

**INCERCOM**

**MINISTERUL DEZVOLTĂRII REGIONALE ȘI  
CONSTRUCȚIILOR AL REPUBLICII  
MOLDOVA  
INSTITUTUL DE CERCETĂRI ȘTIINȚIFICE ÎN  
CONSTRUCȚII "INCERCOM" Î. S.**

**BULETINUL  
INCERCOM  
INSTITUT DE CERCETĂRI  
ȘTIINȚIFICE ÎN CONSTRUCȚII**

**BULLETIN  
INCERCOM  
SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE  
OF CONSTRUCTION**



ISSN 1857-3762

2012 Nr. 2-CN

ISSN 1857-3762

**BULETINUL  
INCERCOM**

**INSTITUT DE CERCETĂRI ȘTIINȚIFICE ÎN  
CONSTRUCȚII**

**BULLETIN  
INCERCOM**

**SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF  
CONSTRUCTION INCERCOM**

**2012**

**No. 2 - CN**

## **Colegiul de redacție “Buletinul Institutului de Cercetări Științifice în Construcții INCERCOM”**

1. Lvovschi, *academician, redactor-șef,*
2. A. Izbînda, *doctor în științe tehnice,*
3. A. Zolotcov, *doctor în științe tehnice,*
4. L. Groll, *doctor inginer,*
5. I. Hîrhui, *doctor inginer,*
6. E. Șamis, *doctor în științe tehnice,*
7. Gh. Croitoru, *doctor inginer în știința materialelor, secretar responsabil.*

### **„Bulletin Scientific Research Institute of construction INCERCOM” editorial staff:**

1. Lvovschi, *academic, editor in chief,*
2. A. Izbînda, *doctor in Technical Sciences,*
3. A. Zolotcov, *doctor in Technical Sciences,*
4. L. Groll, *doctor inginer,*
5. I. Hîrhui, *doctor inginer,*
6. E. Șamis, *doctor in Technical Sciences,*
7. Gh. Croitoru, *doctor inginer in Materials Science, responsible secretary.*

Toate articolele științifice sînt recenzate.

Toate drepturile sunt rezervate redacției și autorilor.

Redactor tehnic:

All articles in the Bulletin are subject to review.

All rights reserved.

Technical editor:

Adresa redacției: str. Independenței 6/1, MD-2043, Chișinău, Republica Moldova  
Editorial address: str. Independentei 6/1, MD-2043, Chisinau, republic of Moldova

Buletinul este dedicat științelor terestre și conține diferite articole tematice științifice fundamentale precum și aplicative.

The Bulletin is focused on Earth science researches both fundamental and applicative.

Web: <http://incercom.md/buletin.php>

*Preț de abonament – 30 lei  
Subscription fee – 30 MDL  
Tirajul – 50 exemplare*

*Editura – „INCERCOM”, Chișinău 2012*

*Publisher – „INCERCOM”, Chisinau 2012*

© INCERCOM Institutul de cercetări științifice în construcții, 2012

© INCERCOM Scientific Research Institute of construction , 2012

# SUMAR

1. *Izbînda A., Lvovschi E.* O gamă nouă de materiale de construcții cu utilizarea materiei prime autohtone și conservarea energiei ..... **pag. 5**
2. *Izbînda A., Lvovschi E.* Modele neliniare pe parametri ..... **pag. 26**
3. *Croitoru Gh.* Inițierea și dezvoltarea fisurilor în construcțiile din beton și specificul coroziunii armăturii în aceste zone în funcție de mediul exploataării lor..... **pag. 39**
4. *Шамис Е.Е., Холдаева М.И., Иванов В.Д.* Инновационная технология производства бетонных смесей ..... **pag. 48**
5. *Акимов А., Избында А.А., Елеуких А.А.* Структурный параметр коррозионной стойкости бетонов..... **pag. 53**
6. *Lupușor N., Dohmilă Iu.* Betoane celulare pe baza deșeurilor industriale pentru construcții de îngrădire. .... **pag. 57**
7. *Ciutac M., Muntean I., Lupușor N.* Ceramica material al trecutului, prezentului și viitorului. .... **pag. 62**
8. *Cușnir L., Croitoru Gh.* Studiul comportării diferitor tipuri de ciment în betoane. .... **pag. 82**
9. *Gorețcaia A. Susanu D.* Izolația sonoră a blocurilor de ferestre cu geam termopan ..... **pag. 89**
10. *Скамина Р., Горецкая А., Соколов Вл.* Фракционированные пески, их производство и перспективы применения в производстве сухих строительных смесей и других строительных материалах. .... **pag. 98**
11. *Скамина Р., Кондрат А.* Производство и применение в строительстве сухих бетонных смесей, сырье для «сухих бетонов» и технология изготовления..... **pag. 106**
12. *Dohmilă Iu., Lupușor N.* Optimizarea structurilor de rezistență pentru casele de locuit individuale..... **pag. 112**
13. *Dohmilă Iu., Dohmilă E., Lupușor N.* Utilizarea conceptului de performanță pentru aprecierea calității clădirilor ..... **pag. 123**
14. *Dohmilă Iu., Dohmilă E., Lupușor N.* Soluțiile constructive și tehnologiile de execuție, factori de influență asupra produsului finit ..... **pag. 129**
15. *Vascan Gr., Lupușor N.* Normarea resurselor în construcții. Actualitate și perspective ..... **pag. 135**
16. *Vascan Gr.* Conceptul de performanță în construcții prin prisma costului ..... **pag. 140**
17. *Курпий А.* Практика восстановления зданий и сооружений пострадавших при карпатских землетрясениях ..... **pag. 147**
18. *Cojocaru E., Croitoru Gh.* Studiul comportării betonului armat cu fibre ..... **pag. 153**

# CONTENTS

1. *Izbînda A., Lvovschi E.* A new range of building materials using local raw materials and energy conservation ..... **pag. 5**
2. *Izbînda A., Lvovschi E.* The parameters of nonlinear models ..... **pag. 26**
3. *Croitoru Gh.* initiation and development of cracks in concrete construction and reinforcement corrosion in these specific areas depending on their operating environment. .... **pag. 39**
4. *Шамис Е.Е., Холдаева М.И., Иванов В.Д* The innovative technology of concrete mixtures ..... **pag. 48**
5. *Акимов А., Избында А.А., Елециких А.А.* The structural parameter of the corrosion resistance of concrete ..... **pag. 53**
6. *Lupușor N., Dohmilă Iu.* Cellular concrete construction on industrial waste containment. .... **pag. 57**
7. *Ciutac M., Muntean I., Lupușor N.* Ceramic material of the past, present and future. .... **pag. 62**
8. *Cușnir L., Croitoru Gh.* Study the behavior of different types of cement in concrete. .... **pag. 82**
9. *Gorețcaia A. Susanu D.* Sound insulation of apartment windows with double glazing. .... **pag. 89**
10. *Скамина Р., Горецкая А., Соколов Вл.* Fractionated sands, production and prospects for application in the production of dry mortar and other building materials ..... **pag. 98**
11. *Скамина Р., Кондрат А.* The production and use in the construction of dry concrete mix, raw materials for the "dry concrete" and the manufacturing process. .... **pag. 106**
12. *Dohmilă Iu., Lupușor N.* Optimize strength structures for individual houses ..... **pag. 112**
13. *Dohmilă Iu., Dohmilă E., Lupușor N.* Using the concept of performance for evaluating the quality of buildings ..... **pag. 123**
14. *Dohmilă Iu., Dohmilă E., Lupușor N.* Constructive solutions and execution technologies, factors influencing the final product ..... **pag. 129**
15. *Vasca Gr., Lupușor N.* Standardization resources in construction. News and Perspectives ..... **pag. 135**
16. *Vasca Gr.* The concept of performance through the construction cost ..... **pag. 140**
17. *Купнуї А.* The practice of restoration of buildings and structures affected by earthquakes of the Carpathian ..... **pag. 147**
18. *Cojocarui E., Croitoru Gh.* Study the behavior of fiber reinforced concrete ..... **pag. 153**

*Izbînda A. conf. univ. dr. șt. tehn.,  
Lvovschi E. dr. hab. șt. tehn. m.c. A.Ș.M., cercetător științific  
principal, ICȘC"INCERCOM"Î.S.*

## **O gamă nouă de materiale de construcții cu utilizarea materiei prime autohtone și conservarea energiei**

### **Abstract**

*In this work the description is given of a scale a variety of building materials, that are planned for obtaining at the institute during the nearest 5 years. The materials will be developed mainly on the basis of local raw materials with energy economy. We describe in detail mathematical methods of planning the experiments for obtaining new materials with necessary characteristics.*

### **Rezumat**

*În lucrare se descrie o gamă nouă de materiale de construcții, care este planificat să fie obținută în cursul la 5 ani. Materialele vor fi elaborate preponderent pe baza materiei prime autohtone cu economia energiei. La amănunt sînt descrise metodele matematice de programare a încercărilor pentru obținerea materialelor noi cu calități necesare.*

### **Резюме**

*В работе дано описание гаммы новых строительных материалов, которые планируются к получению в течение ближайших 5 лет. Материалы будут разрабатываться в основном на базе местного сырья с экономией энергии. Подробно описаны математические методы планирования экспериментов для получения новых материалов с необходимыми свойствами.*

## **Introducere**

Se pune problema elaborării unei mari game de materiale de construcții, cu proprietăți noi avansate, folosind deșeurile industriale și materia primă locală cu utilizarea metodelor noi statistico-matematice. În cursul activității vor fi obținute următoarele obiective:

- evaluarea și formarea schemei zonale a resurselor naturale și aprecierea eficacității utilizării lor de industria materialelor de construcții;
- evaluarea și formarea schemei zonale a resurselor naturale și aprecierea eficacității utilizării lor de industria materialelor de construcții;
- elaborarea compozițiilor materialelor cu proprietăți performante din materii prime locale;

- proiectarea liniilor tehnologice de producere a materialelor de construcții cu proprietăți performante;
- elaborarea bazei normative pentru producerea materialelor de construcții cu proprietăți avansate din materiale prime locale;
- activitate de patentare a materialelor noi de construcții și implementarea acestora în construcții reale.

Materialele propuse spre elaborare au un consum minim de material liant ceea ce esențial reduce sinecostul lor. Totodată prin excluderea tratării termice din fluxul tehnologic sunt reduse esențial cheltuielile de energie și combustibil. Avînd termenii de priză reduse materialele propuse în timp scurt după producere pot fi puse în operă. Aceasta permite o reducere considerabilă a parcului de forme și tipare metalice spre deosebire de tehnologiile existente, ceea ce permite micșorarea terenurilor de amplasare a liniilor tehnologice și majorarea productivității. Proprietățile performante ale materialelor propuse dau posibilitatea de a fi utilizate în construcții, începînd cu fundațiile, zidăriile, pardoselile, tavanele, elementele constructive, elementele de finisare și ca materiale termo-, hidro- și fonozolante. Materialele de construcții constituie circa 60-80 % din sinecostul construcției, iar folosirea materialelor propuse va reduce esențial prețul 1 m<sup>2</sup> al construcției finite.

Posibilitatea creșterii volumului de construcții, în prezent, este limitată din lipsa materialelor de construcții autohtone cu proprietăți performante. Materialele folosite actual nu corespund Normativelor Europene. Implementarea liniilor tehnologice propuse va da posibilitatea formării unui număr considerabil de locuri de muncă și reabilitarea fabricilor, care nu activează. Această reabilitare este posibilă deoarece pentru materialele propuse poate fi utilizată materia primă, care se află în majoritatea localităților Republicii Moldova.

Republica Moldova este unica țară din Europa care folosește piatra naturală ca material de construcții pentru zidării (piatră de calcar), ceea ce este o mare greșeală cu impact ecologic, atunci cînd implementarea materialelor propuse va limita acest dezastru.

În condițiile creșterii treptate a costului surselor energetice și apariției necesității conservării energiei termice cercetările științifice, privind elaborarea și optimizarea materialelor de construcții energoeficiente din materii prime locale, au devenit pentru Republica Moldova o sarcină primordială.

Actualitatea acestor cercetări este cauzată de asemenea și de faptul, că implementarea tehnologiilor de producere a materialelor de construcții, cu proprietăți performante din materii prime locale, necesită cercetări științifice suplimentare și în multe cazuri speciale, care în alte centre științifice din lume nu au fost realizate, cauzate de specificul materiei prime autohtone și condițiilor climaterice și seismice.

Asigurarea posibilității organizării producerii materialelor de construcții performante cu proprietăți eficiente din materii prime locale necesită, la rândul său, și elaborarea unui echipament și tehnologii speciale, efectuarea calculului și proiectării respective.

În plan social organizarea producerii în Republica Moldova a unei game de materiale cu proprietăți performante din materia primă locală, va permite de a dezvolta și majora nivelul tehnic și tehnologic al industriei materialelor de construcții din Republica Moldova, va crea noi locuri de muncă, va permite modificarea și crearea unei infrastructuri de tip nou.

Programul privind elaborarea tehnologiilor și organizarea producerii materialelor de construcții cu proprietăți termoizolante performante prevede:

- realizarea studiului patento-bibliografic a metodelor de elaborare a tehnologiilor de producție a materialelor de construcții cu proprietăți termoizolante și constructive performante;

- cercetări privind optimizarea compozițiilor și tehnologiilor de producție a materialelor cu proprietăți termoizolante și constructive performante cu modele avansate statistico-matematice;

- verificarea în condiții practice a rezultatelor cercetărilor științifice;

- elaborarea și aprobarea bazei normative privind producerea materialelor de construcții termoizolante și constructive și tehnologiilor de executare a construcțiilor termoeficiente;

- elaborarea și proiectarea utilajului tehnologic și echipamentului pentru producerea materialelor termoizolante și constructive, executarea construcțiilor termoeficiente;

- implementarea proiectelor-pilot de producere a materialelor propuse.



## Material termorezistent pentru tencuială

Materialul va fi elaborat prin metoda planificării experimentelor (experimente active) pe baza materiei prime „tripoli”, zăcămintele căruia se găsesc la nordul Moldovei. Acest material va fi supus măcinării și cernerii. În afară de tripoli materialul nou va conține ipsos, var și ciment alb în cantități neînsemnate. Materialul va fi utilizat preponderent ca tencuială decorativă pe fațadele clădirilor. În caz de utilizare în interiorul clădirilor, mortarul poate fi preparat cu ciment obișnuit cu rezistența respectivă. În cursul elaborării vor fi optimizați următorii parametri: rezistența la sarcini, termorezistența, hidrozistența, gradul de aderență pe orice suport etc.

Mai jos este dată metoda optimizării sistemului „conținut-proprietăți” pentru materialul de tencuială termorezistent [1].

Tabelul 1 Factorii (materiale utilizate) și intervalul de variație.

Nr.		Factori	(0)	(I)	(+)	(-)
1	Ipsos	X1	30	10	40	20
2	Var „pufușor”	X2	10	2	12	8
3	Tripoli măcinat și cernut	X3	50	10	60	40
4	Ciment alb	X4	10	3	13	7

**Determinarea erorii experimentului prin încercare de 8 serii de cuburi (cîte 3 cuburi în fiecare serie cu date medii, (0), Tabelul 1.**

Calculul necesar

$$R_{c,cub,mij} = \frac{1770,4}{8} = 221,3. \quad S_{c,cub,mij}^2 = \frac{387,68}{8-1} = 55,38 \quad (1)$$

$$S_{R,c,cub} = \sqrt{55,38} = 7,44. \quad \nu = \frac{7,44}{221,3} = 0,034. \quad \nu\% = 3,4$$

Tabelul 2 Date pentru determinarea erorii experimentului (exemplu) [1].

Nr.	Rezultatele experimentelor pentru determinarea $R_{c,cub}$ , Mpa $\times 10$ .	$DR_{c,cub} = R_{c,cub} - R_{c,cub,m}$	$DR_{cub}^2$
1	2	3	4
1	221,4	0,1	0,01
2	230,4	9,1	82,81
3	210,8	-10,5	110,25
4	217,9	-3,4	11,56
5	227,3	6,0	36,00
6	230,3	9,0	81,00
7	213,6	-7,7	59,29
8	218,7	-2,6	6,76
suma	1770,4		387,68

Tabelul 3 Planul experimentului factoric deplin (EFD)  $2^4$  [14]

Cod Nr.	a	b	c	d	Litere	Vectorul rezultat Y
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$		
1	-	-	-	-	(1)	$y_1$
2	+	-	-	-	a	$y_2$
3	-	+	-	-	b	$y_3$
4	+	+	-	-	ab	$y_4$
5	-	-	+	-	c	$y_5$
6	+	-	+	-	ac	$y_6$
7	-	+	+	-	bc	$y_7$
8	+	+	+	-	abc	$y_8$
9	-	-	-	+	d	$y_9$
10	+	-	-	+	ad	$y_{10}$
11	-	+	-	+	bd	$y_{11}$
12	+	+	-	+	abd	$y_{12}$
13	-	-	+	+	cd	$y_{13}$
14	+	-	+	+	acd	$y_{14}$
15	-	+	+	+	bcd	$y_{15}$
16	+	+	+	+	abcd	$y_{16}$

În calitate de Y pot fi luate în vedere următoarele proprietăți ai materialului:

1.  $Y_1$  – aderența către materialul suportului (beton).
2.  $Y_2$  – rezistența la rupere (compresiune),  $R_{cub}$  – încercarea cuburilor  $7,05 \times 7,05 \times 7,05$  cm.
3.  $Y_3$  – rezistența la încovoiere,  $R_{inc.}$  – încercare grinzilor mici, standardizate.
- $Y_4$  – termorezistența, T.

Dispersarea EFD  $2^4$  pe 2 semireplici  $2^{4-1}$  - 1. (1), ad, bd, ab, cd ,ac ,bc, abcd.

2. d, a, b, abd, c, acd, bcd, abc.

Tabelul 4 Prima semireplică de la planul EFD  $2^4$ .

Cod Nr.	$X_0$	Matricia X				Litere	Vectorul Y
		a	b	c	d		
		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$		
1	+	-	-	-	-	(1)	$y_1$
2	+	+	-	-	+	ad	$y_2$
3	+	-	+	-	+	bd	$y_3$
4	+	+	+	-	-	ab	$y_4$
5	+	-	-	+	+	cd	$y_5$
6	+	+	-	+	-	ac	$y_6$
7	+	-	+	+	-	bc	$y_7$
8	+	+	+	+	+	abcd	$y_8$

Prelungirea tabelului 4 (Produsele duble de factori –  $X_i \times X_j$ ).

Cod Nr.	ab	ac	ad	bc	bd	cd
	$X_1X_2$	$X_1X_3$	$X_1X_4$	$X_2X_3$	$X_2X_4$	$X_3X_4$
1	+	+	+	+	+	+
2	-	-	+	+	-	-
3	-	+	-	-	+	-
4	+	-	-	-	-	+
5	+	-	-	-	-	+
6	-	+	-	-	+	-
7	-	-	+	+	-	-
8	+	+	+	+	+	+

Tabelul 5 A doua semireplică de la planul EFD 2<sup>4</sup>.

