A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

O ÎNCERCARE DE FORMARE DOP DE GHEAŢĂ PE UN TRONSON DE CONDUCTĂ ORIZONTALĂ ÎNTR-O BUCLĂ HIDRAULICĂ EXPERIMENTALĂ DE JOASĂ PRESIUNE

Tiberiu GYONGYOŞI, Valeriu Nicolae PANAITESCU,
Ilie PRISECARU

AN ATTEMPT TO FORM AN ICE PLUG ON HORIZONTAL PIPE SECTION INTO LOW PRESSURE HYDRAULIC EXPERIMENTAL LOOP

In the pipe-line installation, using fluids in liquid state at maximum temperature of 30°C, the ice plugging technique assumes to form an ice plug under controlled process inside of horizontal pipe line. The ice plug is maintaining until completion of the maintenance / repair works made in circuit without shut-down installation. Development of such applications by the Institute for Nuclear Research assumes to perform design works, elaboration and qualification of fabrication/ testing technology for some applications considered as representatives and accumulation of experience required for handling at detail level of ice plug primary forming and local extension for few flow agent types used in domestic and industrial installations.

The paper describes a constructive and functional description of the experimental technological facilities. The first results and some conclusions are presented. The paper is dedicated to specialist working in the research and technological engineering.

Cuvinte cheie: oprirea curgerii, dispozitiv de formare dop de gheaţă, apă demineralizată, transfer de masă

Key words: cutting-off the flow, ice plugging device, demineralised water, mass transfer

1. Introducere

Metoda de izolare cu dopuri de gheaţă formate artificial a unui tronson de conductă cu DN variind între 1/2" şi 48" este aplicată curent de firme specializate din întreaga lume. Aplicaţia este destinată lucrărilor de întreţinere şi reparaţii a reţelelor de alimentare cu produse lichide, a reţelelor de apă caldă menajeră, a reţelelor de termoficare, a instalaţiilor de răcire proprii blocurilor energetice clasice şi nucleare. Avantajele aplicării metodei sunt evidente: - se reduce durata intervenţiei propriu-zise şi totodată a staţionării obiectivului sau a deconectării consumatorilor; - se elimină costurile proprii transferării şi stocării lichidului din bucla reţelei, sistemului sau instalaţiei propriu-zise; - nu se întrerupe întreaga activitate în reţea, sistem sau instalaţie; - se pot localiza pierderile de lichid în reţelele subterane.

În principiu, metoda este simplă şi presupune aplicarea unui manşon special construit pentru fiecare caz în parte. Manşonul practic, constituie dispozitivul de îngheţare, fix sau demontabil. Este montat pe exteriorul conductei în zona aleasă pentru obturarea curgerii şi formează un spaţiu inelar cu suprafaţa conductei sau în imediata ei apropiere (deschis spre exterior). Acest spaţiu este destinat vaporizării unui agent frigorific injectat continuu în stare lichidă (CO_2 sau N_2).

Transferul de căldură şi masă, realizat continuu între peretele conductei şi inelul de agent frigorific format, determină reducerea locală a temperaturii peretelui favorizând depunerea gheţii în straturi succesive. În interiorul conductei se dezvoltă treptat o creştere continuă a stratului depus şi implicit a rezistenţei hidraulice locale având ca rezultat: reducerea în timp a vitezei de curgere până la oprirea curgerii. Din momentul în care s-a realizat oprirea primară şi apoi stabilă a curgerii, formarea dopului de gheaţă continuă în direcţie axială, spre ambele capete ale manşonului de îngheţare, [1], [2], [3]. Procesul tehnologic propriu-zis de formare a dopului de gheaţă este puternic marcat de aplicaţia tehnică cerută, aplicaţie caracterizată prin:

- lichidul vehiculat;
- nivelul temperaturii de lucru a lichidului;
- punctul de îngheţare propriu-zis (presiune, temperatură);
- diametrul interior al conductei;
- poziţia în spaţiu a conductei (verticală, orizontală sau înclinată);
- distanţele de la dispozitivul montat până la primele restricţii ale curgerii.

Mărimea debitului vehiculat şi gabaritul de transport al conductei influenţează considerabil forma şi dimensiunile dispozitivului

dar şi procesul în sine. Cu cât valoarea temperaturii este mai mare cu atât oprirea curgerii este mai dificil de realizat.

Fiecare aplicaţie tehnică reclamată spre rezolvare, trebuie să fie tratată special pornind de la dispozitivul de formare dop de gheaţă special conceput şi realizat ca model experimental.

