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

CERCETAREA INFLUENŢEI PARAMETRILOR FUNCŢIONALI DE REGIM ASUPRA EFICIENŢEI DE SEPARARE A PARTICULELOR ÎN CÂMP ELECTRIC ALTERNATIV DE TENSIUNE ÎNALTĂ

Constantin ŢULEANU, Sergiu ŢULEANU,
Andrei BÎNZARI, Elena NICOLAEV

INFLUENCE ENTRANCE FACTORS RESEARCH TO IONIC-ELECTRONIC PURIFICATION A VENTILATION AIR

The paper includes the results of a theoretical study, achieved by comparing media selection method, using dispersion analysis, in which we chose emphasizing the input factors influenced, to achieve separation of mechanical particles of ventilation air by electrical methods, and the establishment of a mathematical model that would adequately describe the process of separation studied.

Cuvinte cheie: câmp electric, electrozi injectori, intensitatea câmpului electric, vânt electric
Keywords: camp, injectori electrodes, electric field intensity, wind electric

1. Introducere

Prin păstrarea conceptului instalaţiei de separare a impurităţilor din aerul ventilat şi metodologiei efectuării cercetărilor experimentale, în prezenta lucrare se va opta pentru stabilirea influenţei aceloraşi parametrii de intrare asupra eficienţei de separare, pentru condiţia

curgerii în contracurent a fluxului de aer ventilat în raport cu direcţia „*vântului electric*”.

- X_1 - tensiunea E, kV aplicată electrozilor de emisie;
- X_2 - viteza v, m/s a fluxului de aer refulat prin spaţiul activ al modelului de filtru;
- X_3 - concentraţia iniţială a prafului ΔC_i, mg/m^3 din aerul refulat prin spaţiul activ al modelului de filtru.

2. Strategia teoretică a studiului

În contextul aceleiași strategii teoretice de experimentare, s-a plecat de la alegerea spre studiere a celor 3 factori nominalizaţi mai sus, optând pentru organizarea unui experiment factorial complet 2^3, care a permis punerea în evidenţă a efectelor tuturor factorilor luaţi în consideraţie, precum şi a tuturor interacţiunilor dintre aceşti factori, făcând posibilă stabilirea formei complete a modelului matematic experimentat.

În scopul simplificării alcătuirii structurii programului experimental, pentru valorile variabilelor independente s-au folosit niveluri codificate, în particular pentru primul şi ultimul nivel (minim şi respectiv maxim) egale cu -1 şi, respectiv, +1.

Valorile pentru care au fost fixați cei 3 factori independenţi luaţi în studiu, pentru cele 2 nivele de variaţie (maxim şi minim), matricea planului de experimentare stabilit şi valorile parametrului de ieşire (de răspuns) sunt prezentate în tabelul 1.

Coeficienţii de regresie b_i s-au determinat prin împărţirea produsului scalar al coloanelor $\overline{Y}$ şi X_i, la numărul de experimente din modelul matricial planificat:

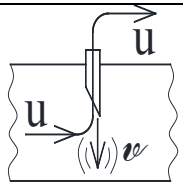
$$b_i = \left(\frac{1}{N}\right) \times \sum_{i=1}^{N} X_{i.j} \times Y_i \qquad (1)$$

Ecuaţia generală de regresie, care ia în consideraţie efectele de interacţiune dintre nivelele diferiţilor factori are forma:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{1.2}X_1X_2 + b_{1.3}X_1X_3 + b_{2.3}X_2X_3 + b_{1.2.3}X_1X_2X_3 \qquad (2)$$

Tabelul 1

Semnificaţia	$\widetilde{X}_1$	$\widetilde{X}_2$	$\widetilde{X}_3$	
$\widetilde{X}_{i0}$	12	1,2	8,98	
$\Delta\widetilde{X}_i$	3	0,5	4,83	
$\widetilde{X}_{max}$	15	1,7	13,81	
$\widetilde{X}_{min}$	9	0,7	4,15	



Experienţa	X_0	Planul							Valorile parametrului de ieşire		
		X_1	X_2	X_3	$X_{1.2}$	$X_{1.3}$	$X_{2.3}$	$X_{1.2.3}$	Y_1	Y_2	$\overline{Y}$
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	3,17	3,2	3,19
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	3,9	3,94	3,92
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	2,85	2,82	2,83
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	3,62	3,68	3,65
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	10,55	10,0	10,28
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	12,97	12,77	12,87
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	9,5	9,2	9,35
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	12,05	11,95	12,0
Coeficienţii de regresie	b_0	b_1	b_2	b_3	$b_{1.2}$	$b_{1.3}$	$b_{2.3}$	$b_{1.2.3}$			
	7,26	0,849	- 0,304	3,864	0,019	0,461	- 0,146	- 0,0037			