Cod Nr.	X <sub>0</sub>	Matricia X				Litere	Vectorul Y
		a	b	c	d		
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>		
9	+	-	-	-	+	d	y <sub>9</sub>
10	+	+	-	-	-	a	y <sub>10</sub>
11	+	-	+	-	-	b	y <sub>11</sub>
12	+	+	+	-	+	abd	y <sub>12</sub>
13	+	-	-	+	-	c	y <sub>13</sub>
14	+	+	-	+	+	acd	y <sub>14</sub>
15	+	-	+	+	+	bcd	y <sub>15</sub>
16	+	+	+	+	=	abc	y <sub>16</sub>

Continuarea tabelului 5 (Produsele duble de factori – X<sub>i</sub> × X<sub>j</sub>).

Cod Nr.	ab	ac	ad	bc	bd	cd
	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>4</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>4</sub>	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub>
	9	+	+	-	+	-
10	-	-	-	+	+	+
11	-	+	+	-	-	+
12	+	-	+	-	+	-
13	+	-	+	-	+	-
14	-	+	+	-	-	+
15	-	-	-	+	+	+
16	+	+	-	+	-	-

**Calculul necesar (calculul valorilor pentru construcția ecuației de regresie și controlul ei adecvat)**

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ji} y_i}{n}, \quad j = 0, 1, \dots, k, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$S^2 b_j = \frac{S^2 x_j}{n} \quad (3)$$

$$\text{Cov}\{b_m, b_j\} = 0, \quad m \neq j, \quad j = 0, 1, \dots, p \quad (4)$$

$$S_R^2 = \left( \sum_{i=1}^n y_i^2 - n \sum_{j=0}^p b_j^2 \right) / (n - p - 1), \quad (5)$$

$$F = \frac{S_R^2}{S^2} \quad (6)$$

$$t_i = b_j \sqrt{\frac{n}{S^2}} \quad (7)$$

unde:  $n$  este numărul experimentelor,

$p$  – numărul factorilor,

$b_i$  – coeficientul de regresie,

$y_i$  – rezultatul experimentului cu factorul calculat,

$S^2$   $b_j^2$  – erorile coeficienților de regresie  $b_i$ ,

$S^2$  – eroarea experimentului,

$S_R$  – dispersia remanentă,

$F$  – criteriu Fisher,

$t_j$  – criteriu Student.

### Ecuția de regresie liniară în variabile codificate

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 \quad (8)$$

### Determinarea variabilor naturale

$X_{i,nat} = (X_{i,cod} - 30) / 10$ . Pentru orice factor –  $X_{i,nat} = (X_{i,cod} - (0)) / (I)$ ,

unde  $(0)$  – nivelul principal (mijlociu),  $(I)$  – nivelul de variere (priv.

Tabelul 1).

### Mișcarea pe gradient și atingerea regiunii de optim.

Pentru explicația acestui paragraf este cel mai bine să fie realizat un exemplu concret. Însă nu ne putem folosi de datele noastre fiind-că nu sunt realizate, încă experimentele precedente. De aceea va fi examinat un alt exemplu similar, și anume atingerea optimului (mimumului) în calitatea cordonului de sudură – minimumului de microgăuri în cordonul de sudură a metalelor.

Modalitatea de rezolvare a problemei în întregime:

- 1) determinarea punctului inițial (centrul experimentului, datele medii, nivelul principal, (0)),
- 2) determinarea intervalului de variație (I),
- 3) executarea primei serii mici de experimente,
- 4) determinarea coeficienților de regresie și scrierea ecuației liniare de regresie în forma:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6, \quad (9)$$

- 5) determinarea direcției, care aprovizionează minimumul Y și începutul mișcării pe gradient (executarea experimentelor „în gînd”),
- 6) repetarea punctelor 3), 4) și 5) pînă la atingerea optimului (minimumului de microgăuri în cordonul de sudură) [14].

Tabelul 6 Metodele și rezultatele experimentelor active

Nr.	Factori și funcții		Criolit, %	Titan , %	Alum. , %	Natriu fluoric , %	Lungimea arcului	Durata călirii, min	Cantit. de micro- găuri
	Cod		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	Y
1	2		3	4	5	6	7	8	9
1	Nivelul principal (0)		14	5	6	6	-	120	
2	Intervalul de variere (I)		2	1	1,5	2	-	15	
3	Nivelul de sus (+)		16	6	7,5	8	Arc lung	135	
4	Nivelul de jos (-)		12	4	4,5	4	Arc scurt	105	
5	Prima serie de experimente pe	1	-	-	-	-	-	-	275
6		2	+	-	+	-	+	-	181
7		3	-	+	-	+	+	-	185
8		4	+	+	+	+	-	-	65
9		5	+	-	-	+	-	+	142
10		6	-	-	+	+	+	+	301

11	planul 1/4 replică 2 <sup>6-2</sup>	7	+	+	-	-	+	+	304
12		8	-	+	+	-	-	+	223
13	Coeficienții modelului		-36,5	-15,2	-17,0	-36,2	+33,2	+24,0	
14	b <sub>j</sub> ×I		-73	15,2	-25,5	-72,4	-	+360	
15	Pasul mişcării grad.		+0,63	+0,13	+02	+0,62	-	-3	
16	Calculul pasului (a se vedea sfârșitul tabelului)								
17	Zece încercări	1	14,6 3	5,13	6,20	6,62	Scurtă	117	
		2	15,2 6	5,26	6,40	7,24	„	114	
18	executate, în gînd <sup>3</sup> (mişcarea pe gradient). Experiment ele 4, 6 și 8 se execută în realitate. Aceste experimente sînt înselnate cu o steluță.	3	15,8 9	5,39	6,60	7,86	„	111	
19		4*	16,5 2	5,52	6,80	8,48	„	108	58
20		5	17,1 5	5,65	7,00	9,10	„	105	
21		6*	17,7 8	5,78	7,20	9,72	„	102	35 (min.)
22		7	18,4 1	5,91	7,40	10,34	„	99	
23		8*	19,0 4	6,04	7,6	10,96	„	96	64
24		9	19,6 7	6,17	7,8	11,58	„	93	
25		10	20,3 0	6,30	8,0	12,20	„	90	
26	Nivelul principal nou (0)		18	6	7,5	10	-	100	
27	Interval de variere (I)		0,5	pod	0,5	0,5	-	5	
28	Nivelul de sus (+1)		18,5	6	8	10,5	-	105	
29	Nivelul de jos (-1)		17,5	6	7	9,5	Scurtă	95	
30	Grupa a doua din 8 experimente		-	Nu vari- ază	-	-	Nu variază (-1)	-	66
31			+		+	-		-	40
32			+		-	+		-	44
33			-		+	+		-	52
34			+		-	-		+	39
35	Pe plan		-		+	-		+	69
36			-		-	+		+	72
37			+		+	+		+	41

38	Coeficient model $b_j$	-11,9		-2,4	-0,6		+2,4		
39	$b_j \times I$	-5,95		-1,2	-0,3		+12		
40	Pasul de mișcare pe gradient	+1,0		+0,2	+0,05		-2		
41	Exp. 2,3,5 și 7 sînt executate în realitate și sînt însemnate cu o steluță	1	19	6	7,7	10	Scurt	98	
42		2*	20	6	7,9	10	„	96	12
43		3*	21	6	8,1	10	„	94	4
44		4	22	6	8,3	10	„	92	
45		5*	23	6	8,5	10	„	90	0
46		6	24	6	8,7	10	„	88	
47		7*	25	6	8,9	10	„	86	0
48		8	26	6	9,1	10	„	84	
49		9	27	6	9,3	10	„	82	
50		10	28	6	9,5	10	„	80	
În total au fost executate 23 de experimente									

**Notă:** 1). Determinarea pasului mișcării pe gradient pentru  $x_1 - \{[(b_1 \times I_1):100] - 0,1\} \times (-1)$ .  
 $\{[(-36,5 \times 2):100] - 0,1\} \times (-1) = 0,63$ . Înmulțirea cu (-1) se execută fiind-că se caută minimumul.

2). Procedura de calcul a coeficientului  $b_1$ .

$$b_j = \frac{\sum_{i=0}^n x_{ji} y_i}{n}$$

Se sumează cifrele cu semnul (-)  $(-275)+(-185)+(-301)+(-223) = -984$ .

Se sumează cifrele cu semnul (+)  $181+65+142+304 = +692$ .  
 $-984+692=-292$ .  $-292/8=-36,5$ .

### Explicații la tabelul 6

În 1-ul rînd al tabelului se găsește nivelul principal (0) – conținutul inițial al spoelii electrozilor pentru sudura metalelor colorate, care produce multe microgăurile în rost. Problema experimentelor planificate a fost în aceea, că cantitatea microgăurilor să fie redusă la minimum, iar cel mai bine să fie egală cu zero.

În al 2-lea rînd este arătat intervalul de variere (I).

În al 3-lea și al 4-lea rînduri sînt arătate nivelul de sus (+1) și nivelul de jos (-1) al varierii factorilor la planificarea experimentelor.



În rîndurile 5 - 12 este dată matricea ortogonală de planificare a experimentelor și rezultatele lor.

În al 13-lea rînd sînt arătați coeficienții modelului liniar în forma:

$$y = b_0 - 36,5x_1 - 15,2x_2 - 17,0x_3 - 36,2x_4 - 33,2x_5 + 24,0x_6$$

În rîndurile 14 și 15 sînt determinate direcția și pasul mișcării pe gradient (a se vedea nota la sfîrșitul tabelului). Factorul calitativ  $x_5$  mai departe nu mai variază, deoarece rezultatele pozitive se obțin cînd arcu este scurt.

În rîndurile 16 – 25 sînt scrise nivelurile factorilor  $x_j$  la 10 experimente executate „în gînd”. Trei experimente executate „în gînd” se realizează în realitate (4,6 și 8). Încercarea nr.6 (rîndul 21) a dat cantitatea de microgăurele minimă. Această încercare se admite ca un nivel nou principal (rîndul 26). Numerile din rîndul 26 sînt numere rotunjite din rîndul 21.

În rîndurile 30 – 37 este dată matricea de planificare și rezultatele a 8 încercări, executate din nou cu nivelul principal și nivelele de variere noi.

Coeficienții  $b_j$  ai modelului nou sînt date în rîndul 38. Rîndurile 39 și 40 arată direcția și pasul ultimei mișcări pe gradient.

În rîndurile 41 -50 sînt scrise încercările, executate „în gînd” – mișcarea pe gradient.

Experimentele 2,3,5 și 7 sînt executate în realitate. Încercările 5 și 7 au dat rostul de sudură fără microgăurele, cu alte cuvinte este atinsă regiunea de optimum. Factorul  $x_2$  nu se variază după rîndul 29, deoarece la conținutul mai mare a acestui component, procesul nu poate fi executat.

În ultimul caz ecuația de regresie se scrie:

$$Y = b_0 - 11,9x_1 - 2,4x_3 - 0,6x_4 + 2,4x_6 .$$

Caracterul acestei probleme este astfel încît nu este necesară descrierea regiunii de optimum cu polinomul de gradul 2. Nu este necesară nici determinarea membrului liber  $b_0$  în ecuație. Aceasta este cea mai convenabilă și scurtă metodă de atingere a regiunii de optimum.

**Asfel a fost găsit un optim – minimum de microgăurele în rostul de sudură a metalelor colorate. Similar se va proceda cu materialul Nr.1 - mortar termoizolant. Dacă va fi posibil în materialul preparat se vor adăuga 15 % de bile mici de sticlă.**

Pentru materialele 1 și 2 probabil mai bine s-a potrive planificarea pe zăbrelele simplexului.

**Planificarea experimentelor pe simplex pentru determinarea dependenței conținut-calității (metoda Sheffe).**

**1). Planificarea pentru materialul nr. 1.**

Metoda „simplex” este aplicată pentru descrierea suprafeței de răspundere în problemele de optimizare a conținutului amestecurilor (aliaj, plastic, beton, mortar etc.) și pentru alte probleme, unde:

$$\sum_{j=1}^p x_j = 1. \quad (10)$$

Conținutul componentelor în orice amestec este egal cu 100 %. Din formula (10) rezultă că matricea de covariații este degenerată, dacă în matricea variabilelor independente se include o coloană compusă din cifre „1” (membrul liber al modelului). Aceeași matrice este degenerată, dacă în matricea factorilor sînt incluse pătratele și produsele-pereche a factorilor ( $x_j^2$ ,  $x_j \times x_k$ ). Suprafața de răspundere în astfel de probleme este destul de complicată, de aceea pentru descrierea ei este bine de aplicat modele de un grad înalt.

Dacă se efectuează operațiunea de transformare a variabilelor, atunci restricția (10), care la prima vedere pare să fie un neajuns, se transformă într-un avantaj. Să examinăm această problemă cu ajutorul unui exemplu de forma pătratică. Pentru trei factori (componenti) forma completă pătratică se scrie:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2. \quad (11)$$

Din formula (10) urmează că:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1 \quad (12)$$

De aceea se poate scrie:

$$b_0 x_1 + b_0 x_2 + b_0 x_3 = b_0 \quad (13)$$

Cu formula (13) ecuația (11) se transformă în:

$$\hat{y} = (b_0 + b_1) x_1 + (b_0 + b_2) x_2 + (b_0 + b_3) x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2. \quad (14)$$

Înmulțind ambele părți a ecuației (12) consecvent cu  $x_1, x_2, x_3$ , obținem:

$$\begin{aligned}x_1^2 &= x_1 - x_1x_2 - x_1x_3; \\x_2^2 &= x_2 - x_1x_2 - x_2x_3; \\x_3^2 &= x_3 - x_1x_3 - x_2x_3;\end{aligned}\tag{15}$$

Se introduc aceste expresii în ecuația (14) și se obține:

$$\begin{aligned}\hat{y} &= (b_0 + b_1 + b_{11})x_1 + (b_0 + b_2 + b_{22})x_2 + (b_0 + b_3 + b_{33})x_3 + \\ &+ (b_{12} - b_{11} - b_{22})x_1x_2 + b_{13} - b_{11} - b_{33})x_1x_3 + (b_{23} + b_{22} + b_{33})x_2x_3.\end{aligned}\tag{16}$$

Dacă se efectuează înlocuirea în (14):

$$\begin{aligned}b'_1 &= b_0 + b_1 + b_{11}, & b'_2 &= b_0 + b_2 + b_{22}, \\ b'_3 &= b_0 + b_3 + b_{33}, & b'_{12} &= b_{12} - b_{11} - b_{22}, \\ b'_{13} &= b_{13} - b_{11} - b_{33}, & b'_{23} &= b_{23} - b_{22} - b_{33}.\end{aligned}\tag{17}$$

atunci modelul (14) se va scrie:

$$\hat{y} = b'_1x_1 + b'_2x_2 + b'_3x_3 + b'_{12}x_1x_2 + b'_{13}x_1x_3 + b'_{23}x_2x_3.\tag{18}$$

Pentru acest model matricea de covariații nu este degenerată. Principalul avantaj al acestui model constă în aceea că cu el se evaluează cu patru parametri mai puțin.

În cazul general, există  $p$  componenți (factori), modelele să scriu în modul următor:

1) Modelul pătratic deplin:

$$\hat{y} = \sum_{1 < j < p} \beta_j x_j + \sum_{1 < j < k < p} \beta_j x_j x_k;\tag{19}$$

2) Modelul cub complet:

$$\hat{y} = \sum_{1 \leq j < p} \beta_j x_j + \sum_{1 \leq j < k < p} \beta_{jk} x_j x_k + \sum_{1 \leq j < k < l < p} \beta_{jkl} x_j x_k x_l; \quad (20)$$

Metoda de programare se numește simplex-metodă, de aceea că punctele experimentale sînt dispuse pe simplex sau pe simplex-grile. În tabelul 7 sînt date numărul de încercări în funcție de numărul componentilor și puterea polinomului.

Tabelul 7

Numărul componentilor	Puterea polinomului			
	A doua	A treia completă	A treia	A patra
1	2	3	4	5
3	6	7	10	15
4	10	14	20	35
5	15	25	35	70
6	21	41	56	126
8	36	92	120	330
10	55	175	220	715

Coefficienții ecuațiilor se calculează pe rezultatele încercărilor cu formule simple:

$$x_1 = 1, x_2 = 0, x_3 = 0, \text{ atunci } b'_1 = y_1, b'_2 = y_2, b'_3 = y_3; \quad (21)$$

$$\text{Atunci cînd } x_1 = \frac{1}{2}, x_2 = \frac{1}{2}, x_3 = 0 \text{ atunci } b'_{12} = 4y_{12} - 2y_1 - 2y_2; \quad (22)$$

$$b'_{13} = 4y_{13} - 2y_1 - 2y_1 - 2y_3; \quad b'_{23} = 4y_{23} - 2y_2 - 2y_3;$$

Planurile pe simplex sînt pline, de aceea pentru controlul modelului sînt executate niște încercări suplimentare (puncte de control).

Modalitatea de calcul este examinată pentru modelul pătratic.

Ecuția (19) poate fi scrisă sub forma:

$$\hat{y} = \sum_{1 \leq j < p} a_j y_j + \sum_{1 \leq j < k < p} a_{jk} y_{jk} \quad (24)$$

Dacă se presupune că  $y_j, y_{jk}$  sînt valorile  $r_j, r_{jk}$  medii ai observațiilor în fiecare punct a grilei atunci

$$\sigma_{y_j}^2 = \frac{\sigma^2}{r_j}, \sigma_{y_{jk}}^2 = \frac{\sigma^2}{r_{jk}}; \quad (25)$$

Dispersia valorii prezise

$$\sigma_{\hat{y}}^2 = \sigma^2 \left[ \sum_{1 < j < p} \frac{a_j^2}{r_j} + \sum_{1 < j < k < p} \frac{a_{jk}}{r_{jk}} \right], \quad (26)$$

unde

$$a_j = x_j(2x_j - 1), a_{jk} = 4x_j x_k; \quad (27)$$

Tabelul 8 Datele inițiale pentru metoda Sheffe

	Factorii	(0)	(I)	(+)	(-)	(1/2)	
1	Ipsos	X1	30	10	40	20	15
2	Var „pufușor”	X2	10	2	12	8	5
3	Trepel măcinat și cernut	X3	50	10	60	40	25
4	Ciment alb	X4	10	3	13	7	5

Tabelul 9 Matricea de planificare pentru obținerea modelului de puterea a doua și rezultatele încercărilor pentru materialul nr. 1

Nr. exp	X <sub>1</sub> <sup>cod</sup>	X <sub>2</sub> <sup>cod</sup>	X <sub>3</sub> <sup>cod</sup>	X <sub>4</sub> <sup>cod</sup>	X <sub>1</sub> <sup>nat</sup>	X <sub>2</sub> <sup>nat</sup>	X <sub>3</sub> <sup>nat</sup>	X <sub>4</sub> <sup>nat</sup>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	0	0	0	40	10	50	10	y <sub>11</sub>	y <sub>21</sub>	y <sub>31</sub>
2	0	1	0	0	30	12	50	10	y <sub>12</sub>	y <sub>22</sub>	y <sub>32</sub>
3	0	0	1	0	30	10	60	10	y <sub>13</sub>	y <sub>23</sub>	y <sub>33</sub>
4	0	0	0	1	30	10	50	13	y <sub>14</sub>	y <sub>24</sub>	y <sub>34</sub>
5	0,5	0,5	0	0	15	6	50	10	y <sub>15</sub>	y <sub>25</sub>	y <sub>35</sub>
6	0,5	0	0,5	0	15	10	30	10	y <sub>16</sub>	y <sub>26</sub>	y <sub>36</sub>
7	0,5	0	0	0,5	15	10	50	5	y <sub>17</sub>	y <sub>27</sub>	y <sub>37</sub>
8	0	0,5	0,5	0	30	6	30	10	y <sub>18</sub>	y <sub>28</sub>	y <sub>38</sub>
9	0	0,5	0	0,5	30	6	50	5	y <sub>19</sub>	y <sub>29</sub>	y <sub>39</sub>
10	0	0	0,5	0,5	30	10	30	5	y <sub>11</sub>	y <sub>21</sub>	y <sub>31</sub>
									0	0	0

Y<sub>1</sub> – rezistența la comprimare;

Y<sub>2</sub> – rezistența la încovoiere;

$Y_3$  – rezistența termică.

