

---

# **SINTEZĂ A ASPECTELOR TEORETICE ȘI PRACTICE PRIVIND DEGRADĂRILE AMORSATE/INTENSIFICATE PRIN COROZIUNE LA COȘURILE INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA**

*Dr. ing. Irina POPA, chimist Alexandrina MUREȘANU*

## **REZUMAT**

Articolul constituie o expunere sistematizată a unor aspecte teoretice și practice, privind degradările coșurilor industriale din beton armat din țara noastră sub aspect al coroziunii, ca fenomen declanșator sau/și accelerator. În acest sens, sunt prezentate principalele tipuri de cauze ce determină degradările coșurilor, cauze specifice României, precum și mecanisme de atac și tipuri de degradări ale materialelor constitutive și ale elementelor structurale ale coșurilor industriale din beton armat.

*Cuvinte cheie:* coșuri industriale, beton armat, coroziune, degradări

## **ABSTRACT**

The paper provides a systematic presentation of some theoretical and practical aspects concerning degradations in industrial reinforced concrete chimneys in Romania, caused or accelerated by corrosion. The main types of causes that determine the degradations in chimneys, the causes specific to Romania, as well as the attack mechanisms and the types of degradations for constitutive materials and for structural elements in industrial reinforced concrete chimneys are described.

*Keywords:* industrial chimneys, reinforced concrete, corrosion, degradation

## **1. INTRODUCERE**

Pe plan național și internațional, coșurile industriale au fost proiectate și construite pentru a avea o durată de viață egală cu cea a platformei industriale pe care sunt amplasate, respectiv de 25-50 de ani. De aceea, se consideră că în condițiile în care este asigurată o mentenanță corespunzătoare, cea mai mare parte a acestor coșuri poate fi exploatată corespunzător chiar pe o perioadă mai mare decât durata de viață scontată.

Deteriorarea acestor construcții speciale începe încă din momentul în care sunt date în exploatare, iar fenomenele de degradare prin coroziune evoluează cu o viteză exponențială. Astfel, dacă în primii ani de funcționare nu sunt semne aparente de coroziune, în anii următori degradarea coșurilor industriale este una accelerată, de multe ori fiind constatate aspecte care necesită intervenții majore.

La ora actuală, în România, coșurile industriale din beton armat ridică probleme specifice în sensul că, după perioade de exploatare de peste 30 de ani, în multe cazuri, sunt semnalate degradări semnificative ale trunchiului din beton armat, ceea ce introduce chiar riscul afectării capacității portante a coșului respectiv. Cauza unor asemenea situații o constituie deteriorările grave și de amploare neremediate la timp, la nivelul tuburilor de evacuare a gazelor arse, deteriorări declanșate dar mai ales potențate de fenomenele de coroziune.

Prezentul articol constituie o abordare sintetică asupra principalelor aspecte care generează și definesc aceste tipuri de degradări ale coșurilor industriale din beton armat din România, abordarea fiind făcută atât pentru fiecare tip de material constitutiv cât și pentru elementele structurale componente ale unui asemenea coș industrial.

## 2. CAUZE ALE DEGRADĂRILOR COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETONARMAT

În țara noastră, coșurile industriale din beton armat dețin o pondere majoritară în categoria construcțiilor speciale de acest tip și reprezintă structuri de o complexitate aparte ca alcătuire, ansamblu de materiale și solicitări.

Principalele categorii de factori care acționează asupra unui asemenea coș industrial de evacuare a gazelor arse și care conduc, pe parcursul exploatării, la declanșarea și intensificarea degradărilor ca urmare a fenomenelor de coroziune, sunt: a) agresivitatea mediului exterior și interior coșului, b) regimul de exploatare și programul de mentenanță.

### a) Agresivitatea mediului exterior și interior coșului

Degradările construcțiilor sub acțiunea factorilor de mediu au loc, în general, cu viteze relativ mici și sunt mai puțin spectaculoase comparativ cu degradările care se produc sub acțiunea gazelor de ardere evacuate.

Pentru coșurile de fum, mediul atmosferic industrial este însă unul puternic agresiv din punct de vedere chimic și de aceea este necesar ca degradările prin coroziune constatate, în special în

cazul betonului armat, să fie tratate cu atenția cuvenită și să facă obiectul intervențiilor periodice de mentenanță, înainte ca deteriorarea să devină una majoră și să afecteze chiar structura coșului.

Cunoașterea agresivității mediului exterior și interior cu care vine în contact coșul din beton armat este un aspect important în problematica practică a degradărilor coșurilor industriale și este utilă atât pentru aprecierea globală a evoluției în timp a proceselor de degradare prin coroziune a structurii, cât și la alegerea sistemelor de protecție anticorozivă pentru suprafața exterioară și pentru cea interioară a coșului.

*Pentru mediul atmosferic exterior coșului*, ce conține agenți agresivi în fază gazoasă (gaze de ardere evacuate, ceață provenită din condensul vaporilor în urma variației umidității) determinarea clasei de agresivitate se face în funcție de umiditatea relativă a aerului, de temperatura mediului și de caracteristica gazelor agresive, conform NE 012/1-2007 [10], pentru elementele din beton armat și conform STAS 10128-86 [11] și GP 111-2004 [12], pentru elementele și instalațiile metalice anexe ale coșurilor respective. În conformitate cu prevederile acestor documente normative, tabelul 1. constituie o prezentare unitară a claselor de agresivitate a mediului atmosferic ce conține gaze corozive față de beton, respectiv față de oțel.

