

INFLUENȚA DEPUNERILOR DIN INTERIORUL ȚEVILOR ASUPRA FUNCȚIONĂRII CONDENSATORULUI TURBINEI CU ABUR DE 330MW

O. SĂFTOIU¹ M. NAGI² D. CARABAȘ³

Rezumat: *Lucrarea prezintă impactul depunerilor din interiorul țevilor asupra funcționării condensatorului turbinei cu abur de 330 MW. Fenomenul depunerilor pe suprafețele de schimb de căldură constituie una din problemele majore nerezolvate cu care se confruntă centralele electrice și termice. Aceste depuneri devin un factor economic important, care influențează direct investiția, costul exploatării și costul operațiilor de curățare a utilajelor. Exploatarea eficientă, sigură, fără deficiențe și de lungă durată a centralelor electrice și termice nu este posibilă decât prin respectarea unui regim fizico-chimic al apei și aburului foarte sever, regim care trebuie astfel organizat încât să nu permită avarierea sau reducerea eficienței în funcționare a utilajelor datorită depunerilor tari și moi în circuitele de apă-abur-condensat.*

1. Influența stratului de depuneri la interiorul țevilor asupra performanțelor condensatorului de abur

În centralele electrice și termice, apa este utilizată atât ca materie primă pentru producerea aburului cât și ca agent de răcire sau încălzire (termoficare).

Pentru a avea o exploatare sigură, în condiții economice, apa de răcire trebuie să îndeplinească o serie de condiții de calitate, astfel încât pe suprafețele interioare ale țevilor să nu apara depuneri ca în fig.1, care sa afecteze calitatea schimbului de căldură.

Grosimea depunerilor din interiorul țevilor influențează negativ funcționarea condensatorului, a turbinei cu abur ceea ce

duce implicit la un randament mai scăzut al grupului energetic.



Fig. 1. Țevi de condensator cu depuneri la interior.

¹ Inginer șef secție Reparații Cazane SC. Termoserv SA. Rovinari

² Prof. dr. ing., Universitatea Politehnica din Timișoara

³ Doctorand inginer Universitatea Politehnica din Timișoara

Datorită faptului că apa este unul din cei mai buni dizolvanți polari (moleculele polare ale apei sunt dipoli electrici), ea

Apa brută (naturală) obținută din apele de suprafață (râuri, lacuri) sau din cele subterane (puțuri) conține particule în suspensii cu dimensiuni mai mari de 0,1 mm de natură minerală (silice, argilă, măr, sulfuri, hidroxizi) sau de natură organică (uleiuri, grăsimi, microorganisme, resturi vegetale, fenoli, zaharuri, acizi humici).

Prezența acestor substanțe în apă împiedică utilizarea apei brute pentru alimentarea generatoarelor de abur (cazane) sau a sistemelor de răcire datorită următoarelor neajunsuri provocate de depunerile interioare formate din aceste substanțe a căror caracteristică principală este conductivitatea termică foarte redusă:

- înrăutățirea transferului termic,
- mărirea rezistenței hidraulice la curgerea fluidelor,
- supraîncălziri locale,
- coroziuni sub depunerile interioare,
- impurificarea aburului.

Astfel depunerile la interiorul țevilor devin un factor economic important, care influențează direct investiția, costul exploatarei și costul operațiilor de curățare a utilajelor.

Exploatarea eficientă, sigură, fără deficiențe și de lungă durată a centralelor electrice și termice nu este posibilă decât prin respectarea unui regim fizico-chimic al apei și aburului foarte sever, regim care trebuie astfel organizat încât să nu permită avarierea sau reducerea eficienței în funcționare a utilajelor datorită depunerilor tari și moi în circuitele de apă-abur-condensat.