### Material din beton ușor pentru pereți și planșee

Materialul va fi elaborat prin metode noi statistico-matematice pe baza materiei prime cu reziduuri calcaroase (moluz) cernută. În calitate de adaosuri vor fi utilizați var, ipsos și ciment. Va fi optimizată preponderent rezistența la sarcini (nu mai puțin de 20 MPa la compresiune). Se vor încerca cuburi  $150 \times 150 \times 150$  mm și blocuri finite cu goluri cu dimensiunile  $200 \times 200 \times 400$  mm. Datele inițiale (componența materialului sînt date în tabelul 8.

Tabelul 10 Nivelurile principale și de variere a componentelor materialului 2.

			(0)	(I)	(+)	(-)
1	<b>Ipsos</b>	X1	30	10	40	20
2	<b>Var „pufos”</b>	X2	10	2	12	8
3	<b>Moluz cernut</b>	X3	50	10	60	40
4	<b>Ciment</b>	X4	10	3	13	7

Deoarece diferența între materialele 2 și 1 constă numai în înlocuirea tripoliului cu reziduuri calcaroase, pentru găsirea optimului la materialul 2, se va executa exact aceeași metodă ca la materialul 1. Din material vor fi executate blocuri cu dimensiunile  $400 \times 200 \times 200$  mm cu goluri pentru pereții portanți exteriori și interiori.

### Cărămidă nearsă armată cu fibre

Principala performanță a acestui material de construcții, în comparație cu cărămida existentă este excluderea procesului de ardere la temperaturi ridicate din fluxul tehnologic. În calitate de fibre de armare pot fi utilizate fibrele de sticlă sau din alt material puțin costisitor. Prin această tehnologie poate fi obținută o cărămidă cu rezistența de 7,5 MPa, ce e suficient pentru zidărie. Ca materie primă locală va fi utilizată argila de calitate redusă.

Pentru determinarea conținutului optim al materialului va fi utilizată metoda de planificare a experimentelor. Ca factori de influență vor fi luați:

- 1)  $x_1$  – lungimea fibrelor de sticlă mm,
- 2)  $x_2$  – diametrul fibrelor mm,
- 3)  $x_3$  – conținutul fibrelor pe greutate, %,
- 4)  $x_4$  – Temperatura de uscare, grade Celsius

Nivelele principale și nivelele de variere a factorilor sînt date în tabelul 8.

În calitate de funcții de răspundere vor fi utilizate  $y_1$  – rezistența la rupere (compresiune) și  $y_2$  – rezistența la încovoiere.

Cărămida va avea dimensiuni standard - 120×250×70 mm.

Încercările se vor executa pe epruvete standard pentru cărămidă.

Tabelul 11 Nivelele principale și de variere a componentelor materialului 3

Nr.	Denumirea	Cod	(0)	(I)	(+1)	(-1)
1	<b>Lungimea fibrelor mm</b>	$X_1$	40	10	50	30
2	<b>Conținutul ihsosului</b>	$X_2$	20	5	25	15
3	<b>Conținutul fibrelor %</b>	$X_3$	10	2	12	8
4	<b>Temper. de uscare grade Cel.</b>	$X_4$	200	10	210	190

Pentru planificarea experimentelor va fi utilizată exact aceeași metodă ca pentru materialul 1.

### **Material izotrop compozițional pentru zidărie cu macrostructura regulată**

Materialul nou va avea următoarea caracteristică – greutate proprie – 0,35-0,4 t/m<sup>3</sup>. Termen de priză – 2 ore. Materie primă locală – argilă de calitate redusă și reziduuri calcaroase (moluz). Materialul poate fi utilizat la zidăria pereților interiori.

Tabelul 12 Nivelele principale și de variere a componentelor materialului 4

Nr.	Denumirea	Cod	(0)	(I)	(+1)	(-1)
1	<b>Argilă %</b>	$X_1$	40	5	45	35
2	<b>Ipsos %</b>	$X_2$	20	5	25	15
3	<b>Moluză%</b>	$X_3$	40	5	45	35
4	<b>Temper. de uscare grade Cel.</b>	$X_4$	200	10	210	190

Pentru planificarea experimentelor va fi utilizată exact aceeași metodă ca pentru materialul 1.

### **Gazoceramica**

Acest material nou va avea următoarea caracteristică principală – temperatura arderii  $\leq 750$  °C (temperatura tehnologiei tradiționale – 1110-1200 °C). Materie primă locală – argila de calitate redusă. Termen de priză – 2 ore. Materialul va fi utilizat pentru zidăria pereților exteriori și interiori.

Tabelul 13 Nivelele principale și de variere a componentelor materialului 5

Nr.	Denumirea	Cod	(0)	(I)	(+1)	(-1)
1	Ipsos %	X <sub>1</sub>	60	5	65	55
2	Consumul de gaz în m <sup>3</sup> la m <sup>3</sup> de material	X <sub>4</sub>	5	1	6	4
3	Moluza%	X <sub>3</sub>	40	5	45	35
4	Goluri %	X <sub>4</sub>	20	5	25	15

Ca funcție Y va fi luată densitatea (greutatea proprie) în t la m<sup>3</sup>.

### Material compozit pe bază de ipsos

Materialul va avea următoarele caracteristici – greutatea proprie – 0,15-025 t/m<sup>3</sup>, rezistență la temperaturi – 0,043 kkal/m×h×grad. Materia primă pentru ipsos se găsește la nordul Moldovei. De acolo o extrag germanii, care au cumpărat la un preț neînsemnat uzina de ipsos de la Bălți. În schimb elementele lor de construcții din ipsosul acesta se vînd în Moldova cu un preț foarte ridicat. Materialul va avea termen de întărire – 40 min. Va fi utilizat pentru zidăria pereților interiori.

Tabelul 14 Nivelele principale și de variere a componentelor materialului 6

Nr.	Denumirea	Cod	(0)	(I)	(+1)	(-1)
1	Ipsos %	X <sub>1</sub>	60	5	65	55
2	Consumul de gaz în m <sup>3</sup> la m <sup>3</sup> de material	X <sub>4</sub>	5	1	6	4
3	Moluza%	X <sub>3</sub>	40	5	45	35
4	Goluri %	X <sub>4</sub>	20	5	25	15

Ca funcții Y vor fi luate densitatea (greutatea proprie) în t la m<sup>3</sup> și rezistența la compresiune.

### Blocuri de gazoipsos

Materialul va avea următoarele caracteristici – greutatea proprie – 0,15-025 t/m<sup>3</sup>, rezistența la temperaturi – 0,043 kkal/m×h×grad. Materie primă – ipsos și reziduuri calcaroase. Materialul va avea termen de întărire – 40 min. Va fi utilizat pentru zidăria pereților interiori, pardoseli, tavane.



Tabelul 15 Nivelele principale și de variere a componentelor materialului 7

Nr.	Denumirea	Cod	(0)	(I)	(+1)	(-1)
1	Ipsos %	X <sub>1</sub>	60	5	65	55
2	Reziduri calcaroase %	X <sub>2</sub>	40	5	45	35
3	Consumul de gaz în m <sup>3</sup> la m <sup>3</sup> de material	X <sub>3</sub>	5	1	6	4
4	Goluri %	X <sub>4</sub>	20	5	25	15

Ca funcții Y vor fi luate densitatea (greutatea proprie) în t la m<sup>3</sup> și rezistența la compresiune.

### Blocuri de gazocarbonat pe baza deșeurilor industriale

Materialul va avea următoarele caracteristici – greutatea proprie – 0,253 t/m<sup>3</sup>, rezistența la temperaturi – 0,044kcal/m×ceas×grad. Materie primă – reziduuri calcaroase. Materialul va fi utilizat pentru zidărie internă, pardoseli, tavane.

Tabelul 16 Nivelele principale și de variere a componentelor materialului 8

Nr.	Denumire	Cod	(0)	(I)	(+1)	(-1)
1	Carbonat %	X <sub>1</sub>	60	5	65	55
2	Consumul de gaz în m <sup>3</sup> la m <sup>3</sup> de material	X <sub>4</sub>	5	1	6	4
3	Reziduuri calcaroase %	X <sub>2</sub>	40	5	45	35
4	Goluri %	X <sub>4</sub>	20	5	25	15

Ca funcții Y vor fi luate densitatea (greutatea proprie) în t la m<sup>3</sup> și rezistența la compresiune și la temperaturi.

### Concluzii

Se propune elaborarea unei mari game de materiale de construcții, cu proprietăți noi avansate, folosind deșeurile industriale și materia primă locală cu utilizarea metodelor noi statistico-matematice.

Materialele propuse spre elaborare au un consum minim de material liant ceea ce esențial reduce costul de producție a acestora.

Possibilitatea creșterii volumului de construcții, în prezent, este limitată din lipsa materialelor de construcții autohtone cu proprietăți performante, iar materialele folosite actual nu corespund Normativelor Europene.

Republica Moldova este unica țară din Europa, care folosește piatra naturală ca material de construcții pentru zidării (piatră de calcar), ceea ce este o mare greșală cu impact ecologic, atunci când implementarea materialelor propuse va limita acest dezastru.

În condițiile creșterii treptate a costului surselor energetice și apariției necesității conservării energiei termice cercetările științifice, privind elaborarea și optimizarea materialelor de construcții energoeficiente din materii prime locale, au devenit pentru Republica Moldova o sarcină primordială.

Actualitatea acestor cercetări este cauzată de asemenea și de faptul, că implementarea tehnologiilor de producere a materialelor de construcții, cu proprietăți performante din materii prime locale, necesită cercetări științifice suplimentare și în multe cazuri speciale, care în alte centre științifice din lume nu au fost realizate, cauzate de specificul materiei prime autohtone și condițiilor climaterice și seismice.

Se propune un program privind elaborarea tehnologiilor și organizarea producerii materialelor de construcții cu proprietăți termoizolante performante.

## **BIBLIOGRAFIE**

1. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул. М., «Высшая школа», 1988.

*Izbînda A. conf. univ. dr. șt. tehn.,  
Lvovschi E. dr. hab. șt. tehn. m.c. A.Ș.M., cercetător științific  
principal, ICȘC"INCERCOM"Î.S.*

## **Modele neliniare pe parametri**

### **Abstract**

*In the article the method of constructing non-linear models according to parameters is given. Guidance is given how to avoid some difficulties, that may be encountered at solving systems of non-linear algebraic equations. We mention the presence of several extremes on the surface of response and the work with exponents.*

### **Rezumat**

*În articol este descrisă metoda de construire a modelelor neliniare pe parametri. Sînt date îndrumări cum trebuie să fie ocolite unele dificultăți, care apar în cursul rezolvării a unui sistem de ecuații algebrice neliniare. Se are în vedere, că pe suprafața de răspundere, în afară de extrema globală, pot fi prezente și alte extreme suplimentare. Sînt arătate obstacolele, care apar în cursul utilizării exponenților.*

### **Резюме**

*В статье описан метод построения нелинейных по параметрам моделей. Даны указания, как обойти некоторые трудности, которые встречаются при решении систем нелинейных алгебраических уравнений. Имеется ввиду наличие нескольких экстремумов на поверхности отклика и работа с экспонентами.*

## **Introducere**

Cum se știe, există un caz special la care obișnuita metodă a pătratelor minime nu poate fi aplicată. Merge vorba de modele obținute prin elaborarea operațiunilor complicate de diferențiere, care se întîlnesc preponderent în teoria betonului, chimie, biologie și ecologie și care nu pot fi liniarizate. Însă parametrii acestor modele necesită să fie determinați. Cea mai simplă și necorectă recomandare este determinarea parametrilor din experimente suplimentare. În cazul acesta se obțin valori ai parametrilor numai pentru un caz concret și rezultatele nu pot fi folosite în alte lucrări. Pentru a determina parametrii modelelor în cazul neliniar se rezolvă un sistem de ecuații algebrice [2], ceea ce nu e deloc ușor. În afară de aceasta se știe că suprafața de răspuns în matematică nu este deloc netedă. Cercetătorul nu poate fi convins că a obținut rezultate optime. O altă metodă poate să dea și alte rezultate, de aceea procesul acesta este foarte dificil și materialul acesta este menit ca să fie un îndrumar pentru doritorii să rezolve problema.

## Starea Problemei

În lucrarea prezentă intenționat se repetă rezolvarea problemei din [1] pentru a face comparații între rezultatele rezolvării problemei prin metode diferite. În [1] problema e rezolvată la un computer IBM 360 cu aplicarea metodelor de matrice și sînt date numai rezultate finale. În articolul prezent sistemul de ecuații a fost rezolvat prin metoda Newton – Raphson și toate etapele rezolvării sînt păstrate, ceea ce are o mare însemnătate pentru cercetătorii începători. Calculul s-a efectuat în sistemul FORTRAN EC 1022, a fost utilizat și un computer tip „Texas Instruments SR- 50 A” care foarte bine lucrează cu exponenți [2]. Să presupunem că  $y$  – (funcția de răspundere) este o parte de soluție chimică A; care a rămas la momentul de timp  $x_1$  în rezultatul reacției de tip  $A \rightarrow B$  [1]. Variabila dependentă  $y$  **satisfacă** ecuația diferențială (1):

$$\frac{dy}{dx_1} = -Ky, \quad (1)$$

unde  $K$  este constanta vitezei. Rezolvarea acestei ecuații cu condițiile inițiale :  $y=1$ , dacă  $x_1 = 0$  este:

$$y = \exp(-Kx_1). \quad (2)$$

Constanta  $K$  depinde de la temperatura absolută în mod următor:

$$K = b_1 \exp(-b_2 / x_2), \quad (3)$$

unde  $b_1$  – este un produs predexponențial ;  $b_2$  –energia de activare. În așa fel modelul procesului se scrie:

$$\hat{y} = f(x_1, x_2, b_1, b_2 = \exp[-b_1 x_1 \exp(-b_2)]) \quad (4)$$

Formula (4) este nonliniară după parametrii  $b_1, b_2$ . Rezultatele experimentelor vor fi bine prezise de către modelul (4) numai în cazul, cînd modelul (4) trebuie să dea valorii  $\hat{y}_i$  cu diferența cît mai posibil de minimă față de valorile experimentale  $y_i$ . Cu alte cuvinte suma pătratelor devierilor trebuie să fie minimă.

$$U(b) = \sum_{i=1}^n e_i^2(b) = \sum_{i=1}^n \left[ y_i - \hat{y}_i(b) \right]^2 \quad (5)$$

$$\hat{y} = \exp \left[ b_1 x_1 \exp(-b_2) \right] \quad (6)$$

parametrii  $b_1, b_2$  trebuie calculați astfel ca suma pătratelor (5) să fie minimă. Pentru a calcula minimumul funcției  $U(b)$  pe parametrii  $b_1, b_2$  trebuie de luat derivatele parțiale pe acești parametri și de asimilat ecuațiile la zero:

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial b_1} = 0 \\ \frac{\partial U}{\partial b_2} = 0 \end{cases} \quad (7)$$

În continuare, luând în vedere (4) se poate scrie:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n 2e_i \frac{\partial e_i}{\partial b_1} = 0 \\ \sum_{i=1}^n 2e_i \frac{\partial e_i}{\partial b_2} = 0 \end{cases} \quad (8)$$

unde  $e_i = y_i - \hat{y}$

$$\begin{cases} \frac{\partial e_i}{\partial b_1} = \frac{\partial}{\partial b_1} (y_i - \hat{y}) = -\frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_1} \\ \frac{\partial e_i}{\partial b_2} = \frac{\partial}{\partial b_2} (y_i - \hat{y}) = -\frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_2} \end{cases} \quad (9)$$

fiindcă  $y_i$  - vectorul observațiilor nu depinde de parametrii  $b_1, b_2$ .  
Ecuțiile (7) sînt scrise în formă generală.

