

А. В. Пятровіч, канд. тэхн. навук; В. Б. Кунтыш, д-р тэхн. навук, прафесар, С. Э. Сяргейчык, гал. энергетык ААТ "МКСВ"; Т. В. Дарошка, інжынер па энэгазберажэнні ААТ "МКСВ"

### УТЫЛІЗАЦЫЯ ЦЯПЛА КАНДЭНСАТА АДПРАЦАВАНАЙ ПАРЫ НА ААТ "МКСВ"

The description of a design and results of introduction at the enterprise on manufacture of silicate products of system of recycling of secondary power resources which uses heat of high-temperature drains from clearing constructions for heating of chemically cleared water before submission in deaerator of boiler-house is resulted.

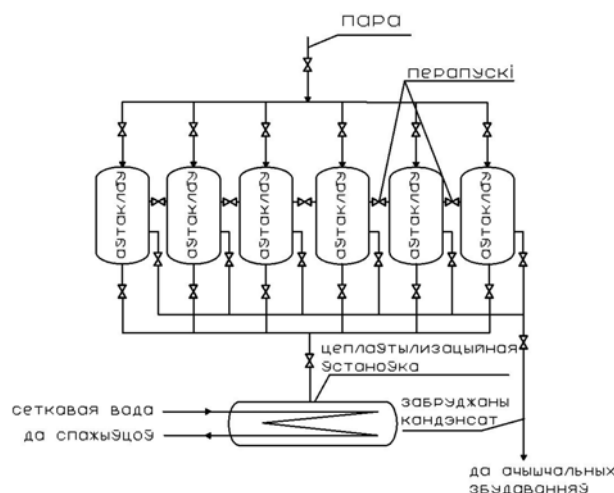
Вытворчасць сілікатных вырабаў – гэта тэхналогія, якая патрабуе значных энергастрат. Так аптымальнымі характарыстыкамі пары, пры якой належыць запарваць сілікатную цэглу, якая выраблена з выкарыстаннем тонкамолатага вапнякова-крымнязевістага вяжучага сырца, з'яўляюцца ціск 1,2 МПа пры тэмпературы 191°C. Ізатэрмічная вытрымка цэглы пры гэтым ціску можа складаць 4-5 гадзін. Трэба падкрэсліць, што маса аўтаклава, які разлічан на рабочы ціск 1,2 МПа, на 30% менш, чым аўтаклава, працуючага пры 1,6 МПа, і патрабаванні па тэхніцы бяспекі, таксама ніжэйшыя. Разам з гэтым час награвання і астывання, па патрабаваннях тэхнікі бяспекі, пры 1,6 МПа павялічваецца.

Аптымальныя цыклы працы аўтаклаваў пры запарванні розных відаў сілікатнай цэглы даюцца ў [1].

Пры зніжэнні ціску ў аўтаклаве ўзнікае лішак цеплыні, у выніку чаго з цэглы выпарваецца значная колькасць вады. Зніжэнне ціску ў аўтаклаве дасягаюць шляхам перапуску (драселіравання) пары ў іншы аўтаклаў як гэта паказана на мал. 1. Звычайна перапуск вядуць да таго часу пакуль ціск пары ў аўтаклаве знізіцца да 0,25-0,35 МПа [2]. На гэта ў залежнасці ад пачатковага ціску пары патрабуецца 0,5-0,75 гадзіны. Перапускаемая пара награве свежазагружаны сырца у іншым аўтаклаве, падмае ў ім ціск да 0,15-0,25 МПа (мал. 1) і тым самым зніжае расход першапачатковай пары з кацельні. Атрыманая пры гэтым эканомія пары складае 20-25%. Аднак для забеспячэння магчымасці перапуска пары неабходна, каб загрузка аўтаклаваў сырцом, выгрузка цэглы і рэжым яго запарвання выконваліся у адпаведна з графікам [2]. Трэба заўважыць, што рэгулярны перапуск пары магчымы толькі пры наяўнасці на заводзе не меней пяці аўтаклаваў.

