



BUG‘-GAZ QURILMALARINING QOZON-UTILIZATORLARIDA SUVNI DEAERATSIYALASH USULLARINI TADQIQ QILISH

Xujakulov S.M., Pardayev Z.E., Sherqulov B.G‘., Qudratov F.N.

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi, O‘zbekiston

Аннотация. Мақоллада bug‘-gaz qurilmalarining qozon-utilizatorlarida suvni deaeratsiyalash usullari, afzalliklari va kamchiliklari, gorizontal va vertikal konstruksiyadagi qozon-utilizatorlarida deaeratsiyalash usullari o‘zgarishi bilan kuzatiladigan konstruktiv o‘zgarishlar GE Energy, Alstom Power firmalari tomonidan ishlab chiqilgan va ekspluatatsiya qilib kelinayotgan texnologik jarayonning issiqlik sxemalari asosida batafsil yoritib berilgan.

Калит so‘zlar: GKQ-gazli kondensat qizdirgichi, PБBug‘latgich-past bosimli bug‘latgich, PБBQ-past bosimli bug‘ qizdirgichi, YuBE-yuqori bosimli ekonomayzer, YuBБug‘latgich-yuqori bosimli bug‘latgich, YuBBQ-yuqori bosimli bug‘ qizdirgichi, PБB-past bosimli baraban, ichki joylashuvli deaeratsion qurilma, TEN-ta‘minot elektr nasosi, ERN- elektr retsirkulyatsiya nasosi, SSIА-suv-suvli issiqlik almashingich, RTK-rostlovchi ta‘minot klapani, ZBK-zichlama bug‘lari kondensatori.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ДЕАЭРАЦИИ ВОДЫ В КОТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ ПАРОГАЗОВЫХ УСТРОЙСТВ

Хужакулов С.М., Пардаев З.Э., Шеркулов Б.Ф., Кудратов Ф.Н.

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Аннотация: В статье рассмотрены способы деаэрации воды в котлах-утилизаторах парогазовых установок, достоинства и недостатки, конструктивные изменения, наблюдаемые при изменении способов деаэрации в котлах-утилизаторах горизонтальной и вертикальной конструкции, технологического процесса, разработанного и эксплуатируемого компаниями GE Energy Alstom Power подробно объяснены на основе тепловых схем.

Ключевые слова: ГKK-газоконденсатный подогреватель, ИИД-испаритель низкого давления, ППНД-паровой подогреватель низкого давления, ЭВД-экономайзер высокого давления; Испаритель-испаритель высокого давления, ППВД-паровой подогреватель высокого давления; ПББ-барaban низкого давления, устройство внутренней деаэрации, ПЭН-подача электронасоса, ЭРН-электрический рециркуляционный насос, ВТ-водяной теплообменник, ККП-корректирующий клапан подачи, ККП-конденсатор конденсированных паров.

RESEARCH OF WATER DEAERATION METHODS IN BOILER UTILITIES OF STEAM-GAS DEVICES

Khuzhakulov S.M., Pardaev Z.E., Sherkulov B.G., Qudratov F.N.

Karshi Engineering Economics Institute, Karshi, Uzbekistan

Abstract. In the article, the methods of deaeration of water in boiler-utilizers of steam-gas devices, advantages and disadvantages, structural changes observed with the change of deaeration methods in boiler-utilizers of horizontal and vertical construction, technological process developed and operated by GE Energy, Alstom Power companies explained in detail on the basis of thermal schemes.





Keywords: *GCH-gas condensate heater, LPE-low pressure evaporator, LPSH-low pressure steam heater, HPE-high pressure economizer, HPV-high pressure vaporizer, HPSH-high pressure steam heater, LPD-low pressure drum, internal deaeration device, SEP-supply electric pump, ERP-electric recirculation pump, WWHE-water-water heat exchanger, CSV-corrective supply valve, CCV-condenser of condensed vapors.*

