік деректер пайдаланылды. Бақылау процесінде келесі параметрлер тіркелді: қызып кету температурасы, бу қысымы, қоректік судың құрамы, еріген оттегінің мөлшері және ортадағы рН. Коррозия жылдамдығын өлшеу үшін гравиметриялық талдау (үлгілердің массасын жоғалту бойынша) және электрхимиялық потенциометриялау әдістері қолданылды.

Үлгілердің сипаттамалары:

- Бу қыздырғыштарда қолданылатын 12X1МФ және 20 болат;
- Экспозиция: 12 ай;
- Температура диапазоны: 400-540°C;
- Орта: 14 МПа дейінгі қысымда оттегімен қаныққан бу.

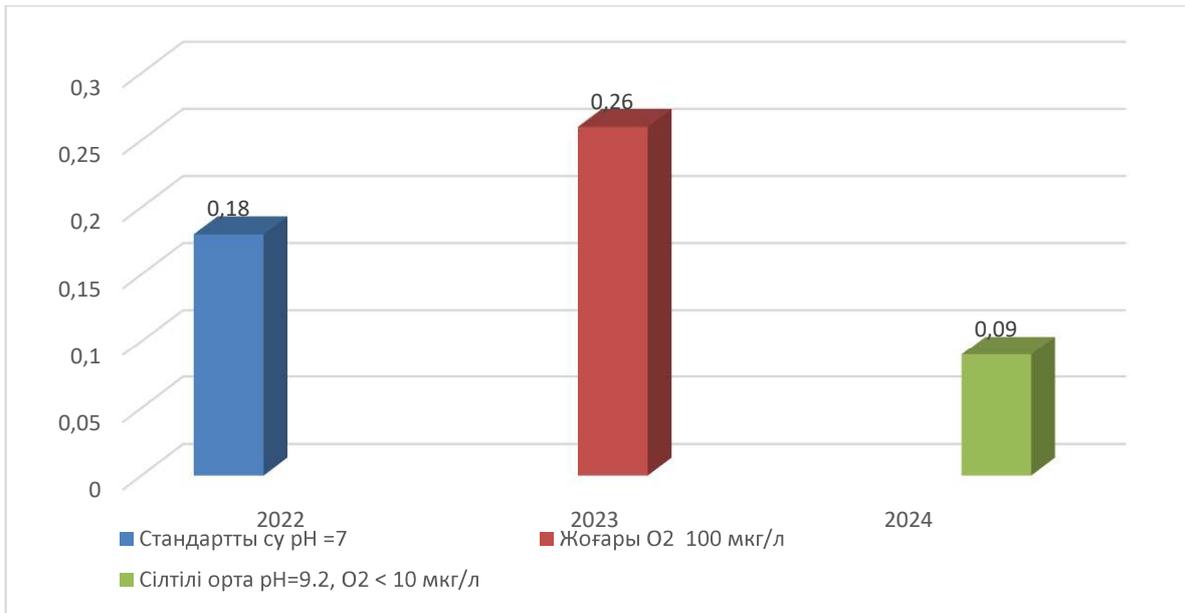
Нәтижелер және талқылау

Жүргізілген зерттеулер барысында барабанды буқыздырғыштардың металл конструкцияларының коррозиялық зақымдануының негізгі аймақтары анықталды. Ең сезімтал аймақтарға мыналар жатады:

- Бу температурасы максималды мәндерге жететін, коррозиялық процестердің термиялық үдеуін тудыратын бу жылытқыштарының кіру учаскелері;
- Бу ағыны жылдамдықты төмендететін, агрессивті конденсаттар мен шөгінділердің пайда болуына ықпал ететін тоқырау аймақтары;
- Гальваникалық коррозияға ұшырайтын гетерогенді металдардың жанасу аймақтары, әсіресе конденсат түрінде электролит болған кезде.