Такім чынам, самай энергаёмістай і працяглай фазай у тэхналагічным працэсе вытворчасці сілікатнай цэглы з'яўляецца аўтаклаўная апрацоўка. Пры запарванні сілікатнай цэглы цяпло расходваецца на нагрэў сырца, ваганетак і цела самага аўтаклава, цеплааддачу сценамі і накрыўкамі аўтаклава ў навакольнае асяроддзе, страты з парам пры выдаленні паветра з аўтаклава (прадзьмух) і праз няшчыльнасці, страты з

выдаляемым з аўтаклава кандэнсатам. Агульны выхад ДЭР аўтаклаўнай вытворчасці складае 83604,2 ГДж/год. Расход цеплавой энергіі ў час аўтаклаўнай апрацоўкі складае каля 50-60% агульнага расхода. У канцы фазы прапаркі вырабаў пара ў аўтаклаве часткова перапускаецца ў наступны па цыкле аўтаклаў, а астатак страўліваецца ў цеплаўтылізацыйную ўстаноўку і, як сцекі, ў ачышчальныя будынкі.



Малюнак 1. Схема энергетычных струменяў аўтаклаўнай вытворчасці цэха

Таму асабліва актуальным у вытворчасці сілікатных вырабаў з'яўляецца аналіз энергетычных страт і вызначэнне накірункаў працы па іх памяншэнню. Усе энергетычныя страты можна класіфікаваць як непазбежныя і магчымыя да выкарыстання. Да непазбежных, як правіла, адносяць раззасяроджаныя (неканцэнтраваныя) страты, утылізацыя якіх практычна немагчымая. Магчымымі да выкарыстання лічацца энергетычныя адыходы ўнутранага выкарыстання, якія вяртаюцца зваротна ў тэхналагічны аграгат з дапамогай рэгенерацыі і рэцыркуляцыі. Для тэхналогіі аўтаклаўнай апрацоўкі сыравіны энергетычнымі адыходамі ўнутранага выкарыстання з'яўляецца пара, якая перапускаецца ў іншы аўтаклаў для нагрэву ў ім свежазагружанай сыравіны. У выніку гэтага дасягаюць скарачэнне колькасці падведзенай энергіі пры нязменнай велічыні спажывання энергіі ў тэхналагічным працэсе. Пры гэтым скарачаюцца і энергетычныя адыходы знеш-

няга выкарыстання, якія ўяўляюць сабою другасныя энергетычныя рэсурсы (ДЭР). Мэтазгоднасць выкарыстання апошніх на вытворчасці таксама трэба браць да ўвагі. Разгледзім магчымыя да выкарыстання цепла-выя страты на прадпрыемстве ААТ "МКСВ".

На МКСВ ёсць 2 цеплаўтылізацыйныя ўстаноўкі (ЦУУ), якія злучаны з аўтаклавамі па паказанаму на мал. 1 прынцыпу. Яны выраблены ўласнымі сіламі прадпрыемства і ўсталяваны ў цэхах №1 сілікатных вырабаў і №4 сценавых і цеплаізаляцыйных вырабаў. ЦУУ уяўляе сабою паравадзяны падагравальнік з паверхняй нагрэву 100 м<sup>2</sup>, якая складаецца з сталёвых труб дыяметра 57х3 мм. Знешні выгляд эксплуатуемай устаноўкі прадстаўлены на мал. 2.

Да ўстаноўкі па трубах падаюць вадзі для падагравання, а адробленую пару з аўтаклава ўпускаюць у поласць ЦУУ. Каб нагрэць вадзі, мэтазгодна прапускаць яе праз змеявік, бо ў адробленай пары змяшчаюцца драбнейшыя часцінкі сілікатнай сумесі, якія забруджваюць пару. Пара, якая трапіла ў устаноўку з тэмпературай 143°C абмывае халодныя трубы, аддае сваю цеплыню вадзі (якая прапускаецца па трубах), кандэнсуецца, сцякае на дно цыліндру і адводзіцца ў ачышчальны будынак.