Articolul, pe lângă descrierea facilităţilor tehnologice realizate, prezintă experimentul în sine realizat pentru apă demineralizată, rezultatele obţinute şi câteva concluzii.

2. Descrierea constructivă a facilităţilor tehnologice experimentale

Tehnologia opririi curgerii agentului de lucru în conducta orizontală cu un dop de gheaţă realizat controlat presupune existenţa: dispozitivului pentru formarea dopului de gheaţă, figura 1, a tronsonului experimental, figura 2 şi a vasului de stocaj azot lichid (vas Dewar) cu furtun de transvazare.

Dispozitivul de formare dop de gheaţă pentru obturarea curgerii agentului de lucru în interiorul unui tronson de conductă orizontală de diametru mare 1, este practic un manşon dublu compartimentat alcătuit prin îmbinarea etanşă a două semicoliere: semicolier superior 8 şi semicolier inferior 2, figura 1, [4].

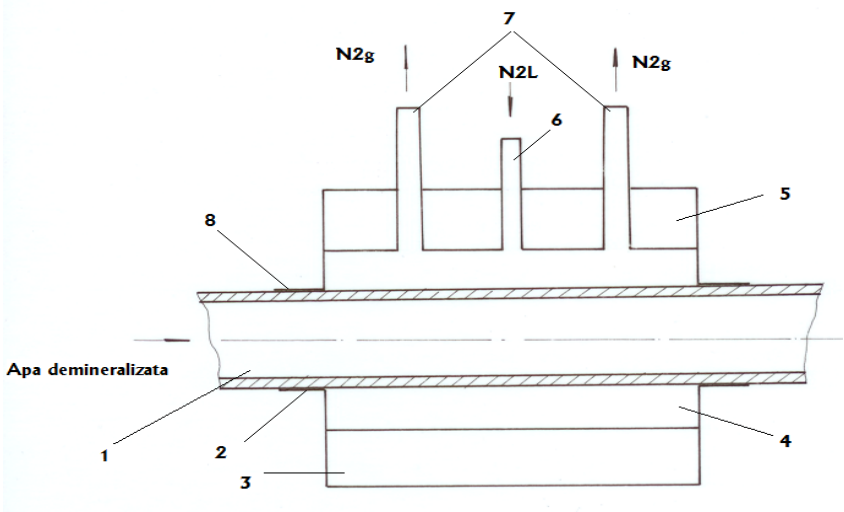

Fig. 1 Dispozitiv pentru formare dop de gheaţă

Asamblarea semicolierelor se realizează cu şurub - piuliţă pe o garnitură de etanşare. După montajul semicolierelor dispozitivului pe exteriorul conductei, în zona unde dorim să formăm dopul de gheaţă, se realizează practic, un compartiment inelar 4 destinat azotului lichid. Compartimentul pentru azot lichid 4 este izolat termic în exterior de compartimentele vidate 5 şi 3 înglobate fiecare în semicolierele superior şi respectiv, inferior.

Transferul de căldură are loc, în cea mai mare parte prin convecţie, de la agentul de lucru circulat în conductă la peretele interior şi prin conducţie, la inelul de azot lichid. Căldura disipată în stratul de azot lichid intensifică procesul de vaporizare. Pentru limitarea suprapresiunii generate în compartimentul inelar, de vaporizarea continuă în timp a volumului de azot lichid injectat, s-au prevăzut în acest caz două ştuţuri de evacuare a vaporilor de azot 7, în atmosferă.

Temperatura vaporilor de azot evacuaţi este direct dependentă de cantitatea de azot lichid introdusă continuu în proces. Poziţionarea ştuţurilor de evacuare a vaporilor de azot 7 în atmosferă a fost realizată pe semicolierul superior 8 luând în considerare realizarea transferului de căldură cât mai uniform distribuit la nivelul suprafeţei interioare a compartimentului inelar 4 şi implicit, la nivelul peretelui exterior al conductei 1 în zona de montaj a manşonului.

Transferul de căldură uniform distribuit garantează păstrarea integrităţii peretelui tronsonului de conductă pe durata formării şi menţinerii dopului de gheaţă.

Alimentarea cu azot lichid s-a prevăzut a se realiza echilibrat, prin ştuţul central 6, la nivelul semicolierului superior 8. Transvazarea azotului lichid N_2 de la rezervorul cu azot lichid la ştuţul central se realizează cu racorduri speciale, în furtun de presiune cu tresa metalică de protecţie pe exterior.

Bucla experimentală lucrează în circuit deschis şi constă practic din: o pompă de circulaţie (P), un ansamblu de conducte şi armături, şi un vas de umplere-golire (VU/G), figura 2.