Коррозияның қарқындылығын анықтау үшін гравиметриялық әдістер қолданылды. 1 кестеде пайдалану жағдайларына байланысты коррозия жылдамдығының орташа жылдық мәндері келтірілген:

Раздел 3. «IT-технологии, энергетика, автоматизация и вычислительная техника»



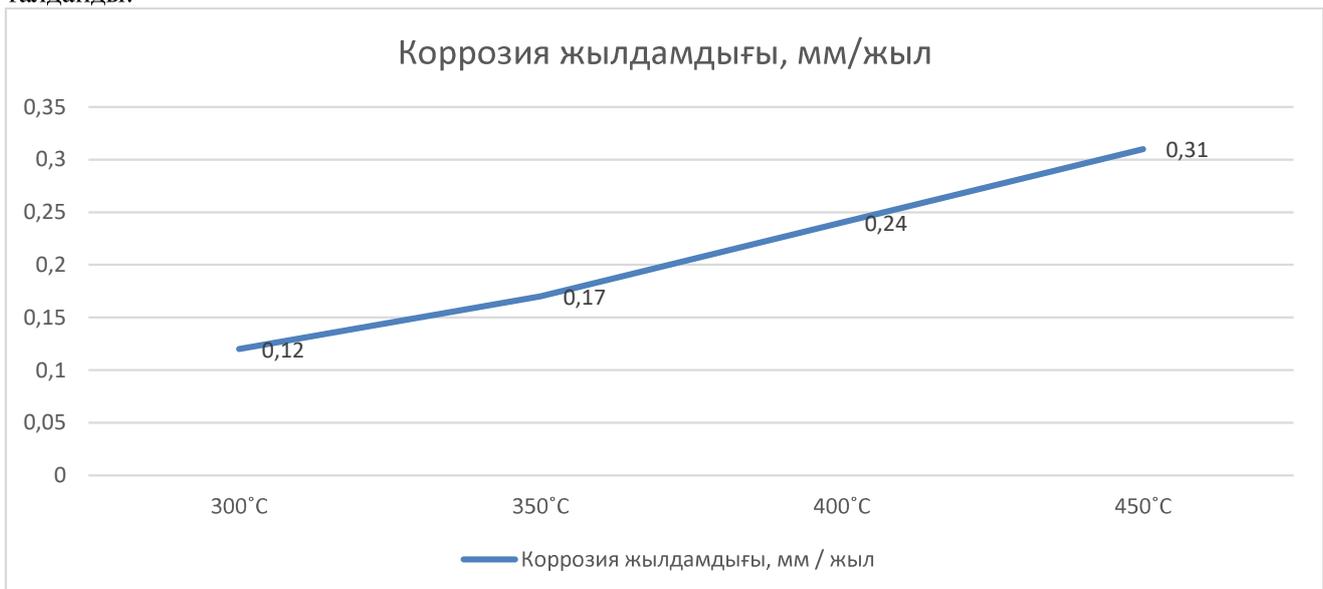
2-сурет. Коррозия жылдамдығының қоректік су параметрлеріне тәуелділігі

2-суретте көрсетілгендей, қоректік судағы оттегінің жоғарылауы коррозия жылдамдығының едәуір артуына әкеледі. 2023 жылы, 100 мкг/л-ге дейін O₂ жоғарылаған кезде, стандартты суда коррозия жылдамдығы 2022 жылы 0,18 мм/жылына салыстырғанда жылына 0,26 мм-ге дейін өсті.

Керісінше, 2024 жылы рН жоғарылағанда (9,2-ге дейін) және еріген оттегі аз (<10 мкг/л) сілтілі орта коррозия белсенділігін жылына 0,09 мм-ге дейін төмендетуге мүмкіндік берді, бұл бастапқы деңгейден 2 есе төмен. Бұл коррозияның алдын алу әдістері ретінде суды деаэрациялаудың және қышқыл-негіз балансын түзетудің тиімділігін растайды.

Осылайша, тоқырау аймақтарын жоюды ескере отырып, қоректік су сапасының параметрлерін оңтайландыру және ағынды геометрияны жобалау барабанды қазандық бужылытқыштарының сенімділігі мен қызмет ету мерзімін айтарлықтай жақсарта алады [3; 402].