Dacă se ia în considerare forma concretă a modelului nonlinear  $\hat{y}_i$  (6) și luînd în vedere (9), se obține:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_1} &= \exp\left[-b_1 x_{i1} \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right)\right] \times \left[-x_{i1} \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right)\right] = \\ &= -x_{i1} \exp\left[-b_1 x_{i1} \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right)\right] \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_2} &= \exp\left[-b_1 x_{i1} \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right)\right] \times \left[-x_{i1} \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right)\right] = \\ &= \frac{b_1 x_{i1}}{x_{i2}} \exp\left[-b_1 x_{i1} \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right)\right] \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_1} = -x_{i1} \hat{y}_i \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right), \\ \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_2} = +\frac{b_1 x_{i1}}{x_{i2}} \hat{y}_i \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right), \end{cases} \quad (12)$$

Cu evidența formulei (12) sistemul poate fi scris:

$$\begin{cases} +2 \sum_{i=1}^n e_i \hat{y}_i \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right) x_{i1} = 0 \\ -2 \sum_{i=1}^n e_i \left(\frac{b_1 x_{i1}}{x_{i2}}\right) \hat{y}_i \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right) = 0 \end{cases} \quad (13)$$

Sistemul (13) este un sistem de două ecuații nonliniare cu două necunoscute  $b_1, b_2$ . Acest sistem poate fi rezolvat prin metoda lui Newton – Raphson pentru care se introduc următoarea notare:

$$F(b_1, b_2) = \sum_{i=1}^n e_i \hat{y}_i \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right) x_{i1} = 0 \quad G(b_1, b_2) = \sum_{i=1}^n e_i \left(\frac{b_1 x_{i1}}{x_{i2}}\right) \hat{y}_i \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right) = 0 \quad (14)$$

Astfel ca să fie determinați parametrii  $b_1$  și  $b_2$  trebuie de rezolvat acest sistem de ecuații nonliniare .

$$F(b_1, b_2) = 0, G(b_1, b_2) = 0 \quad (15)$$

Aceste ecuații pot fi scrise altfel, cu remarcarea parametrilor:

$$b_1 = \Phi_1(b_1, b_2), b_2 = \Phi_2(b_1, b_2). \quad (16)$$

Schema obișnuită de iterație se scrie:

$$b_1^{(k+1)} = \Phi_1(b_1^{(k)}, b_2^{(k)}), b_2^{(k+1)} = \Phi_2(b_1^{(k)}, b_2^{(k)}) \quad (17)$$

(Calculul cel mai apropiat k+1 la k). Să presupunem, că sînt cunoscute unele valori aproximative ale  $b_1^{(k)}, b_2^{(k)}$  fiind aproximații inițiale  $b_1^0, b_2^0$ . Să însemnăm diferența între valorile fixe ale lui  $b_1$  și  $b_2$  și valorilor lor aproximative  $b_1^{(k)}$  și  $b_2^{(k)}$  prin  $\Delta b_1, \Delta b_2$  și obținem:

$$b_1 = b_1^{(k)} + \Delta b_1, b_2 = b_2^{(k)} + \Delta b_2 \quad (18)$$

Dacă introducem valorile rădăcinilor  $b_1, b_2$  în formula (15), obținem:

$$F(b_1^{(k)} + \Delta b_1; b_2^{(k)} + \Delta b_2) = 0 \quad (19)$$

$$G(b_1^{(k)} + \Delta b_1; b_2^{(k)} + \Delta b_2) = 0$$

Ne adresăm la șirul lui Taylor pentru o funcție cu două variabile lîngă punctul cu coordonatele  $(b_1^0, b_2^0)$ :

$$f(b_1, b_2) = f(b_1^0, b_2^0) + \frac{b_1 - b_1^0}{1} f_{(b_1)}(b_1^0, b_2^0) + \frac{b_2 - b_2^0}{1} f_{(b_2)}(b_1^0, b_2^0) + \dots \quad (20)$$

unde  $f_{(b)}^1 = \frac{\partial f}{\partial b}$ . Dacă să presupunem  $b_1^0 = b_1^{(k)}; b_2^0 = b_2^{(k)}; b_1 - b_1^0 = b_1 - b_1^{(k)} = \Delta b_1;$   
 $b_2 - b_2^0 = b_2 - b_2^{(k)} = \Delta b_2$  descompunerea (20) pentru funcțiile (17)

și (19) se scrie:

$$F(b_1^{(k)} + \Delta b_1, b_2^{(k)} + \Delta b_2) = F(b_1^{(k)}, b_2^{(k)} + \Delta b_2) \quad (21)$$

$$F_{b_1}'(b_1^{(k)}) + \Delta b_2 F_{b_2}'(b_1^{(k)}, b_2^{(k)}) + \dots = 0$$

$$G(b_1^{(k)} + \Delta b_1, b_2^{(k)} + \Delta b_2) = G(b_1^{(k)}, b_2^{(k)}) + \Delta b_1 \quad (22)$$

$$G'_{b_1}(b_1^{(k)}, b_2^{(k)}) + \Delta b_2 G'_{b_2}(b_1^{(k)}, b_2^{(k)}) + \dots = 0$$

Păstrînd în aceasta descompunere numai primul membru se calculează aproximativ:

$$\Delta b_1 F'_{b_1} + \Delta b_2 F'_{b_2} \cong -F, \Delta b_1 G'_{b_1} + \Delta b_2 G'_{b_2} \cong -G \quad (23)$$

Aici funcțiile  $F$  și  $G$ , precum și derivatele lor se calculează în punctele  $b_1^{(k)}, b_2^{(k)}$ .

Calculînd (21)

$$\Delta b_1 \approx \frac{(GF_{b_2} - FG_{b_2})}{d}, \Delta b_2 \approx \frac{(FG_{b_2} - GF_{b_2})}{d} \quad (24)$$

$$\text{unde } d = F'_{b_1} G'_{b_2} - G'_{b_1} F'_{b_2}. \quad (25)$$

Se introduc aceste valori în formula (18) și însemnînd valorile obținute a rădăcinilor (parametrilor) prin  $b_1^{k+1}, b_2^{k+1}$  obținem formula recurentă:

$$b_1^{k+1} = b_1^{(k)} + \frac{GF'_{b_2} - FG_{b_2}}{d}, \quad (26)$$

$$b_2^{k+1} = b_2^{(k)} + \frac{FG_{b_1} - GF'_{b_1}}{d}$$

unde  $F, F'_{b_1}, F'_{b_2}, G, G'_{b_1}, G'_{b_2}$  se calculează în punctul  $b_1^k, b_2^k$  cu valorile la pasul precedent.

Utilizînd formulele (6), (12) și (13) obținem expresiile pentru derivatele  $F'_{b_1}, F'_{b_2}, G'_{b_1}, G'_{b_2}$ .

$$F'_{b_1} = -\sum_{i=1}^n x_{i1} \exp \left\langle b_2 / x_{i2} \right\rangle \frac{\partial e_i}{\partial b_1} \left\{ \hat{y} + e_i \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_1} \right\} =$$

$$= + \sum_{i=1}^n x_{i1} \exp \left\langle b_2 / x_{i2} \right\rangle \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_1} \left\{ -\hat{y} + e_i \right\} \quad (27)$$



avînd în vedere că  $\frac{\partial e_i}{\partial b_1} = -\frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_1}$ ,  $e_i = e_{y_i} - \hat{y}_i$  obținem

$$F'_{b_1} = -\sum_{i=1}^n x_i^2 \left[ \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right) \right]^2 \hat{y}_i (e_i - \hat{y}_i) ; \quad (28)$$

$$F'_{b_2} = \sum_{i=1}^n x_{i1} \left\{ \frac{\partial e_i}{\partial b_2} \hat{y}_i \exp(-b_2/x_{i2}) + e_i \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_2} \exp(-b_2/x_{i2}) + e_i \hat{y}_i \exp(-b_2/x_{i2}) \left(-\frac{1}{x_{i2}}\right) \right\} = \quad (29)$$

$$= \sum_{i=1}^n x_{i1} \left\{ -\hat{y}_i \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_2} + e_i \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_2} - e_i \hat{y}_i \frac{1}{x_{i2}} \right\} \exp(-b_2/x_{i2}) ;$$

$$G'_{b_1} = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{\partial e_i}{\partial b_1} \frac{b_1 x_{i1}}{x_{i2}} \hat{y}_i + e_i \frac{x_{i1}}{x_{i2}} \left( \frac{b_1 x_{i1}}{x_{i2}} \right) \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_1} \right\} \times \quad (30)$$

$$\times \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right) = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{b_1 x_{i1}}{x_{i2}} \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_1} (e_i - \hat{y}_i) + e_i \hat{y}_i \frac{x_{i1}}{x_{i2}} \right\} \exp\left(-\frac{b_2}{x_{i2}}\right) ;$$

$$G'_{b_2} = \sum_{i=1}^n \left\{ \left( \frac{b_1 x_{i1}}{x_{i2}} \right) \frac{\partial e_i}{\partial b_2} \hat{y}_i \exp(-b_2/x_{i2}) + e_i \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_2} \exp(-b_2/x_{i2}) + e_i \hat{y}_i \exp(-b_2/x_{i2}) \left(-\frac{1}{x_{i2}}\right) \right\} =$$

$$= \sum_{i=1}^n \left( \frac{b_1 x_{i1}}{x_{i2}} \right) \exp(-b_2/x_{i2}) \left\{ \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_2} (e_i - \hat{y}_i) - \frac{e_i \hat{y}_i}{x_{i2}} \right\} ;$$

$$\frac{\partial e_i}{\partial b_1} = -\frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_1} = +x_{i1} \hat{y}_i \exp(-b_2/x_{i2}) ; \quad \frac{\partial e_i}{\partial b_2} = -\frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_2} = \quad (31)$$

$$= -\frac{b_1 x_{i1}}{x_{i2}} \hat{y}_i \exp(-b_2/x_{i2}) ;$$

La fiecare pas de iterație se calculează valorile  $F, F'_1, F'_2, G, G'_1, G'_2$  care se depun în formula (26), cu evidența formulei (23) și în așa fel se calculează valorile noi a parametrilor  $b_1$  și  $b_2$ . Procesul continuă pînă  $[b^{k+1}-b^k]$  nu va fi mai mică decît o valoare numită în prealabil în concordanță cu exactitatea calculului.

Aproximațiile inițiale (aproximațiile zero) a parametrilor  $b_1^0, b_2^0$  pot fi obținute pe calea liniarizării funcției (4):

$$\ln(-\ln \hat{y}) = \ln b_1 - b_2 / x_2 + \ln x_1 \quad (32)$$

ori

$$\hat{y}^+ = b_1^+ + b_2^+ x^+, \quad (33)$$

unde

$$\hat{y}^+ = \ln(-\ln \hat{y}), \quad x^+ = 1/x_2, \quad b_1^+ = \ln b_1, \quad b_2^+ = b_2; \quad (34)$$

Modelul (33) este liniar pe parametrii și coeficienții  $b_1^+, b_2^+$  care pot fi calculați prin metoda obișnuită de analiză de regresie-pereche:

$$b_1^+ = 6,643963; b_2^+ = 928,6492.$$

Întorcîndu-ne la valorile vechi a parametrilor obținem:

$$b_1^0 = \exp b_1^+ = 768,1331; b_2^0 = b_2^+ = 928,6492.$$

Calculul cu formulele (28) – (31) la prima vedere pare să fie foarte complicat. Însă analiza acestor formule și comparația atentă, permite să fie calculate valorile  $F, F'_1, F'_2, G, G'_1, G'_2$  cu aplicarea unei proceduri comparativ simple. La fiecare pas de iterație este suficient să fie calculate valorile

intermediare  $\hat{y}_i, e_i, e_i^2, \hat{y}_i \times e_i, e_i - \hat{y}_i, \frac{\partial \hat{y}}{\partial b_2}$  și după aceea valorile acestea sînt introduse în formulele (5), (26), (28), (29), (30) și (31) ca să fie obținută suma pătratelor reziduurilor și parametrii  $b_1$  și  $b_2$  la pasul în vigoare.

La datele inițiale  $b_1^0 = 768,1331, b_2^0 = 928.6492$ , numind

$\left| b_1^{k+1} - b_1^k \right| \leq 0,2$ ,  $\left| b_2^{k+1} - b_2^k \right| \leq 0,2$ , se pot obține valorile parametrilor la fiecare pas de iterație, care sînt date în tabel. Valorile intermediare sînt date pentru doritorii individuali să repete calculul cu aplicarea calculatorului manual. Se poate de observat că  $[813,873 - 813,851 = 0,022 < 0,2]$ ,  $[961,003 - 960,991 = 0,0006 < 0,2]$ .

Pentru comparație, valoarea  $b_1$  la prima iterație poate fi calculată cu aplicarea calculatorului manual:

$$b_1' = b_1^0 + \left( F_{b_2}' - F_{b_2} \right) d = 768,133 + \frac{34,2061 \times 10^{-5} \left( 0,500003 \times 10^{-5} \right) - 9,67375 \left( 1,72674 \times 10^{-5} \right)}{0,111251 \times 10^{-11}} = 768,1331 + \frac{-17,103153 \times 10^{-10} + 16,704051 \times 10^{-10}}{0,111251 \times 10^{-11}} = 768,1331 - 35,8740 = 732,2591$$

Valorile obținute la a cincea iterație (tab.) aproape exact coincid cu valorile analoge, obținute de I.Bard [1] la a șasea iterație (calculul a fost executat prin altă metodă, la un alt computer și a fost început de la altă aproximație inițială):

$$b_1^0 = 750; \quad b_2^0 = 1200; \quad b_1^6 = 813,4583; \quad b_2^6 = 960,9063; \quad \sum_{i=1}^{15} e_i^2 = 0,03980599).$$

Astfel de rezultate pozitive nu se obțin întotdeauna. Probabil că în problema examinată suprafața de răspundere a fost destul de netedă. Suprafața de răspundere, în afară de extremă are adeseori și altele mai mici. Cercetătorul trebuie să fie atent: ca nu cumva să se blocheze într-o extremă suplimentară! Trebuie de reținut că stabilirea numărului de parametri este o procedură intuitivă și spontană. De aceea problema reală este necesar să fie rezolvată de mai multe ori, cu aplicarea diferitor metode și aproximații inițiale. Paralel se obține și cazul cu minimum de iterații.

Din punct de vedere tehnic, cînd se execută operațiunile cu exponenți se mai întîlnește încă un obstacol. Rezultatele intermediare pot fi foarte mici, de exemplu:  $0,1 \times 10^{-200}$  cu alte cuvinte apare situația de „zero computeric”.

Mai sus a fost examinată problema cea mai simplă, cînd se determină numai doi parametri. Cînd  $b_j = p$ , problema se rezolvă prin aceleași metode, numai cu creșterea  $j$ , crește volumul și complexitatea operațiunilor.

În cazul general modelul se scrie:

$$y = f(x_j; x_j) \tag{35}$$

unde  $y$  este variabila dependentă,  $x$  – variabila independentă,  $j = 0, 1, \dots, p$ .

Cînd parametrizarea e neliniară apare necesitatea de a fi rezolvat sistemul de ecuații algebrice neliniare:

$$\begin{aligned} f_1(b_1, b_2, \dots, b_p) &= 0 \\ f_2(b_1, b_2, \dots, b_p) &= 0 \\ \dots & \dots \\ f_j(b_1, b_2, \dots, b_p) &= 0 \\ \dots & \dots \\ f_p(b_1, b_2, \dots, b_p) &= 0 \end{aligned} \tag{36}$$

Mai sus a fost dată formula:

$$U = \sum_{i=1}^n W_i \left[ y_i - \eta(\vec{\beta}, x) \right]^2$$

Pasul iterat.	F	G	F <sub>b1</sub>	F <sub>b2</sub>	G <sub>b1</sub>	G <sub>b2</sub>	d	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	+0,9 6738 × ×10 <sup>-4</sup>	+0,342 1× ×10 <sup>-3</sup>	+0,138 3× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,500 0× ×10 <sup>-5</sup>	+0,500 0× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,172 7× ×10 <sup>-4</sup>	+0,111 3× ×10 <sup>-11</sup>	732,2 58	938,0 71
2	- 0,95 113× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,1379 × ×10 <sup>-4</sup>	+0,178 0× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,553 7× ×10 <sup>-5</sup>	+0,553 7× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,180 7× ×10 <sup>-4</sup>	- 0,1502 × ×10 <sup>-11</sup>	795,8 44	956,7 92
3	- 0,51 07× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,1454 × ×10 <sup>-4</sup>	+0,148 7× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,505 3× ×10 <sup>-5</sup>	+0,505 3× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,179 3× ×10 <sup>-4</sup>	- 0,1138 × ×10 <sup>-11</sup>	811,7 10	960,4 67
4	- 0,34 30× ×10 <sup>-6</sup>	- 0,8283 × ×10 <sup>-6</sup>	+0,141 8× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,493 6× ×10 <sup>-5</sup>	+0,493 6× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,178 8× ×10 <sup>-4</sup>	- 0,9777 × ×10 <sup>-12</sup>	813,8 51	960,9 97
5	- 0,47 603× ×10 <sup>-8</sup>	- 0,1286 × ×10 <sup>-7</sup>	+0,140 9× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,492 2× ×10 <sup>-5</sup>	+0,492 2× ×10 <sup>-5</sup>	- 0,178 7× ×10 <sup>-4</sup>	- 0,9637 × ×10 <sup>-12</sup>	813,8 73	961,0 03

Nota:

$$\sum_{i=1}^{15} e_i^2 = 0,0398060;$$

$$\text{Transformări } \frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_1} = -\frac{\partial \hat{y}_i}{\partial b_2} \cdot \frac{b_1}{x_{i2}}; \quad F'_{b_{2i}} = G'_{b_{2i}} \cdot \frac{b_1}{x_{i2}}; \quad G'_{b_1} = -F'_{b_2}.$$

Sistemul (36) la parametrizarea neliniară a fost obținut prin executarea operațiunii:

$$\frac{\partial U}{\partial b_j} = 0.$$

Este clar că în ecuațiile sistemului (36) persistă și variabile independente  $x_{ij}$  și variabile dependente  $y_i$ , care nu sînt arătate.

Este necesar de determinat parametru  $\mathbf{B}$ , care va satisface sistemul (36).

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ b_j \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ b_p \end{pmatrix} \quad (37)$$

Este posibil de rescris sistemul (36) sub forma de ecuație-vectorială la măsura  $p$ .

$$\mathbf{F}(\mathbf{B}) = 0. \quad (38)$$

Se presupune, că diferența între aproximația inițială  $\mathbf{B}^0$  și rezolvarea sistemului de ecuații neliniare  $\mathbf{B}$  este un vector mic  $\Delta \mathbf{B}$ . Dacă funcția  $\mathbf{F}(\mathbf{B})$  poate fi de multe ori diferențiată în  $\mathbf{B}^0$  atunci se poate de folosit descompunerea Taylor :

$$\mathbf{F}(\mathbf{B}) = \mathbf{F}(\mathbf{B}^0 + \Delta \mathbf{B}) = \mathbf{F}(\mathbf{B}^0) + \mathbf{J}_0(\mathbf{B} - \mathbf{B}^0) + \dots = \mathbf{0}, \quad (39)$$

unde  $\mathbf{J}_0$  – este matricea Jakoby în punctul  $\mathbf{B}^0$ :

$$J_0 = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial b_1^0} & \frac{\partial f_1}{\partial b_2^0} & \cdots & \frac{\partial f_1}{\partial b_p^0} \\ \frac{\partial f_2}{\partial b_1^0} & \frac{\partial f_2}{\partial b_2^0} & \cdots & \frac{\partial f_2}{\partial b_p^0} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_p}{\partial b_1^0} & \frac{\partial f_p}{\partial b_2^0} & \cdots & \frac{\partial f_p}{\partial b_p^0} \end{pmatrix} \quad (40)$$

Dacă în descompunerea (39) se va limita numai cu membrii liniari, atunci se obține:

$$\mathbf{0} \approx \mathbf{F}(\mathbf{B}^0) + \mathbf{J}_0(\mathbf{B} - \mathbf{B}^0) \quad (41)$$

de unde

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}^0 - \mathbf{J}_0^{-1} \mathbf{F}(\mathbf{B}^0) \quad (42)$$

Această valoare este aproximativă, însă ea poate fi utilizată în calitate de valoare inițială la următoarea iterație. În cazul general se obține o formulă recurentă:

$$\mathbf{B}^{k+1} = \mathbf{B}^k - \mathbf{J}_0^{-1} \mathbf{F}(\mathbf{B}^k) \quad (43)$$

Procesul se repetă pînă atunci, cînd  $|\Delta B| \leq \varepsilon$ , pentru un  $\varepsilon$  stabilit prealabil în concordanță cu exactitatea calculului.

