

MODELAREA MATRICIALĂ A CIRCULAȚIEI MATERIALELOR ÎN INSTALAȚIA DE MACINAREA A MATERIILOR PRIME LA FABRICILE DE CIMENT.

Cristina SESCOU-GAL, asis.drd ing. UTCB

ABSTRACT: This paper presents the modeling of the system matrix grinding of cement raw materials by determining flow graph based materials having developed the machines are given by the graph nodes and flow of materials by arrows pointing in the direction of movement of the material.

1.INTRODUCERE

Studiul proceselor complexe ce au loc în timpul fabricării cimentului se realizează prin utilizarea modelelor matematice, pentru determinarea influențelor și interdependențelor care apar în fluxul tehnologic. Procesul tehnologic în cadrul fabricării cimentului presupune o serie de transformări fizico-chimice prin care trece materia primă pentru obținerea unui produs finit sau a unui semifabricat cu caracteristici prestabilite.

În industria silicaților fluxul tehnologic se poate exprima în două moduri, și anume: fluxul pe operații și fluxul pe instalații (utilaje). Pentru descrierea fluxului tehnologic pe instalații este impetuos necesar să se efectueze fluxul de materiale, fluxul energetic, fluxul de calitate și fluxul informațional.

2. TIPURI DE INSTALAȚII PENTRU MĂCINAREA MATERIILOR PRIME

Procesul de măcinare a materiilor prime în instalațiile de fabricare a cimentului este corelat procedului de fabricație adoptat, amestecul rezultat obținându-se sub formă de pastă în cazul procedului umed și semi-umed și sub formă de făină în cazul procedului uscat și semi-uscat. Astfel, se utilizează frecvent următoarele tipuri de instalații pentru măcinarea materiilor prime:

- instalații de măcinare umedă cu recirculare, cu o treaptă de măcinare, cu moară cu bile;
- instalații de măcinare umedă cu recirculare care se utilizează numai în cazuri speciale, când materiile prime cuprind fracțiuni cu aptitudini la măcinare reduse;
- instalații de măcinare-uscare care funcționează cu recirculare; aceste instalații au un consum redus de energie comparativ ce cele fără recirculare;
- instalații de măcinare echipate cu mori cu organe de măcinare rostogolitoare pentru măcinarea uscată;
- instalații de măcinare pentru materiale cu umidități ridicate, echipate cu o treaptă suplimentară de uscare
- instalații de măcinare cu două trepte care utilizează mori autogene urmate de mori tubulare finisoare.

Alegerea tipului de moară indicat de a fi ales trebuie să aibă la bază caracteristicile de eficiență, criterii tehnico-economice și procesul de fabricare al instalației.

Măcinarea în cazul procedeelor umed și semi-umed - se utilizează mori tubulare cu bile pentru umidități > 25%; mori cu bare pentru materiale dure și neomogene; mori autogene pentru materiale etarogene cu aptitudini de măcinare diferite și umidități < 20%.

Măcinarea în cazul procedurii uscat de fabricare a cimentului - se utilizează: mori tubulare cu bile în instalații de măcinare-uscăre, pentru materiale cu umiditate inițială < 6%; mori autogene, mai rar; mori cu ciocane pentru măcinare preliminară a materialelor cu duritate < 3,5 pe scara Mohs.

3. MODELAREA INSTALAȚIEI DE FABRICARE A CIMENTULUI

Descrierea, proiectarea și exploatarea unui sistem tehnologic, deci și a sistemului care definește o instalație de fabricare a cimentului (figura 1), se poate face prin modelarea acestuia. Pentru soluționarea problemelor multiple pe care le ridică proiectarea și exploatarea instalațiilor de fabricare a cimentului, utilizarea modelelor matematice a devenit o practică curentă; matematica modernă, analiza de sistem, cercetarea operațională, teoria sistemelor sunt metode utilizate în managementul resurselor și a tehnologiilor.