**Tabelul 1**

| Clasa de agresivitate a mediului |              | Umiditatea relativă a aerului % | Temperatura mediului °C | Caracteristica gazelor agresive [10], [11], [12] |
|----------------------------------|--------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|
| Față de beton                    | Față de oțel |                                 |                         |                                                  |
| XA 1b                            | 1m           | 61...75                         | max. 50                 | Fără gaze agresive                               |
|                                  |              | ≤ 60                            | max. 50                 | Gaze agresive din grupa A                        |
| XA 2b                            | 2m           | > 75                            | max. 50                 | Fără gaze agresive                               |
|                                  |              | 61...75                         | max. 50                 | Gaze agresive din grupa A                        |
|                                  |              | ≤ 60                            | max. 50                 | Gaze agresive din grupa B                        |
| XA 3b                            | 3m           | > 75                            | max. 50                 | Gaze agresive din grupa A                        |
|                                  |              | 61...75                         | max. 50                 | Gaze agresive din grupa B                        |
|                                  |              | ≤ 60                            | max. 50                 | Gaze agresive din grupa C                        |
| XA 4b                            | 4m           | > 75                            | max. 50                 | Gaze agresive din grupa B                        |
|                                  |              | 61...75                         | max. 50                 | Gaze agresive din grupa C                        |

Astfel, clasificarea generală a agresivității acestor medii atmosferice față de elementele supraterane din beton armat și oțel, este făcută după cum urmează: medii cu agresivitate foarte slabă (XA1b, respectiv 1m), cu agresivitate slabă (XA2b, respectiv 2m), cu agresivitate medie (XA3b respectiv 3m) și agresivitate puternică (XA4b respectiv 4m).

În ceea ce privește mediul atmosferic interior coșului industrial din beton armat, agresivitatea gazelor corozive de ardere se manifestă atât prin compoziția cât și prin temperatura lor ridicată. Compoziția gazelor corozive de ardere

evacuate din coșurile industriale variază în funcție de natura combustibilului și de natura procesului tehnologic deservit și se manifestă prin acțiunea unor soluții acide (acid sulfuric, clorhidric, azotic) care rezultă prin condensarea unor compuși din gazele de ardere evacuate. Gazele potențial corozive condensează în special în zona de evacuare ca urmare a contactului cu atmosfera și ajung pe suprafața interioară sau exterioară a coșului. În tabelul 2 este prezentată o caracterizare generală a gazelor arse evacuate precum și zonele de coș asupra cărora acestea acționează. [13]

Tabelul 2

| Caracteristici generale ale gazelor corozive de ardere evacuate prin coșurile industriale |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Compoziție chimică</b>                                                                 | dioxidul de carbon (CO <sub>2</sub> ), monoxidul de carbon (CO), oxizii de sulf (SO <sub>x</sub> ), oxizii de azot (NO <sub>x</sub> ), cloruri și particule solide (praf, cenușă).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Temperatura de acces a gazelor evacuate                                                   | $t \leq 80^{\circ}\text{C}$ – coșuri reci,<br>$80^{\circ}\text{C} < t \leq 200^{\circ}\text{C}$ – coșuri calde<br>$t > 200^{\circ}\text{C}$ – coșuri fierbinți                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Suprafețe afectate ale coșului</b>                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- suprafața interioară a tubului de evacuare;</li> <li>- suprafața exterioară a tubului de evacuare și suprafața interioară a trunchiului portant, în cazul în care tubul este degradat și permite ieșirea gazelor de evacuare și în spațiul dintre peretele coșului și tub;</li> <li>- suprafața exterioară a coșului, precum și elementele metalice anexe (scări, platforme, dispozitive de prindere ș.a.) aflate accidental pe traseul de evacuare (dispersie) a gazelor;</li> <li>- toate suprafețele exterioare aflate în zona de dispersie a unor coșuri învecinate</li> </ul> |

Deoarece atât în mediul exterior cât și în mediul interior coșului există și agenți agresivi în fază solidă, se va ține cont de acest aspect, iar stabilirea clasei de agresivitate a mediului atmosferic se va face în funcție de umiditatea relativă a aerului și de caracteristica solidului [10], [11], [12], conform tabelului 3, în interiorul construcției, respectiv a coșului și conform tabelului 4, în aer liber. Ținând

cont de prevederile documentelor normative corespunzătoare (NE 012/1-2007, în cazul betonului armat și STAS 10128-86 și GP 111-2004, în cazul oțelului), tabelele 3 și 4 constituie prezentări unitare ale claselor de agresivitate a mediului atmosferic atunci când acesta conține, în fază solidă, agenți corozivi față de beton, respectiv față de oțel.

Tabelul 3

| Clasa de agresivitate a mediului |              | Umiditatea relativă a aerului, % | Caracteristica solidului <sup>*)</sup> |
|----------------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| Față de beton                    | Față de oțel |                                  |                                        |
| XA 1b                            | 1m           | 61...75                          | Slab solubil                           |
|                                  |              | $\leq 60$                        | Ușor solubil – puțin higroscopic       |
| XA 2b                            | 2m           | $> 75$                           | Slab solubil                           |
|                                  |              | 61...75                          | Ușor solubil – puțin higroscopic       |
|                                  |              | $\leq 60$                        | Ușor solubil – higroscopic             |
| XA 3b                            | 3m           | $> 75$                           | Ușor solubil – puțin higroscopic       |
|                                  |              | 61...75                          | Ușor solubil – higroscopic             |
| XA 4b                            | 4m           | $> 75$                           | Ușor solubil – higroscopic             |

<sup>\*)</sup> Mediile cu solide cu agresivitate ridicată, notate cu asterisc în [10], [11], [12] pentru beton, respectiv pentru oțel, conferă mediului clasa de agresivitate XA 4b, respectiv 4m, indiferent de caracteristica solidului respectiv și de umiditatea relativă a aerului.

Având în vedere că la ora actuală nu există o clasificare specifică, în care să se țină cont de temperaturile ridicate din interiorul coșului, gradientul spațial de concentrație, tipul de combustibil ș.a., se

consideră că mediul din interiorul unui coș industrial poate fi încadrat la clasa de agresivitate maximă a unui mediu atmosferic din interiorul unei construcții industriale, conform tabelului 3.

Tabelul 4

| Clasa de agresivitate a mediului |              | Umiditatea relativă a aerului, % | Caracteristica solidului <sup>*)</sup> |
|----------------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| Față de beton                    | Față de oțel |                                  |                                        |
| XA 1b                            | 1m           | ≤ 60                             | Slab solubil                           |
| XA 2b                            | 2m           | 61...75                          | Slab solubil                           |
|                                  |              | ≤ 60                             | Ușor solubil – puțin higroscopic       |
| XA 3b                            | 3m           | > 75                             | Slab solubil                           |
|                                  |              | 61...75                          | Ușor solubil – puțin higroscopic       |
|                                  |              | ≤ 60                             | Ușor solubil – higroscopic             |
| XA 4b                            | 4m           | > 75                             | Ușor solubil – higroscopic             |
|                                  |              | 61...75                          | Ușor solubil – higroscopic             |

<sup>\*)</sup> Mediile cu solide cu agresivitate ridicată, notate cu asterisc în [10], [11], [12] pentru beton, respectiv pentru oțel, conferă mediului clasa de agresivitate XA 4b, respectiv 4m, indiferent de caracteristica solidului respectiv și de umiditatea relativă a aerului.

