

Simularea și optimizarea fluxului de procesare a unor deșeuri

GEORGE DRĂGOI*, ȘTEFAN FUNAR, MIHAI ȘOLEA, COSTEL EMIL COTEȚ

¹Universitatea Politehnica din București, Splaiul Independenței, 313, 060032, București, România

The efficiency of a company's activity can be estimated as referring to permanently updated BAT references. As a general rule, according to this quantifying system, the waste reduction at the enterprise level is a must. In Romania this methodology is poorly known and even less operational. Due to the European environmental legislative system this kind of waste reduction algorithms becomes more and more necessary for an enterprise survival on the market. This paper presents such a methodology, illustrated by a case study. Using a flow simulation, an optimized design for this system is described.

Keywords: monitoring system, modelling and simulation, optimization, environment

La Consiliul European de la Goteborg, din iunie 2001, a fost convenită o strategie pentru dezvoltarea durabilă (concept introdus la Rio de Janeiro), care oferă o a treia dimensiune, de mediu, strategiei de la Lisabona și stabilește o nouă abordare a politicilor [1]. Aceasta strategie comunitară este parte integrantă a celui de-al 6-lea Program de acțiune pentru mediu, "Viitorul nostru, alegerea noastră", care stabilește acțiunile prioritare pentru perioada 2001-2010 [2]. Strategia se bazează pe principiul că, efectele economice, sociale și cele asupra mediului ale politicilor, trebuie examinate într-o manieră coordonată și trebuie luate în considerare în procesul de adoptare a deciziilor. Consiliul Europei a identificat un număr de obiective și măsuri în cele patru domenii prioritare ale viitoarei politici de dezvoltare a UE, combaterea modificării climei, asigurarea dezvoltării durabile, sănătatea publică și administrarea mai responsabilă a resurselor naturale [3]. În România, guvernul a aprobat *Strategia națională pentru dezvoltare durabilă*, iar începând cu anul 2001, se stipulează măsuri și acțiuni concrete care vizează ocrotirea și asigurarea unui mediu curat și sănătos pentru toți locuitorii țării, respectându-se totodată și principalele obiective și priorități din Programul național de acțiune pentru protecția mediului. Printre principiile generale care au stat la baza strategiei s-au regăsit atât *dezvoltarea durabilă* cât și *evitarea poluării prin măsuri preventive*. Tratatul de aderarea a României la UE estimează pentru acquis-ul de mediu un efort de aproape 30 mld euro, între 2007-2015. Este necesară o strategie coerentă, cu antrenarea elementelor intangibile, creatoare de valoare adăugată, fără a se aștepta anul 2007. Eficiența activității unei companii este comparată cu referințele BAT, permanent actualizate. Principial, se cere minimizarea deșeurilor chiar la sursă. Informațiile și procedurile necesare acestei abordări sunt încă dispartate în România

și într-o foarte mică măsură însușite. Pe măsură ce legislația de mediu devine tot mai restrictivă, practicile preventive sunt singurele care vor conduce către durabilitate, cu costuri suportabile. În acest sens, lucrarea își propune optimizarea sistemului incinerator de procesare a deșeurilor din spitale, cu evitarea poluării, prin măsuri preventive, utilizând un sistem de simulare a fluxurilor.

Metode de modelare și simulare a sistemelor

Există o mare varietate de modele care pot fi folosite pentru reprezentarea sistemelor și proceselor (fig. 1). Într-un model matematic, componentele unui sistem și atributele sale sunt reprezentate de variabile matematice. Operațiile și funcționarea sunt descrise de funcții matematice care definesc variabilele de funcționare. Ele pot fi statice sau dinamice și ambele pot fi folosite în reprezentarea procesului. La cele de tip static sistemul modelat este în echilibru, în schimb, la cele de tip dinamic sistemul este într-o continuă schimbare. Modelele grafice sunt importante pentru reprezentarea comportării sistemului.

Operațiile pot fi vizualizate cu ajutorul icoanelor (imagini simplificate), ori folosind simboluri. Icoanele sunt instrumentele ideale pentru simulare, deoarece seamănă din punct de vedere grafic cu componentele sistemului studiat [4].

Simularea reprezintă imitarea unei operații, a unui proces real sau a unui sistem într-un timp definit (prestabilit). Comportarea sistemului este studiată prin dezvoltarea unui model de simulare. Acest model are de obicei forma unui set de ipoteze care privesc funcționarea sistemului. Ipotezele sunt exprimate prin relații matematice, logice și simbolice între entitățile sau obiectele de interes ale sistemului.