Dunyo energetikasida bugungi kunda keng qo'llanilib kelinayotgan bug'-gaz qurilmalarining asosiy va samarali ekspluatatsiya qilib kelinayotgan turlari utilizatsiyali turdagi bug'-gaz qurilmalari hisoblanadi. Bu turdagi agregatlarda gaz turbinasi bazis hisoblanishi va gaz turbinasining chiqish gazlari issiqligidan qozon-utilizator deb ataladigan maxsus issiqlik almashinuv qurilmalarida foydalanib yuqori parametrli bug' ishlab chiqarilishi va bug'-kuch qurilmasining bug' turbinasini harakatga keltirishi, gaz turbinasi alohida, bug' turbinasi alohida elektr generatorlariga ulanishi bilan ishlab chiqariladigan quvvat ko'tarilishi, natijada qurilmaning umumiy foydali ish koeffitsiyenti, hatto 60-65 % gacha yetishi to'g'risida yetarlicha ma'lumotlar ilmiy va o'quv manbalarida chop qilingan [1,2,3,4,5,6].

Zamonaviy issiqlik elektr stansiyalarida qo'llaniladigan bug'-gaz qurilmalarini takomillashtirish, ularning binarlik darajasini oshirish, qozon-utilizatorining issiqlik almashinuv yuzalarini va issiqlik jarayonlarini modernizatsiyalash bugungi kunda dolzarb masala sifatida qaralmoqda. Buning uchun turli konstruksiyalarga ega gaz turbinali qurilmalar, qozon-utilizatorlari va bug' turbinali qurilmalarning hamda bug'-gazli sikl yordamchi uskunalarning har birini takomillashtirish shart bo'lgan obyekt sifatida qarab, alohida vazifalar belgilab olish samarali natijaga erishishning eng to'g'ri yo'li hisoblanadi. Bizning tadqiqotlarimizda ham uch konturli bug' ishlab chiqarish tizimiga ega qozon-utilizatorini tasnifiy belgilarini tahliliy o'rganish va hisoblash amaliyotini bajarish asosiy maqsad sifatida belgilab olingan.

Qozon-utilizatorining issiqlik almashinish yuzalarini takomillashtirilishi uning yordamchi elementlari (ta'minot va sirkulyatsion nasoslar, deaerator va boshqalar) komponovkasi, ishlab chiqarish va iste'mol quvvati o'zgarishi kabi jihatlari bevosita bog'liq jarayon sanaladi.

Qozonga kiradigan suvning harorati tabiiy gazda ishlaganda kamida 60°C va dizel yoqilg'isida ishlaganda 110-120°C dan past bo'lmasligi kerak. Termodinamikaning ikkinchi qonuniga ko'ra, chiqindi gazining harorati undan yuqori bo'lishi kerak. Odatda, tabiiy gaz yoqilg'isida va nominal rejimda ishlaganda, chiqindi gazining harorati $\theta_{ch} = 100-110$ °C darajasida bo'ladi. Eng ilg'or gaz turbinalarida chiqindi gazining harorati $\theta_d = 600-620$ °C bo'lganda, qozon samaradorligi ($t_{t,h} = 15$ °C da) eng yaxshi holatda bo'ladi:

$$\eta_{QU} = \frac{(\theta_d - \theta_{ch})}{(\theta_d - t_{t,h})} = \frac{620 - 100}{620 - 15} = 0,85.$$

Bu FIK ko'rsatkichi tabiiy gaz yoqilg'isida ishlaydigan energetik qozonning, 94-95% ga etadigan, FIKdan sezilarli darajada past hisoblanadi. Shunday qilib, qozon-utilizatoriga kiradigan gazlar issiqligining 15-20 % qismi tutun mo'risiga yo'naltiriladi va 80-85 % qismi esa bug' turbinali qurilmaga uzatiladi.

Quning nisbatan past samaradorlik ko'rsatkichida realizatsiyalash imkoniyati uning qanday konstruksiyada tayyorlanganligiga, gazlar issiqligini ishchi jisimga uzatish uchun qanday sharoit yaratilganligiga bog'liq, bu esa bug' turbinasining ishonchliligi va samaradorligini ta'minlaydigan parametrlarga ega bo'lishi shart ekanligini ko'rsatadi. Qozon-utilizatori ikki yoki uchta konturli konstruksiyada tayyorlanadi, bunda oraliq bug' qizdirish bo'lishi yoki bo'lmasligi mumkin, pinchnuqtalarda harorat farqi minimal va "dum" qismidagi qizdirish yuzalarining maksimal yuklamasi ta'minlanishi mumkin. Qozon-utilizatorida ishlab chiqarilgan va bug' turbinasiga kiruvchi bug' oqimlarining parametrlari, bug' turbinasidan maksimal quvvat olish va ishonchlilik talablariga javob berish, xususan, oxirgi pog'onadan keyingi bug'ning namlik ko'rsatkichi ruxsat etilgan qiymatidan oshmasligi talabi asosida optimallashtiriladi.