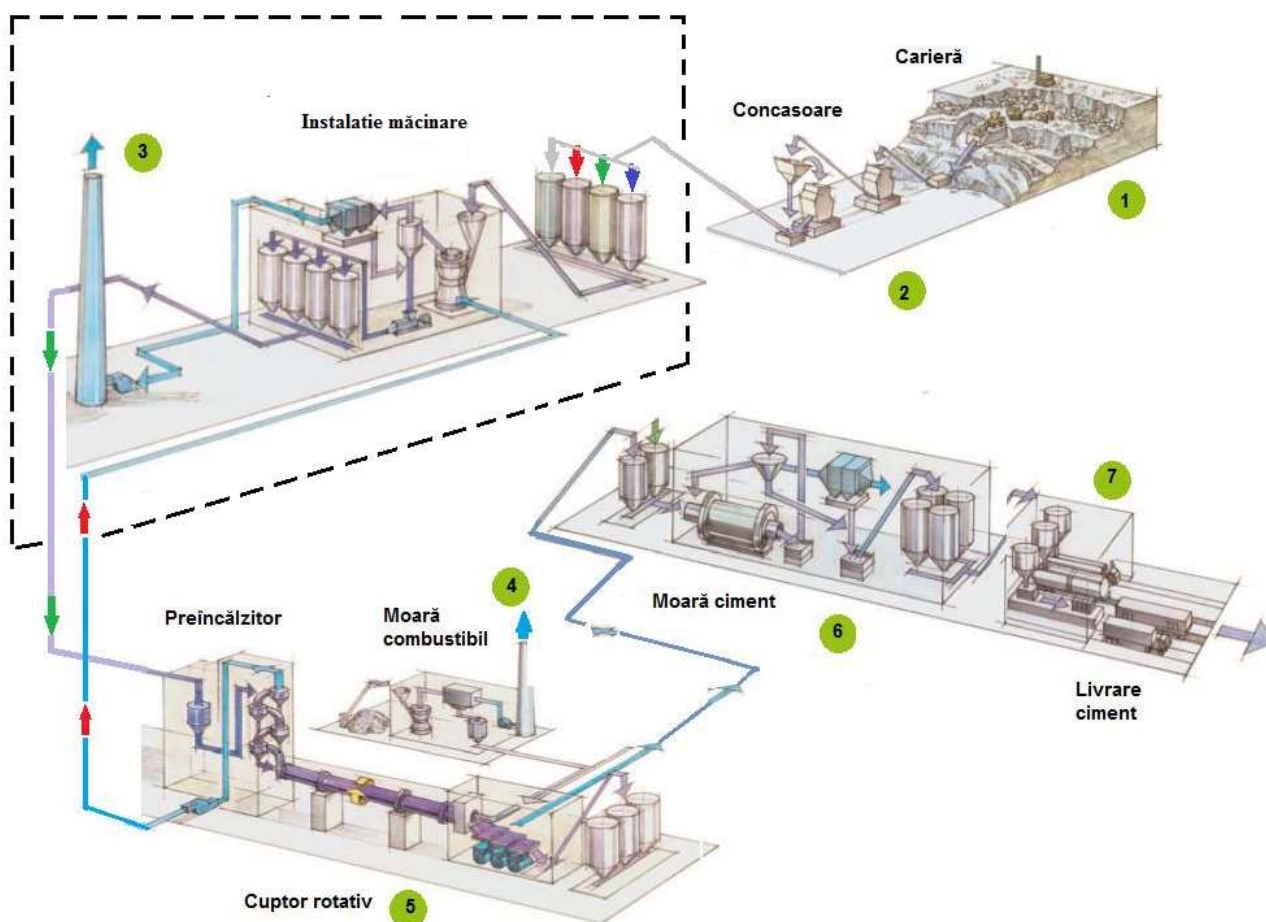


Figura 1 – Sistem de fabricare a cimentului: → flux de gaze calde în amestec cu particule de material cules din turnul de cicloane; → flux de material

Considerând întreaga instalație un sistem, se pot delimita în principal trei subsisteme pentru a căror definire este necesar să se specifice foarte clar suprafața de frontieră prin care se detașează de mediul ambiant și/sau de sistem precum și care sunt interacțiunile dintre acestea.

Pentru „sistemul” din figura 1, reprezentarea schematică din punct de vedere al mărimilor de intrare/ieșire și a funcțiilor care le corelează este dată în figura 2.