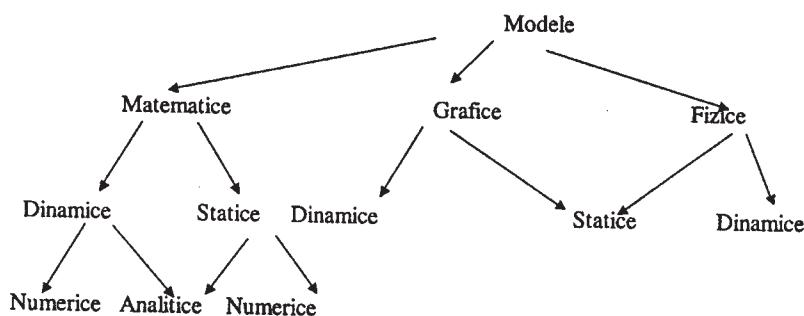


Fig. 1. Tipuri de modele

* email: gdragoi@mix.mmi.pub.ro

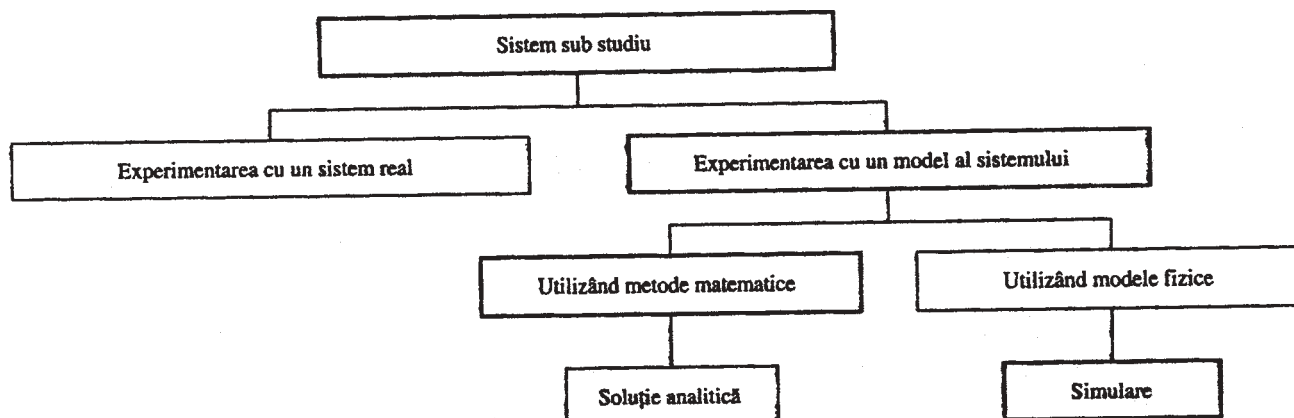


Fig. 2. Examinarea unui sistem prin simulare

Pentru a modela un sistem este necesar să înțelegem concepția de sistem și limitele sale. Un sistem este definit ca un grup de obiecte care sunt unite între ele pentru a realiza un anumit scop. Starea sistemului este definită ca un set de variabile necesare pentru a descrie sistemul în orice moment, relativ la obiectivele de studiu. Sistemele pot fi împărțite în discrete (eterogene) și continue. Un sistem discret este acela în care starea variabilelor se schimbă numai într-un număr fix de puncte în timp. Sistemul continuu este acela în care starea variabilelor se schimbă în mod continuu.

Simularea poate fi folosită atât ca un instrument de analiză, pentru a prevedea efectele schimbărilor asupra unui sistem existent, cât și ca mijloc de proiectare în realizarea performanței unor noi sisteme în altfel de circumstanțe, utilizându-se în următoarele scopuri :

- pentru studierea și experimentarea acțiunilor interne ale unui sistem complex sau ale unui subsistem;
- pentru schimbările informaționale, organizaționale și de mediu care pot fi simulate, vor fi observate influențele asupra comportamentului modelului. Simularea poate fi folosită pentru experimentarea unor proiecte noi sau metode anterioare de implementare, astfel încât să pregătească sistemul pentru evenimentele ce vor avea loc;
- pentru verificarea soluțiilor analitice.

Un sistem poate fi examinat prin analiza sistemului real, ca model fizic (prin rezolvarea ecuației care descrie sistemul), ori simulând comportarea acestuia (fig. 2).

Urmărind calea indicată în figura 2 și utilizând programe performante adecvate pentru simularea procesului analizat, se poate crea un mediu informatic virtual care să admită intervenții interactive ale expertului, prin care, reproducerea comportamentului sistemului să fie quasiidentică aceleia din sistemul real. Practic, simularea modelului realizat permite o accelerare considerabilă a efectului de experiență. Metodele principale de simulare pentru sisteme se împart în două categorii: simularea sistemelor cu evenimente discrete și simularea grafică.

Simularea evenimentelor discrete este potrivită pentru studierea fluxurilor în timpul unei operații, pentru determinarea capacității sistemului, observarea distribuției și a posturilor de lucru. Obiectele pot fi reprezentate prin simboluri sau grafic.

La simularea grafică sistemul poate fi animat direct pe ecran și vizualizat în timpul ciclului de lucru. Această simulare este utilă pentru că se pot vizualiza: fluxul resurselor, prelucrarea componentelor și asamblarea produselor. Astfel, resursele sistemului sunt prezentate ca niște icoane și stocate în baza de date grafică, ele fiind considerate tipuri de resurse. Aceasta se poate asemăna cu o bibliotecă formată din imagini grafice. Resursele pot

fi mașini, roboți, posturi de lucru etc. Când operația trebuie simulată, resursele sunt retrase din baza de date și configurate. Aceasta poate fi văzută într-un timp real și se poate interveni pentru a se realiza și alte funcții. Există pe piață o mare varietate de produse software care pot fi utilizate în diferite faze ale proiectării și exploatarei sistemelor, cum ar fi: planificarea proiectelor, modelarea, analiza funcțională și simularea. Limbajele de simulare facilitează dezvoltarea și executarea simulării unor sisteme reale și complexe.

În continuare ne propunem modelarea și simularea activității unui sistem de incinerare a deșeurilor din spitale în vederea optimizării fluxurilor și creșterii productivității sistemului.

Tehnologia actuală a procesării deșeurilor din domeniul sanitar

Instalația utilizată pentru procesarea deșeurilor sanitare are drept componentă principală un incinerator. Acesta este alcătuit din: cameră de ardere, două arzătoare (demarare și susținere ardere), două camere de "liniștire" a gaze, recuperator căldură gaze arse, sistem epurare gaze arse, sistem insuflaj aer de ardere, sistem electric de comandă și control, sistem de alimentare cu deșeuri și sistem de evacuare cenușă. Deșeurile din domeniul sanitar, sunt introduse manual în cuptor prin ușa de vizitare sau prin buncărul de alimentare dotat cu clapetă de alimentare și amplasat deasupra cuptorului de incinerare [5].