## Concluzii

Se cunoaște faptul, că există un caz special la care obișnuita metodă a pătratelor minime nu poate fi aplicată, se au în vedere modele obținute prin elaborarea operațiunilor complicate de diferențiere, care se întîlnesc preponderent în teoria betonului, chimie, biologie și ecologie și care nu pot fi liniarizate.

În lucrare se prezintă rezolvarea problemei pentru a face comparații între rezultatele rezolvării problemei prin metode diferite de rezolvare a ecuațiilor.

Sistemul de ecuații a fost rezolvat prin metoda Newton–Raphson și toate etapele rezolvării sînt păstrate, ceea ce are o mare însemnătate pentru cercetătorii începători.

Calculul s-a efectuat în sistemul FORTRAN EC 1022, s-a utilizat și un computer tip „Texas Instruments SR- 50 A” care foarte bine lucrează cu exponenți.

### **Bibliografie**

1. Бард Й. Нелинейное оценивание параметров. М. «Статистика», 1979.
2. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. М. «Высшая школа», 1988.

*Croitoru Gh. dr.ing. cercetător științific ICȘC "INCERCOM" Î.S.*

## **Inițierea și dezvoltarea fisurilor în construcțiile din beton și specificul coroziunii armăturii în aceste zone în funcție de mediul exploataării lor.**

### **Abstract**

*This paper studies the problem behavior of reinforced concrete, with small sections reinforced with high strength steels soft, corrosive environments. It presents the causes of formation of cracks, which are conditioned by low ductility of concrete and unfavorable hydrothermal treatment of reinforced concrete or the sudden cooling them during transportation and installation of construction, storage and transportation in the unexpected position calculation, the elements required in the axial tensile stretching of curved elements, the action variable and constant tasks of operating the building.*

### **Rezumat**

*În lucrare se studiază problema comportării elementelor din beton armat, cu secțiuni mici, armate cu oțelurilor moi de rezistență înaltă, în medii corozive.*

*Se prezintă cauzele de formare a fisurilor, care sînt condiționate de ductilitatea joasă a betonului, precum și la tratamentul hidrotermic nefavorabil al elementelor din beton armat ori la răcirea brusca a lor, în timpul transportării și montării construcțiilor, la depozitarea și transportarea lor în poziția neprevăzută de calcul, în elementele solicitate la întindere axială și în zona de întindere a elementelor încovoiate, sub acțiunea sarcinilor variabile și constante de exploatare ale construcțiilor.*

### **Резюме**

*В статье изучается проблема поведения железобетонных элементов, маленьких сечений, армированных мягкими сталями высокой прочности, в коррозионных средах.*

*Представляются причины формирования трещин, появление которых обусловлены низкой текучестью бетона, а также при несоответствующей гидротермической обработке железобетонных элементов или при их резком охлаждении, во время транспортирования и монтажа конструкций, при складировании и перемещении в непредвиденном расчетом положении, в аксиально нагруженных элементах и в растянутых зонах изгибаемых элементов, под воздействием постоянных и переменных нагрузок эксплуатации конструкций.*



## Introducere

Odată cu creșterea volumului de folosire în construcții a elementelor din beton armat se perfecționează permanent metodele de calcul, tehnologia de producere, implementarea formelor noi progresive ale lor. Folosirea oțelurilor moi cu rezistență înaltă ușurează masa construcțiilor, scade secțiunea elementelor și concomitent - grosimea stratului de protecție din beton.

La centrul CSIRO din Australia, cercetările din acest domeniu, au demonstrat că stratul insuficient de beton, aplicat în jurul barei de oțel este cea mai frecventă cauză a deteriorării construcțiilor de beton prin coroziunea armăturii [1, 2].

Folosirea elementelor din beton armat cu secțiuni mici și a armăturilor de înaltă rezistență necesită o deosebită atenție vizavi de protecția anticorrosivă a oțelului. Diminuarea caracteristicilor de protecție ale betonului, legate de deschiderea fisurilor, prezintă un pericol considerabil.

Fisurile din beton micșorează rigiditatea construcțiilor, măresc permeabilitatea lor, reduc rezistența la îngheț-dezghet, înlesnesc apariția și dezvoltarea coroziunii oțelului. Cauzele de formare ale acestora sînt diferite și sînt condiționate de ductilitatea joasă a betonului (0,1-0,2 mm/m) [3]. Fisurile apar la tratamentul hidrotermic nefavorabil al elementelor din beton armat ori la răcirea brusca a lor, în timpul transportării și montării construcțiilor, la depozitarea și transportarea lor în poziția neprevăzută de calcul, în elementele solicitate la întindere axială și în zona de întindere a elementelor încovoiate, sub acțiunea sarcinilor variabile și constante de exploatare ale construcțiilor.

## Rezultate experimentale. Interpretări.

Pentru cercetări s-au folosit probe din beton armat sub formă de grinzi ( $10 \times 10 \times 100$  cm) armate în partea inferioară cu două bare din oțel beton tip A-II și A-III cu diametrul  $\varnothing 10$  mm și  $\varnothing 12$  mm și lungimea de 980 mm.

Deschiderea fisurilor de mărimea de la 0,05 pînă la 1mm și mai mult s-a realizat prin încovoierea grinzilor la o instalație specială și s-au menținut pe toată durata studiului asupra rezistenței la coroziune.

Menținerea probelor din beton armat în stare tensionată constantă, corespunzătoare fisurilor formate, apropie condițiile experimentului de condițiile reale ale funcționării construcțiilor sub sarcină. Această condiție prezintă o importanță deosebită, deoarece conform teoriei coroziunii oțelului în fisurile betonului armat [4], variația tensiunii de întindere în armătură, pe sectorul fisurii, favorizează procesul de coroziune.

Mărimea deschiderii fisurilor s-a măsurat cu ajutorul unui microscop optic; cu o precizie de 50  $\mu$ . La anumite intervale de timp s-a determinat starea armăturii și betonului; adâncimea de carbonatare a betonului de la suprafață, carbonatarea în fisuri și în zona de contact cu oțelul, caracterul atacului corosiv, răspândirea coroziunii pe suprafața armăturii. Atacul corosiv s-a cercetat după decaparea în acid clorhidric 10 % și pasivarea în soluție saturată de azotat de sodiu. Adâncimea ciupiturilor de coroziune s-a măsurat cu ajutorul microscopului Olympus BX61 (pînă la 150 – 220  $\mu$ ). Exactitatea măsurărilor s-a aflat în limitele  $\pm 5 \mu$ .

Alegerea regimurilor verificărilor corosive rapide s-a făcut cu evidența mecanismului proceselor, care decurg pe suprafața armăturii în condiții naturale.

Durata verificărilor rapide, în funcție de gradul agresivității mediului, a constituit de la 1 lună pînă la 5 luni. În timpul verificărilor s-au controlat temperatura, umiditatea relativă a aerului, concentrația gazelor, umiditatea betonului și a mediului ambiant.

Cercetările efectuate au arătat, că mărimea deschiderii fisurilor acționează asupra coroziunii și păstrării armăturii în medii slab și puternic agresive. De aceea, dacă admitem posibilitatea formării fisurilor - este necesară limitarea deschiderii lor în funcție de tipul și condițiile mediului ambiant.

Formarea fisurilor în beton ușurează penetrarea umezelii, gazelor și a diferitelor substanțe agresive din mediul ambiant spre suprafața oțelului, și ca urmare, starea pasivă a lui pe unele sectoare se modifică. În locul apariției fisurilor efortul perceput de beton se transmite oțelului și în aceste locuri alungirea lui crește considerabil, fapt ce provoacă slăbirea aderenței între armătura și beton pe un anumit sector. În legătură cu aceasta procesul de coroziune a armăturii are loc nu numai în vârful fisurilor, dar și sub beton pe suprafața oțelului.

Coroziunea oțelului în beton apare în rezultatul modificării stării pasive, care este provocată de:

1. Micșorarea stării bazice a electrolitului de pe oțel pînă la  $\text{pH} \leq 12$ , la carbonatarea și coroziunea betonului.

2. Acțiunea ionilor de clor și sulf, care ajung pînă la suprafața oțelului prin defectele structurii și fisurile betonului.

Viteza desfășurării procesului de coroziune, în cazul modificării pasivității, depinde de starea umedă, densitatea betonului și de prezența pe suprafața oțelului a substanțelor agresive.

S-au obținut rezultate interesante în urma cercetărilor de laborator a influenței mărimii deschiderii fisurilor asupra intensității coroziunii oțelului, folosind metoda lui Brocard M. J. [5]. Metoda folosită, de măsurare a adâncimii coroziunii apărută în urma modificării rezistenței electrice a unei țevi din oțel, de diametrul 4,4 mm cu grosimea peretelui 0,2 mm, a permis obținerea datelor aproximative fără distrugerea epruvetelor. Epruvetele din beton, de dimensiunile  $10 \times 10 \times 100$  cm, au fost încovoiate cîte două pentru formarea fisurilor de la 0,1 pînă la 0,8 mm, care au fost introduse în camera cu ceață salină și după aceea uscate la  $60^\circ\text{C}$  (5 cicluri).

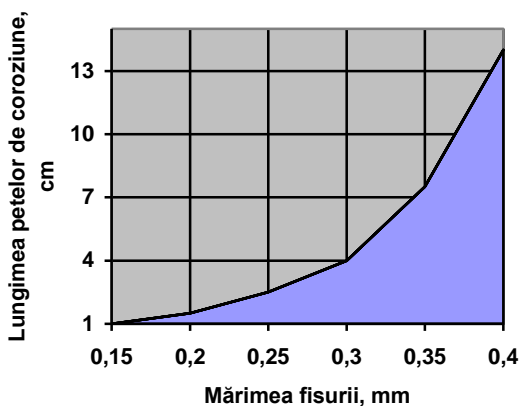


Fig. 1. Dependența mărimii petelor de coroziune de mărimea deschiderii fisurilor.

S-a constatat, că în fisurile de 0,1mm dezvoltarea coroziunii se oprește, iar în fisurile de 0,35 mm și mai mari, ea se dezvoltă rapid (fig. 1).

Valorile medii ale lungimii petelor de coroziune se află în dependență inversă de grosimea stratului de protecție (fig.2).

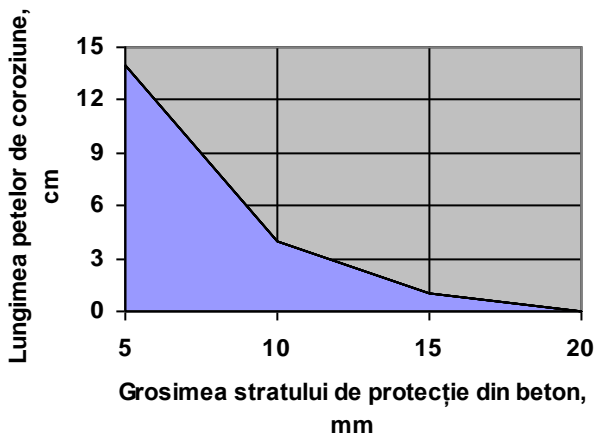


Fig. 2. Dependența lungimii petelor de coroziune de grosimea stratului de protecție.

Fisurile corosive se formează în stratul de protecție în urma tensiunilor mari de întindere în beton, și care se dezvoltă din cauza acumulării produșilor de coroziune pe suprafața barei de oțel, dacă condițiile sînt favorabile formării lor. Coroziunea oțelului, la starea inițială a stratului de protecție din beton, poate fi inițiată de mai mulți factori: porozitatea înaltă a betonului; carbonatarea betonului; acțiunea curenților vagabonzi ai mediului agresiv etc.

Fisurile de proveniență corosivă, indiferent de mărimea deschiderii lor, sînt periculoase: ele mărturisesc despre agresivitatea mediului, în care betonul nu-și mai îndeplinește funcția sa de protecție a armăturii, și despre procesul avansat de coroziune, ce nu are tendință de atenuare.

Se știe [6], că la coroziunea atmosferică a oțelului viteza procesului este determinată, în mare măsură, de umiditatea mediului. Această viteză depinde de densitatea și umiditatea betonului. La umiditatea de 80 % are loc dezvoltarea rapidă a procesului de coroziune [7].

La creșterea umidității aerului (70 - 90%) și umezirii periodice a epruvetelor, procesul de coroziune crește, indiferent de carbonatarea betonului (4 - 5 mm) (tab.1):

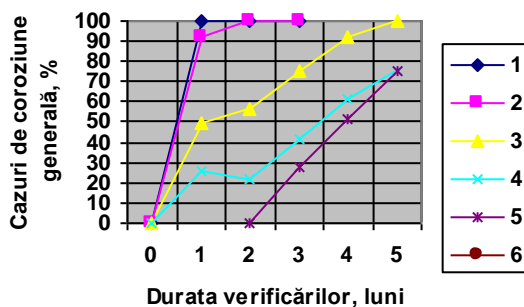
Tabel 1

Mărimea fisurilor, mm	Numărul de cazuri de apariție a coroziunii, %	Răspândirea coroziunii de-a lungul barei de oțel, mm		Adâncimea atacului corosiv, $\mu$	
		Maximă	Medie	Maximă	Medie
0,05	30	10	7	110	80
0,1	40	12	10	140	80
0,2	90	12	8	180	120
0,4	100	15	10	220	160
0,6	100	20	14	220	180

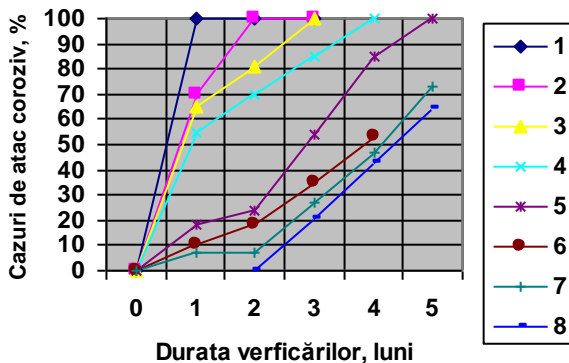
Odată cu mărirea fisurilor crește și posibilitatea apariției coroziunii pitting pe suprafața oțelului. Petele de coroziune se concentrează în locul intersecției fisurilor cu bara, ori se răspândesc pe sectoarele alăturate în rezultatul acțiunii perechilor galvanice a aerației diferențiale.

Influența agresivă a mediului crește la prezența unor astfel de gaze, ca: HCl, Cl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> S etc. Dacă în atmosfera industrială sînt prezenți vaporii de HCl și clorul molecular, procesul de coroziune al oțelului are loc în fisuri de orice mărime. Crește proporțional și răspândirea coroziunii spre suprafața oțelului, fapt ce mărește pericolul de coroziune și reduce aderența betonului față de oțel.

Pentru cercetarea cineticii coroziunii oțelului în fisură, în funcție de mărimea deschiderii și condițiile de interacțiune a construcției cu soluțiile apoase, au fost efectuate cercetări pe epruvete din beton armat. Cercetările au arătat, că în epruvetele din același lot și în fisurile din aceeași grupă, coroziunea oțelului se manifestă diferit, cu intensitate diferită; în unele cazuri apar pete superficiale de rugină, iar în altele pete adînci. În fig. 3 sînt prezentate rezultatele verificărilor rapide a unui lot de epruvete, care au fost umectate cu apă curgătoare și apoi uscate cu o frecvență de 100 cicluri pe an.



a)

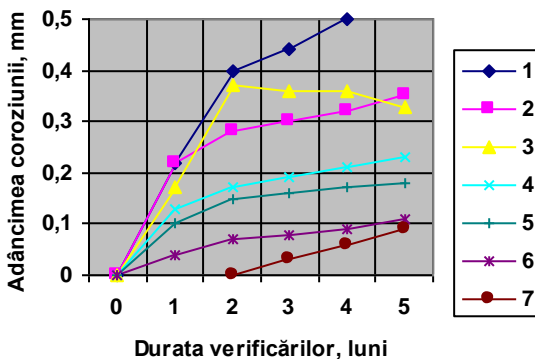


b)

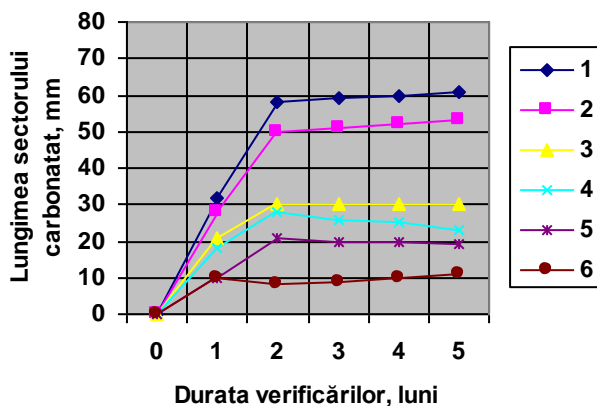
Fig. 3. Posibilitatea apariției (a) și dezvoltării (b) coroziunii pe suprafața armăturii în fisurile betonului la umectarea periodică cu apă curgătoare. Mărimea deschiderii fisurilor în mm: a) 1-0,25; 2-0,2; 3-0,15; 4-0,1; 5-0,075; 6-0,05; b) 1-0,5; 2-0,3; 3-0,25; 4-0,2; 5-0,15; 6-0,1; 7-0,075; 8-0,05.

Cum rezultă din figură, în prima lună coroziunea oțelului apare 100 % numai în fisurile cu deschiderea mai mare de 0,25 mm. După 4,5 luni de verificare, același lucru se observă și în fisurile de 0,15mm.

În fig.4, a) este prezentată cinetica dezvoltării procesului de coroziune în adâncimea metalului, iar în fig.4, b) răspîndirea ruginii de-a lungul barei de oțel, pe ambele părți laterale ale fisurii.



a)



b)

Fig.4. Cinetica coroziunii armăturii în fisurile betonului, în adâncime (a) și de-a lungul barelor (b), la umectarea periodică cu apă. Mărimea deschiderii fisurilor în mm: a) 1-0,27; 2-0,5; 3-0,3; 4-0,25; 5-0,02; 6-0,1; 7-0,05; b) 1-0,7; 2-0,5; 3-0,3; 4-0,2; 5-0,1; 6-0,05.

Cu mărirea frecvenței ciclurilor umectării periodice, în anumite limite, intensitatea coroziunii crește. În construcțiile umectate cu apă curgătoare, dezvoltarea periculoasă a coroziunii începe numai în fisurile mai mari de 1,5 mm. În fisurile mai mici de 1,5 mm viteza depolarizării catodice scade datorită autotasării fisurilor betonului, ce determină micșorarea procesului de coroziune.

## Concluzii

Prin urmare, în condiții atmosferice normale dioxidul de carbon este principalul agent de depasivare a oțelului în beton; condiția necesară de desfășurare a procesului de coroziune este prezența umidității și a oxigenului.