Pentru determinarea dispersiei reproductibilităţii $S^2_{rep.}$ s-au efectuat suplimentar trei experimentări în centrul planului (E = 12 kV; $v = 1,2$ m/s; $\Delta C_{i.} = 3,64$ mg/m^3), în rezultatul cărora s-au obţinut următoarele valori a parametrului de ieşire (eficienţei de separare): $Y_1^0 = 1,46$; $Y_2^0 = 2,51$; $Y_3^0 = 1,99$. Eficienţa medie de separare conform acestor experimentări prea valoarea $\overline{Y}^0 = 1,99$.

Dispersia reproductibilităţii şi precizia coeficienţilor de regresie s-au calculat cu aplicarea relaţiilor (3), care au condus la următoarele rezultate $S^2_{rep.} = 0,2757$; $S_{rep.} = 0,525$; $S_{b_j} = 0,1869$.

$$S^2_{rep.} = \frac{\sum_{u=1}^{m}\left(Y_u^0 - \overline{Y}^0\right)^2}{m-1}\ ;\ S_{rep.} = \sqrt{S^2_{rep.}}\ ;\ S_{b_j} = \frac{S_{rep.}}{\sqrt{N}} \qquad (3)$$

În scopul evaluării semnificaţiei coeficienţilor de regresie, pentru toate experienţele planului matricial sau calculat cu formula (4) valorile respective a criteriului Student, calcule care au condus la următoarele rezultate: $t_0 = 39$; $t_1 = 4,56$; $t_2 = 1,63$; $t_3 = 20,77$; $t_{1.2} = 0,102$; $t_{1.3} = 2,48$; $t_{2.3} = 0,785$; $t_{1.2.3} = 0,02$.

$$t_j = \frac{|b_j|}{S_{b_j}} \qquad (4)$$

Semnificaţia coeficienţilor de regresie s-a verificat, conform strategiei aplicate în analiza dispersională, prin compararea valorilor calculate t_j cu valoarea tabelară t_p a criteriului Student (care pentru condiţiile date, nivelul de semnificaţie $\alpha = 0,05$ şi numărul gradelor de libertate $f = m-1 = 3-1 = 2$, este egal din anexa 2 [2] cu $t_p = 4,3$). În conformitate cu această strategie, coeficientul de regresie se consideră semnificativ dacă $t_j > t_p$, în caz contrar coeficientul respectiv de regresie este nesemnificativ şi se exclude din modelul matematic adoptat. Pentru studiul de caz dat, în rezultatul examinării respectării condiţiei $t_j > t_p$, observăm că condiţia înaintată pentru coeficienţii de regresie, $b_2; b_{1.2}; b_{1,3}; b_{2.3}$ şi $b_{1,2,3}$ nu se respectă, aceştia urmând a fi excluşi din model. Astfel modelul matematic obţinut pentru studiul de caz examinat capătă următoarea formă finală.

$$\hat{Y} = 7,27 + 0,849X_1 + 3,864X_3 \qquad (5)$$

După cum se vede din modelul matematic obţinut în regimul de separare studiat dispare interacţiunea dintre factori, iar cea mai mare influenţă asupra eficienţei de separare revine factorului X_3.

Verificarea corespunderii modelului matematic obţinut cu fenomenul studiat se apreciază cu ajutorul criteriului *Fisher* conform relaţiei:

$$F = \frac{S^2_{ad.}}{S^2_{rep.}} \qquad (6)$$

Dispersia corespunderii S_{ad}^2 s-a determinat aplicându-se relaţia următoare:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{l=1}^{N}\left(Y_i - \hat{Y}_i\right)^2}{N-l} \tag{7}$$

în care: Y_i sunt valorile parametrilor de ieşire (eficienţa de separare) rezultate din experimentările respective efectuate; $\hat{Y}_i$ - valorile parametrilor de ieşire (eficienţa de separare) calculate în conformitate cu modelul matematic (ecuaţia de regresie) obţinută; N - numărul de experimentări efectuate; l - numărul de coeficienţi semnificativi a modelului (ecuaţiei de regresie).