Pentru realizarea experimentelor, bucla include o secţiune de testare orizontală (ST) încadrată de două prize de presiune.

Secţiunea de testare (ST) are diametrul nominal cerut de aplicaţie (specificaţie tehnică) iar lungimea ei trebuie să ia în considerare: restricţiile impuse de păstrarea stabilităţii curgerii şi de formarea dopului de gheaţă.

Dispozitivul pentru formarea dopului de gheaţă (D_g), model experimental se montează pentru încercări pe exteriorul secţiunii de testare, figura 2.

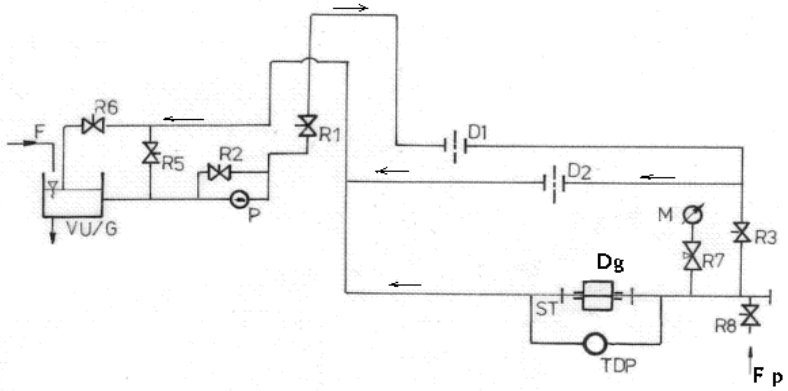

Fig. 2 Bucla de testare experimentală - schema simplificată

3. Descrierea experimentului

Experimentul s-a realizat în bucla experimentală utilizând ca agent apa demineralizată, figura 3, [5]. Debitul agentului de lucru prin secţiunea de testare (ST) a rezultat din diferenţa dintre debitul traseului principal 1, măsurat cu debitmetrul (D1) şi debitul de pe by-pass 2, măsurat cu debitmetrul (D2), figura 3. Debitul apei în secţiunea de testare, la pornirea experimentului, a fost de aproximativ 0,03 m^3/h, (traseu 3).

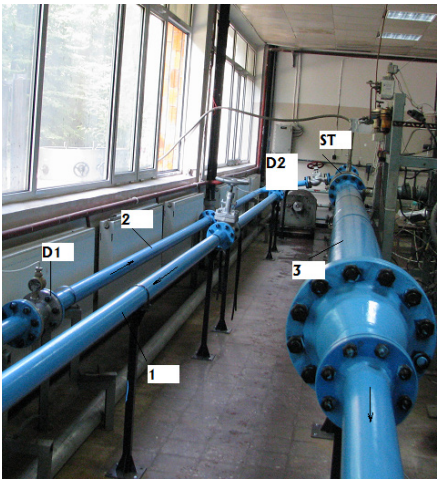

Fig. 3 Bucla experimentală - vedere

Pentru măsurarea temperaturii în zona dispozitivului de îngheţare 3, direct pe conductă, s-au amplasat termocuple de suprafaţă Fe-Constantan, după cum urmează - figura 4:

- în amonte de dispozitivul de îngheţare, la capătul semicolierelor;
- în poziţie superioară, cod termocuplu Th 12 şi în

poziţie inferioară, cod termocuplu Th 13;

- în aval de dispozitivul de îngheţare, la capătul semicolierelor: în poziţie superioară, cod termocuplu Th 16 şi în poziţie inferioară, cod termocuplu Th 17.

De asemenea, s-a amplasat câte un termocuplu Fe-Constantan imediat la ieşirea din ştuţul de evacuare vapori de azot, în interiorul compartimentului pentru azot lichid al dispozitivului de îngheţare 3 şi pe generatoarea conductei de ieşire din secţiunea de testare 2, figura 4.

Măsurarea datelor şi înregistrarea lor on-line s-a realizat cu un sistem digital de achiziţie şi prelucrare a datelor performant 4, figura 4.