Arderea deșeurilor se realizează în camera de ardere la 700-900°C, iar în prima cameră de liniștire a gazelor s-a introdus un arzător suplimentar de ardere, ridicând astfel temperatura gazelor la 1000 - 1200°C, pentru sterilizarea și distrugerea dioxinelor. Pentru aceasta, se impune ca incineratorul să funcționeze permanent cu al doilea arzător. Pentru distrugerea totală a dioxinelor, gazele de ardere trebuie să staționeze la această temperatură circa 2 - 3 s. Cenușa rezultată în urma arderii cade printre spațiile dintre elementele grătarului de ardere (executat din plăci de fontă refractară) într-un sertar mobil din cenușă. Gazele de ardere, după ce trec prin cele două camere de liniștire, ajung într-un recuperator de căldură a gazelor arse, unde se obține apă caldă menajeră. Din recuperator, gazele ajung într-un hidroclon conceput astfel încât gazele de ardere sunt desprăfuite și neutralizate prin barbotare în soluția de neutralizare aflată în cuva acestuia și suplimentar prin pulverizarea unor soluții de lapte de var sau sodă caustică în curentul de gaze. Evacuarea în atmosferă a gazelor neutralizate se face prin intermediul coșului de gaze. Gazele de ardere sunt evacuate din cuptor cu ajutorul unui exaustor de gaze, sau prin ejecție, cu ajutorul unui

ventilator centrifugal și a unui ajutaj cilindric special, montat pe coș în prima fază de ardere, când gazele sunt reci (sub 600°C). Incineratorul fiind de capacitate mică, comanda acestuia se face de obicei manual. Anumite operații însă, pot fi introduse într-un sistem de comandă automat. Aceste operații sunt: insuflaj aer, neutralizare gaze, evacuare gaze etc. Pentru deșeurile provenite din spitale, arderea ecologică reprezintă la ora actuală unul dintre cele mai igienice procedee de lichidare a deșeurilor. Avantajul principal al acestui mod de distrugere constă în faptul că, sunt neutralizate toate elementele organice. Produsul principal este cenușa sau zgura. Totodată se reduce volumul deșeurilor, simplificându-se manipularea la locul de depozitare [6].

Obiectivele sistemelor de incinerare a deșeurilor din spitale

Obiectivele avute în vedere la realizarea incineratoarelor de capacitate mică pentru arderea deșeurilor din spitale sunt următoarele:

- neutralizarea deșeurilor se face în conformitate cu normele de protecție a mediului;
- arderea deșeurilor trebuie să fie completă;
- costurile privind investițiile de execuție trebuie să fie cât mai mici;
- operare simplă și fiabilitate ridicată;
- respectarea condițiilor reale din țara noastră referitoare la calitatea și cantitatea de deșeurii din spitale produse;
- reducerea consumurilor specifice (energie electrică, combustibili, materiale etc.);
- desfășurarea procesului de ardere, pe cât posibil, în regim automat;
- reducerea cheltuielilor de transport prin construirea acestor instalații în apropiere, la locul de producere a deșeurilor;
- respectarea normelor sanitare și de protecția muncii în timpul exploatarea instalațiilor de incinerare;
- pierderile de căldură prin pereții unor utilaje sau prin locurile de îmbinare a acestora să fie cât mai mici, epurarea gazelor arse și a apelor uzate să se încadreze în normele de protecție a mediului [7].

Restricții și norme pentru sistemele de incinerare a deșeurilor din spitale

Pentru arderea deșeurilor din spitale se impun o serie de restricții suplimentare, atât la colectarea cât și la arderea acestora. Astfel, nu este permisă amestecarea deșeurilor menajere cu cele provenite din spital. Deșeurile sanitare se împart la rândul lor în mai multe categorii, fapt pentru care recipientii de colectare diferă de la o categorie la alta. Recipientii de colectare sunt în general saci de polietilenă, câptușiți cu carton, închiși ermetic și prevăzuți cu etichete adecvate. Acești recipienti sunt de unică întrebuințare, introducându-se în incinerator odată cu deșeurile respective. Pentru deșeurile farmaceutice se folosesc bidoane din metal sau plastic, care nu se distrug odată cu conținutul.

Referitor la cantitățile de noxe evacuate în atmosferă, acestea vor fi comparate permanent cu nivelurile maxime impuse prin Ordinul 462/1993 al M.A.P.P.M. și STAS 12574/1987 pentru aer și normativul C.90 pentru apă. Pentru evaluarea nivelului emisiilor de substanțe poluante din gazele de ardere, se folosesc coeficienți sintetici preluați din Corinair Inventory – Commission of the European Community, ediția 2003, paragraful 1,12 "Waste disposal - incinerators", din care rezultă că, pentru capacitatea instalației analizate cantitățile de poluanți vor fi [8]:

- pulberi - 5,5 g/Nm³,
- NOx - 16,7 g/Nm³,

- SOx - 11,1 g/Nm³;
- Metan - 3 g/t de deșeu incinerat, ceea ce impune introducerea unor sisteme de depoluare care să asigure o eficiență de minim 99%.