*Referitor la clasele de agresivitate a mediului din interiorul coșului, pentru zidăria antiacidă a tubului de evacuare a gazelor* pentru care, de asemenea, nu există o ierarhizare specifică în acest sens, se consideră că mediul atmosferic cu care vine în contact acest tip de material de construcție se încadrează, în baza celor precizate mai sus, la agresivitatea maximă. Această agresivitate a mediului interior nu poate fi caracterizată cantitativ, din cauze obiective, practice, cum ar fi: necunoașterea evoluției reale a parametrilor caracteristici gazelor evacuate – tip de substanțe agresive, concentrație, temperatură etc. – pe parcursul exploatării de zeci de ani a coșului și lipsa posibilităților tehnice de monitorizare curentă și completă a parametrilor actuali de exploatare.

#### b) Regimul de exploatare și programul de mentenanță a coșului

Regimul de exploatare și mentenanța sunt două elemente care influențează în mare măsură evoluția în timp a proceselor de degradare ale unui coș industrial, amorsate sau accelerate prin coroziune.

*Referitor la regimul de exploatare*, în cele ce urmează sunt prezentate câteva aspecte frecvent întâlnite, care favorizează asemenea degradări:

- Solicitarea excesivă a coșului de fum prin funcționare fără oprire, din cauza folosirii tehnologiei prin care colectarea emisiilor a două

sau patru surse trebuia să se facă la un singur coș (aspect impus proiectanților pe criterii economice);

- Exploatarea intensivă a coșului la temperaturi ale gazelor de evacuare uneori peste limita luată în calcul;

- Modificarea regimului de lucru prin reducerea producției, ceea ce, prin scăderea necesarului de combustibil, ceea ce determină:

- schimbări ale condițiilor în interiorul coșului (scăderea volumului de gaze arse evacuate, reducerea vitezei de evacuare a gazelor, răcirea lor rapidă, depunerea de particule solide în interiorul tubului de gaze);

- desprinderea și împrăștierea de impurități/particule solide (fum, praf, funingine) în vecinătatea coșului, ceea ce intensifică în mare măsură considerabil poluarea în zonă.

- Schimbarea tipului de combustibil, ceea ce are ca urmare schimbarea compoziției gazelor de ardere evacuate sau creșterea conținutului agenților corozivi peste limitele luate inițial în calcul

*Referitor la mentenanța coșurilor industriale*, este necesar de menționat faptul că fenomenele de degradare a coșurilor se pot oricând accelera, astfel încât o investigație încheiată cu semnalarea unor manifestări de coroziune aflate în stadiu incipient

nu este o garanție a faptului că la o inspecție ulterioară se vor semnala degradări similare ca intensitate. Indiferent de tipul coșurilor industriale de evacuare a gazelor arse, fără un program de mentenanță adecvat, degradarea prin coroziune este inevitabilă.

### 3. DEGRADAREA PRIN COROZIUNE A PRINCIPALELOR MATERIALE COMPONENTE ALE COȘURILOR DIN BETON ARMAT

Prin natura și compoziția lor chimică, gazele de ardere evacuate din coșurile industriale generează degradări specifice pentru fiecare dintre cele patru tipuri de materiale de bază din care sunt alcătuite aceste coșuri industriale: beton armat, oțel, zidărie antiacidă și materiale de termoizolație.

#### 3.1. Degradarea betonului armat și a oțelului

După cum este cunoscut, *coroziunea betonului armat* presupune, în principiu, într-un mediu umed cu agenți chimici corozivi (cazul coșurilor industriale), următoarea succesiune de etape: degradarea betonului de acoperire a armăturii, coroziunea armăturii de oțel și degradarea betonului în profunzimea elementului.

Într-o clasificare fundamentată pe criteriul cauză-efect, în cazul coșurilor industriale, se deosebesc următoarele tipuri de degradare prin coroziune a betonului: degradarea prin **carbonatare** (sub acțiunea agresivă a bioxidului de carbon din mediul atmosferic), degradarea prin **dizolvare-levigare** (sub acțiunea apelor meteorice, cu duritate scăzută), coroziunea **acidă** (sub acțiunea directă a ionilor  $H^+$  - la concentrații mari), coroziunea **sulfatică** (sub acțiunea ionilor  $SO_4^{2-}$ ) și degradarea sub acțiunea **îngheț-dezghetului** repetat.

În tabelul 5 sunt prezentate sumar principalele tipuri de atacuri corozive care se manifestă asupra betonului, în cazul coșurilor din beton armat, precum și principalele caracteristici ale fenomenelor de degradare respective.

Betonul de acoperire a armăturii odată fisurat sau / și degradat favorizează pătrunderea până la nivelul armăturii a umidității și a celorlalți agenți corozivi din mediul exterior și declanșarea coroziunii oțelului, cu mărire de volum, ca urmare a produșilor de coroziune formați. În vecinătatea fisurilor, acoperirea de beton este dezalcalinizată iar conlucrarea dintre beton și oțel este tot mai deficitară, prin accelerarea procesului de corodare și exfoliere a betonului de acoperire.

În perioada de exploatare a unui coș din beton armat, din cauza acțiunii combinate a gazelor de ardere corozive / particolelor solide evacuate și a apelor pluviale, betonul / betonul armat este supus concomitent mai multor tipuri de atac chimic din cele prezentate anterior. Totodată este supus și unui proces de **eroziune**, iar degradările sunt cumulate, în consecință, mai intense. Din acest motiv, degradările prin coroziune trebuie remediate în timp util, până să se ajungă în faze avansate ale atacului, evitând astfel costurile mari ale reparațiilor majore ulterioare.