Yuklama o'zgarishida, qozon-utilizatorining barcha bug' ishlab chiqarish konturlari o'zgaruvchan bosim va haroratda bug' turbinasi silindrlarining rostlash klapanlari to'liq ochiq holda





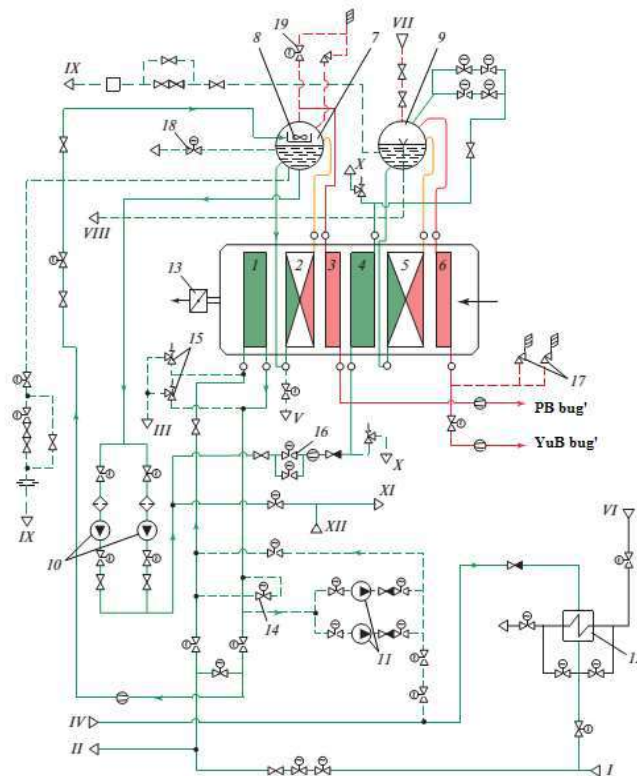
ishlashi shart. Agar deaerator kabi boshqa jihozlar past bosimli konturdan ta'minlangan bo'lsa va konturdan chiqish joyida bosim mumkin bo'lmagan qiymatgacha pasayib ketsa, yuqori bosimli rostdash klapani (YuB RK) oldida doimiy bosimga o'tish (yoki o'z ehtiyoji uchun bug' kollektoridan (O'EBK) ta'minlashga o'tish) imkoni bor.

Utilizatsiyali turdagi BGQlar qozon qurilmalarining issiqlik sxemalari asosan ikkita omilga ko'ra farqlanadi: deaeratorni sxemaga ulanish usullari va QUda qozon suvining bug'lanishini tashkil qilish usullari.

Birinchi omilga ko'ra farqlanishga ega issiqlik sxemalaridan ajratilgan deaeratorli sxema to'g'risida oldingi maqolalarimizda so'z yuritilgan. Bugungi ko'rib chiqiladigan masalalar issiqlik sxemasida deaeratsion uskunalarni ulanishining boshqa usullariga e'tibor qaratiladi.

Deaerator bilan birlashtirilgan sxemadan past bosimli ekonomayzer (PBE) va deaeratorga PB qizdirish bug'i ta'minoti bo'lmaganda, PB barabani va deaeratoridagi bug' parametrlari bir-biriga juda yaqin bo'lib chiqishini ko'rish mumkin. Shuning uchun ularning kombinatsiyasi g'oyasi, ya'ni maxsus konstruksiyadagi deaeratsion moslamani barabanning ichki qismini yuqori qismining o'rtasiga joylashtirish (1-rasm) va PBBdan 7 nafaqat o'zining funksional maqsadlarida foydalanish, balki past va yuqori bosim konturlarining ishlashi uchun deaeratsiyalangan ta'minot suvining zahira baki sifatida ham foydalanish g'oyasini amalga oshirish mumkin bo'ladi. Jarayonda keltirilgan taklifga ko'ra integrallashgan deaerator ishlashi uchun, PB bug'latgichida generatsiyalangan qizdirish bug'idan foydalaniladi.