În urma cercetărilor s-a stabilit, că influența umidității atmosferice și umidității betonului asupra oțelului inițiază procesul de coroziune. De exemplu, creșterea umidității relative a aerului, la prezența clorului molecular, mărește coroziunea de 3 - 4 ori. În atmosfera industrială, ce conține clor, construcțiile din beton armat nu trebuie să aibă deloc fisuri.

În urma acestor cercetări se pot face următoarele concluzii:

- este necesar de luat în considerare posibilitatea formării fisurilor și a coroziunii oțelului în partea inferioară a construcției din beton armat, expusă mediilor agresive.

- dacă betonul este destul de compact, atunci pentru protecția oțelului este suficient un strat de 2 cm din beton.
- fisurile apar în locurile slăbite ale stratului de protecție, ce au o grosime mai mică și o porozitate mai mare.
- dacă calitatea betonului, a stratului de protecție și grosimea lui, nu sînt suficiente, atunci fisurile pînă la 0,3 mm duc la o coroziune neînsemnată a armăturii.

### **Bibliografie**

- 1. Heiman J.L.** - The durability of cast-in-situ reinforced concrete. - National Building Technology Centre Technical Record 511. 1986.
- 2. Marosszky M.** - Concrete Durability - Final Report, Building Research Centre, The University of NSW, BRC. Pub. 1/87, Sydney, 1987.
- 3. Avram C., s.a.** - Rezistențele și deformațiile betonului. - Ed. Tehnică, București, 1984. Pag. 34-37.
- 4. Verbetki G.P.** - Mehanizm obrazovania korroziionîh macropar v trescinah jelezobetona. - Izv. TNISGET. T.16, M.: Energhia. 1985. S.239-340.
- 5. Brocard M.J.** - Corroziou des aciers dans le beton arme. - Annales de l ' Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics. Nr.126, 1988.
- 6. Vu Dini Vui** - Atmosfernaia corrozia metallov. - M.: Nauca. 1994.
- 7. Rusu I., Croitoru G.** - Rascetno - experimentalinîi metod prognozirovania scorosti atmosfernoi korrozii armaturî v trescinah jelezobetonîh construcții.- MOK ' 36, Odessa, 17-18 aprilie 1997. S. 33-34.



*Шамис Е.Е. Технический Университет Молдовы,  
Холдаева М.И. Одесская Государственная Академия  
Строительства и Архитектуры, Украина,  
Иванов В.Д. «LTV Consulting», Россия*

## **Иновационная технология производства бетонных смесей**

### **Abstract**

*This paper proposes a fundamentally new energy-efficient and effective technology of hydraulic concrete mixtures. The technique of design mixes and special equipment, leveraging the strength properties of cement, providing environmentally friendly and cost-effectiveness.*

*Current technology does not provide complete hydration of cement particles sticky, which leads to a significant over-binding.*

*The design strength of concrete indicators to be achieved not through the years, but as the time of loading of the structure.*

*Presents a number of solutions to this problem. Concrete mix new generation, manufactured by the proposed technology, different homogeneous structure and composition of the components, the most complete and regulated the use of binding properties, high strength characteristics.*

### **Rezumat**

*În prezenta lucrare se propune o tehnologie nouă, energo- și hidroeficientă de execuție a unor amestecuri de betoane. S-a elaborat o metodă de stabilire a compozițiilor amestecurilor de beton și un utilaj special, folosind la maxim caracteristicile de rezistență a cimentului, asigurând eficiența ecologică și economică.*

*Tehnologiile existente nu asigură o hidratare completă a particulelor de ciment lipite, ceea ce provoacă un consum exagerat de material liant.*

*Indicatorii de rezistență proiectați trebuie atinși nu peste ani, ci în momentul încărcării construcției.*

*Se prezintă un șir de rezolvări a acestei probleme. Amestecurile de beton de generație nouă, executate în baza tehnologiei propuse, se caracterizează printr-o structură omogenă, compoziție stabilă, utilizare completă și dirijată a caracteristicilor lianților, caracteristici înalte de rezistență.*

### **Резюме**

*В данной статье предложена принципиально новая энерго-, гидроэффективная технология изготовления бетонных смесей. Разработаны методика конструирования составов смесей и специальное оборудование, максимально используя прочностные свойства цемента, обеспечивая экологичность и экономическую эффективность.*

*Действующие технологии не обеспечивают полной гидратации слипающихся частиц цемента, что влечёт за собой значительный перерасход вяжущего.*

*Проектные прочностные показатели бетона должны быть достигнуты не через годы, а как к моменту загрузки конструкции.*

*Представлен ряд решений этой проблемы. Бетонные смеси нового поколения, изготавливаемые по предлагаемой технологии, отличаются однородной структурой, составом компонентов, наиболее полным и регулируемым использованием свойств вяжущих, высокими прочностными характеристиками.*

## Введение

Предложена и апробирована принципиально новая энерго-, гидроэффективная технология изготовления бетонных смесей. Разработаны методика конструирования составов смесей и специальное оборудование. Максимально используются прочностные свойства цемента, обеспечены экологичность, экономическая эффективность.

На всех этапах строительной деятельности человеку приходилось заниматься приготовлением формовочных смесей для всевозможных изделий из бетонов или растворов для соединения камней, кирпичей.

Для перемешивания сухих компонентов смесей с водой использовался простейший инструмент – обычная лопата. Так изготавливали подобные смеси и древние египтяне, используя в качестве вяжущего речной ил из Нила, и несколько менее древние римляне, используя известь и т.д. С изобретением портландцемента технология практически не изменилась до нашего времени.

Современные бетоносмесители используют такие же методы смешения. По сути применяются они - те же, на этот раз механизированные лопаты. Изготавливаемые ими бетоны в большинстве случаев конструируются из мелких и крупных заполнителей, вяжущего, добавок. Крупные заполнители естественного происхождения – это щебень, что антиэкологично и экономически неэффективно.

Действующие технологии не обеспечивают полной гидратации слипающихся частиц цемента, что влечёт за собой значительный перерасход вяжущего.

Проектные прочностные показатели бетона должны быть достигнуты не через годы, а как к моменту загрузки конструкции.

## Состояние проблемы

Решение данной проблемы осуществляется на базе следующих положений:

- конструирование формовочной смеси на основе использования только мелких активированных заполнителей (песок кварцевый, керамзитовый и т.п.) с исключением щебня;
- конструкция бетонной смеси проверяется системно-аналитическим методом и экспериментами на эксплуатационную, технологическую и комплексную совместимость её компонентов;

- изготовление цементного геля и смешение его с заполнителями выполняется отдельно в общем непрерывном режиме;

- в потоке смешиваемых компонентов цементного геля создаётся регулируемая гидродинамическая кавитация, причём слипающиеся при гидратации частицы цемента служат зародышами (ядрами) кавитационных микропузырьков, при схлопывании которых происходит их дробление с проникновением внутрь воды;

Воздействие сконцентрированными на отдельных компонентах и самой смеси торсионными (микролептонными) излучениями, что повышает активность всех компонентов, структурирует воду, очищает её от микробиологических примесей и т.д., что в сочетании с кавитацией выводит технологические процессы на атомарный уровень.

Бетонные смеси нового поколения, изготавливаемые по предлагаемой технологии, отличаются однородной структурой, составом компонентов, наиболее полным и регулируемым использованием свойств вяжущих, высокими прочностными характеристиками. Учитывая изложенное, он и получил своё наименование – акформикс (acformix).

Для реализации данной технологии разработано и испытано специальное смесительное оборудование. Оно названо блендер (blender).

Основные технические решения по данному предложению имеют должную патентную защиту и соответствующие ноу-хау. Первая модель блендера УТМ-1 была изготовлена и использована в составе технологической линии для производства стеновых материалов – блоков и плит – из материала на быстротвердеющем гипсоцементно-пуццолановом вяжущем (ГЦПВ).

Проект линии был апробирован Главгосэкспертизой Российской Федерации и выполнялся в составе Федеральной программы «Энергосбережение России».

Изделия были сертифицированы и выпускались серийно с 1997 года. По результатам сертифицированных контрольных испытаний, выполненных в Московском государственном строительном университете из изделий, произведённых на действующей линии, был исследован материал, изготовленный на ГЦПВ марки 100 подмосковного завода «Гипсобетон». Он показал прочность на сжатие 17,2 МПа, при плотности  $980 \text{ кг/м}^3$ , то есть значительно выше прочностных показателей самого вяжущего.

В 2010 году нами был спроектирован и изготовлен блендер второй модели УТМ-2. На нём в порядке управляемого эксперимента

были изготовлены бетонные формовочные смеси. Образцы испытывались в Молдове и США. Американская лаборатория Tetragon испытала образцы бетонов из смеси акформикс на керамзитовом песке и комплексном заполнителе из строительного песка и шлака. Использовался портландцемент М-400 Резинского завода при В/Ц=0,5 в обоих вариантах.

Для керамзитового песка, при плотности  $1459 \text{ кг/м}^3$ , прочность на сжатие составила 50,7 МПа, для второго варианта, при плотности  $1740 \text{ кг/м}^3$ , прочность на сжатие – 44,6 МПа.

Отдельно в Одесской академии строительства и архитектуры проверялось влияние структурированной воды на подвижность цементно-песчаной формовочной смеси. Испытания проводились по стандартной методике. В результате величина расплыва смеси на обычной воде составила 115-120 мм, а для такой же смеси на структурированной воде – 140-150 мм. Эффект воздействия активации воды не вызывает сомнения.

## **Выводы**

Предложена и апробирована принципиально новая энерго-, гидроэффективная технология изготовления бетонных смесей. Разработаны методика конструирования составов смесей и специальное оборудование. Максимально используются прочностные свойства цемента, обеспечены экологичность, экономическая эффективность.

Для перемешивания сухих компонентов смесей с водой использовался простейший инструмент – обычная лопата. Современные бетоносмесители используют такие же методы смешения.

Действующие технологии не обеспечивают полной гидратации слипающихся частиц цемента, что влечёт за собой значительный перерасход вяжущего.

Представлен ряд решений этой проблемы. Бетонные смеси нового поколения, изготавливаемые по предлагаемой технологии, отличаются однородной структурой, составом компонентов, наиболее полным и регулируемым использованием свойств вяжущих, высокими прочностными характеристиками.

## Библиография

1. Акимов А.Е. Торсионные поля и их экспериментальные проявления / А.Е. Акимов, Г.И. Шипов // Сознание и физическая реальность. Т.1. №3. 1996. - С. 28-43.
2. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. - М.: Стройиздат, 1981. - 464 с.
3. Болога М.К. Работает пустота / М.К. Болога, И.А. Шалобасов, Ю.Н. Пауков. - Кишинёв: Штиинца, 1985. - 45 с.
4. Волженский А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия / А.В. Волженский, В.И. Стамбулко, А.В. Ферронская. - М.: Стройиздат, 1971. – 318 с.
5. Гусев Б.В. Механизм кавитационной активации цемента / Б.В. Гусев, В.Ф. Юдаев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2003, №6. - С.24-25.
6. Костиков В.И. Гипсобазальтовые строительные изделия и технологии / В.И. Костиков, Е.Е. Шамис, Л.Н. Смирнов и др. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 1999, №3-4. - С.42-43.

*Акимов А. проф. унив. др. һаб. Ҷт. техн.,  
Избында А. конф. унив. др. Ҷт. техн., ICҶC"INCERCOM"Ѐ.S.,  
ЕлеҶких А. ICS"Ғамир Гроп" SRL, ЧиҶинәу*

## **Структурный параметр коррозионной стойкости бетонов**

### **Abstract**

*Performance properties of concrete, as the composites are determined not only by the number and size of defects and the pockets of internal stresses in the material, and in the first place, the ratio of defects or lesions with a volume of the stress characteristics of the macrostructure of the material, such as cement.*

*.Measurement of moisture content and density of concrete is not only important in terms of quality of concrete, but also for the cost of production and thus having a direct impact on the competitiveness and survival of enterprises.*

*Calculations of the critical lengths of cracks occurring in concrete under different stress interval between the centers of the known formulas of Griffiths.*

*Defined by changing the lower limit of crack formation ( $R_0/t$ ) of concrete due to changes in the volume concentration of the matrices (cement) and inclusions (at constant temperature and taking into account the specific heats of the inclusions and matrix).*

### **Rezumat**

*Indicatorii caracteristicilor betonului, ca material compozit, se determină nu numai prin numărul și volumul defectelor și focare de tensiuni interne în material, dar și prin raportul volumului de aceste defecte la volumul caracteristicilor de macrostructură, de exemplu, pietrei de ciment.*

*S-au efectuat calculele lungimilor critice ale fisurilor, ce apar în beton la diferite intervale dintre focarele tensiunilor după cunoscutele formule Griffiths.*

*S-a determinat variația limitei inferioare a domeniului de formare a fisurilor ( $R_0/t$ ) în beton în legătură cu modificările concentrațiilor de volum a matricei (pietrei de ciment) și incluziunilor (la o temperatură constantă cu evidența volumului termic specific al incluziunilor și matricei).*

### **Резюме**

*Показатели свойств бетонов, как композитов, определяются не только числом и объемом дефектов и очагов внутренних напряжений в материале, а в первую очередь, соотношением объема дефектов или очагов напряжений с объемом характеристик макроструктуры материала, например, цементного камня.*

*Произведены расчеты критических длин трещин, возникающих в бетоне при различном интервале между очагами напряжений по известным формулам Гриффитса.*

*Определено изменение нижней границы области трещинообразования ( $R_0/t$ ) бетона в связи с изменениями объемных концентраций матриц (цементного камня) и включений (при постоянной температуре и с учетом удельных теплоемкостей включений и матрицы).*

## **Введение**

Многолетние исследования авторов позволили выдвинуть следующую гипотезу.

Очевидно, что показатели свойств бетонов, как композитов, определяются не только числом и объемом дефектов и очагов внутренних напряжений в материале, а в первую очередь, соотношением объема дефектов или очагов напряжений с объемом характеристик макроструктуры материала, например, цементного камня. Другими словами, с точки зрения развития деструктивных процессов важно, как далеко отстоят друг от друга очаги напряжений, не воздействуют ли они.

Эта гипотеза подтверждается, в частности, методами механики разрушения композиционных материалов. Произведены расчеты критических длин трещин, возникающих в бетоне при различном интервале между очагами напряжений по известным формулам Гриффитса. Установлено, что критическая длина трещин увеличивается, и, следовательно, коррозионная стойкость возрастает при увеличении интервала между дефектами. Установлено также, что прочность бетонов резко падает при расположении очагов напряжения на расстоянии, равном длине трещин, ими вызываемых. В этом случае проявляется известный в механике разрушающий эффект взаимодействия трещин, ведущий к резкой потере прочности, к интенсивному развитию деструктивных процессов.

## **Состояние проблемы**

В пользу выдвинутой гипотезы говорят и проведенные термодинамические расчеты. Было, в частности, определено изменение нижней границы области трещинообразования ( $R_0/t$ ) бетона в связи с изменениями объемных концентраций матриц (цементного камня) и включений (при постоянной температуре и с учетом удельных теплоемкостей включений и матрицы).

В результате установлено, что деформации бетона как композиционного материала, ведущие к его растрескиванию, зависят от деформации матрицы, скорости ее структурообразования, качества включений и геометрических параметров композита (соотношение матрицы и композита). Деформация матрицы, в свою очередь, определяется деформациями отдельных элементарных структурных ячеек-таксонов.

Установлено, что с увеличением объема цементного камня (матрицы) в бетоне усадка матрицы возрастает, поскольку увеличивается в ней число элементарных усадочных ячеек и микрокапилляров, а усадка бетона снижается, так как уменьшается отношение объема матрицы к объему композита и объем контактной зоны между заполнителем и матрицей. Очевидно, что показатели свойств бетонов определяются не только числом и объемом дефектов и очагов внутренних напряжений в материале, а в первую очередь, соотношением объема дефектов или очагов напряжений с объемом характеристик макроструктуры бетона, в частности, цементного камня. Другими словами, с точки зрения развития деструктивных процессов важно, как далеко отстоят друг от друга очаги напряжений, не воздействуют ли они. Таким образом, отсутствие однозначной и привычной связи между объемом пор и величинами усадки в наших исследованиях можно объяснить лишь тем, что деструктивные процессы развивались в разных объемах цементного камня-матрицы.

В общем случае, учитывая высказанные соображения, можно сделать предположение, что показатели свойств бетонов зависят от отношения объемов структурных элементов, являющихся причиной или способствующих развитию деструктивных процессов, и структурных элементов, препятствующих их развитию. Эти объемы можно условно назвать для облегчения терминологии "деструктивными" и "конструктивными". Учитывая одинаковый характер развития деструктивных процессов при различных видах агрессивных воздействий сущность структурных параметров может быть принята единой. В общем виде обобщенный структурный параметр бетона ( $P_6$ ) выражается как отношение

$$(P_6) = V \text{ «констр.»} / V \text{ «дестр.»} \quad (1)$$

где  $V$  «констр.» и  $V$  «дестр.» - «конструктивные» и «деструктивные» объемы бетона при деструктивных воздействиях, физическая сущность которых описана выше.

Структурные параметры отдельных свойств можно вывести из обобщенного параметра с учетом специфики деструктивных процессов.



## Выводы

Многолетние исследования авторов позволили выдвинуть гипотезу о том, что показатели свойств бетонов, как композитов, определяются не только числом и объемом дефектов и очагов внутренних напряжений в материале, а в первую очередь, соотношением объема дефектов или очагов напряжений с объемом характеристик макроструктуры материала, например, цементного камня.

Произведены расчеты критических длин трещин, возникающих в бетоне при различном интервале между очагами напряжений по известным формулам Гриффитса.

Установлено, что критическая длина трещин увеличивается, и, следовательно, коррозионная стойкость возрастает при увеличении интервала между дефектами.

В результате исследований установлено, что деформации бетона как композиционного материала, ведущие к его растрескиванию, зависят от деформации матрицы, скорости ее структурообразования, качества включений и геометрических параметров композита (соотношение матрицы и композита). Деформация матрицы, в свою очередь, определяется деформациями отдельных элементарных структурных ячеек-таксонов.

## Литература

1. Семченков А.С., Семечкин А.Е., Литвиненко Д.В., Антонов И.М., Гагарина О.Г. Прогрессивные несущие стеновые ограждения на основе минеральных материалов // Бетон и железобетон. - 2003, № 4. - с.2-6.
2. Хлевчук В.Р., Колядин Ю.А., Бессонов И.В. и др. Определение теплопроводности эффективной теплоизоляции в конструкциях с учетом влажности / В сб. докл. 6-ой научно-практической конференции «Проблемы строительной теплофизики систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях», НИИСФ, М., 26-28.04.2001.
3. А.А. Сахарных. Пенобетон на основе магнезиального вяжущего. Материалы IX всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов «Химия и химическая технология в XXI веке». 14-16 мая 2008, Томск.