*Coroziunea armăturii de oțel*, în cazul coșurilor industriale din beton armat, se prezintă sub mai multe forme: coroziunea cauzată de reducerea alcalinității betonului de acoperire, ca urmare a acțiunii agenților corozivi de mediu, coroziunea sub acțiunea ionilor de clor și coroziunea sub tensiune (în cazul armăturilor pretensionate).

Coroziunea armăturii de oțel a coșurilor din beton armat poate fi considerată un caz particular al coroziunii elementelor de oțel supraterane, în sensul că, în primul caz, procesul coroziv este tot unul de natură electrochimică, dar favorizat și accelerat și de existența unor solicitări mecanice.

Diferența principală dintre cele două procese de coroziune constă în faptul că degradarea armăturii reprezintă o consecință directă a deteriorării stratului de acoperire din beton, sub acțiunea umidității atmosferice și a agenților corozivi. Ca urmare, principala protecție anticorozivă a armăturii o constituie realizarea unui beton de acoperire de înaltă calitate, într-un strat cu o grosime corespunzătoare și uniformă, beton a cărui durabilitate să fie asigurată suplimentar, acolo unde este cazul, prin aplicarea unei protecții anticorozive peliculogene corespunzătoare.

Tabelul 5

| Nr. crt. | Tipul atacului coroziv asupra betonului | Caracteristici, mecanisme de atac                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | Degradarea prin carbonatare             | <p>Se produce sub acțiunea bioxidului de carbon din atmosferă și are loc cu formare de carbonat de calciu la suprafața betonului. Viteza de înaintare a frontului de carbonatare în adâncimea betonului depinde de protecția suprafeței și de densitatea betonului. În cazul unui beton cu densitate normală și cu suprafața neprotejată, viteza de înaintare este de 0,5-1,0mm/an, în adâncime, viteză care face ca frontul de carbonatare a betonului să ajungă la nivelul armăturii după 25-30 de ani de funcționare a coșului. Carbonatarea este mai intensă în zonele fisurate, la rosturile de dilatare și acolo unde are loc încălzirea betonului.</p> <p>Carbonatarea în sine nu pune în pericol rezistența betonului, dimpotrivă, mărește rezistența la suprafață, dar în combinație cu alte atacuri poate afecta structurile de beton armat. Pătrunderea CO<sub>2</sub> din aer în masa betonului face ca alcalinitatea betonului proaspăt (valoarea pH-ului), mai mare de 11,0, să scadă continuu până la pragul critic de 9,3 la care mai este în măsură să protejeze armătura de oțel împotriva oxidării. Dacă procesul de carbonatare ajunge la oțel, coroziunea armăturii este amorsată și are loc cu mărire de volum, ca urmare a produșilor de coroziune formați, ceea ce determină apariția de fisuri în lungul armăturii.</p>                                                                                                  |
| 2.       | Coroziunea prin dizolvare-levigare      | <p>Procesul are loc sub acțiunea apelor meteorice (ape cu duritate mică) și debutează prin dizolvarea și levigarea hidroxidului de calciu din piatra de ciment. Treptat se produce decalcifierea și, în faze avansate ale atacului, transformarea pietrei de ciment într-o masă predominant glică. Ca urmare a modificărilor de compoziție și de structură a pietrei de ciment, rezistențele mecanice ale betonului scad, cu creșterea cantității de hidroxid de calciu îndepărtat prin dizolvare și levigare. Creșterea porozității betonului conduce la creșterea permeabilității acestuia, iar procesul de coroziune prin dizolvare-levigare continuă până la deteriorarea completă a pietrei de ciment. Viteza acestui tip de coroziune a betonului este mare în faza de început a atacului, apoi scade treptat, pe măsură ce piatra de ciment devine mai săracă în hidroxid de calciu.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3.       | Coroziunea acidă                        | <p>Dintre acizii care acționează asupra betonului, în cazul coșurilor industriale, se menționează acidul clorhidric, acidul sulfuric, acidul azotic și acidul fluorhidric. Coroziunea acidă se manifestă de la o valoare a pH-ului mai mică de 6,5 și devine foarte intensă la scăderea pH-ului sub 3, ducând la distrugerea pietrei de ciment. Agresivitatea acidă trebuie considerată însă nu numai prin intermediul pH-ului, ci și pe baza naturii acidului și a produșilor de reacție. Sub acțiunea atacului acid se produce decalcifierea betonului, în funcție de solubilitatea sărurilor de calciu formate; în cazul în care acestea sunt solubile (de exemplu CaCl<sub>2</sub>) procesul de coroziune acidă a betonului decurge în mod accelerat, până la distrugerea completă a acestuia.</p> <p>În betonul armat, betonul de acoperire a armăturii odată dezalcalinizat și degradat permite contactul direct al agentului coroziv acid cu armătura de oțel, declanșând coroziunea acesteea.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4.       | Coroziunea sulfatică                    | <p>Atacul are loc sub acțiunea ionilor sulfat și este diferită de coroziunea acidă provocată de acidul sulfuric. În cazul coșurilor industriale, ionii sulfatici prezenți în atmosferă provin atât din gazele evacuate de coșul respectiv cât și din poluarea atmosferică existentă în zonele industriale.</p> <p>Între ionii sulfatici și constituenții pietrei de ciment se produc reacții chimice iar produșii de reacție rezultă cristalizează cu creșteri mari de volum. Acumularea produșilor formați, în stare solidă, în porii pietrei de ciment, generează apariția unor forțe distructive în masa betonului, ceea ce determină fisurarea și ulterior expansiunea acestuia. Un aspect particular al atacului sulfatic asupra betonului este acela că evoluția în timp a procesului presupune trei etape: I- etapa de formare a produșilor de reacție sulfatici (sulfat aluminat tricalcic) în porii betonului, a II-a - în care are loc creșterea rezistențelor mecanice ale betonului ca urmare a acumulării produșilor sulfatici de reacție în masa acestuia și a III-a etapă, de umflare, fisurare și expulzare a betonului sub acțiunea forțelor interioare dezvoltate prin acumularea de sulfat aluminat tricalcic în masa betonului. Ca urmare a acestui mecanism particular, atacul sulfatic asupra betonului este remarcat, în general, abia în etapa a III-a, în care betonul este deja infestat cu ioni sulfat și fisurat.</p> |
| 5.       | Degradarea prin îngheț-dezghet          | <p>În condiții de îngheț-dezghet repetat și în stare umedă, betonul și mortarul care intră în alcătuirea coșurilor industriale din beton armat pot suferi deteriorări până la distrugere. Temperatura și apa sunt factorii principali prin care mediul atmosferic acționează distructiv asupra betonului. Fenomenele care se manifestă pe parcursul atacului de îngheț-dezghet repetat au loc în porii betonului, precum și în microfisuri. Deteriorarea betonului începe în decursul unui proces în care eforturile interioare depășesc rezistența la întindere în puncte izolate și se agravează până la distrugere, pe măsura amplificării și generalizării în masa materialului a acestui proces. Ca urmare a slăbirii progresive a structurii betonului prin îngheț-dezghet se manifestă fenomene de umflare, diminuare a rezistențelor mecanice și creștere a permeabilității la apă. La îngheț-dezghet repetat, starea de microfisurare a structurii se accentuează, scade coeziunea dintre componentele betonului și conlucrarea matrice-agregat. Această evoluție evidențiază faptul că ciclurile de îngheț-dezghet au un efect cumulativ, aspect deosebit de important în cazul exploatarea coșurilor de beton armat.</p>                                                                                                                                                                                                               |