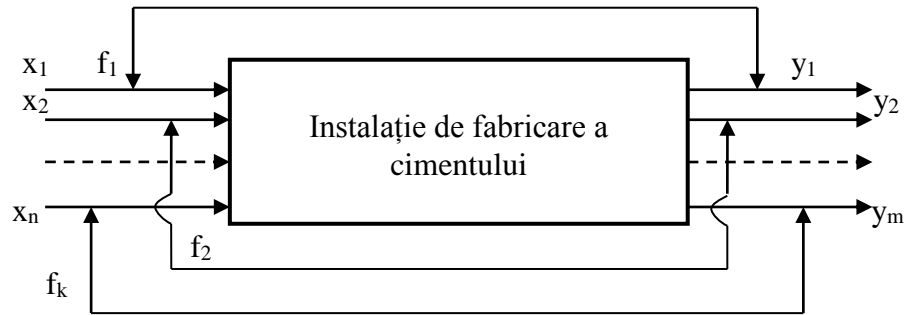


Figura 2 – Corelarea între mărimile de intrare și cele de ieșire într-o instalație de fabricare a cimentului

Definirea matematică simplistă a sistemului este:

$$S = \{X, Y, F\} \quad (1)$$

unde: X - reprezintă submulțimea variabilelor independente (de intrare x_1, x_2, \dots, x_n) care caracterizează sistemul;

Y - submulțimea variabilelor dependente (de ieșire y_1, y_2, \dots, y_m);

F - submulțimea funcțiilor f_1, f_2, \dots, f_k care corelează elementele submulțimilor X și Y .

Elaborarea unui model matematic impune parcurgerea unor etape:

- delimitarea conturului sistemului și precizarea scopului modelării;
- identificarea și inventarierea variabilelor de intrare, ieșire și perturbatoare;
- alegerea tipului de model: determinist, probabilistic, analitic precum și a metodelor de calcul;
- realizarea modelului;
- rezolvarea sistemului de funcții (de restricții);
- testarea sistemului.

4. DEFINIREA MATERICEI DE CIRCULAȚIE A MATERIALULUI

În general, modelarea pentru procesele industriale este bazată pe elaborarea ecuațiilor de conservare, concretizată prin ecuații de bilanț de materiale și de energii. Conform principiului conservării masei, suma tuturor materialelor intrate într-un sistem într-un interval de timp dat și a celor existente la momentul inițial trebuie să fie egală cu suma materialelor ieșite în același interval de timp și a celor rămase în sistem.

Pornind de la schema de principiu a instalației de măcinare a materiilor prime, figura 3, se stabilește fluxul circulației materialelor pe baza căruia se definește matricea circulației materialelor dar și cea de circulație a gazelor. Se consideră că instalația de măcinare realizează și operația de uscare; ca agent de uscare se utilizează gazele din instalația de răcire a clincherului.

Circulația materialelor în instalația de măcinare este următoarea: din silozurile cu materii prime concasate, calcar și marnă (sau argilă) materialul este dozat și transportat în moară. O cantitate de material este adus în instalație odată cu fluxul de gaze calde recirculate, provenit din instalația de calcinare, iar o cantitate este introdusă în sistem prin focarul suplimentar, considerând utilizarea combustibilului solid. Din moara cu role materialul și gazele sunt evacuate în bateria de cicloane de unde produsul finit este transportat în silozuri pentru stocare și omogenizare. Gazele din instalație sunt evacuate către filtru iar cantitatea de material antrenată de fluxul de gaze către ventilator este captată și reintrodusă în instalație.