Сонымен қатар коррозиялық белсенділіктің жұмыс ортасының температурасына тәуелділігі талданды:



3-сурет. Коррозия жылдамдығының температураға тәуелділігі

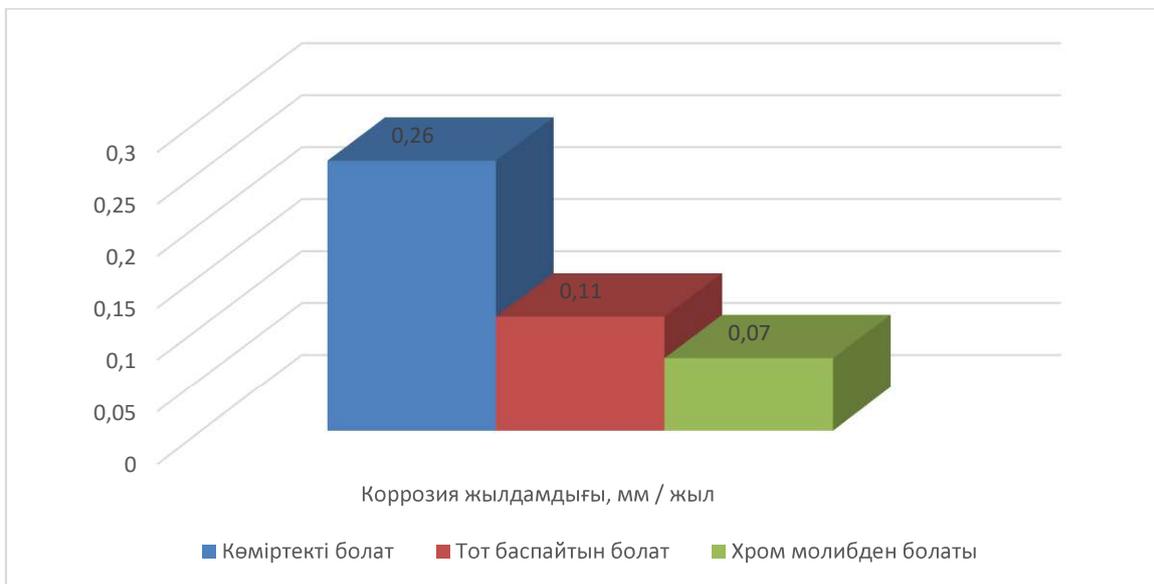
Раздел 3. «IT-технологии, энергетика, автоматизация и вычислительная техника»

3-суреттегі талдау буқыздырғыштардың металл коррозиясының жылдамдығы температураға байланысты қалай өзгередінін көрсетеді.

Көлдененінен температура мәндері көрсетілген: Цельсийде 300, 350, 400 және 450 градус. Тігінен – коррозия жылдамдығы жылына миллиметрмен. 300°C температурада коррозия жылдамдығы жылына 0,12 мм құрайды. Температура 350°C-қа дейін көтерілгенде, жылдамдық жылына 0,17 мм-ге дейін, 400°C-та жылына 0,24 мм-ге дейін, ал 450°C-та ол максималды мәнге жетеді – жылына 0,31 мм [4; 209].

Диаграммдан температураның жоғарылауымен коррозия жылдамдығының тұрақты өсуі байқалады. Себебі жоғары температурада электрхимиялық процестер күшейеді, оксидті қорғаныш қабықшалар жойылады, сонымен қатар металл құрылымына оттегінің өткізгіштігі артады. Осылайша, жоғары температура металдың тез тозуына әкеледі, бұл қосымша қорғауды немесе қазандықтарды осындай жағдайларда пайдалану кезінде ыстыққа төзімді қорытпаларды пайдалануды талап етеді [5; 12].

Металл конструкцияларының беріктігін арттыру үшін әртүрлі материалдар сыналды:



4-сурет. Құбыр материалының коррозия жылдамдығына әсері

4-суретте бужылытқыштардың құрылымында қолданылатын болаттың әртүрлерінің коррозия жылдамдығын салыстыру көрсетілген. Зерттеуде болаттың үш түрі қарастырылды: көміртекті, тот баспайтын және хром-молибден.