### 3.2. Degradarea zidăriei antiacide și a termoizolației coșului de beton armat

Sub acțiunea temperaturii neuniforme pe grosimea peretelui – prin efectul deformațiilor termice generate de acestea sub acțiunea transferului de umiditate, a gazelor de evacuare puternic corozive și a condensului acid, zidăria antiacidă și ulterior termoizolația tuburilor de evacuare a gazelor din coșurile industriale din beton armat suferă o serie de degradări, evolutive. Efectele se manifestă mai întâi asupra mortarului antiacid din rosturile zidăriei antiacide și ulterior asupra cărămidilor antiacide și asupra termoizolației adiacente. Etapele de degradare a zidăriei antiacide și a termoizolației, potențate prin procesele de coroziune, sunt prezentate în tabelul 6.

Tipul și mecanismele de atac ale agenților corozivi asupra mortarului antiacid se asimilează, ca principiu, cu cele ale betonului, mecanisme prezentate anterior.

Evaluarea degradării zidăriei antiacide se face în funcție de aspectul și ponderea degradărilor tubului de evacuare a gazelor.

La noi în țară, de cele mai multe ori, deteriorarea zidăriei antiacide, în special la coșurile aflate în funcțiune în prezent (după 20-30 de ani de funcționare), în lipsa urmăririi corespunzătoare a comportării în exploatare, implică necesitatea refacerii în întregime a zidăriei antiacide și a termoizolației, respectiv a tubului de evacuare a gazelor arse.

**Tabelul 6**

| Etapa de degradare | Descrierea degradărilor zidăriei antiacide și a termoizolației                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Etapa I            | Scăderea rezistențelor mecanice ale mortarului antiacid din rosturi, cu fisurarea acestuia                                                                                                                                                                                                                               |
| Etapa a II-a       | Degradarea cărămidilor de zidărie antiacidă, prin: pătare, reducere a grosimii, ciobire, umflare, fisurare;                                                                                                                                                                                                              |
| Etapa a III-a      | <ul style="list-style-type: none"><li>– Fisurarea / crăparea, cu străpungerea peretelui de zidărie antiacidă</li><li>– Degradarea puternică, fizico-chimică, a mortarului antiacid, cu scăderea aderenței la cărămidă</li><li>– Dizlocarea cărămidilor antiacide, cu desprinderea protecției termice adiacente</li></ul> |

### 4. DEGRADĂRI PRIN COROZIUNE ALE COȘURILOR DIN BETON ARMAT

O vedere de ansamblu, cuprinzătoare și pertinentă cu privire la problematica practică a degradărilor prin coroziune generate la coșurile din beton armat pe parcursul unei perioade de 20-40 de ani de exploatare (cazul real al multor coșuri din țară), presupune a lua în considerare două categorii principale de cauze și efectele lor, astfel:

**I. Factorii agresivi de mediu și gazele corozive evacuate** – acționează asupra coșurilor industriale din beton armat în baza chimismului interacțiunii dintre materialele de construcție și factorii corozivi cu care acestea vin în contact.

Principalele zone degradate prin coroziune ale coșurilor din beton armat sunt: suprafețele exterioară și interioară a trunchiului portant (din beton armat), tubul de evacuare a gazelor (din zidărie antiacidă) și termoizolația.

#### *Degradări ale suprafeței exterioare a trunchiului portant din beton armat*

Principalele tipuri de degradări ale suprafeței exterioare a tubului portant, în funcție de factorii exteriori agresivi care acționează asupra coșurilor industriale din beton armat sunt prezentate în tabelul 7. Cea mai mare parte a fenomenelor care generează aceste degradări sunt de natură corozivă, iar restul degradărilor (în special fisurarea sub acțiunea factorilor de temperatură, a solicitărilor mecanice și cele determinate de stabilitatea terenului de amplasare) potențează la rândul lor procese de degradare prin coroziune, sub acțiunea factorilor de mediu extern și intern.

#### *Degradări ale suprafeței interioare a trunchiului portant din beton armat*

În tabelul 8 sunt prezentate degradările prin coroziune ale suprafeței interioare a trunchiului portant din beton armat, pornind de la cauzele care le determină.