*Lupușor N. dr.șt.tehnice, ICȘC"INCERCOM"Î.S.,  
Dohmilă Iu. dr.șt.tehnice, conf. univ.UTM*

## **Betoane celulare pe baza deșeurilor industriale pentru construcții de îngrădire**

### **Abstract**

*Technology developed to obtain low density binder mixtures for construction offencing directly to the building site, with activation preventive wet, permits to increase the physical-mechanical and exploitation of cellular concrete and lower the production in the use of fibers and disperse industrial waste.*

### **Rezumat**

*Tehnologia elaborată de obținere a amestecurilor liante cu densitate mică pentru construcții de îngrădire direct la șantierul de construcții, cu activarea preventivă în mediu umed, permite mărirea considerabilă a proprietăților fizico – mecanice și de exploatare a betonului celular și micșorarea costului de producere în baza folosirii a deșeurilor industriale fibroase și disperse.*

### **Резюме**

*Разработанная технология получения вяжущих композиции низкой плотности для ограждающих конструкции непосредственно на строительной площадке с предварительной активацией компонентов в жидкой среде позволяет значительно повысить физико – механические и эксплуатационные свойства ячеистого бетона и снизить себестоимость его получения за счет широкого использования высокодисперсных и волокнистых промышленных отходов и побочных продуктов.*

## **Introducere**

În ultimul timp betonul celular neautoclavizat a căpătat o răspîndire foarte largă fiind un material de construcție efectiv folosit pentru construcția pereților de îngrădire a construcțiilor de tip carcasă.

În cadrul cercetărilor efectuate se elaborează tehnologia de obținere a betonului celular de calitate înaltă în mod direct la șantierul de construcție cu alimentarea ulterioară în construcțiile de îngrădire. Pentru producerea betonului neautoclavizat se folosește pe larg materia primă locală ca de exemplu cenușa CTE, rumegușul de lemn ș.a.

Particularitatea tehnologiei energoeficiente de formare a construcțiilor de îngrădire cu grad înalt a rezistenței termice este obținerea betonului celular direct la șantierul de construcții cu utilizarea utilajului specializat mobil. Componentele betonului celular sunt preventiv supuse tratării mecanico – chimice în mediu lichid cu includerea nanostructurilor activizate și materialelor de armare fibroase, dat faptului se prevede o omogenitate înaltă a compoziției și gestionarea formării structurii la fazele inițiale și imediat următoare. Alimentarea amestecului preparat spre locul de destinație se efectuează cu ajutorul conductelor sau țevilor la distanță nu mai mare de 50m.

Reglarea proprietăților betonului celular se efectuează prin calculul și alegerea componenței betonului și aditivilor de formare a structurii, obținerii spumei cu indice înalt a stabilității, optimizarea regimurilor de activare și altor etape tehnologice în procesul de obținere și turnare a amestecurilor. Schema tehnologică de obținere și turnare a betonului spumat este următoarea: inițial cu ajutorul generatorului de spumă și malaxorului de activare se prepară spuma cu indice necesar a stabilității, apoi concomitent cu spuma în malaxor sînt alimentate materialul liant și deșeurile industriale fibroase sau disperse, unde se efectuează tratarea lor în regim de activare hidrodinamică pe parcursul citorva minute; după ajustarea amestecului pînă la condiția necesară malaxorul se deconectează din regimul de activare și se conectează în regimul de pompare a amestecului, care prin furtunul cu diametrul de 5 cm se toarnă în cofraj. Studiul caracteristicilor spumelor obținute au demonstrat că calitatea și stabilitatea spumelor se mărește odată cu majorarea timpului de activare (Fig. 1).

Construcțiile de îngrădire sînt compuse din stratul de protecție exterior, care poate fi realizat din diferite materiale rezistente la factorii atmosferici, stratul intermediar sub formă de cofraj nedemontabil (ascuns) și ultimul strat interior din beton celular activat și armat cu materiale fibroase. Pentru asigurarea adeziunii straturilor cu diferite structuri a construcției de îngrădire se folosesc elemente pe bază de bazalt și plastic de diferite configurații.

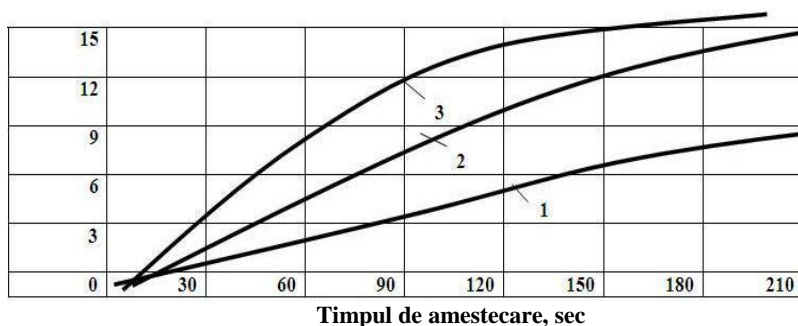


Fig. 1 Dependența stabilității spumei de tipul malaxorului și timpului de amestecare  
 1 – malaxare în malaxor standard, viteza de rotație 45 rot/min;  
 2 – malaxare în activator cu viteza de rotație 1500 rot/min;  
 3 – malaxare în activator cu viteza de rotație 3000 rot/min;

Pentru unele variante a construcțiilor de îngrădire cu scopul măririi forțelor de adeziune între straturile cu diferite structuri, majorării durabilității stratului intermediar și asigurarea păstrării proprietăților fizico-mecanice a materialelor în procesul de exploatare se folosește betonul celular cu densitate variabilă.

Folosirea betonului celular cu densitate variabilă pe secțiunea construcției de îngrădire se recomandă deoarece la exploatarea construcției de îngrădire cu stratul intermediar din beton spumat omogen se formează zone cu umiditate înaltă în zonele de contact a straturilor în rezultatul condensării vaporilor de apă. La acțiunea temperaturilor negative în perioada de iarnă în aceste zone se petrece distrugerea materialului, apar goluri, care în viitor vor acționa negativ asupra caracteristicilor de exploatare a construcțiilor de îngrădire. Pentru a înlătura bariera de vapori la hotarul dintre materialele cu diferite structuri a fost pusă sarcina de micșorare a permeabilității betonului spumat pînă la nivelul permeabilității cărămizii prin introducerea în amestec a polimerilor.

Controlul proprietăților amestecului spumat la șantierul de construcție se efectuează prin determinarea densității specifice. Luînd în considerare faptul că densitatea amestecului de beton celular proaspăt preparat pînă și după pompare și turnare este diferită, deoarece o parte de pori se distruge în timpul mișcării prin furtunul de cauciuc, controlul densității se verifică la turnarea amestecului în cofraj.

Cercetările cu ajutorul microscopului electronic a structurii amestecului au arătat conținutul mare de pori închiși în materialul liant

întărit. O mare parte de pori au dimensiunile de la 20 mkm pînă la 30 mkm și fac parte din grupa microporilor aerieni.

Un interes special prezintă rezultatele cercetărilor dependenței conductibilității termice a materialelor termoizolante de densitatea lor și condițiile de producere (Fig. 2).

Pentru cercetarea caracteristicilor de adeziune a amestecurilor de beton spumat au fost preparate epruvete de laborator, dar au fost luate și probe din zidăria experimentală (prin metoda carotelor), care modela întărirea amestecului în condiții reale. Au fost studiate schimbarea masei, deformațiile liniare și rezistența adeziunii betonului celular cu stratul exterior și interior a construcției de îngrădire. Zona de contact între amestecul de beton spumat și piatra naturală a fost studiată vizual și cu ajutorul microscopului.

La cercetarea betonului spumat întărit a fost stabilită dependența între caracteristicile de rezistență și adeziune, gelivitate, conductibilității termice și altor proprietăți de tipul cristalohidraților activați, timpului de activare a componentilor și regimului de întărire. Amestecul de beton spumat obținut ce posedă adeziune înaltă poate fi folosit pentru lucrări de finisare termoizolantă a zidăriilor existente.

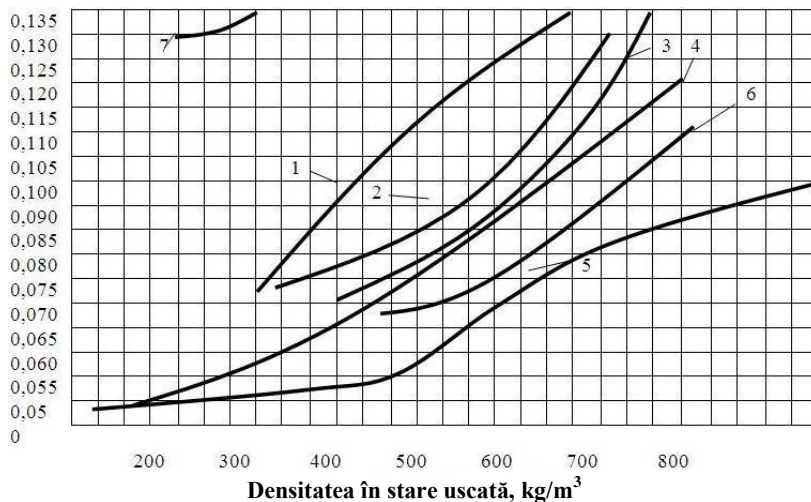


Fig. 2 Dependenta conductibilității termice a materialelor compozite de densitatea lor  
 1- beton celular autoclavizat și neautoclavizat pe bază de nisip; 2 – beton celular autoclavizat și neautoclavizat pe bază de cenușă; 3- arbolit pe bază de lemn concasat; 4 – bisipor (material pe bază de sticlă lichidă, modificat cu diferiți aditivi); 5 – beton celular cu folosirea nanostructurilor activate

și deșeuri de la prelucrarea celulozei; 6 – beton celular activizat pe bază de cenușă CTE; 7 – neoporbeton.

Materialele compozite obținute pe baza componentelor activați, posedă caracteristici fizico – mecanice mai superioare în comparație cu betonul celular tradițional datorită formării structurii și asigurarea condițiilor de sinteză a cristalohidraților.

## Concluzii

Tehnologia elaborată de obținere a amestecurilor liante cu densitate mică pentru construcții de îngrădire direct la șantierul de construcție cu activarea preventivă în mediu umed permite mărirea considerabilă a proprietăților fizico – mecanice și de exploatare a betonului celular și de a micșora costul de producere în baza folosirii pe larg a deșeurilor industriale fibroase disperse.

Gestionarea formării structurii componente liante cu ajutorul nanocomponentelor la stadiile inițiale și imediat următoare de întărire permite obținerea betoanelor celulare cu proprietăți tehnologice înalte pentru zidăria și reparația construcțiilor de îngrădire cu scopul majorării rezistenței termice a edificiilor.

## Bibliografie

1. **Калнис, А.А.** Исследование прочности и деформативности конструкционного газобетона. Латвийская Академия Наук, РИГА, 1969.
2. **Калнис, А.** Исследование бетонов и железобетонов - Латвийская Академия Наук, РИГА, 1970.
3. **Kuhs, R.** Einfluss des Gipses auf Klinker mit verschiedenem Aluminatgehalt – Schriftenreihe der Zementindustrie Heft 22 – 1978.

*Ciutac M., Muntean I., Colegiul de Construcții din Chișinău,  
Lupușor N., ICȘC "INCERCOM" Î.S.*

## **Ceramica material al trecutului, prezentului și viitorului**

### **Abstract**

*In food industry, biotechnology and other branches are commonly encountered in such processes as: microfiltration, nanofiltration and reverse osmosis system.*

*The processes are done using membrane installation. The basic component of these systems is the direct membrane.*

*Leading research in recent to obtain inorganic membranes. As raw material it uses the glass, the carbon, various metals. Special attention is given in this ceramic membranes because they possess unique properties.*

*The present work are methods of obtaining porous ceramics and modernization when it comes to obtaining porous ceramic materials with a structure determined.*

*Ceramic membranes are also used quite widely total in different areas and do not question the fact that their use will be more extensive because they possess properties.*

### **Rezumat**

*În industria alimentară, biotehnologie și alte ramuri sunt foarte frecvent întâlnite astfel de procese ca: microfiltrare, ultrafiltrare, nanofiltrare și sistemele de osmoză inversă.*

*Aceste procese sunt realizate cu ajutorul instalațiilor cu membrane. Partea componentă de bază a acestor instalații o reprezintă nemijlocit membrana.*

*În ultimii ani se duc cercetări în vederea obținerii membranelor din materiale anorganice. În calitate de materie primă se folosește sticla, carbonul, diverse metale. O atenție deosebită în acest sens se acordă membranelor ceramice datorită proprietăților unice pe care le posedă.*

*În articolul dat sunt prezentate metodele de obținere a materialelor ceramice poroase și modernizarea în ceea ce ține de obținerea unor materiale ceramice poroase cu o structură determinată.*

*Membranele ceramice se folosesc și în prezent destul de larg în diferite domenii și nu pun la îndoială faptul că utilizarea acestora va fi și mai vastă datorită proprietăților pe care le posedă.*

### **Резюме**

*В пищевой промышленности, биотехнологии и других отраслей, как правило, встречаются такие процессы как: микрофильтрация, ультрафильтрация и нанофильтрация. Эти процессы осуществляются с помощью мембранных установок. Основным компонентом этих установок является мембрана.*

*В последние годы были проведены исследования для получения неорганических мембран. В качестве сырья использовались стекло, углерод и различные металлы. Особое внимание в этом отношении отнесено керамическим мембранам потому что они обладают уникальными свойствами.*

*В данной статье представлены методы получения пористых керамических материалов и модернизация в области получения пористых керамических материалов с определенной структурой. Керамические мембраны применяются в настоящее время довольно широко в разных областях, что предопределяет развитие данной технологии.*

## Introducere

Reieșind din multitudinea cerințelor impuse materialelor ceramice poroase a urmat actualitatea căutării metodelor ce permit obținerea materialelor poroase cu o structură propusă. Cu toate acestea metoda trebuie să fie simplă, economă și rentabilă.

În industria alimentară și biotehnologie sunt foarte frecvent întâlnite astfel de procese ca: microfiltrare, ultrafiltrare și nanofiltrare. Aceste procese sunt realizate de regulă cu ajutorul filtrelor sau sistemelor cu membrane.

Acestea trebuie să fie simplă în instalare și exploatare, să aibă o suprafață mare de lucru la o unitate de volum, ușor să se curețe de impurificări.

Cererea vizavi de membrane este determinată de doi factori: prețul și calitatea.

La producerea membranelor se folosesc pe scară largă polimerii, cum ar fi acetat de celuloză. Astfel de membrane au un șir de avantaje:

- sunt ieftine;
- ușor se produc;
- destul de rezistente la substanțe oxidante;
- au productivitate acceptabilă.

Cu toate acestea membranele date posedă și unele dezavantaje esențiale:

- rezistență termică scăzută;
- lucrează la un interval redus al pH.

De aceea există tendința de a căuta materiale noi care să posedे proprietăți mai performante, cerințele de bază fiind: rezistența termică și chimică înalte.

În ultimii ani se o atenție deosebită în acest sens se acordă membranelor ceramice datorită proprietăților unice pe care le posedă.

Membranele ceramice au fost neglijate mulți ani, datorită utilizării lor în domeniul extrem de specializate. Pe măsură ce interesul pentru acestea a crescut, datorită extinderii aplicațiilor lor, spre exemplu în protecția mediului, cercetarea în domeniu s-a dezvoltat.



Membranele ceramice sunt de 3-10 ori mai scumpe decât cele pe bază de polimeri însă, utilizînd-ule acestea rapid se recuperează datorită indicilor de exploatare mai performante.

Membranele ceramice permit a fi sterilizate cu abur, spălate, realizează filtrarea lichidelor cu o concentrație mare de particule rigide, permit automatizarea procesului. Cele mai remarcabile calități ale membranelor ceramice sunt:

- permit filtrarea în condiții de temperaturi foarte înalte (chiar pînă la 1000°C, în dependență de compoziția chimică a membranei);
- ușor se sterilizează cu abur sau aer fierbinte;
- pot fi autoclavizate și sterilizate în mod repetat;
- posibilitatea de ardere a sedimentului pătruns în pori;
- stabilitatea filtrelor ceramice în tot diapazonul al pH;
- membranele pot fi spălate cu acizi și baze fierbinți (în special sunt rezistente membranele pe bază de oxizi de Ti și Zr);
- rezistență suficientă la uzură (în timpul curățirii membranelor de sediment);
- nivel scăzut de poluare a mediului înconjurător la producerea membranelor ceramice;
- nu sunt afectate de razele UV.

De asemenea, ele se caracterizează prin durată lungă de utilizare, iar dimensiunea și distribuția dimensională a porilor poate fi ușor controlate.

Aceste proprietăți au permis utilizarea membranelor ceramice pe scară largă în multe aplicații: separarea gazelor, biotehnologie/medicină, procesarea alimentelor, industria farmaceutică, petrochimie, procesarea metalelor în electronică, desalinizare.

## **1. Proprietăți specifice.**

Proprietățile specifice ale materialelor poroase sunt dependente de compoziție, structură și textură și sunt descrise de parametrii cum ar fi: porozitate, distribuția porilor în corpul poros, suprafața specifică a porilor, distribuția dimensională, forma porilor, starea suprafeței porilor, raportul dintre dimensiunea punților intergranulare și dimensiunea medie a granulelor pulberii sau fibrelor sau raportul dintredimensiunea punții și dimensiunea medie a porilor

**1.1 Microstructur.** Din punct de vedere al microstructurii și texturii, materialele poroase se împart în trei categorii:

- materiale poroase pe bază de fibre;
- materiale celulare avînd structuri cu celule închise sau deschise;
- materiale poroase avînd structuri cu pori închiși sau deschiși;
- membrane.

**1.1.1. Materialele poroase pe bază de fibre.** Materialele poroase pe bază de fibre sunt împachetări neregulate de fibre, unite în punctele de contact. Exemple de astfel de materiale se regăsesc atât în natură - celuloza sau bumbacul, dar și create artificial – fibre ceramice utilizate pentru izolația termică a navetelor spațiale (fig. 1.1).



Fig.1.1. Material poros fibros

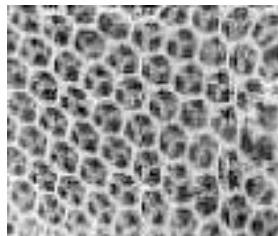


Fig. 1.2. Structura unui solid celular

**1.1.2 Materiale celulare.** *Structurile celulare* sunt rețele interconectate de plăci sau punți solide, care formează muchiile și fețele celulelor.

*Structura fagure* este cea mai simplă aranjare bidimensională de poligoane, care se îmbină pentru a umple o suprafață plană (fig. 1.2). Această structură a fascinat oamenii de știință din cele mai vechi timpuri, prin perfecțiunea și frumusețea ei. Structurile fagure sunt formate în general din hexagoane, unite câte trei într-un vârf.

Dacă celulele poliedrale se combină tridimensional pentru a umple spațiul, structura obținută se numește *spumă*.

Dacă solidul poros e conținut doar în muchiile celulei (celulele se leagă prin fețele deschise), se poate vorbi de porozitate deschisă (fig. 1.3). Dacă și fețele sunt solide, astfel încât celulele sunt închise, necomunicând cu cele vecine, porozitatea este închisă (fig. 1.4). Există, de asemenea, materiale care fac parte din această categorie și se caracterizează prin porozitate parțial-închisă și/sau deschisă.