Ko'rib chiqilayotgan sxemalarda zichlama bug'lari kondensatoridan (ZBK) keyin kondensat I liniya orqali GKQ 1 ga beriladi; shu bilan birga, u ERN 11 yordamida zaruriy haroratgacha (60-65 °C) qizdiriladi. Xuddi shu turdagi nasoslar kondensatni suv-suv turidagi issiqlik almashtirgich (SSIA) 12 orqali 150-160 °C harorat bilan haydalinishi ham ta'minlaydi, bunda, masalan, stansiya yaqinidagi aholi massivini isitish uchun tarmoq suvi isitilishi mumkin. SSIAga ulangan sirkulyatsiyalash halqasini ulanishi GKQ orqali kondensat sarfining ko'payishiga va QUning chiqish gazlari haroratining pasayishiga, ya'ni butun BGQning samaradorligini oshirilishiga olib keladi.



1-rasm. Deaerator bilan integrallashgan dubl-blokli qozon qurilmasining prinsipial issiqlik sxemasi:

1-GKQ; 2-PBbug'latgich; 3-PBBQ; 4-YuBE; 5-YuBbug'latgich; 6-YuBBQ; 7-PBB; 8-ichki joylashuvli deaeratsion qurilma; 9-YuBB; 10-YuB TEN; 11-ERN; 12-SSIA; 13-QU dan chiqish



gazlari shiber klapani; 14-GKQ baypas liniyasi; 15-GKQ saqlash klapanlari; 16-YuB rostlovchi ta'minot klapani (RTK); 17-saqlash klapanlari; 18-qozon-utilizatorlarining PBB lari o'rtasida sath liniyalarini birlashtirish zadviykasi; 19-deaeratsion qurilmadan bug'lanmani chiqarish liniyasi zadviykasi; I-ZBKdan kondensat; II-dubl-blokning ikkinchi QUga kondensat; III-qozonning PB drenajlari kengaytirgichiga qozon suvi; IV-yonma-yon Qular GKQdan SSIAGA kondensat; V-davriy yuvish liniyasi; VI-SSIAga tarmoq suvi; VII-YuBBni qizdirish va namlash liniyasi; VIII-YuBBdan ta'minot suvining avariya to'kilmasi; IX-uzluksiz yuvish liniyasi; X-saqlash klapanlaridan YuB drenaj kengaytirgichiga YuB kondensat tashlamasi; XI-YuB bug'i haroratini rostlash uchun purkaladigan kondensat; XII-yonma-yon Qulardan purkash uchun kondensat.

Deaerator bilan integrallashgan sxemada PB TEN dan foydalanilmaydi, uning vazifasini bug' turbinasi kondensatoridan keyin o'rnatilgan kondensat nasoslari bajaradi (1-rasmda ko'rsatilmagan). Ushbu nasoslar ZBK sovtgichi, GKQ, quvur yo'llaridan iborat bo'lgan traktning gidravlik qarshiligini yengib o'tishni va kondensatning PBB balandligiga ko'tarilishini ta'minlashi shart. Kondensatni deaeratsiyalash boshlanishidan oldin to'yinish haroratigacha qizdirish PB qaynoq bug'lari bilan amalga oshirilishi ko'zda tutilgan, ko'rib chiqilayotgan sxemada deaeratsiyalanish PBB bug'li fazasidan bevosita kirib keluvchi to'yingan bug' yordamida amalga oshiriladi. Barabanda hosil bo'lgan bug' YuBBQ 3 ga va undan keyin bug' turbinasining aralashtirish kamerasiga yo'naltiriladi.

PB barabani, bir paytning o'zida, deaerator baki ham hisoblanadi, undagi ta'minot suvi YuB TEN 10 yordamida 1 va 2-rasmlarda keltirilganidek, YuB bug' ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan, YuB konturining YuBE 4 ga uzatiladi.