**Tabelul 7**

| Factori de mediu                                                    | Principalele tipuri de degradări ale suprafeței exterioare ale trunchiului portant din beton armat                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gaze de ardere<br>Particule de cenușă<br>Condens                    | Atac acid crescut asupra betonului<br>Coroziune sulfatică a betonului<br>Eroziune a betonului<br>Dezcalcinizare a betonului<br>Creștere a permeabilității betonului<br>Decolorare a peliculei de protecție aplicată pe beton |
| Ploaie                                                              | Pătrundere a apei/degradare prin îngheț-dezghet a betonului<br>Fisuri cauzate de șocuri termice                                                                                                                              |
| Variații termice<br>Însoleiere<br>Îngheț<br>Expunere la radiații UV | Însoleiere Dilatare termică a betonului și a armăturii<br>Fisurare sub tensiune a betonului<br><br>Îngheț Contractii termice ale betonului<br>Fisurare sub tensiune a betonului<br>Degradare prin îngheț-dezghet a betonului |
| Bioxid de carbon atmosferic                                         | Carbonatare a betonului<br>Coroziune a armăturii din oțel<br>Formarea crustei de rugină pe suprafața armăturii<br>Fisurarea și expulzarea betonului de acoperire ca urmare a corodării armăturii                             |
| Vânt                                                                | Scăderea calității stratului de acoperire din beton<br>Posibilă poluare cu ioni de clor și sulfat de proveniență marină                                                                                                      |
| Stabilitatea terenului                                              | Deplasări de teren și ca urmare, apariția de fisuri în betonul armat                                                                                                                                                         |

**Tabelul 8**

| Cauze ale degradărilor                                                                                                                                                                                                                     | Tipuri de degradări ale suprafeței interioare a trunchiului portant din beton armat                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Factorii agresivi de mediu                                                                                                                                                                                                                 | În unele cazuri, când degradări ale suprafeței exterioare ale trunchiului portant din beton armat (vezi tabelul 7) devin, în faze avansate ale atacului coroziv, degradări de profunzime, fisurile/crăpăturile străpung peretele din beton armat |
| - Gazele arse care străbat tubul de evacuare degradat și care pătrund în spațiul dintre trunchiul portant și tubul de evacuare a gazelor;<br>- Condensul acid care se depune pe suprafața interioară a trunchiului portant din beton armat | - Dezcalcinizarea betonului, cu scăderea rezistențelor mecanice;<br>- Fisurarea, umflarea și expulzarea betonului de acoperire a armăturii;<br>- Corodarea armăturii de oțel, cu reducere de secțiune sau secționare                             |

Agravarea stării de degradare a trunchiului portant din beton armat al coșului apare atunci când, în lipsa acțiunilor de urmărire curentă, degradările prin coroziune ale suprafeței exterioare ale trunchiului portant nu sunt remediate în timp util sau/și atunci când investigarea coșului se face numai din exterior, fără a examina starea de degradare a tubului de evacuare a gazelor și prin interiorul coșului.

**II. Cauzele de altă natură** decât cele menționate anterior, care determină sau accelerează

degradările prin coroziune a coșurilor din beton armat cuprind, exceptând acțiunile extraordinare (avarii, seisme, explozii, tasări de teren), o serie de defecte ale căror urmări pot fi preîntâmpinate prin intervenția factorului uman, respectiv defectele de proiectare și alcătuire, de execuție, dar mai ales exploatarea necorespunzătoare și mentenanța deficitară a coșurilor industriale.

În tabelele 9 și 10 sunt sintetizate principalele defecte de proiectare și alcătuire, respectiv de execuție ale coșurilor din beton armat (aspecte



referitoare la tehnici de proiectare și de execuție caracteristice anilor '65-'70), consecințe ale acestor defecte, precum și tipurile degradărilor prin coroziune

pe care aceste defecte le-au favorizat sau / și accelerat pe parcursul a peste 30 de ani de exploatare a structurilor respective.

**Tabelul 9**

| <b>Defecte de proiectare și alcătuire a coșurilor industriale din beton armat</b>                                                                                                               | <b>Consecințe ale defectelor de proiectare și alcătuire</b>                                                    | <b>Tipuri de degradări prin coroziune generate</b>                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inexistența la momentul proiectării a unui model de calcul cât mai aproape de realitate, pentru încărcările rezultate din variațiile de temperatură și combinația de încărcări vânt+temperatură | Armarea inelară insuficientă și necorelarea gradului de izolare termică cu variațiile de grosime și rigiditate | Fisurarea /crăparea pereților din beton armat ai tubului portant, cu ruperea armăturii inelare, ca urmare a eforturilor care au depășit capacitatea portantă a structurii. Ulterior fisurării, se produce degradarea prin coroziune a betonului armat. |
| Adoptarea unor configurații structurale cu variații bruște de rigiditate, ca urmare a condițiilor de exploatare impuse                                                                          | Apariția unor zone în care se dezvoltă eforturi mari din cauza variației de temperatură                        |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Utilizarea coșului de fum 100% din timp din cauza folosirii tehnologiei prin care colectarea emisiilor a 2 sau chiar 4 surse trebuia să se facă la un singur coș                                | Degradarea puternică a termoizolației                                                                          | Degradarea sau chiar desprinderea termoizolației și în funcție de situație, degradarea suprafeței interioare a peretelui tubului portant, cu dezcalcinizarea betonului                                                                                 |
| Etanșarea deficitară a racordurilor dintre tronsoanele de zidărie anticorozivă cu tablă de plumb care, în prezent, la toate coșurile este puternic degradată                                    | A permis accesul agenților chimici la nivelul consolelor din beton armat și a peretelui interior coșului       | Degradarea rosturilor de dilatare dintre tronsoanele de zidărie, degradarea termoizolației în zonele respective, ceea ce produce solicitări termice și chimice asupra suprafeței interioare a peretelui de beton a coșului                             |
| Prevederea aplicării termoizolației din foamglass direct pe suprafața din beton, fără a păstra un spațiu de aer ventilat între izolație și peretele de beton                                    | Spațiu insuficient pentru a prelua diferențele din dilatarea termică a materialelor                            | Desprinderea termoizolației de foamglass                                                                                                                                                                                                               |
| Lipsa izolației termice în zona consolelor sau neadaptarea tipului de izolație termică la tipul de structură a coșului                                                                          | Atacul chimic al gazelor corozive asupra betonului armat al consolelor                                         | Desprinderea termoizolației (în situațiile în care materialul termoizolație a fost necorespunzător), degradarea betonului consolelor prin dezcalcinizare și fisurare, corodarea armăturii, exfolierea și desprinderea stratului de acoperire din beton |

*Degradări ale tubului din zidărie antiacidă, la coșurile industriale din beton armat*

La coșurile din beton armat, tuburile de evacuare a gazelor sunt realizate din zidărie de cărămizi antiacide cu mortar rezistent la acizi.