Fenomenul depunerilor la interiorul țevilor pe suprafețele de schimb de căldură (cauzat de substanțe dizolvate, în suspensie sau sub formă coloidală, conținute în apa utilizată ca agent de răcire, încălzire sau termoficare), constituie una din problemele majore nerezolvate cu care se confruntă

practic, nu este niciodată pură, ci conține cantități variabile de substanțe dizolvate, în suspensii sau în stare coloidală. centralele electrice și termice. Existența depunerilor, presupune formarea lor în timp, în anumite situații și condiții, după mecanisme complexe.

Substanțele dizolvate în apa, cât și cele aflate în suspensii sau formă coloidală, în funcție de pH, de temperatură, de concentrație, de densitatea de flux termic, de presiunea de saturație, precipită sub formă de nămol sau se depun sub formă aderentă de crustă.

Procesul de formare a depunerilor parcurge următoarele etape:

- etapa în care sărurile sunt complet dizolvate,
- etapa în care apare disocierea electrolitică parțială (pe lângă ioni se găsesc și molecule),
- etapa apariției saturației pentru sarea cea mai puțin disociată.

Depunerile moi au de regulă un aspect gelatinos și o constituție afânată, cauzele care duc la formarea lor sunt:

- nămolul, nisipul, substanțe organice, microorganisme existente în apa brută,
- impurități din atmosferă (gaze, praf, fum),
- produsele de coroziune din circuite,- reactivi de la pretratarea apei de adaos și de la condiționarea apei din circuit.

De cele mai multe ori aceste cauze acționează simultan în condițiile de funcționare a utilajelor (viteza fluidului, temperatura peretelui și a fluidului, presiunea de lucru).

Depunerile tari se formează prin precipitarea pe pereți conductelor, circuitelor și a utilajelor, a unor compuși chimici conținuți în mod natural în apă, din excesul de reactivi de la pretratarea apei, din infiltrațiile mici de la condensatoare și de la boilerele de termoficare.

De regulă precipită sărurile de calciu și magneziu, care au o solubilitate relativ redusă, care scade odată cu creșterea temperaturii și în special în prezența unor anumiți ioni din soluție.

Suspensiile solide din apă, de la procesul de coagulare și produsele coroziunii din circuit contribuie la formarea depunerilor tari, iar factorii principali care contribuie la formarea acestora sunt:

- temperatura, care modifică pozitiv sau negativ solubilitatea substanțelor dizolvate în apă,
- pH-ul, o valoare mare a acestuia intensifică procesul formării depunerilor tari, iar scăderea acestuia provoacă tendința formării de depuneri a acelor substanțe care se dizolvă în acizi.

Pentru a preveni formarea depunerilor pe suprafețele de schimb de căldură trebuie realizate următoarele:

- eliminarea din apa brută cu ajutorul instalațiilor de tratare a apei de adaos a substanțelor în suspensie sau dizolvate până la valori admise pentru apa de alimentare,
- respectarea cu strictețe a regimului chimic al apei în centralele electrice.

Apa de răcire pentru circuitele de condensare unde temperatura este de circa 50°C este periculos numai conținutul de H₂CO₃ și Ca²⁺ care dau naștere unor depuneri dure de CaCO₃ [8].

Apa din circuitele de răcire trebuie să îndeplinească anumite condiții [8]:

- să nu conțină impurități plutitoare care să înfund țeștile,
- să nu conțină impurități în suspensie care să depășească diametrul de 0,15 mm
- să nu conțină substanțe corozive care să atace țevile condensatorului,
- să fie lipsită de substanțe organice, microorganisme și alge,
- să aibă o duritate temporară cât mai

redusă, pentru evitarea depunerilor calcaroase,

- să nu conțină uleiuri în suspensie care pot adera pe țevi.

La schimbătoarele de căldură depunerile înrăutățesc transmitere căldurii, ca urmare a apariției unor rezistențe termice suplimentare față de aparatul curat, reducând astfel eficiența schimbătorului de căldură.

Rezistența termică a depunerilor are valori stabilite prin norme interne și internaționale, ea reprezentând pentru anumite cazuri 40-70% din rezistența termică totală a aparatului, astfel devenind mărimea care controlează proiectarea și funcționarea utilajelor [8].