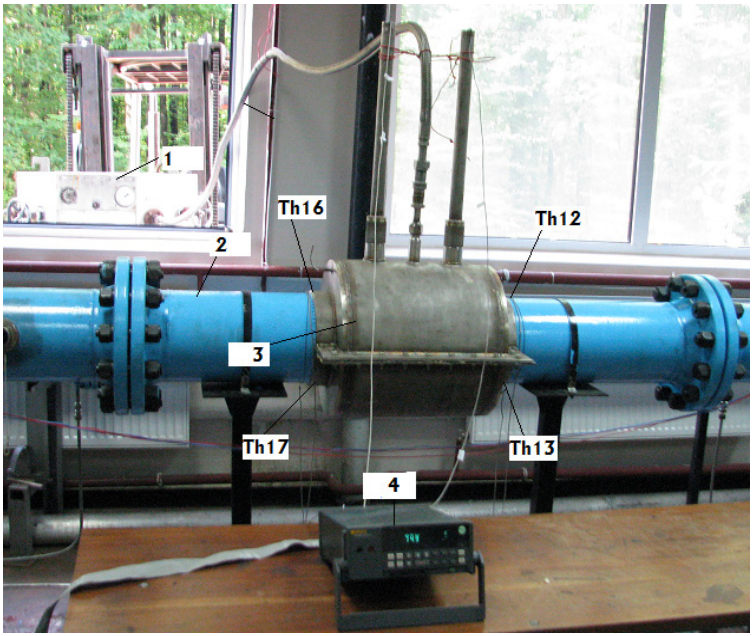

Fig. 4 Secţiunea de testare echipată şi instrumentată

După două minute de la injectarea azotului lichid spre dispozitivul de îngheţare se constată umplerea circuitului însoţită de evacuarea vaporilor, figura 5.

Vaporizarea azotului lichid se datorează în cea mai mare parte schimbului complex de căldură realizat la contactul cu peretele conductei.

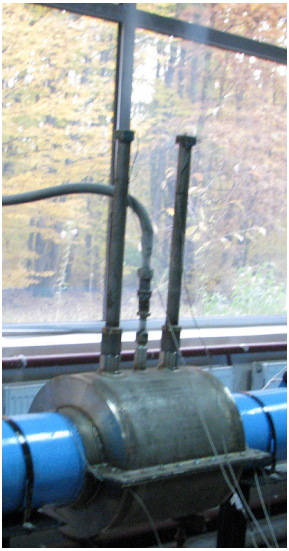

Fig. 5 Pornirea procesului de răcire a peretelui conductei

Se observă că volumul de vapori evacuaţi este puţin dens, semn că fluxul de căldură transferat de la apă la azotul lichid este fie destul de redus, fie cantitatea de azot ajunsă în compartimentul dispozitivului este încă redusă. Este posibil ca ultima variantă să fie valabilă deoarece, la început s-a pornit cu o presiune a pernei de azot în vasul Dewar de 0,4 bar.

Treptat, s-a crescut presiunea pernei de vapori în vas la ~ 0,6 bar şi corespunzător, densitatea coloanelor de vapori a crescut vizibil.

După aproximativ 30 de minute de la pornire, s-a obţinut temperatura de – 7,4 ^{o}C la ieşire jos (Th 16), figura 6.

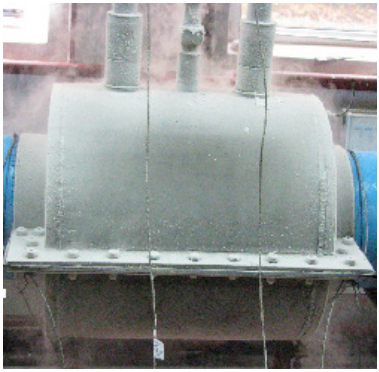

Fig. 6 Depunerea fină de zăpadă pe dispozitivul de îngheţare

Menţinând constant debitul de azot lichid în circuit, după aproximativ două ore şi 19 minute de la pornirea experimentului, s-a constatat că transferul de căldură realizat în principal la peretele conductei a fost însoţit de transfer de masă.

S-au observat deasupra norului de vapori de azot picături fine de azot lichid antrenate pe gura de evacuare aval, figura 7.

După o oră şi 22 de minute, o fotografie realizată prin vizorul amonte arată că, depunerea asimetrică a stratului de gheaţă pe peretele interior al recipientului în zona manşonului, a continuat, figura 5.

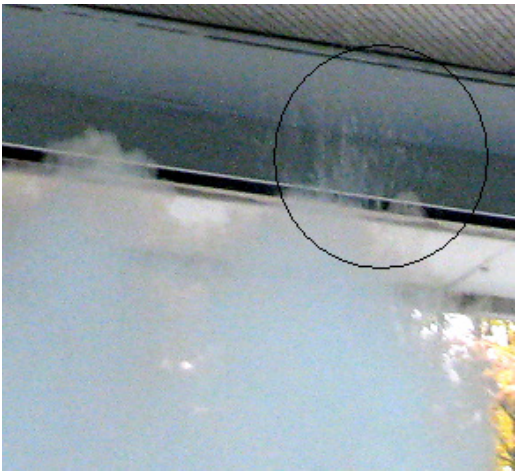

Fig. 7 Identificarea fenomenului de transfer de masă

După aproximativ patru ore de experiment conţinutul de azot lichid din vasul Dewar s-a redus considerabil determinându-ne să oprim procesul fără a avea cunoştinţă de mărimea depunerii de gheaţă din interiorul conductei de testare.