Caracteristici tehnice ale sistemului incinerator utilizat în procesul de modelare și simulare

În vederea modelării și simulării, se vor folosi caracteristicile tehnice ale incineratorului de deșeurii din domeniul sanitar. Astfel, pentru punerea în funcțiune a modelului funcțional de incinerator se vor efectua următoarele operații: pregătirea instalației pentru începerea probelor, stabilirea calității și cantității deșeurilor ce urmează a fi incinerate, verificarea instalației de neutralizare gaze arse și a calității soluției utilizate, pornirea ventilatorului de extracție gaze, pornirea ventilatorului de insuflaj aer cald, pornirea aparatelor de măsură și control, pornirea arzătorului de demarare ardere, introducerea primelor șarje de deșeurii, efectuarea măsurătorilor și înregistrarea parametrilor.

Principalele caracteristici dimensional-constructive și funcționale ale incineratorului de deșeurii din spitale sunt prezentate în tabelul 1.

Principalele caracteristici ale instalației electrice și ale ventilatoarelor de insuflaj aer și extracție gaze sunt prezentate sintetic în tabelul 2.

Instalația electrică asigură funcționarea instalației de incinerare în regimurile prevăzute cu un număr minim de manevre din partea operatorului, respectiv pornirea instalației (cu respectarea ciclului de prevențiere), pornirea arzătorului pilot și apoi alimentarea cu deșeurii (când temperatura în incinerator a ajuns la 750°C). Instalația este prevăzută cu supraveghetor de flacără care, în cazul dispariției flăcării, comandă alimentarea transformatorului de aprindere. Dacă nici după această flacără nu reapare, la scurgerea timpului de siguranță la aprindere (15 s) instalația se oprește în întregime, asigurându-se postventilarea.

Pentru evitarea unor intervenții nepermise sau a unor situații de funcționare necorespunzătoare a incineratorului au fost prevăzute următoarele protecții:

- pornirea arzătorului numai montat pe incinerator;
- pornirea arzătorului pilot numai după încheierea prevențierii;
- oprirea automată a instalației de incinerare în cazul dispariției flăcării (după timpul de siguranță);
- repornirea instalației numai după încheierea postventilării;
- alimentarea cu deșeurii combustibile numai după atingerea temperaturii minime în focar (750 °C);
- oprirea instalației de incinerare în cazul următoarelor situații de avarie în funcționare:
 - depășirea temperaturii maxime în focar (1000 °C);
 - acționarea protecției termice a motoarelor electrice ale ventilatorului,
 - ale pompei de combustibil lichid și motorului compresorului pentru pulverizarea lichidului de neutralizare gaze arse ;
 - deschiderea simultană a ușii și a capacului rabatabil de la buncărul de deșeurii;
 - deschiderea ușii de vizitare;
 - neînchiderea corespunzătoare a capacului de la buncărul de deșeurii;
 - depășirea temperaturii maxime a gazelor de ardere;
 - absența agentului de pulverizare (lapte de var sau sodă caustică).

Tabelul 1
CARACTERISTICI DIMENSIONAL-CONSTRUCTIVE ȘI FUNCȚIONALE ALE INCINERATORULUI DE DEȘEURI DIN SPITALE

Caracteristici dimensionale și constructive	
lungime	L=3900 mm
lățime	l=1500 mm,
înălțime	H=1900 mm
greutatea	G=maximum 9000 kg.
Caracteristici funcționale	
temperatura maximă în focar	1000 °C
temperatura maximă în camera de post-ardere	1200 °C
temperatura maximă exterioară perete	50 °C
volum focar	0,8 m ³
alimentarea cu deșeuri combustibile	manuală
timp de funcționare continuă	8 - 10 ore/zi
diametrul canalului de evacuare al gazelor arse	300 mm
modul de evacuare a gazelor	prin ejecție
temperatura maximă a gazelor evacuate	300 °C
temperatură aer insuflaj	200 °C
cantitate deșeuri incinerate	100 - 200 kg/h
neutralizare gaze arse	lapte de var, sodă caustică;
combustibil de aport: motorină	max. 15 l /h

Tabelul 2
CARACTERISTICI LE INSTALAȚIEI ELECTRICE

Caracteristicile instalației electrice	
puterea electrică maximă instalată	15 kW
tensiuni de lucru - curent alternativ :	3 x 380 V/50 Hz
tensiune de alimentare pentru comenzi:	220 V c.c.
securitate	decuplarea de la distanță, în caz de necesitate, a întrerupătorului general din tablou
Caracteristicile ventilatoarelor insuflaj aer și extracție gaze (prin ejecție)	
Putere	N= 1,1 kW
Turația	n=3000 rot/min
debitul	Q=1200 m ³ /h
presiune	H=220 mm H ₂ O.

În cazul acționării protecției termice a motorului extractorului de gaze, postventilarea este asigurată de ventilatorul de insuflaj.

Instalația este prevăzută cu semnalizări în următoarele situații:

- pornirea instalației de incinerare;
- prevențiere încheiată;
- atingere temperatură minimă în incinerator în vederea alimentării cu deșeuri;

- avarie incinerator (acustică și optică cu posibilitatea anulării semnalizării acustice);
- avarie protecții termice ale motoarelor electrice;
- deschiderea capacului ușii de la bucurul de deșeuri;
- deschiderea ușii de vizitare;
- depresiune necorespunzătoare în focar;
- depășirea temperaturii maxime;
- dispariție flacără;
- gaze fierbinți la coș.

Studiu de caz: Monitorizarea prin simulare a fluxului de incinerare a deșeurilor sanitare

În vederea optimizării funcționării instalațiilor actuale de incinerare a deșeurilor din spitale, s-a realizat monitorizarea prin simulare a fluxului de incinerare a deșeurilor.