Tabelul nr. 1

Agentul termic	Viteza [m/s]	Intervalul de temperaturi	
		<38°C	>38°C
Apă de turn tratată	<0,9	0,00018	0,00035
	>0,9	0,00018	0,00035
Apă de turn netratată	<0,9	0,00052	0,00086
	>0,9	0,00052	0,00070
Apă potabilă din rețeaua urbană		0,00018	0,00035
Apă de mare până la max. 52°C	<1,2	0,00035	0,00053
	>1,2	0,00026	0,00035
Apă de râu decantată	<0,6	0,00035	0,00035-0,00053
	>1,2	0,00009-0,00026	0,00018-0,00044

În tabelul nr. 1 se prezintă valorile rezistenței termice a depunerilor pentru diferiți agenți termici [8].

În continuare, ținând cont de grosimea stratului de depuneri încrustate sau de nămol ce se pot forma în interiorul țevilor și de rezistența termică a acestora, voi prezenta variația parametrilor condensatorului cu abur la debitul apei de răcire de 50% și 100% în funcție de variația acestor rezistențe termice .

2. Variația presiunii și a temperaturii de condensare în funcție de temperatura apei de răcire la intrarea în condensator și de rezistența termică a depunerilor pe partea apei de răcire.

Se consideră debitul apei de răcire $m_2 = 50\%$ și 100% din debitul nominal și o variație a temperaturii apei de răcire la intrarea în condensator cuprinsă în intervalul $7-35^\circ C$, rezistența termică pe partea apei de răcire, conform tabelului nr. 1 pentru apă de râu decantată și $v > 1,2 m/s$, iar $t < 38^\circ C$, ca fiind $R_2 = 0,00004 - 0,00024 m^2 K / W$.

Pe partea aburului rezistența termică se consideră ca fiind nulă.

După efectuarea calcului cu ajutorul unui program realizat pe calculator au rezultat diagramele din fig.2 și 3.

În diagrama din fig. 2, pentru un debit al apei de răcire de $m_2 = 100\% m_{max}$ din debitul maxim, se observă că presiunea de

condensare crește în intervalul 0,020-0,095 bar odată cu creșterea temperaturii apei de răcire la intrarea în condensator în intervalul $7-35^\circ C$, pentru o rezistență termică pe partea apei de răcire $R_2 = 0,00000 m^2 K / W$.

Pentru același debit al apei de răcire de 100% și același interval de variație al temperaturii apei de răcire la intrarea în condensator $7-35^\circ C$, se observă că la creșterea rezistenței termice pe partea apei de răcire la valoarea $R_2 = 0,00024 m^2 K / W$ are loc o creștere a presiunii de condensare în intervalul 0,040-0,120 bar.

Pentru o scădere a debitului apei de răcire cu 50% din debitul maxim și pentru aceleași valori ale rezistenței termice pe partea apei de răcire, se observă practic o creștere cu aproximativ 50% a presiunii de condensare.

Presiunea de condensare ajunge să ia valori în intervalul 0,075-0,270 bar pentru $m_2 = 50\% m_{max}$ și $R_2 = 0,00024 m^2 K / W$.

În fig. 3 se poate observa că odată cu creșterea temperaturii apei de răcire la intrarea în condensator și pentru o scădere a debitului de apă de răcire de la 100% la 50% din debitul maxim, are loc o creștere a temperaturii de condensare.

Temperatura de condensare ia valori în intervalul $17-45^\circ C$ pentru $m_2 = 100\% m_{max}$ și $R_2 = 0,00000 m^2 K / W$ respectiv $42-65^\circ C$ pentru

$m_2 = 50\% m_{max}$ și $R_2 = 0,00024 m^2 K / W$.