Коррозияның ең жоғары жылдамдығы көміртекті болатта байқалды, жылына 0,26 мм. Бұл оның агрессивті орталардың әсеріне төзімділігінің төмендігіне және қорғаныш легирлеуші элементтердің болмауына байланысты. Тот баспайтын болат айтарлықтай жақсы төзімділікті көрсетеді, оның коррозия жылдамдығы жылына 0,11 мм, бұл көміртектіден 2,4 есе төмен. Коррозия жылдамдығы жылына небәрі 0,07 мм болатын хром-молибден болаты жақсы нәтиже көрсетті. Бұл төзімділік легирлеуші элементтердің – хром мен молибденнің болуымен түсіндіріледі, бұл металл бетінде күшті пассивті пленканың пайда болуына ықпал етеді [6; 144].

Осылайша, бужылытқыштардың құрылымында хром-молибден болатының қолданылуы оның коррозияға төзімділігін арттыру арқылы жабдықтың қызмет ету мерзімін едәуір ұзартуға мүмкіндік береді. Материалды таңдау қазандықтарды жобалауда, әсіресе жоғары температура мен агрессивті ортада маңызды факторға айналады.

Осылайша эксперименталды түрде анықталды:

- рН 9,0-ге дейін жоғарылауы және оттегі концентрациясының төмендеуі коррозиялық белсенділікті айтарлықтай төмендетеді;
- ыстыққа және коррозияға төзімді құбыр материалын таңдау (мысалы, хром-молибден болаттары) жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзарту үшін өте маңызды;

Раздел 3. «IT-технологии, энергетика, автоматизация и вычислительная техника»

- металл конструкцияларына коррозиялық жүктемені азайту үшін оңтайлы температуралық режимді сақтау қажет.

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде барабанды қазандықтардың буқыздырғыштарының металл коррозиясы жылу жабдықтарының сенімділігі мен беріктігіне айтарлықтай әсер ететін күрделі мәселе болып табылатындығы анықталды. Коррозиялық процестерді жеделдететін негізгі факторлар температураның жоғарылауы, қоректік суда оттегінің болуы және қолайсыз жұмыс режимдері болып табылады. Коррозияға ең осал болып буқыздырғыштардың кіру учаскелері, тоқырау аймақтары және гетерогенді металдардың жанасу орындары болды. Талдау көрсеткендей, қоршаған орта температурасының жоғарылауы коррозия жылдамдығын едәуір арттырады, 450°C температурада максималды мәндерге жетеді. Хром-молибден болаттарын пайдалану көміртекті және тот баспайтын болатпен салыстырғанда сыну қарқындылығын айтарлықтай төмендетеді. Коррозияның алдын алудың тиімді шаралары қоректік судың сапасын оңтайландыру, құрылымдық материалдарды дұрыс таңдау және тұрақты температура режимін сақтау болып табылады. Коррозиядан қорғаудың жүйелік тәсілі техникалық және ұйымдастырушылық шешімдерді қамтиды. Зерттеу нәтижелері қазандық қондырғыларын жобалау, жаңарту мен қолданысқа енгізу кезінде және олардың сенімділігі мен тиімділігін арттыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. Ангал Р. Коррозия и защита от коррозии : учеб. пособие: пер. с англ. / Р. Ангал. Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2014. — 344 с.
2. О капиллярной дефектоскопии водотрубных паровых котлов / Офрим А.В., Лукьянченко П.А., Черепанов К.В., Хижняков П.В. // Оборуд. и технол. для нефтегаз. комплекса. - 2016. - N 1. - С.25-26.
3. Палагин Г.В., Плешанов К.А. Исследование методики теплового расчета жаротрубного котла с реверсивной топкой // Альтернативная энерг. и экол. - 2017. - N 01-03(213-215). - С.402-404.
4. Захаренко В. А., Пономарев Д. Б., Шкаев А. Г. Пирометрический контроль топочного пространства котлоагрегатов ТЭЦ // Динамика систем, механизмов и машин. 2019. Т. 7, № 4. С. 207-212.
5. Федорова А.Ю., Бушуев Е.Н. Выбор реагентов и технологических условий химической очистки от отложений испарительных труб паровых котлов // Вестник ИГЭУ. - 2018 - Вып. 5. - С. 11-17.
6. Будаева А.Ю., Бушуев Е.Н. Исследование процесса удаления отложений с внутренних поверхностей нагрева паровых котлов // Материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 175-летию со дня рождения Н.Н. Бенардоса. -Иваново, 2017. - Т. 2. - С. 144-147.

