

Invenția se referă la instalațiile de diminuare a durtății carbonice, provocată de sărurile de calciu și magneziu din apă și poate fi utilizată pentru prevenirea formării depunerilor de săruri pe suprafața interioară a conductelor și sistemelor de încălzire ale caselor, sobelor, schimbătoarelor de căldură, în interiorul țevilor de distribuție, ceea ce conduce la diminuarea pierderilor de căldură și energie.

Este cunoscut procedeul electromagnetic de dedurizare a apei care include aplicarea unui câmp electromagnetic și prelucrarea pentru stabilizarea suplimentară a apei în condițiile de magnetofluidizare. Astfel, are loc transformarea structurii cristaline calcinate a sărurilor, care se cristalizează și se fixează puternic de partea interioară a conturului, în formă cristalină argonică care nu se depune pe suprafața instalațiilor, ci se cristalizează în volum în formă de șlam [1]. Însă acest procedeu nu asigură o calitate înaltă a apei prelucrate în sistemele de încălzire și necesită mari cheltuieli energetice, deoarece nu se ține cont de calitatea inițială a apei, care se schimbă în timp.

Cea mai apropiată soluție este instalația de reglare automată a procesului electromagnetic de dedurizare a apei, care include măsurarea și reglarea acidității apei conform valorilor pH-ului și a electroconductibilității apei supuse dedurizării în conturul de circulare a instalației de încălzire [2]. Acest procedeu de schimb de ioni și dedurizare a apei prin reagenți chimici este destul de costisitor, deoarece necesită personal specializat și cheltuieli sporite de exploatare.

Problema pe care o rezolvă prezenta invenție constă în stabilizarea calității apei, majorarea eficacității procesului de dedurizare a ei și diminuarea cheltuielilor pentru desfășurarea lui.

Problema invenției se soluționează prin aceea că instalația propusă de reglare automată a procesului de dedurizare electromagnetică a apei include un cazan 1, unit printr-o conductă 2 la un bloc electrochimic 3 cu dispozitiv de redresare 4. Pe conductă 2 sunt amplasate o bobină electromagnetică 5, conectată la un generator de impulsuri 6, un senzor 7 pentru măsurarea pH-ului. Ieșirea conductei 2 este unită cu un schimbător de căldură 8, pe care este fixat un senzor cu ultrasunet 9. Schimbătorul de căldură 8, printr-o conductă 10, pe o ramificare a căreia este instalată o supapă electromagnetică 11 și un senzor 12 de electroconductibilitate a apei, este cuplat cu un conductometru 13 unit cu un degazator 14, în partea de jos a căruia este amplasată o încărcătură feromagnetică sferică 15, iar în partea exterioară a acestuia este instalat un solenoid 16 conectat la o sursă reglabilă de curent electric alternativ 17. Pe partea superioară a degazatorului 14 este amplasată într-un rezervor de expansiune 18 unit cu un sistem de vacuumare, care include un ejector 19, o capacitate 20 și o pompă de circulație 21. Rezervorul de expansiune 18 este conectat cu o conductă de transvazare 22, pe care este amplasat un senzor fotoelectric 23 conectat la un dispozitiv de măsurare a turbulenței 24, ieșirea conductei 22 este unită cu un filtru mecanic 25 cu încărcătură granulată flotantă. Ieșirea filtrului este unită cu o conductă revers 26 înzestrată cu o supapă electromagnetică 27 care este unită cu cea de-a doua ramificare a conductei 10 înzestrată cu o supapă 28, precum și cu intrarea 29 cazanului 1. Instalația mai conține un bloc de reglare a pH-ului 30, care include un dispozitiv de comparare 31 și un dispozitiv de schimbare a valorii de referință a pH-ului 32, un bloc de reglare a electroconductibilității 33, care include un dispozitiv de comparare 34 și un dispozitiv de schimbare a valorii de referință a conductibilității 35, un bloc de măsurare a turbulenței 38, care include un dispozitiv de comparare 39 și un dispozitiv de schimbare a valorii de referință a concentrației de particule solide 40, un dispozitiv de control al formării depunerilor 36, precum și un element de sumare 37, care este conectat cu dispozitivele (4, 36 și 39). Dispozitivul 31 este conectat cu generatorul 6 și senzorul 7, dispozitivul 34 – cu generatorul 6 și conductometrul 13, dispozitivul 39 – cu dispozitivul 24 și cu elementul 37, iar dispozitivul 36 – cu senzorul 9, supapa 28 și elementul de sumare 37.