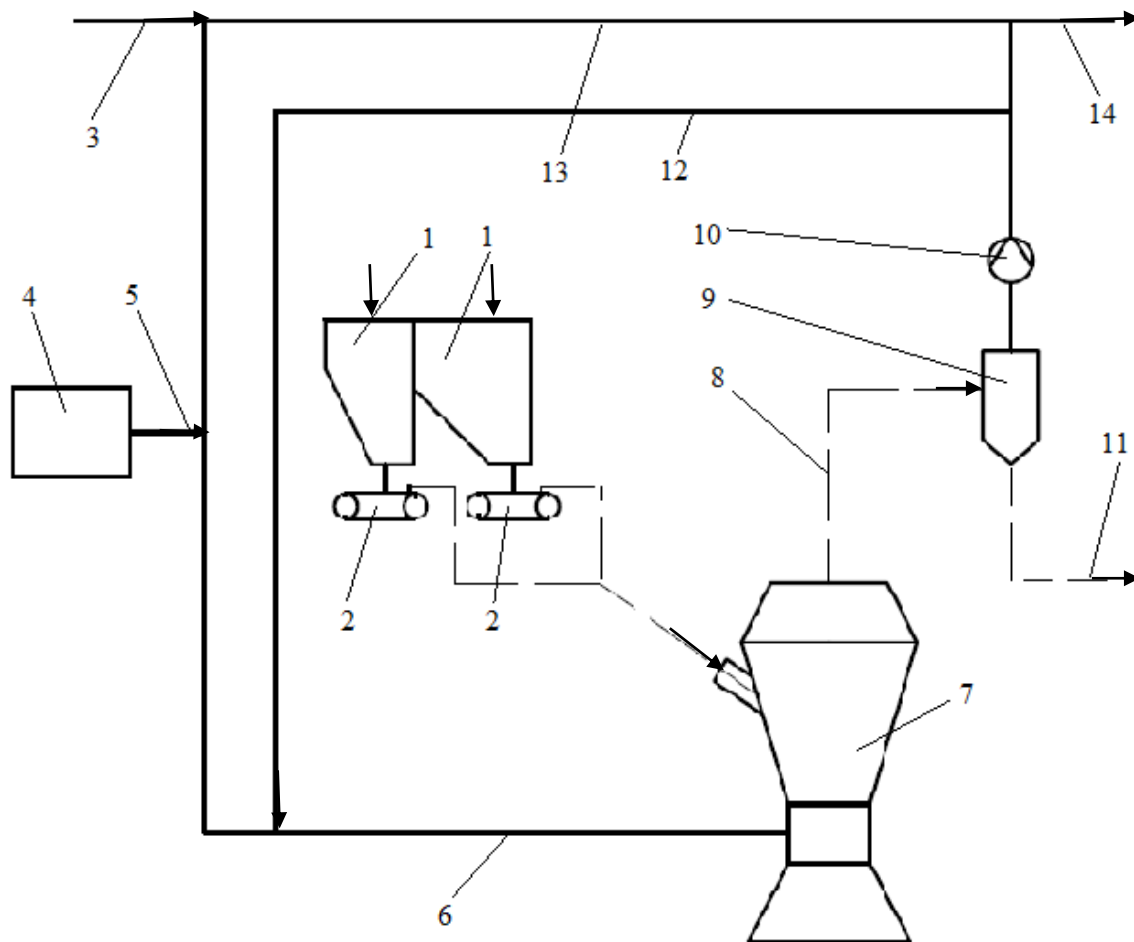


Figura 3. - Instalații de măcinare-uscare a materiilor prime, cu moară cu organe de măcinare rostogolitoare;
 Sursa: [Silviu Opriș- Manualul inginerului din industria cimentului, Editura Tehnică, București, 1999]

Componentele care formează instalația de măcinare din figura 3 sunt:

- 1- conductă de alimentare cu material brut din stațiile de concasare;
- 2- dozatoare gravimetrice;
- 3- conductă de alimentare cu gaze calde de la cuptorul de clincher;
- 4- generator cu gaze calde de la focarul suplimentar;
- 5- conductă de alimentare cu gaze calde de la focar;
- 6- conductă de admisie gaze calde în moară;
- 7- moară cu role;
- 8- evacuare gaze și material măcinat;
- 9- baterie de cicloane;
- 10- ventilator;
- 11- evacuare produs finit (făină brută) spre sistemele de omogenizare și stocare;
- 12- conductă de recirculare a gazelor;
- 13- conductă de ocolire a instalației măcinare-uscare;
- 14- evacuare gaze către instalația de desprăfuire (filtru).

În figura 4 este reprezentată schematic instalația de măcinare care constituie suportul pentru determinarea circulației materialelor. Din punct de vedere matematic, atât circulația materialelor cât și cea a gazelor pot fi reprezentate prin câte un graf în care echipamentele din schemă sunt reprezentate prin nodurile grafului iar fluxurile de deplasare a materialului, respectiv gazului – prin săgeți, orientate în sensul de circulație a acestora. Aplicarea metodologiei grafurilor prezintă avantajul oferit de aceasta în cazul proceselor tehnologice complexe.