Modelarea și simularea sistemului dinamic de incinerare a deșeurilor folosind sistemele de achiziție de date

În anumite situații, experimentările nu se pot face folosind sistemul analizat. A apărut astfel necesitatea modelării și simulării sistemului [9]. Cercetările și experimentările sistemelor de achiziție în laborator sunt posibile folosind un simulator de proces. Un sistem de achiziție este un sistem de colectare a datelor. Scopul său este de a transfera un set relevant de cunoștințe de la procesul investigat la ieșirea sa. În cazul acestei aplicații sistemul de achiziție colectează datele provenite de la simulatorul de proces ce înlocuiește procesul real. Structura sistemului de achiziție utilizat în această aplicație este prezentată în figura 3.

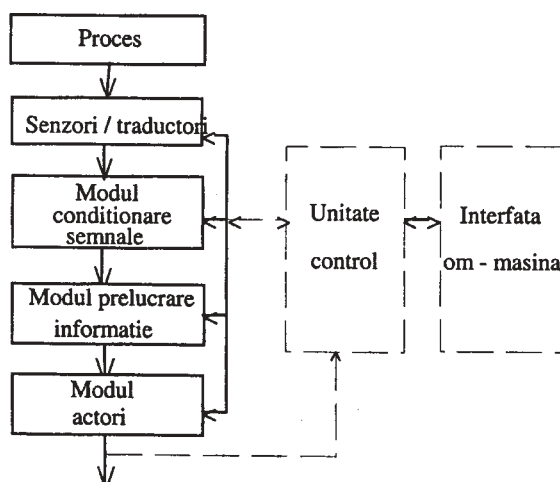


Fig. 3. Structura sistemului de achiziție, comandă și control pentru monitorizarea procesului de incinerare

Cel de-al doilea bloc din figura 3, **“Senzori/traductori”** conectat cu procesul (sistemul aflat sub observație, în acest caz sistemul de incinerare a deșeurilor sanitare) are rolul de a converti orice, măsurând într-un semnal care va fi prelucrat de celelalte unități. Acest bloc este conectat de obicei cu un modul de condiționare a semnalelor care transmite informațiile sub forma unor semnale corespunzătoare pentru a fi preluate de blocul următor. **“Modulul de prelucrare a informației”** are rolul de a prelucra informațiile primite în vederea prezentării lor. Unitatea de control are sarcina de a controla funcționarea întregului sistem [10]. Operatorul uman interacționează cu sistemul prin intermediul unității de control, folosind o interfață om-mașină.

Sistemele a căror evoluție în timp este condiționată de stare se numesc sisteme dinamice. Procesele sunt considerate sisteme dinamice. Modelul sistemului reprezintă descrierea acestuia într-un limbaj formal. Astfel, relațiile între simboluri în cadrul propozițiilor scrise în acel limbaj, implică și sunt implicate de relațiile dintre obiectele și atributele sistemului și componentele sale. Modelele sistemelor de măsură descrise în limbaje adecvate, sau scheme ale reprezentării, pot sta la baza analizei, proiectării și cercetărilor privind aceste sisteme. Din punct de vedere al măsurării se disting modele apriori și posteriori realizate. Modelele apriori sunt cele care implică existența de cunoștințe experimentale sau teoretice anterioare despre

sistemul modelat. Modelele sistemelor de măsură sunt utilizate în primul rând pentru a furniza o descriere a sistemului astfel încât funcționarea întregului sistem este analizabilă din descrierea fizică sau funcțională a construcției sale. Descrierea completă a sistemelor dinamice trebuie să conțină și specificarea valorilor inițiale ale variabilelor de stare, numite condiții inițiale. Sistemele care sunt formate din mai multe subsisteme interconectate se numesc sisteme complexe. Descrierea lor trebuie să cuprindă pe lângă descrierea fiecărei componente și specificarea relațiilor dintre acestea. Acestea sunt relații de identitate între variabilele de intrare și de ieșire ale subsistemelor componente. Sistemele de măsură sunt complexe. Funcționarea lor nu se deduce simplu din descrierea lor în limbaj natural, din reprezentarea fizică sau din descrierea funcțională a componentelor sale. De aceea, sunt necesare modele corespunzătoare. Se descriu separat modelul pentru procesul controlat și modelul pentru sistemul de măsură luându-se în considerare și interacțiunea dintre ele. Modelele senzorilor (traductoarelor) și interacțiunile lor cu procesele realizează două funcții principale. Ele permit să se facă o estimare a relațiilor dintre semnalul sesizat și variabila pe care o reprezintă, răspunzând de modificările măsurandului cauzate de intervenția sistemelor de măsură. Anumite mărimi nu pot fi sesizate. Ele sunt măsurate interogând procesul și sesizând răspunsul său. Mărimea măsurată este estimată din modelul ce pune în relație stimulul interogării și răspunsul. Se identifică două aspecte de bază ale tehnologiei instrumentației. Primul, constă în analiza întregului sistem ce execută o transformare specifică a informațiilor și cunoștințelor între intrare și ieșire în funcție de modelele funcționale ale componentelor sale. Al doilea constă în analiza senzorilor și interacțiunii lor cu procesul și cu mediul în funcție de modelele reprezentării lor fizice [11].

Instalația de incinerare ce va fi modelată în cadrul acestei lucrări, este astfel concepută încât să poată arde o gamă cât mai largă de deșeurii din spitale. În funcție de calitatea și cantitatea deșeurilor se pot obține mai multe tipuri de incineratoare. Modelul de incinerator ales pentru modelare asigură ușurința realizării construcției, urmărirea și deservirea ușoară a utilajelor, ocuparea unui spațiu minim, posibilitatea conducerii automate a procesului de ardere, evacuarea și neutralizarea gazelor, autocurățirea, un număr mic de operatori în timpul exploatarei, un preț de cost scăzut și realizarea instalației într-un timp relativ mic.