Kondensatorida deaeratsiyalash usuli. BGQ qozon-utilizatori ko'p konturli sxemasida deaeratsiyalashning yana bir usuli, bu kondensatni kondensatorida deaeratsiyalash usuli hisoblanadi. Kondensatni deaeratsiyalash to'g'ridan-to'g'ri kondensatorida maxsus deaeratsiyalangan kondensat yig'gich o'rnatish orqali amalga oshiriladigan bug'-gazli qurilmalar mavjud.

Bir tomondan, bu juda qulay, chunki kondensatni qizdirish uchun kam miqdorda issiqlik talab qilinadi (faqat bug'ning parsial bosimini pasaytirib bug'-havo aralashmasidan bug'ning qisman kondensatsiyalanishi paytida tabiiy ravishda yuzaga keladigan kondensatning qiziy olmasligini o'rnini qoplash kerak) va boshqa tomondan, bunday sxemadan foydalanganda, aniqlash qiyin bo'lgan, ta'minot traktining vakuum qismiga atmosfera havosini so'rilishini mutlaqo istisno qilish kerak. Kondensat yig'gichida deaeratsiyalash sxemasi GE Energy firmasi tomonidan qurilgan bir qator BGQlarda qo'llaniladi.

Alohida ajratilgan vakuumli deaeratorli sxema.

QUga uzatishdan oldin kondensatni retsirkulyatsiyalanishidan foydalanish sxemasi yagona yechim hisoblanmaydi. Agar kondensatni deaeratorida 20-25 kPa bosimli bug' bilan qizdirilsa, unda 60-65 °C haroratli to'yingan suvni olish mumkin bo'ladi. Shunda ERN dan foydalanishdan voz kechish va olingan kondensatni bevosita QU yetkazib berish imkoni mavjud bo'ladi. Texnik jihatdan, qizdirish bug'i olinmasini QU dan emas, balki bug' turbinasining past bosimli qismi PBQdan (oxirgi pog'ona oldidan yoki oldinroqdan) tanlashni tashkil qilish maqsadga muvofiq. Bunday olinma iqtisodiy jihatdan juda foydali, chunki, bir tomondan, olinmadan oldin, bug' deyarli butun turbinadan o'tib, tegishli quvvatni hosil qilgan bo'ladi, boshqa tomondan, bug'ning kondensatsiyalanish issiqligi sovituvchi suvga berilmaydi, balki deaeratsiyalanadigan suvni qizdirish uchun ishlatiladi.

Deaeratorni bug' turbinasidan ta'minlashning ma'lum bir noqulayligi, odatda QU yaqinida o'rnatiladigan deaerator va bug'turbinasi o'rtasidagi masofaning uzoq ekanligidir.

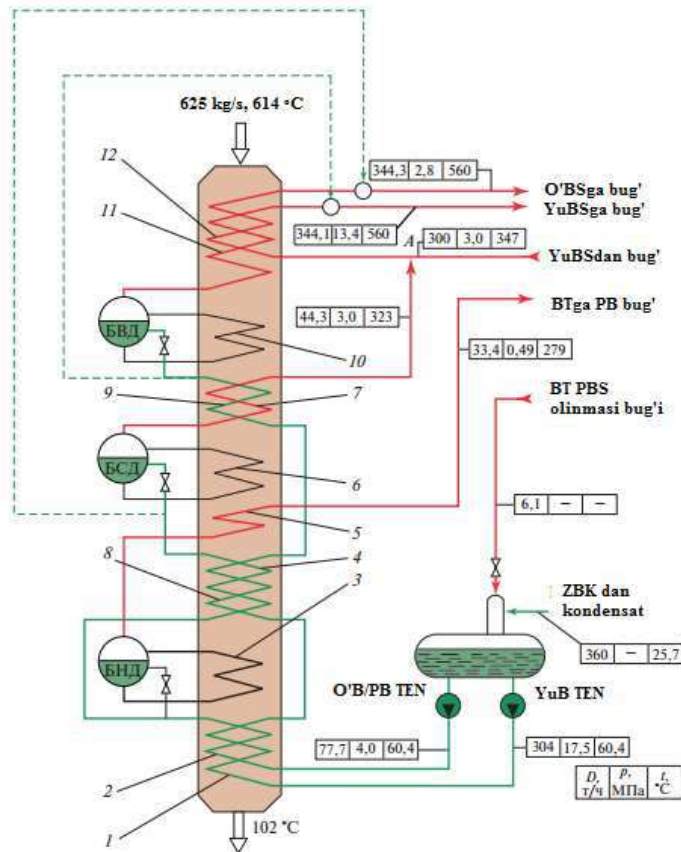
2-rasmda Alstom Power firmasining 260 MVt quvvatga ega GT26 gaz turbinali qurilmasi asosiga qurilgan uch konturli BGQ qozon qurilmasining soddalashtirilgan sxemasi ko'rsatilgan, sxemaga ko'ra ishchi gazlar QUga 625 kg/s sarf va 614 °C harorat bilan kiradi. PB/O'B TEN ta'minot nasosi, 4 MPa bosimni hosil qilib, ta'minot suvini PB va o'rta bosimli (O'B) konturlar uchun umumiy bo'lgan PBE/O'BE-1 ekonomayzeriga uzatadi. Ta'minot suvining bir qismi (33,4 t / soat) PBB ga, keyin PBBQ da 0,49 MPa bosim va 279 °C harorat parametrlari bilan bug'