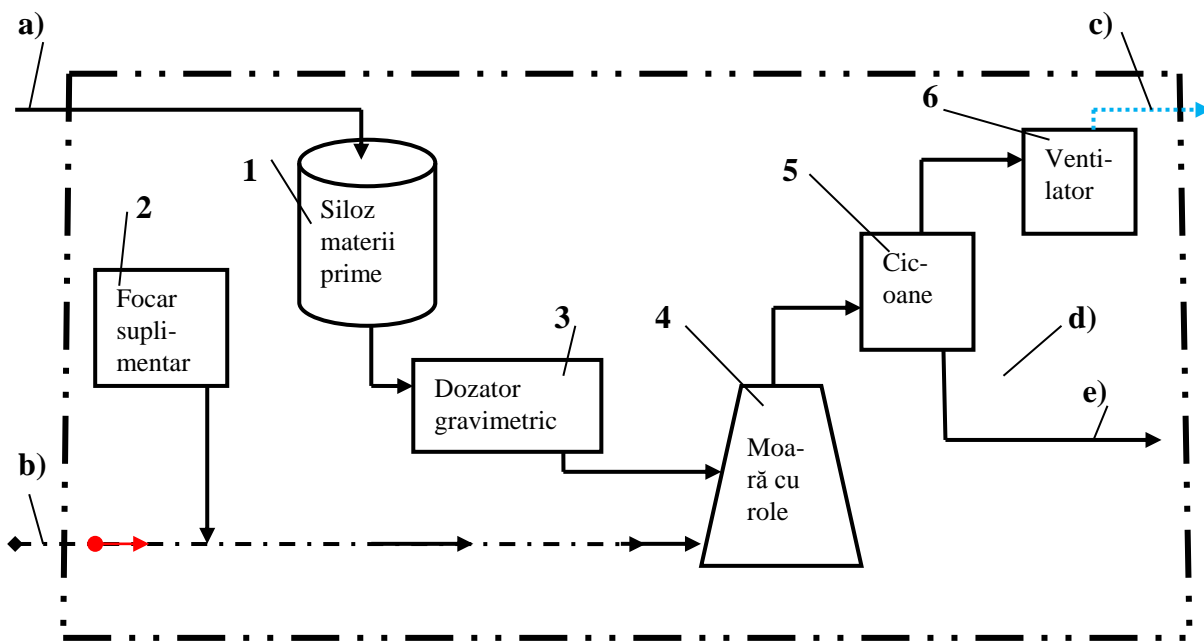


Figura 4. – Schema corespunzătoare circulației materialelor în instalația de măcinare

Parametrii care intervin în graficul din figura 5:

- m_1 reprezintă amestecul de calcar, argilă și marnă provenit din sistemele de concasare aflate în cariere. Compoziția acestui amestec se stabilește pe baza compoziției oxidice a clincherului Portland, tabelul 1, ce se caracterizează prin conținutul ridicat de CaO și un raport dintre oxidul de calciu și dioxidul de siliciu;

Tabel 1. – Compoziția oxidică a cimentului Portland

| Component oxidic | % masă |
|--------------------------------|---------|
| CaO | 60 - 70 |
| SiO ₂ | 19 – 24 |
| Al ₂ O ₃ | 4 – 7 |
| Fe ₂ O ₃ | 2 – 6 |
| MgO | < 5 |
| Oxizi alcalini | 1 |

Sursa: [Maria Gheorghe - Materiale de construcții]

- m_2 reprezintă partea solidă din arderea combustibilului solid în focarul suplimentar. Compoziția materialului m_2 este dat de praful rezultat din arderea combustibilului, care are o concentrație dată de relația (2), conform [3];

- m_3 este compus dintr-un amestec al gazelor și prafului recirculat prin instalația de clincherizare;

$$\mu = 10 \frac{A^i a_r}{V_{ga}} \quad (2)$$

unde:

- a_r este cota de cenușă rămasă în gazele de ardere;
- V_{ga} volumul total al gazelor de ardere;
- A^i cantitatea de cenușă rezultată din arderea unei cantități de combustibil;
- $(1-\gamma) \cdot m_i$ fracția de material transportată de fluxul de gaze spre filtru (ieșire din sistem);
- $\gamma \cdot m_i$ cantitatea de material rămasă după eliminarea fracției transportată de fluxul de gaze la filtru.

La definirea matricei de circulație a materialului în instalația de măcinare a materiilor prime nu s-a luat în considerare cantitățile de material rămase în instalație, în interiorul cicloanelor și a morii cu role.