Sunt cazuri în care rezolvarea pe cale analitică a problemei determinării comportării unui sistem cu model matematic dat este destul de dificilă. Această situație corespunde și determinării comportării proceselor complexe. De aceea, s-a recurs în acest caz la determinarea comportării sistemului prin simulare. Aceasta constă în determinarea evoluției tuturor variabilelor ce intervin în modelul sistemului (variabile de descriere) prin calculul valorilor acestora la momente de timp consecutive.

Calculul se efectuează conform modelului matematic al sistemului analizat prin simulare. Simularea numerică are un caracter secvențial și discret. Variabilele care modelează mărimile fizice din sistemul analizat, inclusiv variabila independentă timp, iau valori discrete. Evoluția variabilelor de descriere este deci reprezentată de o secvență de valori discrete, obținute prin valori discrete ale variabilei timp (valori consecutive ale variabilei timp), denumite momente de calcul sau pași. Acesta reprezintă un experiment de simulare a cărui dinamică este dată de modul în care evoluează variabilele de descriere în timp.

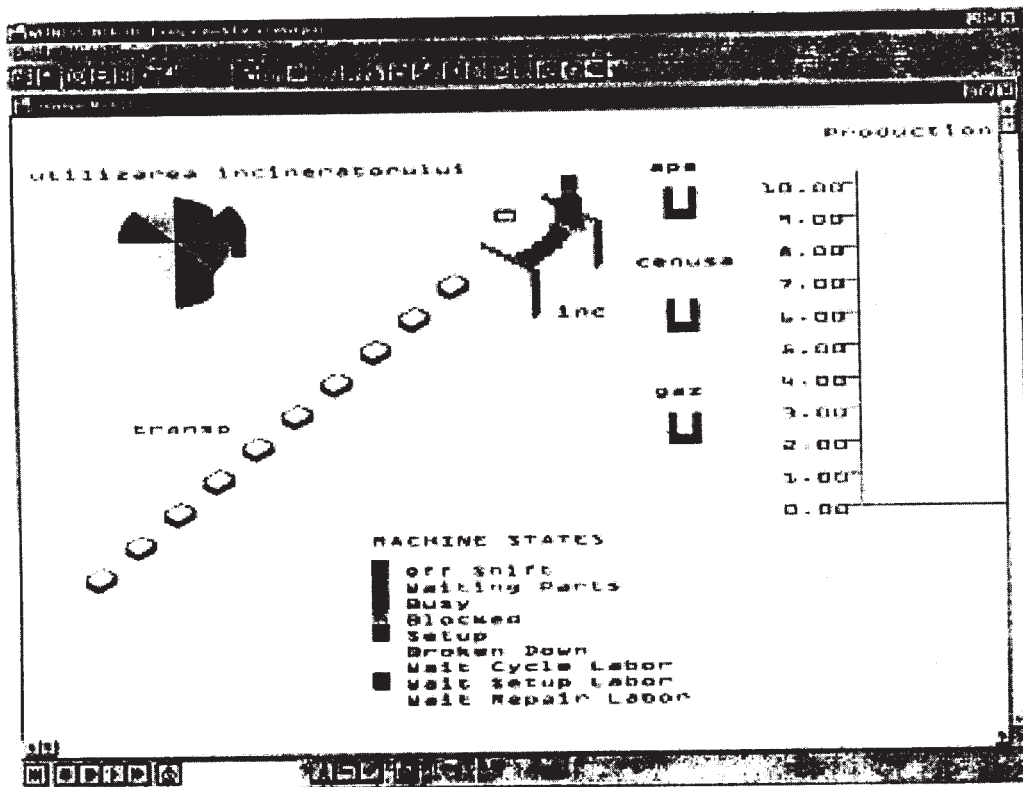


Fig. 4. Starea inițială a modelului

Tabelul 3
ELEMENTELE MODELULUI ȘI CORESPONDENȚA LOR CU ELEMENTELE REALE ALE SISTEMULUI

Nume element din model simulat	Nr. element	Numele elementului corespunzător din sistemul de procesare
Inc	100	incinerator deșeuri
Transp	101	sistem de stocare și alimentare incinerator
Cenușă	102	depozit cenușă
Gaz	103	cuantificator gaze de ardere
Ape	104	cuantificator ape uzate

Valorile diferitelor variabile pentru un anumit pas nu se calculează în paralel, ci secvențial, într-o ordine determinată de relațiile dintre ele. Diferența dintre oricare două momente de calcul consecutive ale unui experiment de simulare este constantă și se numește pasul experimentului de simulare. Evoluția variabilelor de descriere din modelul de simulare pe parcursul execuției unui experiment de simulare, definită prin secvențele de valori obținute pentru aceste variabile la momente de calcul consecutive din intervalul de observare definește comportarea sistemului modelat.

Modelul de simulare al unui sistem se obține prin implementarea funcției caracteristice a sistemului în limbajul de simulare (programare) utilizat. Limbajele de simulare predefinesc un număr limitat de tipuri de blocuri. Astfel, modelarea sistemului ce reprezintă procesul și senzorii unui sistem complex, s-a putut rezolva în limbajul de simulare prin descompunerea întregului sistem într-un ansamblu de subsisteme interconectate. În acest fel s-a obținut un model de simulare de tip rețea, format din ansamblul blocurilor care modelează subsistemele componente. Descrierea acestui model s-a realizat printr-o succesiune de instrucțiuni care definesc blocurile componente și modul în care interacționează acestea. Simulatorul permite realizarea mai multor experimente de simulare în cadrul unei sesiuni de lucru.