Tuburile de evacuare sunt formate din tronsoane și fiecare tronson este rezemat pe o consolă (grindă inelară) dispusă la interiorul trunchiului portant sau pe un planșeu rezemat la rândul lui pe trunchiul portant.

Tabelul 10

| Defecte de execuție a coșurilor industriale din beton armat                                                                                                                                                                            | Consecințe ale defectelor de execuție                                                                                                                                                | Tipuri de degradări prin coroziune generate                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Omiterea extragerii tijelor de glisare din teci și neumplerea tecilor cu pastă de ciment, după terminarea glisării structurii                                                                                                          | Slăbirea secțiunii pereților tubului portant și favorizarea pătrunderii agenților agresivi în adâncimea lor                                                                          | Degradarea betonului sub acțiunea agenților chimici agresivi, fisurarea betonului, degradarea prin coroziune a betonului armat, respectiv a armăturii peretelui tubului portant |
| Nerespectarea proiectului de armare prin realizarea unei acoperiri de beton insuficient de groasă                                                                                                                                      | Crearea în peretele tubului portant a unor zone vulnerabile sub aspectul rezistenței la coroziune, prin faptul că stratul de acoperire cu beton a armăturii este insuficient de gros | Dezalcalinizarea mai rapidă decât în celelalte zone a betonului de acoperire, corodarea armăturii, fisurarea betonului de acoperire și expulzarea sa                            |
| Executarea unor console scurte pentru susținerea zidăriei antiacide                                                                                                                                                                    | Desprinderea zidăriei antiacide în zona consolelor de beton armat                                                                                                                    | Degradarea betonului consolelor prin dezalcalinizare și fisurare, corodarea armăturii, exfolierea și desprinderea stratului de acoperire din beton                              |
| Existența la suprafața exterioară a tubului portant a unor zone cu deficiențe de execuție, ca de exemplu: strat de acoperire cu beton insuficient de gros, armătură descoperită, segregări, mici caverne rosturi de turnare netratate. | Netratate la timp, asemenea deficiențe se accentuează și ajung să afecteze în mod considerabil capacitatea de rezistență structurală a coșului                                       | Dezalcalinizarea mai rapidă decât în celelalte zone a betonului de acoperire, corodarea armăturii, fisurarea betonului de acoperire și expulzarea sa                            |

În tabelul 11 sunt prezentate sistematizat principalele tipuri de degradări ale tubului de evacuare a gazelor, precum și cauzele care le generează.

#### *Degradări ale izolației termice a coșurilor industriale din beton armat*

Izolația termică este una din componentele principale ale coșurilor industriale, care se aplică între tubul de evacuare și trunchiul portant al coșului și a cărei grosime se determină prin calcul termotehnic.

Izolația termică trebuie să satisfacă următoarele cerințe funcționale:

- menținerea în limite reglementate a eforturilor cauzate de temperatură asupra structurii trunchiului portant al coșului;
- protejarea tubului de evacuare de variațiile temperaturilor exterioare în scopul reducerii apariției fenomenului de condens acid pe suprafețele interioare ale acestuia;
- eliminarea diferențelor mari între temperatura de intrare și cea de ieșire a gazelor, având ca efect pozitiv îmbunătățirea tirajului;

- asigurarea temperaturii de lucru normale în spațiile vizitabile dintre trunchiul portant și tubul / tuburile de evacuare a gazelor prin protejarea spațiilor împotriva temperaturilor excesiv pozitive ale pereților tubului de evacuare pentru accesul și circulația personalului în vederea efectuării urmăririi comportării coșului în exploatare și efectuării lucrărilor de întreținere și reparații.

În tabelul 12 sunt prezentate sistematizat, în cazul coșurilor simple și al coșurilor duble, aspecte caracteristice pentru izolația termică (tip de material, degradări), pe parcursul exploatării.

## 5. CONCLUZII

Articolul realizează o prezentare sintetică a principalelor aspecte teoretice și practice privind degradarea coșurilor industriale din beton armat în țara noastră, degradări potențate sau/și intensificate de fenomenele de coroziune manifestate pe parcursul exploatării acestui tip de construcții speciale.