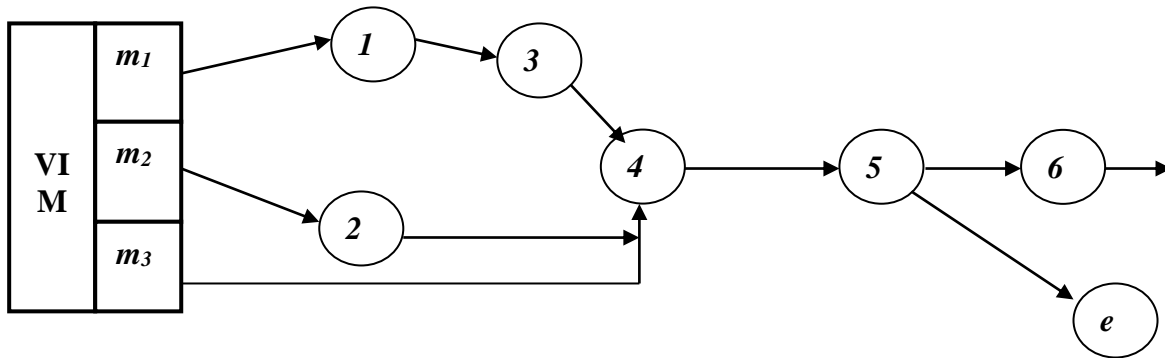


Figura 5 – Graful corespunzător circulației materialelor în instalația de măcinare

Un element de matrice a_{ij} arată fracția gravimetrică de material din echipamentul i care trece în echipamentul j . Elementele $a_{i,j}$ care primesc valoarea „-”, au ca semnificație faptul că ieșirea poate fi considerată ca o intrare negativă.

| i\j | VIM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | e | Σa_{ij} |
|-----------------|------------------|--------|--------|--------|----------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|
| VIM | 0 | m_1 | m_2 | 0 | m_3 | 0 | 0 | 0 | $m_1+m_2+m_3$ |
| 1 | $-m_1$ | 0 | 0 | m_1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | $-m_2$ | 0 | 0 | 0 | m_2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | $-m_1$ | 0 | 0 | m_1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | $-m_3$ | 0 | $-m_2$ | $-m_1$ | 0 | $m_1+m_2+m_3$ | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | $-m_1-m_2-m_3$ | 0 | $(1-\gamma)(m_1+m_2+m_3)$ | $\gamma(m_1+m_2+m_3)$ | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $-(1-\gamma)(m_1+m_2+m_3)$ | 0 | 0 | $-(1-\gamma)(m_1+m_2+m_3)$ |
| e | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $-\gamma(m_1+m_2+m_3)$ | 0 | 0 | $-\gamma(m_1+m_2+m_3)$ |
| Σa_{ij} | $-(m_1+m_2+m_3)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $(1-\gamma)(m_1+m_2+m_3)$ | $\gamma(m_1+m_2+m_3)$ | 0 |

Figura 6 – Matricea de circulație a materialului

Astfel, rezultă că suma elementelor pe coloană indică fracția din materialul ieșit din treapta i care părăsește sistemul. În acest fel, modelul de circulație a materialului pentru instalația din figura 4 este definit prin matricea din figura 6.

5. BILANȚUL DE MATERIALE PENTRU INSTALAȚIA DE MĂCINARE

Operația de măcinare reprezintă una dintre cele mai costisitoare operații, astfel încât pentru raționalizarea procesului și implicit reducerea costurilor, au fost elaborate numeroase studii referitoare la determinarea factorilor care influențează mărunțirea precum și de perfecționare a utilajelor.

Conceptele de bilanțuri de materiale sunt utilizate în cazul unor sisteme închise și izolate, caz în care intrările sunt egale cu ieșirile, pentru sisteme în care există acumulări sau pentru sisteme în care există procese dependente de timp. Relația pentru conservarea masei și care se exprimă prin ecuația de bilanț a mărimii respective, are următoarea formă generală:

$$\frac{\text{acumulari în sistem}}{\text{unitate de timp}} = \frac{\text{intrari în sistem}}{\text{unitate de timp}} - \frac{\text{iesiri din sistem}}{\text{unitate de timp}} + \frac{\text{produse în sistem}}{\text{unitate de timp}} - \frac{\text{consum în sistem}}{\text{unitate de timp}} \quad (3)$$

Ținând cont de complexitatea sistemului prin interacțiunile existente între componente, o modalitate accesibilă este de a calcula bilanțurile globale de materiale utilizând relațiile de calcul matricial. Bilanțul de materiale pentru un aparat i al instalației de măcinare este reprezentat schematic în figura 7.