Valorile parametrilor de ieşire $\hat{Y}_i$ calculaţi cu ecuaţia de regresie au condus la obţinerea următoarei valori a dispersiei corespunderii S_{ad}^2 = 0,523. În consecinţă criteriul *Fisher* calculat conform relaţiei (6) preia valoarea $F = 1,9$. Valoarea tabelară (anexa 3 [2]) a acestui criteriu pentru nivelul de semnificaţie $p = 0,05$, numărul de grade de libertate $f_1 = N - l = 8 - 5 = 3$ şi $f_2 = m - 1 = 3 - 1 = 2$ este egală cu $F_{tab.}^{p=0,05} = 19,3$. Astfel, deoarece valoarea calculată a criteriului Fisher este mai mică ca valoarea tabelată a acestuia ($F < F_{tab.}^{p=0,05}$) se consideră că ecuaţia de regresie obţinută, adecvat descrie procesul studiat.

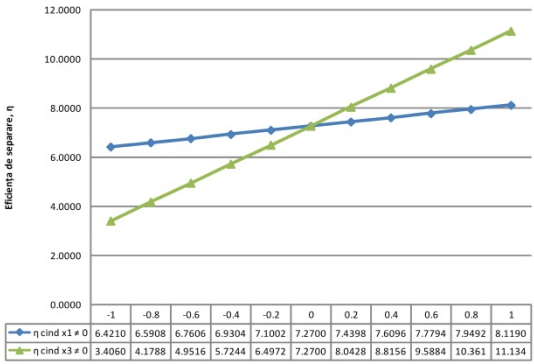
Ecuaţia de regresie obţinută, transformată din coordonate adimensionale în scară naturală, pentru studiu de caz examinat, va avea forma.

$$\eta = -3,32 + 0,283E + 0,8\Delta C_i \tag{8}$$

Analizând dependenţa construită după ecuaţia de regresie (fig. 1), putem constata că la majorarea şi a intensităţii câmpului electric X_1 şi a concentraţiei prafului din aerul refulat prin spaţiul activ al filtrului X_3 eficienţa de separare creşte.

Efectele nominalizate sunt explicabile deoarece la majorarea tensiunii aplicată electrozilor de emisie se intensifică efectul de ionizare artificială a aerului, ceea ce conduce la creşterea vitezei de deviere a particulelor de praf sub influenţa forţelor exterioare a câmpului electric.

Creşterea concentraţiei particulelor de praf din aerul refulat, la aplicarea câmpurilor electrice alternative, conduce la intensificarea efectului de coagulare a acestora, factor care de asemenea condiţionează intensificarea separării.



	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
η cind x1 ≠ 0	6.4210	6.5908	6.7606	6.9304	7.1002	7.2700	7.4398	7.6096	7.7794	7.9492	8.1190
η cind x3 ≠ 0	3.4060	4.1788	4.9516	5.7244	6.4972	7.2700	8.0428	8.8156	9.5884	10.361	11.134

Fig. 1

Dependenţa eficienţei de separare a prafului în câmp electric de înaltă tensiune

4. Concluzii

■ Prin efectuarea unui număr redus de experimentări, s-a obţinut modelul matematic adecvat procesului studiat de separare a prafului în câmp electric neomogen de tensiune înaltă, care poate fi utilizat de specialiştii din domeniu la proiectarea instalaţiilor de separare a prafului din aerul ventilat prin astfel de metode.

BIBLIOGRAFIE

[1] Ţuleanu, C., Ţuleanu, S., *Investigarea eficienţei de separare a particolelor prin valorificarea tehnologiilor iono-electronice de purificare*. Conferinţa tehnico – ştiinţifică: Instalaţii pentru construcţii şi economia de energie, Iaşi, România, 2008. 12 pag. 0,75 c.t.

[2] Ţuleanu, C., Ţuleanu, S., *Cu privire la sporirea eficienţei separării prafului din încăperi cu grad sporit de etanşare*. Volumul Conferinţei Ştiinţa Modernă şi Energia. Producerea, transportul şi utilizarea energiei, Ediţia 27, Cluj-Napoca, 2008. 8 pag. 0,5 c.t.

[3] Стратан, Ф.И., Иродов, В.Ф., *Основы научных исследований*. Кишинев. 1985.

Conf.univ.Dr. Constantin ŢULEANU
Şef catedră, preşedintele Asociaţiei Inginerilor de Instalaţii din Republica Moldova - AIIM, tel: +37369156422, email: ctuleanu@mail.ru.
Lector superior, mr.Ing. Sergiu ŢULEANU - tel: +37369210258
Lector universitar, mr.Ing. Andrei BÎNZARI, director executiv AIIM, tel: +37369546959, email: binzariandreiacgv@yahoo.com
Lector superior, mr.Ing. Elena NICOLAEV, secretar executiv AIIM, tel: +37369590737, email: elenanicolaev@rambler.ru
Catedra "Alimentări cu Căldură şi Gaze, Ventilaţie",
Facultatea Urbanism şi Arhitectură, Universitatea Tehnică a Moldovei