Rezultatul prezentei invenții constă în stabilizarea calității apei prelucrate, care este obținută datorită prezenței oxigenului și a acidului carbonic dizolvați în apă, care condiționează agresivitatea acesteia, deoarece dizolvă depunerile de carbonat de calciu, care trece în bicarbonat de calciu, ca rezultat, alcalinitatea și pH-ul apei crește. Este asigurată tehnologia de dedurizare fără reagenți, ceea ce diminuează cheltuielile de exploatare, materiale și energetice pentru desfășurarea procesului, conducând totodată la ameliorarea parametrilor calitativi ai apei prelucrate în urma excluderii reagenților, care acționează negativ asupra acestor indici.

În fig. 1 este prezentată schema bloc de realizare a invenției propuse.

Instalația de reglare automată a procesului de dedurizare a apei include un cazan 1 unit cu ajutorul unei conducte 2 în ruptură la un bloc electrochimic 3 pentru amorsarea feromagnetică, cu dispozitiv de redresare 4, pe continuarea conductei 2 sunt fixate o bobină electromagnetică 5 conectată la un generator de impulsuri 6, precum și un senzor 7 al valorilor pH-ului, o bobină electromagnetică 5 conectată la generatorul de impulsuri 6, precum și senzorul 7 al valorilor pH-ului, ieșirea conductei 2 este unită cu un schimbător de căldură 8, pe care este fixat un senzor cu ultrasunet 9 pentru depuneri, și mai departe cu conductă 10, pe o ramificare a căreia este instalată o supapă electromagnetică 11 a circuitului mare, precum și un senzor 12 de electroconductibilitate a apei, cuplat cu un conductometru 13, unit cu un degazator 14, în partea de jos a căruia este amplasată o încărcătură feromagnetică sferică 15, iar partea exterioară a acestuia este instalat un solenoid 16 conectat la o sursă reglabilă de curent electric alternativ 17. Rezervorul de expansiune 18 a degazatorului 14 este unit cu sistemul de vacuumare, care include un ejector 19, o capacitate suplimentară 20 și o pompă de circulație 21. Ieșirea din rezervorul de expansiune 18 este conectată cu conductă de scurgere 2, pe care este amplasat un senzor fotoelectric 23, conectat la intrarea dispozitivului de măsurare a turbulenței 24 pentru măsurarea concentrației fazei solide a suspensiei, ieșirea

conduței 22 este unită cu un filtru mecanic 25 cu o supapă electromagnetă 27, unită cu supapa 28 a celei de-a doua ramificații a conductei 10, care formează un circuit mic, și cu intrarea 29 a cazanului 1.

Schema de reglare constă dintr-un bloc 30 de reglare a pH-ului, care include un dispozitiv de comparare, una dintre intrările căruia este conectată la senzorul de pH 7, iar altă intrare – la dispozitivul de schimbare a valorii de referință a pH-ului 32, iar ieșirea – la generatorul de impulsuri 6; un bloc 33 de reglare a electroconductibilității, care include dispozitivul de comparare 34, una dintre intrările căruia este unită cu un dispozitiv de schimbare a valorii de referință a conductibilității 35, iar ieșirea – la generatorul de impulsuri 6, un dispozitiv de control al formării depunerilor 36, la intrarea căruia se aplică semnalul de la senzorul de depuneri 9, ieșirea „a” este conectată la supapa electromagnetă 28 a ciclului mic, ieșirea „b” – conectată în antifază în raport cu ieșirea „a”, este conectată la supapele 11 și 27 ale ciclului mare, apoi la sursa reglabilă de curent electric variabil și la pompa recirculantă 21, precum și la intrarea elementului de sumare „I” 37, ieșirea căruia este conectată la intrarea dispozitivului de redresare 5 și blocul de măsurare a turbulenței 38, care conectează dispozitivul de comparare 39, o intrare a căruia este conectată la dispozitivul de măsurare a turbulenței 24, iar altă intrare – la dispozitivul 40 de schimbare a valorii de referință a concentrației de particule în apa recirculată, iar ieșirea – la intrarea elementului de sumare 37.