Temperaturile atinse pe peretele exterior al conductei, în zona supravegheată, după aceste patru ore, au coborât după cum urmează: la intrarea în manşon, jos – 46,1 °C (Th 12), – 41,4 °C (Th 13) şi la ieşire, jos – 30,4 °C (Th 16) şi sus – 51,1 °C (Th 17).

4. Rezultate experimentale şi concluzii

După golirea, demontarea şi înlăturarea tronsonului din avalul secţiunii de testare se observă depunerea în straturi succesive a gheţii pe peretele interior al secţiunii de testare, figura 8.

Nu a fost realizată obturarea curgerii în secţiunea de testare. Se observă canalul săpat în gheaţă de scurgerea apei din aval în cele nouă minute necesare pentru demontare.

Fig. 8 Depunerea de gheaţă la sfârşitul experimentului

Rezistenţa hidraulică creată de depunerea de gheaţă este nesemnificativă, pierderea de presiune locală fiind insesizabilă.

Orificiul rămas în gheaţă cuprinde o porţiune din peretele superior al secţiunii de testare pe care stratul de gheaţă depus era extrem de subţire.

S-a estimat o încadrare a orificiului rămas în gheaţa depusă într-un dreptunghi cu laturile de 70x50 mm.

5. Concluzii

- durata experimentului a fost redusă considerabil de transferul de masă identificat deasupra coloanei de vapori de azot evacuată;
- transferul de masă se datorează fierberii intense generate în compartimentul de azot lichid de căldura transferată prin convecţie;
- evitarea transferului de masă presupune fie reducerea debitului de azot injectat în circuit fie un debit de pornire mai mic în secţiunea de testare;
- s-a observat atingerea unui moment de aşa zis echilibru în care, ratele de reducere a temperaturilor pe peretele exterior al conductei de testare aproape s-au anulat;

- acest moment se datorează subdimensionării compartimentului de azot lichid al dispozitivului în raport cu volumul de apă din zona sa de influenţă;
- se impune reproiectarea dispozitivului pentru un volum mai mic de apă în zona de influenţă;
- soluţia adoptată trebuie să aibe în continuare, volumul redus al vasului Dewar disponibil pentru experiment.

BIBLIOGRAFIE

[1] Kulin, M., Pavel, Al., Voicu, I., Ionescu, N., *Cuantificarea duratei de îngheţare a apei în tubulaturi*, Asociaţia Română de Mecanica Ruperii (ARMR) - Simpozion naţional de Mecanica Ruperii, Călimăneşti 1998.
[2] * * * Cryostop „*International - pipe freezing services*", documentaţie de prezentare a serviciilor; 6.03.2004.
[3] Gyongyoşi, T., Valeca, Ș., Doca. L., şi alţii *Izolarea conductelor orizontale de diametru mare prin îngheţare. Temă de proiectare*, R.I. 6838 / 30.06.2004, SCN Piteşti.
[4] Gyongyoşi, T., Valeca, Ș., Constantin, L., Deloreanu, Gh., şi alţii *Dispozitiv de îngheţare pentru conducta DN 200 mm. Proiect de execuţie model experimental*, R.I. 7138 / 30.06.2005, SCN Piteşti.
[5] Gyongyoşi, T., Valeca, Ș., Puiu,D., şi alţii *Încercări de formare a dopului de gheaţă în secţiunea de testare, conducta orizontală străbătută de apă industrială*, *R.I. 8546 / 30.12.2009*, SCN Piteşti.

Ing. Tiberiu GYONGYOŞI
Ing.Dezv.Tehn.I, Şef colectiv,
Sucursala Cercetări Nucleare Piteşti, membru AGIR
e-mail: tiberiu.gyongyoşi@nuclear.ro
Prof. Dr.Ing. Valeriu Nicolae PANAITESCU
Mecanica fluidelor, Maşini hidraulice şi Ingineria mediului,
Universitatea Politehnică Bucureşti, membru AGIR
e-mail: valeriu.panaitescu@mail.upb.ro
Prof. Dr.Ing. Ilie PRISECARU
Energetică, Universitatea Politehnică Bucureşti, membru AGIR
e-mail: prisec@gmail.com