Гадавая колькасць утылізаванай цеплыні складае 9979 ГДж. У летнім і восеньска-вясьновым перыядзе ацяпленне і гарачае водазабеспячэнне завода кіравання, кацельні, рамонтна-механічнага цэха, цэха палістырольных вырабаў і сілікатных вырабаў, сталовай і жылога

пасёлка здзяйсняецца магутнасцямі ТУУ прадпрыемства.

Праца аўтаклаўнага цэха забяспечваецца рэсурсамі выпрацоўкі пары кацельні прадпрыемства. Па гэтаму працу кацельні таксама трэба разглядаць у максімальнай узаемазвязі з асаблівасцямі тэхналогій вытворчасці на прадпрыемстве.

У кацельні маецца шэраг крыніц выхаду другасных энергарэсурсаў. Асноўным з іх з'яўляецца цеплыня адыходзячых газаў. Іх тэмпература знаходзіцца ў межах 144-152°C. Выкарыстанне цеплыні дадзенай крыніцы складае ў выніку каразійных уласцівасцяў адыходзячых газаў (у выпадку паніжэння тэмпературы адыходзячых газаў ніжэй пункта росы адбываецца інтэнсіўнае каразійнае разбурэнне паверхняў цеплаабмену). Выхад гэтых ДЭР складае 35374,9 ГДж/год.

Выход ДЭР таксама адбываецца з прадувачнай вадой. Паводле нарматываў эксплуатацыі паравых катлоў, прадугледжаны бесперапынны прадзьмух барабана катла і перыядычна ніжніх калектараў. Велічыня і перыядычнасць прадзьмуха рэгламентуецца водахімічным рэжымам паравога катла. Для катлоў кацельні Мінскага КСІ велічыня бесперапыннага прадзьмуха прызначана ў памеры 5%. Такім чынам, пры гадавой выпрацоўцы 317711 ГДж/год або 115062 т/год пары велічыня бесперапыннага прадзьмуху складзе 5753,1 т прадзьмувачнай вадзі з тэмпературай 165°C або 3977,6 ГДж/год. У цяперашні час значная частка гэтай цеплыні



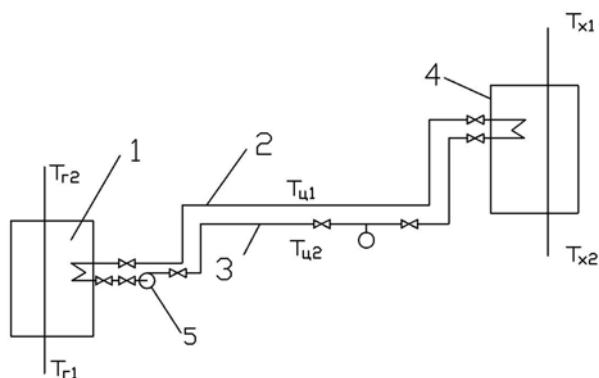
Малюнак 2. Знешні выгляд эксплуатаванай цеплаўтылізацыйнай устаноўкі

выкарыстоўваецца для падагрэва вады падсілкавання ў цеплаабменніку, дзе прадувачная вада астуджаецца да тэмпературы 25-40°C. Далей прадувачная вада скідаецца на ачышчальныя будынкі для наступнага выкарыстання ў тэхналогіі. Такім чынам, выкарыстоўваецца для падагрэву вады каля 3181,4 ГДж/год, а 796,2 ГДж/год скідаецца на ачышчальныя будынкі.

У якасці крыніцы выхаду ДЭР можна лічыць выпар дэаэратара. Тэмпература вады ў дэаэратары складае каля 100 °С. Тады пры хуткасці выпарэння 20 кг/(г·м<sup>2</sup>) з 3,5 м<sup>2</sup> паверхні люстэрка выпарэння, велічыня выпара на працягу года складзе 588 т/год або 1576,7 ГДж/год.