Bobina electromagnetă 5 este înfășurată pe conducta 2 din fir izolat.

Blocul electrochimic asigură dizolvarea anodică a fierului conform procedurii propusă la aplicarea curentului continuu la electrozi, care trece în stare ionică, oxidându-se parțial, și hidrolizează, după care în condițiile apei fierbinți intră în interacțiune fazică, formând particule înalt disperse de magnetită cu susceptibilitate feromagnetică conform reacției $\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$. Aceste particule de magnetită în condițiile aplicării câmpului magnetic impulsional asupra apei prelucrate, conform invenției propuse, sunt centre de cristalizare ale sărurilor cu formarea în volumul apei a cristalelor de aragonit, care, spre deosebire de structurile cristaline calcinate, formate fără acțiunea electromagnetă în formă de depuneri, nu se depun pe pereții instalațiilor termice. Încărcătura feromagnetică sferică 15 este confecționată din hexaferit de bariu ($6\text{Fe}_2\text{O}_3\text{BaO}$), cu acoperire de cauciuc, ulterior magnetizate. Hexaferitul face parte din grupul materialelor magnetice tari și posedă o magnetizare remanentă înaltă într-o perioadă mai lungă de timp, ceea ce permite utilizarea lui în procesele de magnetofluidizare a mediilor prelucrate. Diametrul particulelor este de 4...6 mm. Magnetofluidizarea se efectuează la aplicarea câmpului electromagnetic variabil a solenoidului 16 cu mărimea inducției de 0,05...0,08 Tl. În calitate de filtru mecanic poate fi utilizat filtrul standard cu încărcătură plutitoare din polistiroil spumat, care posedă o capacitate înaltă de filtrare și captare a impurităților și regenerare simplă.

Instalația funcționează astfel.

În poziție inițială de conectare, schema de măsurare a turbulenței 38 și dispozitivul de control al formării depunerilor 36 la ieșirea „b” posedă un potențial înalt, deoarece apa neprelucrată are turbulență joasă, iar pe pereții schimbătorului de căldură 8 depunerile lipsesc, de aceea la ieșirea elementului de sumare „I” 37 se formează un semnal pentru dirijarea dispozitivului de redresare 4 a blocului electrochimic 3.

La conectarea pompei cazanului 1, apa fierbinte este admisă în conducta 2, trecând prin electrozii blocului electrochimic 3, ca rezultat se formează particule feromagnetice pentru amorsarea cristalizării. Deoarece apa neprelucrată are o valoare mare a pH-ului măsurat cu ajutorul senzorului 7, la ieșirea din blocul de reglare a pH-ului se formează un semnal ce reglează generatorul de impulsuri 6, sub acțiunea câmpului magnetic de impulsuri, inițiat de bobina electromagnetă 5, are loc transformarea cristalelor sărurilor cu structură calcinată în structuri de aragonit, iar pH-ul apei se micșorează datorită degajării CO_2 și formării acidului carbonic.