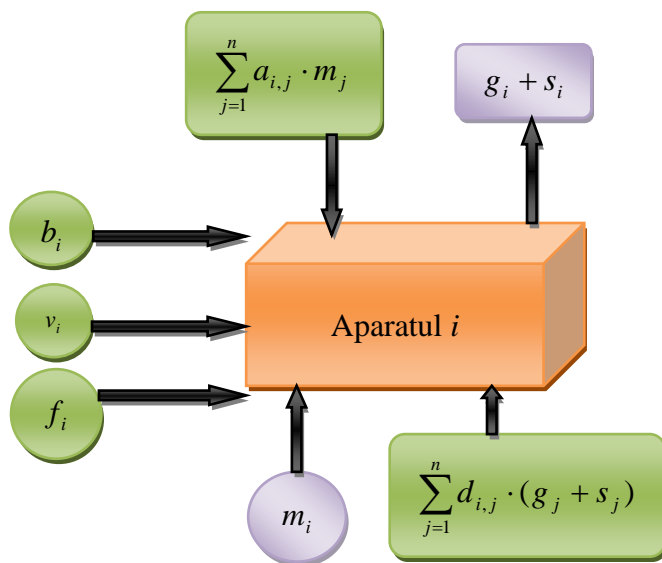


Figura 7 – Schema bilanțului de materiale pentru aparatul i

Notațiile utilizate în figura 7:

B – vectorul debitelor de combustibil ale căror elemente b_i indică debitul de combustibil introdus în aparatul i ;

V – vectorul debitelor de aer cu elementele v_i care indică debitul de aer introdus în aparatul i ;

F – vectorul debitelor de alimentare cu materiale ale căror elemente f_i indică debitul de materii introduse în aparatul i ;

G – vectorul debitelor de masice de gaze ale căror elemente g_i indică debitul de gaze ieșite din aparatul i ;

M – vectorul debitelor de material ale căror elemente m_i indică debitul de material ieșit din aparatul i ;

S - vectorul debitelor de praf ale căror elemente s_i indică debitul de praf antrenat de gazele ieșite din aparatul i ;

Pentru sistemul din figura 4, bilanțul global de materiale se poate ilustra matricial astfel:

$$A \cdot M + D \cdot (G + S) + F + B + V = 0 \quad (4)$$

Relația (4) cuprinde atât materialele în stare solidă care intră/ies din sistem precum și cele în stare gazoasă. Pentru componentele în stare solidă se poate exprima bilanțul de materiale prin relația (5):

$$A \cdot M + D \cdot S + F = R \cdot I \quad (5)$$

unde:

R – element al matricei care arată cantitatea de compus gazos care se degajă;

I – vector coloană format din elemente unitare ale compușilor volatili.

Metodologia de calcul poate fi aplicată pentru proiectarea instalației de măcinare ale cărei caracteristici constructive sunt cunoscute în contextul calculului analitic.

5. CONCLUZII

Instalațiile de măcinare a materiilor prime în industria cimentului sunt instalații complexe în interiorul cărora au loc pe lângă procese mecanice de măcinare și procese termotehnologice prin uscarea acestora. Dificultatea majoră a proiectării, conducerii și optimizării instalației derivă din faptul că în cele mai multe cazuri valorile mărimilor de intrare și/sau parametrii de mediu înregistrează perturbații puetrice într-un interval scurt de timp față de valorile luate în calcul. Din acest motiv nu este posibilă o abordare analitică care să acopere toate posibilele situații.

Pentru o proiectare și conducere optimală a instalațiilor, alături de bilanțul de materiale este necesar și stabilirea bilanțului energetic, de calitate și informațional, iar utilizarea calculului matricial poate fi de real folos fiind mai ușor de aplicat.

BLIOGRAFIE

- [1] A. Woinaroschy, O. Smigelschi - Ingineria sistemelor și optimizarea proceselor chimice, Editura Didactică și Pedagogică București, 1983;
- [2] I. Carabogdan, N. Păunoiu – Bazele teoretice ale aprinderii și arderii combustibililor solizi, Editura Academiei R. S. România, 1969;
- [3] Z. D. Ghizdăveț - Modelarea matematică a unor instalații din industria cimentului, Universitatea Politehnica București, Teză doctorat 2006;
- [4] M. Gheorghe – Materiale de construcții, vol.I, Editura Conspress, București 2010
- [5] A. Fortis – Construirea modelelor matematice pentru analiza bilanțurilor de materiale și energetice, [<http://anale-informatica.tibiscus.ro/download/lucrari/1-1-15-Fortis.pdf>], accesat noiembrie 2014.