Н.Н. Асабина

Исследование коррозии металла пароперегревателей котлов барабанного типа

Коррозия металла пароперегревателей котлов барабанного типа представляет собой одну из ключевых проблем теплоэнергетической отрасли, приводящую к снижению надёжности и эффективности теплообменного оборудования. В статье рассматриваются причины, механизмы и особенности коррозионного разрушения металлов в условиях высоких температур и давления, характерных для работы котлов. Проведён анализ факторов, влияющих на интенсивность коррозии, таких как качество воды, присутствие агрессивных веществ и характеристики металлических поверхностей. Основное внимание уделено результатам экспериментального анализа коррозии на объектах, использующих

Раздел 3. «IT-технологии, энергетика, автоматизация и вычислительная техника»

барабанные котлы. Представлены данные по скорости коррозии, степени повреждений и влиянию эксплуатационных параметров. Предложены методы профилактики и замедления процессов разрушения металла, включая химическую обработку воды, выбор коррозионностойких материалов и режимные мероприятия. Полученные результаты подтверждают важность системного подхода к борьбе с коррозией на всех этапах эксплуатации оборудования.

Ключевые слова: коррозия, пароперегреватели, барабанные котлы, теплоэнергетика, разрушение металла, химводоочистка, антикоррозионные меры, эксплуатационные параметры

N.N. Asabina

Corrosion of Metal in Superheaters of Drum-Type Boilers

The corrosion of metal in superheaters of drum-type boilers represents one of the key challenges in the thermal power industry, leading to reduced reliability and efficiency of heat exchange equipment. This article examines the causes, mechanisms, and specific features of metal corrosion under high-temperature and high-pressure conditions typical for boiler operation. The study analyzes factors influencing the rate of corrosion, such as water quality, the presence of aggressive substances, and characteristics of metal surfaces. Special attention is given to the results of experimental analysis of corrosion processes in facilities operating with drum-type boilers. Data are presented on corrosion rates, the degree of damage, and the impact of operational parameters. Methods for preventing and slowing down metal degradation are proposed, including chemical water treatment, the selection of corrosion-resistant materials, and operational measures. The obtained results confirm the importance of a systematic approach to corrosion control at all stages of equipment operation.

Keywords: corrosion, superheaters, drum-type boilers, thermal power engineering, metal degradation, chemical water treatment, anti-corrosion measures, operational parameters

References

1. Angal R. Korroziya i zashchita ot korrozii: ucheb. posobie: per. s angl. / R. Angal. Dolgoprudnyy: Izdatel'skiy Dom «Intellekt», 2014. — 344 s.
2. O kapillyarnoy defektoskopii vodotrubnykh parovykh kotlov / Ofrim A.V., Luk'yanchenko P.A., Cherepanov K.V., Khizhnyakov P.V. // Oborud. i tekhnol. dlya neftegaz. kompleksa. - 2016. - N 1. - S. 25–26.
3. Palagin G.V., Pleshanov K.A. Issledovanie metodiki teplovogo raschyota zharotrubnogo kotla s reversivnoy topkoy // Alternativnaya energ. i ekol. - 2017. - N 01–03(213–215). - S. 402–404.
4. Zakharenko V.A., Ponomarev D.B., Shkaev A.G. Pirometricheskiy kontrol' topochnogo prostranstva kotloagregatov TETs // Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin. 2019. T. 7, № 4. S. 207–212.
5. Fedorova A.Yu., Bushuev E.N. Vybore reagentov i tekhnologicheskikh usloviy khimicheskoy ochistki ot otlozheniy isparitel'nykh trub parovykh kotlov // Vestnik IGÉU. - 2018. - Vyp. 5. - S. 11–17.
6. Budaeva A.Yu., Bushuev E.N. Issledovanie protsessa udaleniya otlozheniy s vnutrennikh poverkhnostey nagreva parovykh kotlov // Materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., posvyashchennoy 175-letiyu so dnya rozhdeniya N.N. Benardosa. - Ivanovo, 2017. - T. 2. - S. 144–147.