З мэтай далейшай эканоміі вытворчых энэргазатрат на прадпрыемстве была выкарыстана сістэма ўтылізацыі ДЭР. Ачыстка забруджанага кандэнсату, які прызначаны для сілкавання паравых катлоў, у большасці выпадкаў, улічваючы цяпло якое ў ім складаецца, эканамічнай, чым ужыванне для гэтай мэты вады з крыніц водазабеспячэння з адпаведнай яе апрацоўкай. Але часам кандэнсат тэхналагічнай пары бывае настолькі забруджаны, што рэнтабельнасць яго ачыстка менш за хімічную апрацоўку зыходнай вады. У гэтым выпадку, можа быць рацыянальным зброс кандэнсату з папярэднім выкарыстаннем яго фізічнага цяпла.

Напрыклад, можна выкарыстаць цяпло збросу кандэнсату для нагрэву вады ў павархоўных цеплаабменніках. Менавіта апошні падыход па ўтылізацыі ДЭР і быў выкарыстаны.



Малюнак 3. Прынцыповая схема сістэмы ўтылізацыі цяпла сцёкаў ачышчальных будынкаў:  
1 – пагрузны цеплаабменнік, 2 – зваротны трубаправод, 3 – трубаправод падачы,  
4 – цеплаабменнік у дэаэратарнай кацельні

Прапанаваная ўстаноўка ўжывае цяпло сцёкаў для падагрэву хімічна ачышчанага вады перад падачай у дэаэратар кацельні. Прынцыповая схема ўстаноўкі прадстаўленая на мал. 3 і складаецца з наступных асноўных элементаў: двух цеплаабменнікаў 1 і 4, труба-

праводу падачы 3 і зваротнага трубаправода 2 замкнёнага прамежкавага контуру, які ажыццяўляе перанос цяпла паміж гэтымі цеплаабменнікамі. Помпа 5 забяспечвае цыркуляцыю цепланосбіта ў прамежкавым контуры. На схеме таксама ўказаны тэмпературы на ўваходах і выходах контураў цеплаабменнікаў устаноўкі:  $T_{r1}$ ,  $T_{r2}$ ,  $T_{u1}$ ,  $T_{u2}$ ,  $T_{x1}$ ,  $T_{x2}$ .

Для практычнай рэалізацыі схемы (мал. 3) былі вызначаны месцы мантажу і тыпы цеплаабменнікаў 1 і 2, праведзены цеплавы і гідраўлічны разлікі сістэмы ўтылізацыі цяпла, вызначаны дыяметры трубаправодаў прамежкавага контуру і падабрана помпа. Пагрузны цеплаабменнік 1 быў пастаўлены ў месцы зліва кандэнсату на ачышчальных будынках, дзе найбольш высокая тэмпература і хуткасць руху патоку кандэнсату. Цеплаабменнік 1 выраблены на вытворчай базе прадпрыемства з сталёвых труб дыяметрам 57х3,5 мм з паверхняй нагрэву 60 м<sup>2</sup>. Канструкцыя цеплаабменніка дазваляе пры неабходнасці даставаць яго з вады для ачысткі. Ачышчальныя будынкі прадпрыемства з падводамі і муфтамі злучэння пагрузнага цеплаабменніка да прамежкавага контуру паказаны на фотаздымку (мал. 5).

Цеплаабменнік 4 (мал. 3) знаходзіцца ў пам'яшканні блока хімікаводнай ачысткі (ХВА) на лініі падачы хімачышчанага вады ў дэаэратар кацельні. Быў ужыты разборны аднахадавы пласціністы цеплаабменнік. Фотаздымак пласціністага цеплаабменніка 2 на мал. 4.



Малюнак 4. Пласціністы цеплаабменнік у дэаэратарнай кацельні

Пласціністы цеплаабменнік канструктыўна складаецца з набору гафрыраваных пласцін, вырабленых з каразійнаўстойлівага матэрыялу, з каналамі, якія ўтвараюцца паміж двума суседнімі пласцінамі, для вадкасцяў, што ўдзельнічаюць у працэсе цеплаабмену. Пакет пласцін размешчаны паміж апорнай і націскаючай плітамі і замацаваны сцяжкамі. Кожная пласціна забяспечана пракладкай з тэрмаўстойлівай гумы, якая ўшчыльняе злучэнне і накіроўвае розныя патокі вадкасцяў у адпавед-

ныя каналы. Гафрыраваная паверхня пласцін забяспечвае высокую ступень турбулентнасці струменяў і жорсткасць канструкцыі цеплаабменніка.