turbinasiga yoʻnaltiriladi. Taʼminot suvining qolgan qismi (44,3 t/soat) PBE/OʻBE-1 dan chiqib, ikkinchi bosqichga (OʻBE-2), keyin esa oʻrta bosimli barabanga (OʻBB) qizdirish uchun beriladi. OʻBBda hosil boʻlgan OʻB bugʻ OʻBBQ ga uzatiladi. OʻBBQ da olingan bugʻ 3 Mpa bosim va 323 °C harorat parametrlari bilan (A nuqtaga) bugʻ turbinasining YuBSdan kirib kelayotgan bugʻ aralashtirish uchun yoʻnaltiriladi. Aralashtirish jarayonidan soʻng, bugʻni 344,3 t/soat sarf bilan oʻrta bosimli oraliq bugʻ oʻta qizdirgichga va u yerdan 560 °C harorat bilan bugʻ turbinasining OʻBSga uzatiladi. YuB TEN taʼminot nasosi uchta ekonomayzerlar seksiyasi (YuBE-1, YuBE-2 va YuBE-3) orqali, 17,5 MPa bosimli taʼminot suvini YuBBga yetkazib beradi. YuBBQda qizdirilgan bugʻ 301,4 t/s sarf bilan bugʻ turbinasining YuBSga yoʻnaltiriladi.

Shunday qilib, koʻrib chiqilgan QU 304,1: 44,3: 33,4 = 1: 0,15: 0,11 nisbatda YuB, OʻB va PB bugʻlarini ishlab chiqarar ekan.



2-rasm. Vertikal QU va ajratilgan vakuum deaeratorili qozon qurilmasining prinsipial issiqlik sxemasi:

1,8,9 – mos ravishda YuBE-1, YuBE-2 va YuBE-3; 2-PBE/OʻBE-1; 3,6,10-mos ravishda PBBugʻ1, OʻBBugʻ1 va YuBBugʻ1; 4-OʻBE-2; 5-PBBQ; 7-OʻBBQ; 11-asosiy YuBBQ; 12-OʻB OBQ.

Koʻrib chiqilayotgan vertikal komponentdagi QU bugʻlatgichlarida sirkulyatsion elektr nasoslari yoʻqligiga eʼtibor berish kerak va bunga QU ning maxsus konstruksiyasi tufayli erishilganligini yodda saqlash kerak.

Xulosa:

Qozon-utilizatorining issiqlik jarayonida deaeratsiyalashning oʻrni, maqsadi va vazifalarini texnologik jihatdan tahliliga koʻra koʻrib chiqilgan sxemalarning barchasi oʻzining oʻrnida, yaʼni birlashtirilgan tizimidagi bugʻ-gaz qurilmasi tarkibida afzallik va kamchiliklarini namoyon qiladi.