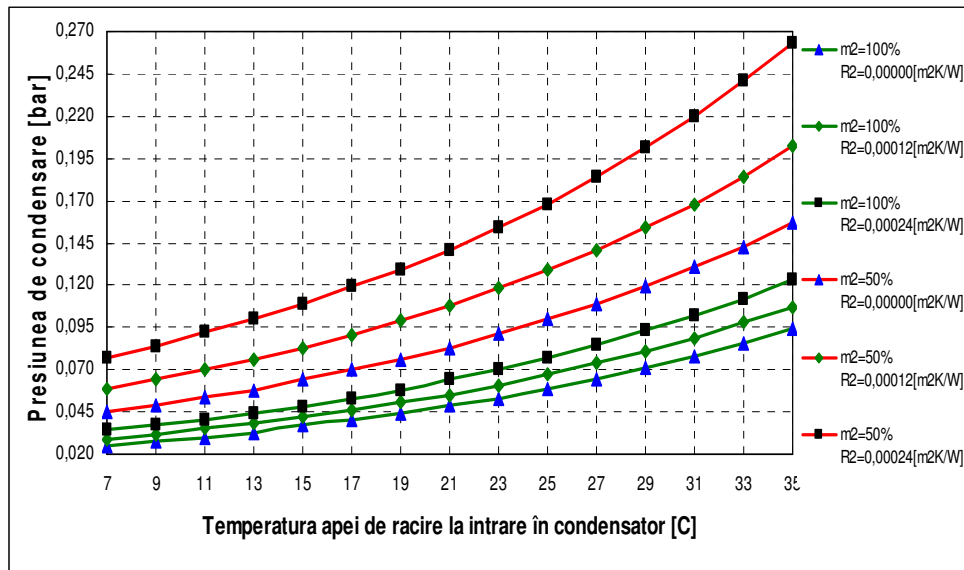


Fig. 2. Variația presiunii de condensare în funcție de temperatura apei de răcire la intrarea în condensator la debitul apei de răcire $m_2=100\%m_{max}$ și la $m_2=50\%m_{max}$ cu o rezistență termică de $R_2 = 0,00000 - 0,00024 \text{ m}^2\text{K/W}$.

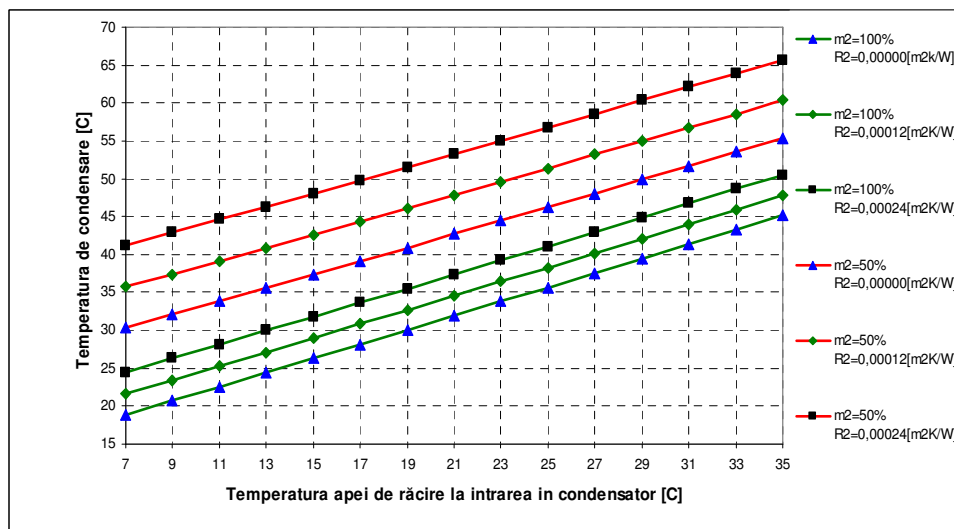


Fig. 3. Variația temperaturii de condensare în funcție de temperatura apei de răcire la intrarea în condensator la debitul apei de răcire $m_2=100\%m_{max}$ și la $m_2=50\%m_{max}$ cu o rezistență termică de $R_2 = 0,00000 - 0,00024 \text{ m}^2\text{K/W}$.