Малюнак 5. Ачышчальныя будынкі прадпрыемства з падводамі злучэння пагрузнага цеплаабменніка з трубамі прамежкавага контуру

Для забяспечання цыркуляцыі цепланосбіта ў прамежковым контуры сістэмы па значэннях расходу і патрэбнага напору выбрана помпа КМ50-32-125 з наступнымі параметрамі: прадукцыйнасць помпы -  $12,5 \text{ м}^3/\text{г}$ , напор - 20 м, магутнасць электрарухавіка - 2,2 кВт, частата - 3000 аб/хв. Патрэбны напор помпы вызначаўся на падставе гідраўлічнага разліку па значэнні расходу цепланосбіта, якое ў сваю чаргу задавалася па выніках цеплавога разліку.

Працягласць трасы трубаправодаў паміж цеплаабменнікамі 1 і 2 складае больш 200 м (мал. 6). Былі выбраны сталёвыя трубы  $76 \times 3,5 \text{ мм}$ . У якасці цеплаізаляцыі для трубаправодаў выкарыстаны паўцыліндры з пенаполіэтаролу, якія выпускаюцца на камбінаце. Яны ўяўляюць сабою сучасны цеплаізаляцыйны матэрыял з замковым злучэннем. Паўцыліндры з поліэтаролу ў 3–7 раз лягчэй мінеральнай ваты, зручна мацуюцца. У адрозненне ад уцяпляльнікаў на аснове кудзелістых матэрыялаў яны негідраскапічны, маюць павышаную механічную трываласць на разрыў, не злежваюцца, не правісаюць з часам, маюць гладкую паверхню і стабільныя правільныя геаметрычныя памеры і форму. Сярэдні гадзінны расход хімічна ачышчальнай вады ў кацельні з сярэдняй тэмпературай  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  скла-

дае  $16 \text{ м}^3/\text{гадзіну}$ . Пры нагрэве яе ў пласціністым цеплаабменніку да  $25^\circ\text{C}$  і трохзменнай кругласутачнай працай кацельні колькасць з'эканомленай энергіі за кошт выкарыстання цяпла ад сцёкаў кандэнсату складае 8673 ГДж або 362,3 т. у. п. (2070 Гкал). Кошт матэрыялаў для ўкаранення мерапрыемства склаў 69 млн. руб. Сабekoшт 1 Гкал цеплавой энергіі на 1.10.07 г. складае 62000 руб. Гадавы расход электраэнергіі, якая спажываецца помпай - каля 60000 кВт·гадзіну, або 16,8 млн. руб. Чаканая гадавая эканомія з улікам расходу электраэнергіі на эксплуатацыю помпы складае 111,5 млн. руб. Тэрмін акупляльнасці праекту - 6 месяцаў.



Малюнак 6. Траса трубаправодаў прамежкавага контуру паміж цеплаабменнікамі сістэмы

Эканамічныя разлікі і атрыманыя эксплуатацыйныя характарыстыкі сістэмы па ўтылізацыі цяпла сцёкаў ачышчальнага будынкаў на ААТ "Мінскі камбінат сілікатных вырабаў" пацвярджаюць мэтазгоднасць укаранення прапанаваных тэхнічных рашэнняў па больш эфектыўнаму выкарыстанню ДЭР на прадпрыемствах будаўнічай індустрыі.

### Літаратура

1. Соколовский Л. М. Экономия тепла при производстве силикатных изделий // Строительство и недвижимость. – 2006. – №9. – С. 5-6.
2. Хавкин Л. М. Технология силикатного кирпича. – М.: Стройиздат, 1982. – 384 с.