Apoi apa prelucrată în care cristalele de săruri se află în stare suspendată, trece prin schimbătorul de căldură 8, iar apoi poziția închisă a supapei 28 se orientează conform ciclului circulant mare prin supapa electromagnetă 11 și senzorul 12 de electroconductibilitate a apei în degazatorul 14. Cu ajutorul senzorului 12 este măsurată electroconductibilitatea apei și semnalul este aplicat la dispozitivul de comparare 34 a blocului 33 de reglare a electroconductibilității. De la ieșirea dispozitivului de comparare 34 semnalul nimereste la intrarea reglatoare a generatorului de impulsuri 6.

În degazatorul 14 apa trece prin încărcătura feromagnetică sferică 15, care este adusă la stare magnetofluidizantă cu ajutorul solenoidului 16, la care se aplică tensiune de la sursa reglabilă de curent electric variabil 17, conectat de semnalul de la ieșirea dispozitivului de control al formării depunerilor 36. Aici apa este supusă stabilizării și este înlăturat acidul carbonic agresiv. În acest scop se aplică tensiune la solenoidul 16 de la sursa reglabilă de curent electric variabil 17, conectat de semnalul de ieșire al dispozitivului de control al formării depunerilor 36. În consecință apare un câmp electromagnetic poligradient, care conferă încărcăturii feromagnetice sferice 15 o mișcare haotică intensivă, turbulizând astfel fluxul de apă. Aceasta are un impact pozitiv atât asupra degajării gazelor dizolvate în apă, precum și asupra cristalizării sărurilor carbonice, care facilitează aceste procese. În urma ciocnirilor reciproce la magnetofluidizare, particulele feromagnetice sferice intensifică degajarea gazului carbonic dizolvat și a oxigenului, care se degajă din apă mai întâi în formă de bule, care se mișcă la suprafață. În consecință, se asigură degajarea completă a gazului agresiv CO_2 , deplasând echilibrul reacției de decarbonizare a bicarbonatului de calciu $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ în direcția formării structurii de aragonit CaCO_3 .

Apoi apa este admisă în rezervorul de expansiune 18 unde are loc degajarea forțată completă a gazelor, care se datorează vidului ce se formează la punerea în funcțiune a ejectorului 19 la recircularea prin el a apei din capacitatea suplimentară 20 cu ajutorul pompei de circulație 21.

După aceasta apa este admisă la senzorul fotoelectric 23 al dispozitivului de măsurare a turbureli 24, semnalul de la care se dă la intrarea dispozitivului de comparare 39 a blocului de măsurare a turbureli 38, de la ieșirea căruia se dă la ieșirea elementului de sumare „I” 37 se formează un semnal pentru conectarea blocului electrochimic 3. Apoi prin conducta de scurgere 22 apa este admisă la intrarea 29 a cazanului 1.

Astfel, este asigurat controlul complex al apei conform parametrilor pH-ului, electroconductibilității și a conținutului de particule suspendate, ceea ce permite dirijarea procesului de transformare a cristalelor în structuri de aragonit, iar cu ajutorul dispozitivului de schimbare a valorii de referință a concentrației de particule în apa recirculată pot fi modificate diapazoanele de reglare a procesului de dedurizare a apei în sistemul de încălzire a apei.

În cazul formării depunerilor în schimbătorul de căldură 8, fixată cu ajutorul senzorului cu ultrasunet 9 pentru depuneri, dispozitivul de control al formării depunerilor 36 emite un semnal pentru deschiderea supapei 28 a ciclului circulant mic și închiderea supapei 11 și 27 a ciclului circulant mare și, respectiv, deconectarea sursei reglabile de curent electric variabil 17 și a pompei de circulație 21. În acest caz, câmpul electromagnetic generat cu un spectru larg de impulsuri favorizează desfășurarea procesului de formare a cristalelor de săruri cu structură calcinată în structuri de aragonit, care se cristalizează în volumul apei și este atrasă de fluxul de apă. Astfel, în aceste condiții domină procesul de formare a cristalelor de aragonit conform relației: $\text{Ca}^{2+} + 2(\text{HCO}_3)^- \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Mecanismul acestei transformări este legat de faptul că la schimbarea direcției câmpului electromagnetic are loc mișcarea reversivă a ionilor cu schimbarea polarității acestora. În consecință, legăturile cristaline slabe ale carbonatului de calciu de a ciclurile precedente se rup și se formează alte legături mai puternice în cristalele de aragonit, care sunt stabile în volumul apei prelucrate la variația condițiilor fizico-chimice ale mediului. În legătură cu aceasta, CO_2 degajat formează acidul carbonic, care dizolvă în prealabil depunerile.