Tabelul 11

| Tipuri de degradare ale tubului din zidărie antiacidă                      | Cauze. Evoluția / propagarea degradărilor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fisurarea extinsă, în câmp curent sau la rosturile dintre tronsoane</b> | <i>Temperatura tehnologică.</i> Temperaturile neuniforme pe grosimea peretelui tubului de evacuare a gazelor provoacă fisurarea, întrucât rezistențele la întindere ale zidăriei sunt mici. În faza inițială, fisurarea se manifestă la nivelul rosturilor cu mortar antiacid, apoi procesul evoluează pe verticală, când apar fisuri și la suprafața cărămizilor. În general, fisurile verticale parcurg tronsonul în întregime. Solicitățile termice au efecte mai pronunțate la capetele superioare ale tronsoanelor, unde eforturile de compresiune sunt mai mici și cărămizile antiacide ajung să fie mai ușor detașabile.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Degradări locale, la rosturile dintre tronsoane</b>                     | <i>Dilatările și contracțiile termice repetate, depunerile de cenușă, condensul acid.</i> Rosturile dintre tronsoane sunt în mod normal închise cu o foaie de plumb, pentru a opri circulația aerului sau/și a gazelor în și din tubul de evacuare. Aceste foi se deformează în timp, devin fragile sau se rup, iar neetanșeitarea rosturilor de dilatare duce la scăpări de gaze calde și eventual la formarea de condens acid la nivelul consolelor planșeelor de susținere sau/și pe fața interioară a tubului portant. Atacul începe la nivelul consolelor/planșeelor din beton armat și poate ajunge până la corodarea avansată a armăturii, cu secționarea acesteia. Rosturile dintre tronsoanele de zidărie antiacidă sunt detaliate astfel încât să permită dilatarea verticală neîmpiedicată. În zona rostului dintre tronsoane, în unele soluții constructive, este prevăzută, la baza tronsonului superior, o asiză în consolă de tip „lăcrimar” care acoperă capătul tronsonului inferior, cu scopul de a proteja rostul inelar dintre tronsoane de scurgerile potențiale de condens acid sau de depunerile de cenușă. Dacă rostul dintre tronsonul superior și tronsonul inferior nu permite dilatarea liberă a acestuia din urmă, „lăcrimarul” cedează și permite ieșirea gazelor de ardere prin corpul tubului de evacuare |
| <b>Afectări provocate de acțiunea forțelor orizontale</b>                  | <i>Vânt (mai rar) sau cutremur</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Reducerea grosimii zidăriei antiacide</b>                               | Se produce ca urmare a fenomenelor de:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisurare de suprafață, din cauza eforturilor ridicate din temperatură;</li> <li>- Fisurare și dislocare de mortar din rosturile zidăriei antiacide;</li> <li>- Îngheț-dezghet;</li> <li>- Eroziune și abraziune;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Degradarea tubului de evacuare sub acțiunea gazelor de ardere</b>       | <i>Acțiunea unor componente agresive din gaze.</i> Are loc în două situații:<br>1). Când asupra suprafeței interioare a tubului de evacuare are loc atacul sulfatic, respectiv o mărire de volum a zidăriei antiacide, iar această mărire nu poate fi preluată de rosturile de dilatare, ceea ce determină degradări/discontinuități ale tubului de gaze;<br>2). Când gazele de ardere pătrund în spațiul dintre trunchiul portant și tubul de evacuare, consecință a faptului că acesta din urmă a suferit degradări semnificative.<br>În faze avansate ale degradărilor se poate ajunge la distrugerea tubului de zidărie pe suprafețe mai mici sau mai mari, cu dizlocarea atât a zidăriei de cărămidă antiacidă cât și a izolației termice adiacente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Sunt menționate și principalele aspecte legate de deficiențele de proiectare, execuție, exploatare și mentenanță a acestor structuri în țara noastră, aspecte care au avut ca efect sensibilizarea în timp a construcțiilor de acest gen și care au intensificat în mod semnificativ o serie de tipuri de degradări, degradări de altfel specifice funcționării în condiții normale a coșurilor din beton armat.

Cunoașterea tuturor cauzelor care au ca rezultat amorsoarea sau /și accelerarea proceselor de coroziune propriu-zise, în cazul coșurilor din beton armat din țara noastră, este esențială pentru a aprecia corect complexitatea fenomenelor de degradare atât a materialelor componente cât și a elementelor structurale ale coșurilor, pentru a putea dimensiona corespunzător urmările acestora.

Tabelul 12

| Tip de coș                                 | Tip de material termoizolator                                                                                                                                                                         | Tipuri de degradări                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Coș simplu, fără spațiu de vizitare</b> | Produse granulare (diatomit, zgură) sau plăci rigide (sticlă spongioasă, siperex) cu strat de separare (ex. carton ondulat) față de protecțiile anticorozive                                          | Deoarece termoizolația la coșurile simple nu este vizibilă, deteriorarea acesteia se observă prin efectele negative ale temperaturii ridicate asupra feței exterioare a trunchiului portant al coșului și accelerarea fenomenului de coroziune din cauza producerii condensului acid pe suprafața interioară a tubului de evacuare.                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Coș dublu, cu spațiu de vizitare</b>    | Plăci rigide (sticlă spongioasă, siperex) ce formează un strat ancorat elastic pe zidăria fiecărui tronson al tubului de evacuare, cu sârmă și plasă zincată, prin intermediul unui strat de separare | -discontinuități ale termoizolației, urmare a desprinderii unor blocuri de material termoizolator;<br>- degradarea (ruperea, corodarea), desprinderea sau lipsa rețelei de ancorare (sârmă + plasă zincată) a plăcilor termoizolatoare, cu degradarea și dislocarea zidăriei antiacide;<br>- fisurarea, crăparea plăcilor termoizolante, cauzate de dilatări și contracții termice;<br>- degradarea chimică a plăcilor termoizolante prin contactul direct cu scăpările de gaze și cu condensul acid, ca urmare a deteriorărilor tubului de gaze. |

La ora actuală, după 30-50 de ani de funcționare, în condițiile nerespectării programelor de urmărire a comportării în exploatare și neefectuării remedierilor necesare, numeroase asemenea construcții prezintă degradări grave care, în multe cazuri, pun în pericol chiar stabilitatea coșului.

#### BIBLIOGRAFIE

1. *RAPORT cu concluziile Controlului tematic efectuat de Inspectoratul de Stat în Construcții la deținătorii de Construcții înalte – coșuri industriale de dispersie și fum* – Inspectoratul de Stat în Construcții, GUVERNUL ROMÂNIEI, Control Tematic din iulie 2005.
2. *Chimney Maintenance Guide* – CICIND, 2006
3. *Guide of inspection and maintenance of Reinforced Concrete Chimneys and Natural Draught Cooling Towers* – ATLAS (The Association of Technical Lightning & Acces Specialists), 2006
4. Cooley, Brian L., *Inspecting and Maintaining Industrial Chimneys*, Masonry Magazine: Masonry Chimneys, 2006
5. Naylor, J., Kendall, K., *Stacked odds in brick-lined chimney repair*, The Construction Specifier, 2005
6. Kendall, K., *Maintenance Crucial for Brick Liners*, Masonry Construction, April 2007
7. Bhowmik, Arun K., *Maintenance Spells Extended Life for Chimneys and Stacks – These passive structures are often overlooked in maintenance schedules. When long-term neglect persists, expensive repairs and disruption of plant operation can result*
8. Bhowmik, Arun K., *Keep Chimneys In Step with Plant Changes – Operational variations have an impact on the stack, often increasing corrosion and deterioration*, <http://www.hamonusa.com>
9. GP 111 – 2004: *Ghid de proiectare privind protecția împotriva coroziunii a construcțiilor din oțel*
10. NE 012/1 – 2007: *Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea I: Producerea betonului*
11. STAS 10128-86: *Protecția contra coroziunii a construcțiilor supratereștrii din oțel. Clasificarea mediilor agresive*
12. NP 108 – 2004: *Cod de cerințe privind proiectarea, execuția, urmărirea comportării, repararea și consolidarea coșurilor industriale din beton armat*