1. Deaerator bilan integrallashgan sxemada PB TEN dan foydalanilmaydi, uning vazifasini bugʻ turbinasi kondensatoridan keyin oʻrnatilgan kondensat nasoslari bajaradi (1-rasmda koʻrsatilmagan). Ushbu nasoslar ZBK sovuvgichi, GKQ, quvur yoʻllaridan iborat boʻlgan



- traktning gidravlik qarshiligini yengib o'tishni va kondensatning PBB balandligiga ko'tarilishini ta'minlashi shart.
2. BGQ qozon-utilizatori ko'p konturli sxemasida deaeratsiyalashning yana bir usuli, bu kondensatni kondensatorda deaeratsiyalash usuli hisoblanadi. Kondensatni deaeratsiyalash to'g'ridan-to'g'ri kondensatorda maxsus deaeratsiyalangan kondensat yig'gich o'rnatish orqali amalga oshiriladigan bug'-gazli qurilmalar mavjud. Kondensat yig'gichida deaeratsiyalash sxemasi GE Energy firmasi tomonidan qurilgan bir qator BGQlarda qo'llaniladi.
 3. Agar kondensatni deaeratorda 20-25 kPa bosimli bug' bilan qizdirilsa, unda 60-65 °C haroratli to'yingan suvni olish mumkin bo'ladi. Shunda ERN dan foydalanishdan voz kechish va olingan kondensatni bevosita QU yetkazib berish imkoni mavjud bo'ladi. Texnik jihatdan, qizdirish bug'i olinmasini QU dan emas, balki bug' turbinasining past bosimli qismi PBQdan (oxirgi pog'ona oldidan yoki oldinroqdan) tanlashni tashkil qilish maqsadga muvofiq. Bunday olinma iqtisodiy jihatdan juda foydali, chunki, bir tomondan, olinmadan oldin, bug' deyarli butun turbinadan o'tib, tegishli quvvatni hosil qilgan bo'ladi, boshqa tomondan, bug'ning kondensatsiyalanish issiqligi sovituvchi suvga berilmaydi, balki deaeratsiyalanadigan suvni qizdirish uchun ishlatiladi (Alstom Power firmasini prospekti).

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Основы современной энергетика: учебник для вузов: 2 т./под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. — 6-изд., перераб. доп. -М.: Издательский дом МЭИ, 2016.
2. Утилизационные котельные установки для ГТЭ-110 / Ю.В. Петров, О.А. Довгий, В.Н. Осипов и др. // Эффективное оборудование и новые технологии — в российскую энергетику: сб. докладов/под общ. ред. Г.Г. Ольховского. М. : АООТ «ВТИ», 2001.
3. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций: учебное пособие для вузов/ А.Д. Трухний. М.: Издательский дом МЭИ, 2013.
4. Богачев А.Ф., Радин Ю.А., Герасимов О.Б. Особенности эксплуатации и повреждаемости котлов-утилизаторов бинарных парогазовых установок. М.: Энергоатомиздат.
5. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
6. Advanced Technology Combined Cycles / R.W. Smith, P. Polukort, C.M. Jones, B.D. Gardner // GE Power Systems. GER-3936A. 2001. May.
7. Matta R.K. Power Systems for the 21st Century — «H» Gas Turbine Combined Cycles / R.K. Matta, G.D. Mercer, R.S. Tuthill // GE Power Systems. GER-3935B. 2000. October.
8. Baglan Bay begins // Power Generation. 2003. November.
9. Ratliff P. The New Siemens Gas Turbine SGT5-8000H for More Customer Benefit / P. Ratliff, P. Garbett, W. Fisher // VGB PowerTech. 2007. № 9.
10. Xujakulov S.M. Bug'-gaz qurilmalarini loyihalash asoslari. / Darslik. Qarshi, 335 bet.
11. Qudratov F.N., Xujakulov S.M. Issiqlik energetik sohasida kombinatsiyalashgan energetik sikllardan foydalanish imkoniyatlari. // "Муқобил энергия манбаларидан самарали фойдаланиш муаммолари ва ечимлари" республика илмий-техникавий анжуман материаллари тўплами. Қарши ДУ. 27 июнь 2022 йил. Қарши ш. 158-161 б.