3. Concluzii

În diagramele prezentate în fig. 2 și 3 se poate observa că odată cu creșterea temperaturii apei de răcire la intrarea în condensator și pentru o scădere a debitului de apă de răcire de la 100% la 50%, are loc o creștere a presiunii și temperaturii de condensare, ceea ce înseamnă o înrăutățire a vidului din condensator.

Din aceste diagrame se desprind următoarele concluzii:

- creșterea temperaturii apei de răcire la intrarea în condensatorul de abur duce la creșterea presiunii de condensare;
- creșterea presiunii de condensare duce la o scădere a sarcinii condensatorului (o scădere a fluxului termic de la abur către apa de răcire).

Prevenirea și reducerea depunerilor în instalația de condensare este foarte importantă atât din punct de vedere economic deoarece se pot reduce cheltuielile de investiție necesare pentru schimbarea țevilor condensatorului, cât și din punct de vedere tehnic deoarece nu se mai produce uzura prematură a țevilor condensatorului.

Costurile legate de depunerile în aparatele de transfer de căldură sunt extrem de importante. Acțiunile de prevenire și reducere a depunerilor pot fi realizate în fazele de: dimensionare, construcții - montaj, funcționare sau oprire a aparatelor.

În timpul funcționării condensatoarelor se va urmări în primul rând reducerea depunerilor prin tratarea agenților termici prin diferite tratamente chimice.

În cazul în care depunerile sunt inevitabile sau tratarea apei este foarte scumpă, se pot prevedea sisteme de curățire mecanică continuă (filtre mecanice). Pentru evitarea depunerilor incrustate printre principalele tratamente chimice ale apei care pot fi avute în vedere sunt:

- a) decarbonatarea în filtre cu rășini
- b) dedurizarea apei prin trecerea ei printr-un filtru puternic cationic (Na⁺)

- c) decarbonatarea cu acizi, asociată cu acțiunea unui inhibitor de coroziune
- Aditivarea apei cu un acid tare, H_2SO_4 sau HC_1 fixează bicarbonații în săruri stabile.

Bibliografie

1. Nouri, A. et al: *Simulation of turbulent condensation in horizontal tubes using VOF method*. In: 4th Baltic Heat Transfer Conf., Lithuanian Energy Institute, 25–27 august 2003.
2. Ionescu L. et al: *Analiza funcționării condensatoarelor turbinelor cu abur*. In: *Prod., Transp. și Distribuția Energiei Electrice și Termice*, nr.5, mai 1999.
3. Romașcu, G. et al: *Determinări experimentale privind funcționarea condensatorului turbinei de la unitatea nr.1 a CNE Cernavodă*. In: *Energetica*, nr. 8-9 pag. 394, august-septembrie 1999.
4. Ardelean, Z. et al: *Partea Termică a Centralelor Termoelectrice*. Timișoara. Edit. MIRTON, 1999.
5. Badea, A.: *Schimbătoare de căldură*. București. Editura Agir, 2000.
6. Nagi, M., et al: *Considerații privind îmbunătățirea schimbului de căldură prin convecție la țevi*. In: *Analele Univ. "E. Murgu" Reșița*. Anul IV NR.1. 1997.
7. Thome, J.R.: *Engineering Data Book III*. Wolverine Tube Inc., 2005.
8. Viorel, M. et al: *Fenomenul depunerilor și influența acestora asupra performanțelor utilajelor aferente centralelor electrice și termice*. In: *Prod., Transp. și Distribuția Energiei Electrice și Termice*, nr.5, mai 1999.
9. Briggs, A. et al: *Condensation of steam on banks of tubes-new experimental data and an evaluation of predictive methods*. In: 4th Baltic Heat Transfer Conference, Lithuanian Energy Institute, 25–27 august 2003.