După dizolvarea depunerilor în schimbătorul de căldură 8, fixată cu ajutorul senzorului cu ultrasunet 9 pentru depuneri, la ieșirile dispozitivului de control al formării depunerilor 36 semnalele se schimbă la supapele opuse, supapa 28 se închide, supapele 11 și 27 se deschid și apa din nou se mișcă conform ciclului mare, iar procesul se repetă, asigurându-se condiții nu numai de dedurizare a apei, dar și de stabilizare a calităților apei.

Astfel, are loc stabilizarea calităților apei și majorarea eficacității procesului de dedurizare și diminuarea cheltuielilor pentru desfășurarea procesului.

Exemplu de realizare a invenției.

Experimentele au fost efectuate la un sistem de încălzire autonomă. Valoarea inițială a durtății apei era de 8,1...8,2 mg-echiv./L. Schema includea măsurarea și reglarea acidității apei conform valorii pH-ului și a electroconductibilității apei supuse dedurizării în conturul circulant de încălzire a instalației termoenergetice, precum și măsurarea concentrației fazei solide în conturul instalației și a depunerilor în schimbătorul de căldură, iar în dependență de acești parametri a fost reglată mărimea impulsurilor instalației electromagnetice de dedurizare și admisia particulelor feromagnetice în calitate de amorsare a procesului de cristalizare pentru transformarea în volumul apei a fazelor cristaline ale sărurilor în structuri de aragonit. Schema a fost prevăzută pentru conectarea automată a sistemului de la faza de decarbonizare, dedurizare a apei și stabilizare a calităților ei prin degazare, la ciclul de dizolvare a depunerilor formate anterior.

Eficacitatea procesului de dedurizare a apei a fost apreciată conform cantității remanente a sărurilor în ea. Indicele de stabilitate ale calităților apei C_o a fost conform GOST 3313-46 pornind de la formula: $C_o = A_{\text{reală}} / A_{\text{str.}}$, unde $A_{\text{reală}}$ – este alcalinizarea reală a apei în mg-echiv./L, $A_{\text{str.}}$ – este alcalinizarea apei în mg-echiv./L, după structurarea ei cu carbonat de calciu, în mg.

Datele experimentelor au demonstrat că la prelucrarea apei conform ciclului mic, indicele stabilității e mai mic de 1 ($C_o < 1$), ceea ce era legat de conținutul sporit de acid carbonic agresiv, ceea ce favoriza dizolvarea depunerilor de bicarbonat și trecerea lor în bicarbonați de calciu și magneziu solubili în apă. Pe măsura dizolvării depunerilor în schimbătorul de căldură, fixată cu ajutorul senzorului pentru depuneri, a fost asigurată trecerea automată a sistemului la ciclul circulant mare, care asigura stabilizarea calităților apei datorită degazării CO_2 și a înlăturării neîntrerupte prin filtrarea sedimentului de săruri cu structură de aragonit.

Astfel, indicele de durtate carbonică a apei a scăzut până la 2,3...3,5 mg-echiv./L, și în lipsa sărurilor, lipsa acidul carbonic agresiv, formarea depunerilor pe pereții schimbătorului de căldură și a precipitatului suspendat în apa recirculată. În sistem s-a stabilit în mod automat un echilibru carbonat-bicarbonat stabil, la care $C_o = 1$. Aceasta, la rândul său, influențează pozitiv asupra caracteristicilor tehnice ale asigurării cu energie termică, diminuând pierderile de căldură și cheltuielile energetice specifice.