Pentru acest studiu a fost utilizat programul Witness, varianta 7.0.[12], care conține o serie de elemente predefinite specifice pentru sisteme discrete, dar permite tot atât de bine și modelarea sistemelor continue. Pot fi specificate variabile și atribute, iar ordonarea operațiilor se poate face pe baza timpilor, a priorităților sau a altor criterii definite de utilizator. Acțiunile simulate, realizate la începutul și sfârșitul evenimentelor simulate pot folosi pentru programare structuri de tipul For-Next, While-End, Go to-Label și operatori matematici și logici. Animația este construită în timpul definirii modelului. O caracteristică a Witness-ului este abilitatea de a stoca un număr nelimitat de variabile și atribute. Comenzile folosite în cadrul aplicației sunt:

a) **INPUT/OUTPUT**: Se traduc prin comenzi de intrare/ieșire și reprezintă cel mai important concept în Witness. Acestea descriu cum deșeurile, circulă între elementele modelului. Witness prevede comenzi pentru reprezentarea entităților circulante întâlnite în procesele reale de la cele simple până la cele complicate. Folosirea expresiilor în comenzi reprezintă cele mai complexe decizii ale procesului în model.

b) **WAIT**: Deșeurile așteaptă până vor fi extrase sau împinse. Comanda se aplică tuturor elementelor. Wait indică unui element să aștepte și să păstreze reperatele, până când alt element le va prelua. Mod de utilizare : WAIT.

c) **PULL & PUSH**: Mod de utilizare : PUSH {to} element {, element ...}

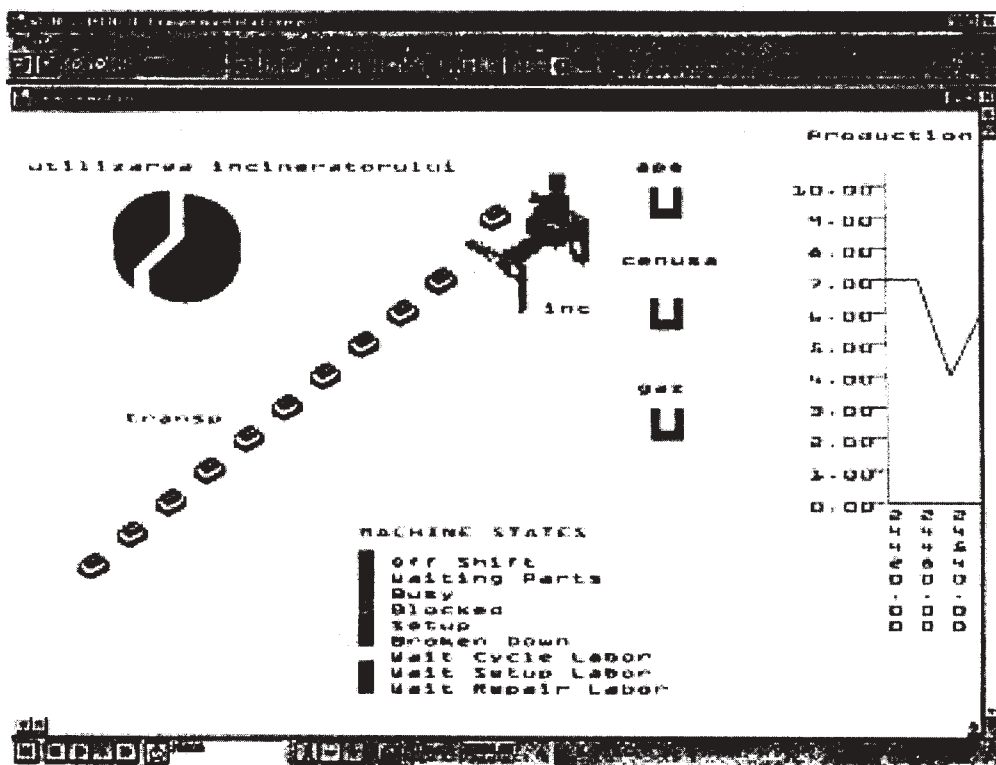


Fig. 5. Simularea în Witness (modelul la 25000 h de funcționare)

Tabelul 4
REZULTATE OBTINUTE ÎN URMA MONITORIZĂRII PRIN SIMULARE

Nume element din model simulat	Nr. element	Numele elementului corespunzător din sistemul de procesare
Inc	100	funcționare in plin incinerator deșeuri = 61% din timpul de lucru (t)
Transp	101	funcționare sistem de alimentare incinerator = 19% din (t)
Cenușă	102	depozit cenușa = 10% din total cantitate (c)
Gaz	103	cuantificator gaze de ardere = 20% din (c)
Ape	104	cuantificator ape uzate = 10% din (c)

PULL {from} element {, element ...}

Aceste două comenzi sunt folosite pentru a mișca deșeurile între elemente. Comenzile execută exact ceea ce numele lor indică : reperate sunt împinse (PUSH) afară sau sunt extrase (PULL) dintr-un sistem. Când se folosește o listă de deșeuri diferite, Witness-ul încearcă să împingă pe rând reperatele în ordinea alimentării sistemului până când se ajunge la capătul listei.

d) LEAST & MOST

LEAST - reperatele sunt transmise sau obținute de la elementul de stocare cu cele mai puține reperate sau cu cea mai mică capacitate liberă; MOST - reperatele sunt transmise sau obținute de la elementul de stocare cu cele mai multe reperate sau cu cea mai mare capacitate liberă.

Mod de utilizare : LEAST PARTS element {, element ...}
LEAST FREE element {, element ...}
MOST PARTS element {, element ...}
MOST FREE element {, element ...}

Dacă există două sau mai multe elemente de stocare cu un număr egal de reperate sau cu aceeași capacitate liberă atunci primul care apare pe listă va fi elementul ales.

e) PERCENT

Mod de utilizare : PERCENT / stream element percentage { element percentage }

unde: Stream - este o constantă întreagă cu valori între 1 și 100; Percentage - este o constantă care poate lua orice

valoare. Comanda permite luarea unei decizii pe baza probabilităților. Să considerăm că se introduce o listă de elemente și procentajele lor care indică probabilitatea fiecărui element de a primi sau furniza reperate. Dacă procentajul nu este de 100%, Witness-ul îl va modifica automat astfel încât să rezulte valoarea dorită.

Rezultatele obținute prin modelarea și simularea procesului de incinerare a deșeurilor

Sistemul de procesare a deșeurilor prin incinerare utilizat este modelat în Witness sub forma din figura 4.

Elementele modelului și corespondența lor cu elementele reale ale sistemului experimentat sunt redată în tabelul 3.

Simularea funcționării sistemului s-a efectuat pentru o durată de 25 000 ore de funcționare (fig. 5), alimentarea realizându-se cu saci de deșeuri de 10 kg.

Prin simularea sistemului de monitorizare a fluxului de deșeuri, pe baza rezultatelor obținute se realizează optimizarea sistemului de alimentare și stocare, a sistemului de depozitare a cenușii, a cuantificării gazelor de ardere și a apelor uzate, ceea ce a condus la creșterea randamentului instalației de incinerare. Astfel, se maximizează performanța sistemului de incinerare a deșeurilor din spitale, se asigură un consum energetic redus și creșterea capacității zilnice de incinerare a deșeurilor cu respectarea normelor în vigoare de protecție a mediului prezentate în partea a doua a lucrării.

În urma monitorizării prin simulare s-au obținut rezultatele centralizate în tabelul 4.

În concluzie, pe baza rezultatelor obținute în urma simulării funcționării modelului se pot parametriza arhitecturi optimizate ale sistemului. Arhitecturile optimizate pot fi validate folosind același model prin simulări succesive.

Concluzii

Simulatorul permite realizarea mai multor experimente de simulare în cadrul unei sesiuni de lucru.

Schimbul de informații între programul de simulare și utilizator, pe parcursul unei sesiuni de lucru, se realizează în mod interactiv. Astfel, simulatorul indică utilizatorului ce informații trebuie să introducă, iar utilizatorul poate observa efectul modificărilor pe care le face. Acest lucru este posibil datorită unei interfețe-utilizator prietenoasă a simulatorului. Astfel, scopul acestei aplicații a fost ca, prin simularea sistemului de monitorizare a fluxului de deșeuri din spitale, să se permită optimizarea sistemului de alimentare și stocare precum și a depozitării cenușii, cuantificării gazelor de ardere și a apelor uzate, în vederea obținerii unor performanțe superioare. Rezultatele obținute permit construirea prin acest procedeu a noi modele, care vor fi folosite în experimente care vizează automatizarea completă a procesului de incinerare a deșeurilor din mediul sanitar.

Bibliografie

1. CAMARINHA - MATOS, L.M., Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises, Kluwer Academic Publisher Boston/Dordrecht/London, series :IFIP (International Federation for Information Processing ISSN 1571-5736), **85**, 2002, ISBN 1-4020-7020-9, p. 571

2. ELMARAGHY, HODA A., Advances in Design, Series: Springer Series in Advanced Manufacturing (ISSN:1860-5168), Springer Verlag, Part II, Knowledge Management and Functional Design, ISBN 1-84628-004-4, 2006, p. 97

3. DRĂGOI G., Întreprinderea convergentă. Informatica Industrială, Editura PRINTECH, București, ISBN 973-652-293-8, p. 275

4. COTEȚ, C., DRĂGOI, G., International Journal of Simulation Modelling-IISJMM, vol. 2, number 4, p.109-121, ISSN 1726-4529. WILLIAMS, C.B., MISTREE, F., ROSEN, D.W., Proceedings of DETC'05, ASME 2005 Design Engineering Technical Conferences and Computer and Information in Engineering Conference, California, USA.

5.*** OECD Environment Directorate, Addressing the Economics of Waste, OECD Publications, Paris, 2004

6.*** OECD Environment Directorate, Economic Aspects of Extended Producer Responsibility, OECD Publications, Paris, 2004

7.*** OECD Environment Directorate, Extended Producer Responsibility - A Guidance Manual For Governments, OECD Publications, Paris, 2001

8. KREITH, F., Handbook of Solid Waste Management, Mc Graw - Hill, ISBN 0-07- 035876-1, New York, 1994

9. VESILIND, P.; WORRELLI, W.A. & Debra, R.R., Solid Waste Engineering, Wadsworth Group, ISBN 0-534-37814-5, Pacific Grove, CA, USA, 2002

10. WILLIAMS, P.T., Waste Treatment and Disposal, John Wiley & Sons, ISBN 0-471- 98149-3, Chichester, England, 2002

11. MOHORA, C., COTEȚ, C.E., PĂTRAȘCU, G., Simularea Sistemelor de producție, 304 pag., Editura Academiei Române & Editura Agir, București, 2001, ISBN 973-27-0868-9 & ISBN 973-8130-69-7

12. LUND, H., F., The McGraw-Hill Recycling Handbook, ISBN 0-07-039156-4, New York, 2001

Intrat în redacție: 20.10.2006