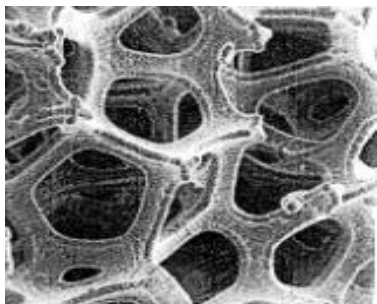


Fig. 1.3 Structura unui solid celular cu porozitate deschisă

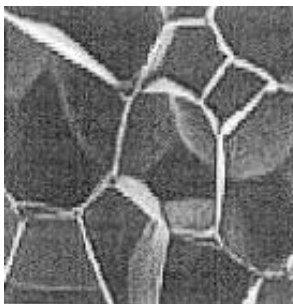


Fig. 1.4 Structura unui solid cu porozitate închisă

**1.1.3 Materiale poroase.** In cazul în care porozitatea materialelor este redusă, acestea își pierd aspectul celular prezentat mai sus, fiind matrici solide cu porozitate înglobată. Se deosebesc în acest caz trei tipuri de pori:

- *deschiși*: comunică cu suprafața;
- *închiși*: nu comunică cu suprafața;
- *închiși ia un capăt*: comunică într-o singură direcție cu suprafața (fig. 1.5)

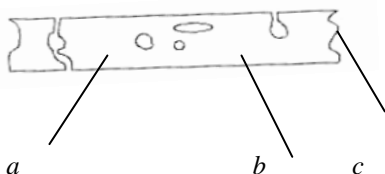


Fig. 1.5. Pori deschiși (a), închiși (b) și „înfundați” (c)

Porii pot să se situeze la limita între granulele de material solid, și atunci se numesc *intergranulari*, sau în interiorul granulelor, în acest caz fiind pori *intragranulari*.

În fig. 1.6. sunt prezentate imagini de microscopie electronică pentru probe sinterizate care înglobează diferite tipuri de porozitate.

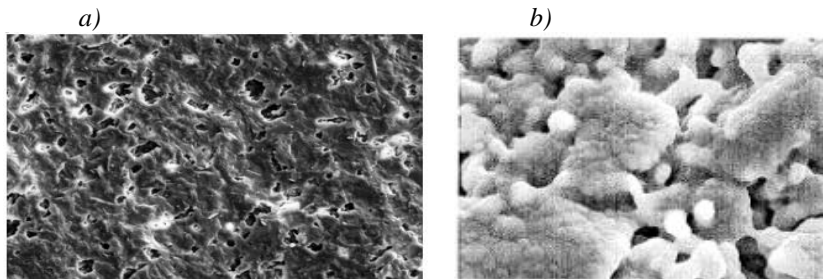


Fig. 1.6. Imagini de microscopie electronică pentru probe ceramice densificate care înglobează diferite tipuri de porozitate:

- a) Pori intergranulari închiși (probă de porțelan dentar)
- b) Pori intergranulari deschiși (probă de ceramică zirconică)

**1.1.4. Membrane ceramice.** O membrană este o barieră selectivă între două medii omogene. Transportul speciilor prin membrană se realizează în general datorită unui gradient de presiune.

Majoritatea membranelor sunt materiale cu o structură complexă, constând din două sau mai multe straturi. Porozitatea fiecărui strat este atent controlată într-un anumit domeniu dimensional, pentru a permite separarea selectivă. O descreștere graduală în dimensiunea porilor și grosimea stratului se înregistrează de la stratul inferior înspre cele superioare.

Stratul de bază se numește suport și are în general o dimensiune a porilor cuprinsă între 1-15 $\mu$ m, stratul următor se numește intermediar și se caracterizează printr-o dimensiune a porilor de 0,1 - 1 $\mu$ m, în timp ce stratul superior se numește de separare și are cel mai scăzut diametru al porilor 0,003 - 0,1 $\mu$ m (fig. 1.7).



Fig.1.7. Reprezentarea schematică a unei membrane

Procesul de separare propriu-zis are loc în stratul de separare, suportul are rolul de a conferi rezistența mecanică ansamblului, iar stratul

intermediar împiedică penetrarea stratului superior în structura poroasă a suportului.

O membrană formată din suport și stratul intermediar se numește membrană de ordinul I sau de microfiltrare (permite separarea particulelor cu dimensiuni micrometrice 0,1 - 1μm), iar cea formată din toate cele trei straturi se numește membrană de ordinul II sau de ultrafiltrare (permite separarea macromoleculor și a particulelor coloidale).

Grosimea totală a unei membrane este de peste 2mm, mult mai mare decât cea a membranelor polimerice.

Membranele se pot clasifica în funcție de dimensiunea porilor sau a materialelor pe care trebuie să le separe, așa cum este prezentat în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1 Clasificarea membranelor ceramice

Nr. Crt.	Aplicație	Dimensiunea porilor (nm)
1.	Membrane pentru nanofiltrare - utilizate pentru separarea gazelor	<1
2.	Membrane pentru ultrafiltrare	2- 100
3.	Membrane pentru microfiltrare	100 - 5.000
4.	Filtre granulare	>5.000

În fig. 1.8. sunt prezentate imagini de microscopie electronică pentru membrane.

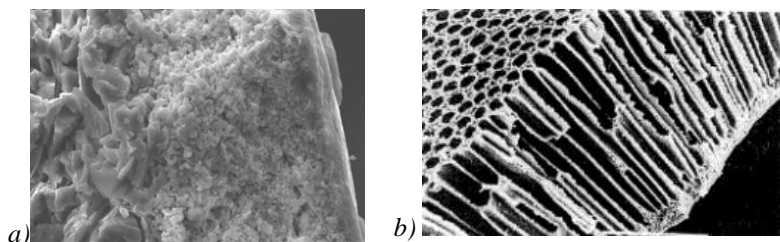


Fig. 1.8. Imagini de microscopie electronică pentru membrane

- a) Membrană anorganică
- b) Structura unei membrane polimerice

### Rute de procesare

În prezent cele mai răspândite metode de obținere a materialelor ceramice poroase sunt următoarele:

- metoda înpumării;
- metoda adosurilor combustibili;
- metoda compusului porogen.

## **2. Modernizări în vederea obținerii materialelor ceramice poroase**

Toate metodele descrise mai sus cu toate avantajele pe care le posedă manifestă și unele dezavantaje.

În cazul metodei de înspumare sau metodei compusului porogen dezavantajul constă în permeabilitatea redusă din cauza porozității închise predominante. În cazul metodei adaosurilor combustibili dezavantajul constă în neuniformitatea structurii poroase, legată de complexitatea distribuirii uniforme a adaosurilor combustibili în tot volumul masei argiloase.

S-au făcut cercetări în acest sens și s-a încercat perfecționarea metodei adaosurilor combustibili. Pentru a diminua neajunsul expus mai sus în calitate de adaos combustibil s-a folosit buretele polimeric. Cercetările date au pornit de la ideea de a reda structura buretelui unui corp ceramic. Prin replicarea unui burete polimeric se obțin structuri poroase total deschise.

Materialele ceramice poroase, astfel preparate, sunt foarte similare cu buretele polimeric, dimensiunea porilor fiind foarte puțin redusă față de dimensiunea porilor acestuia. Valorile de porozitate care se pot obține depășesc 70%.

Prepararea materialelor ceramice poroase, prin impregnarea unui burete polimeric cu o suspensie ceramică, urmează etapele generale prezentate în fig. 2.1.

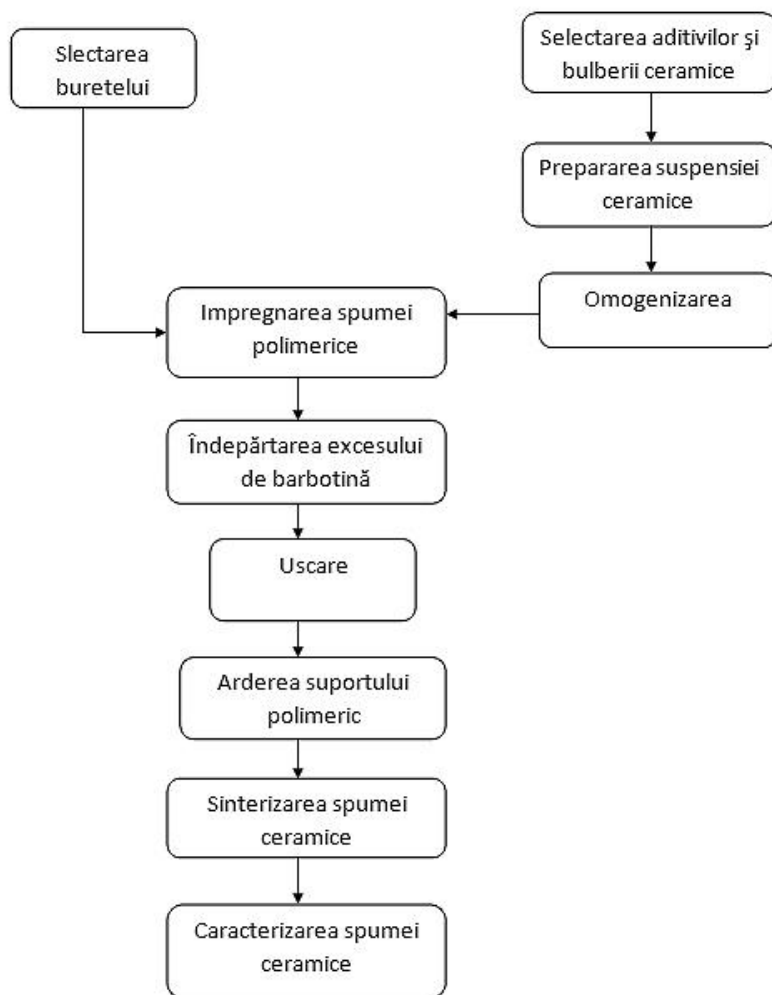


Fig. 2.1. Etapele generale de preparare a materialelor ceramice poroase

**2.1 Selectarea buretelui polimeric.** Selectarea buretelui polimeric este o etapă deosebit de importantă, acesta determinând în mare măsură proprietățile materialului ceramic poros. Sunt astfel urmărite câteva caracteristici principale, prezentate în continuare.

Omogenitatea structurală a spumelor ceramice depinde de *rezistența Ia șoc* a spumei organice polimerice folosită ca materie primă. Rezistența la șoc poate fi măsurată prin metoda numită "saltul bilei". Această determinare măsoară aptitudinea de rezistență la presiune a spumei, prin raportarea la înălțimea la care sare o bilă de oțel cu masă dată (16g), care a fost lăsată să cadă de la o înălțime determinată (aprox. 45cm). Înălțimea saltului se exprimă în procente, în raport cu înălțimea inițială, de la care cade bila.

*Compresibilitatea* este determinată prin măsurarea deformării buretelui sub o forță de comprimare. Arată în ce măsură spuma revine la înălțimea inițială, după o strivire de 50%, de exemplu. Spumele care s-au dovedit adecvate în decursul aplicațiilor fac să apară, după o comprimare de 50%, o deformare permanentă mai mică de 30%.

Proprietățile prezentate anterior, determinate în mediu uscat, trebuie să se păstreze și în mediu lichid, cum este cazul impregnării cu suspensii ceramice.

Materialul polimeric trebuie să se volatilizeze la temperaturi inferioare celei necesare materialului ceramic pentru sinterizare. Dintre spumele polimerice ce îndeplinesc aceste condiții, se menționează: poliuretan, policlorură de vinil, celuloză, polistiren și latex.

Ținând cont de criteriile enunțate, printre polimerii care pot fi utilizați pentru obținerea spumelor ceramice, se pot cita următoarele categorii:

- proveniți din poliuretan;
- pe bază de poliesteri sau de polieteri;
- pe bază de izocianați;
- clorură de polivinil, acetat de polivinil sau pe bază de copolimeri polivinilici;
- pe bază de poliuretani obținuți din polietilenă sau din polisiloxani ori din copolimerii lor;
- pe bază de derivați de celuloză.

Rezultate foarte bune se obțin folosind spumele poliuretanică, poliuretanul având punct de înmuiere scăzut și arzând cu ușurință.

Se evită, astfel, apariția fisurilor în materialul ceramic nesinterizat, datorită eforturilor induse termic. Este în orice caz preferabil ca descompunerea termică a polimerului să se realizeze la temperatură joasă, unde procesul are loc cu viteză scăzută.

Alegerea acestui material este argumentată prin faptul că tehnologiile de producere a poliuretanului deja existente permit în limite destul de largi de a dirija dimensiunile porilor (de la câțiva micrometri până la 2-3 mm) în vederea obținerii unei structuri poroase propuse. În fig. 2.2



este reprezentată curba de analiză termogravimetrică (TG) caracteristică unui burete poliuretanic.

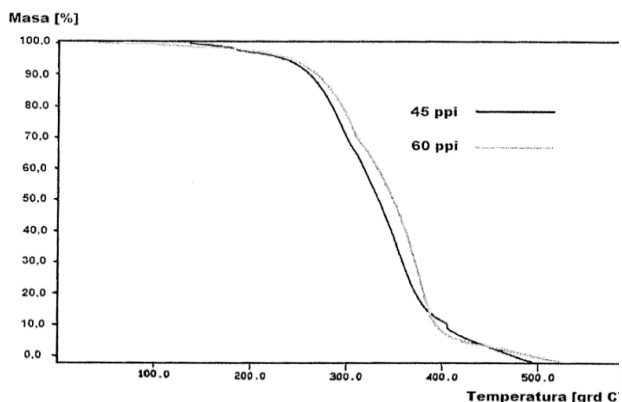


Fig. 2.2. Curba de analiză termogravimetrică a unui burete poliuretanic

Buretele se descompune complet la aproximativ 500°C. Cea mai mare viteză de scădere a masei se înregistrează la circa 350°C.

Este de preferat ca descompunerea buretelui poliuretanic să se realizeze la temperaturi mai scăzute, cu viteză redusă, astfel încât să nu se inducă tensiuni în structura ceramică nesinterizată.

Analiza la microscopul electronic (fig. 2.3) arată o microstructură regulată a buretelui poliuretanic, ușor alungită în direcția de creștere. Structura buretelui este poliedrică, majoritatea fețelor fiind pentagonale, dar existând și fețe romboedrice sau pătrate. Structura buretelui poate fi descrisă de o figură pentagonală dodecaedrică. Fețele romboedrice și pătrate apar deoarece structura menționată nu umple complet spațiul.

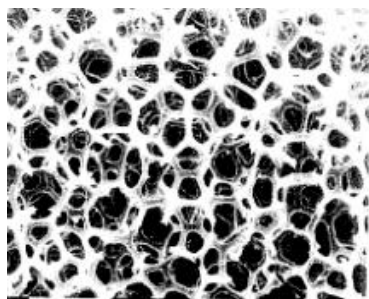


Fig. 2.3. Imaginea micrografică a unui burete polimeric

**Prepararea suspensiei ceramice.** Acoperirea buretelui polimeric cu materialul ceramic se realizează prin impregnare cu o suspensie preparată din pulberea ceramică, mediu de dispersie și aditivi. Proprietățile barbotinei preparate, cum ar fi stabilitatea, omogenitatea sau vâscozitatea, influențează în mod direct proprietățile materialului ceramic poros. Pentru reglarea acestor proprietăți la valori optime se folosesc aditivi și operațiuni fizice specifice.

*Mediul de dispersie* poate fi apa sau compuși organici, în funcție de natura pulberii ceramice și de aplicație.

În general, în suspensiile apoase, speciile dispersate interacționează cu moleculele de apă pentru a forma compuși hidroxilici, la suprafață sau în masă.

În vederea asigurării stabilității suspensiilor ceramice se utilizează *dispersanți* care absorbiți la suprafața particulelor, le modifică proprietățile și fac imposibilă apropierea, împiedicând astfel aglomerarea.

Dispersanții pot fi de natură organică (spre exemplu poliacrilat de amoniu) sau anorganică (spre exemplu silicat de sodiu).

Alți aditivi utilizați la prepararea suspensiilor ceramice sunt *lianții*, meniți să confere rezistență corpului ceramic netratat termic după uscare și să împiedice colapsul în timpul volatilizării buretelui. El trebuie de asemenea să favorizeze acoperirea optimă a structurii buretelui polimeric. Formarea unui număr prea mare de celule închise trebuie evitată.

Exemple de aditivi frecvent utilizați în industria ceramică sunt alcoolul polivinilic, glicerina și respectiv acidul stearic, ca liant, plastifiant și respectiv lubrifiant.

*Agenții antispumanți* au rolul de a împiedica formarea bulelor de aer în timpul omogenizării barbotinei. De asemenea, ei împiedică formarea de punți sau ferestre închise în structura poroasă, care ar induce scăderea penneabilității. Un agent antispumant menționat în literatură este alcoolul izopropilic.

În concluzie, se poate afirma că alegerea componentilor optimi, și de asemenea utilizarea lor în concentrații optime, sunt de o deosebită importanță în ceea ce privește proprietățile suspensiei, și deci ale materialului ceramic poros. Depășirea concentrației recomandate de dispersant, cu o cantitate foarte mică, poate duce la aglomerarea instantanee a suspensiei, obținându-se astfel un efect invers celui urmărit.

Suspensiile se prepară prin adăugarea pulberii ceramice (dimensiunea particulelor minerale nu trebuie să depășească 40 – 50 micrometri) în mediul de dispersie, în care au fost solubilizati aditivii. Adăugarea se face lent, sub agitare continuă. Omogenizarea suspensiei se realizează apoi prin agitare mecanică, magnetică sau cu ultrasunete.

Prepararea suspensiilor ceramice, cu menținerea unei valori acceptabile a vâscozității, care să permită impregnarea optimă a spumei polimerice, devine dificilă și trebuie atent controlată atunci când este necesară obținerea unor suspensii caracterizate prin concentrații foarte mari de solid, de până la 80% masice. Concentrații foarte mari de pulbere ceramică determină pierdere de masă mică în timpul uscării, ceea ce previne apariția fisurilor în acoperirea ceramică.

O problemă o constituie apariția aglomeratelor și a spumei, mai ales în primul stadiu al adăugării pulberii. Spre sfârșitul procesului de preparare a suspensiei aglomeratele dispar, dar rămân bule de aer la suprafața suspensiei. Problema bulelor poate să fie rezolvată prin agitare magnetică prelungită (circa 3 ore).

În timpul impregnării buretelui, este important ca barbotina să aibă vâscozitatea scăzută, astfel încât să pătrundă cu ușurință în interior și să acopere uniform întreaga suprafață a spumei. După impregnare, atunci când asupra buretelui nu mai acționează nici o forță, vâscozitatea trebuie să crească brusc, permițând fixarea acoperirii ceramice.

**Impregnarea buretelui polimeric.** Impregnarea buretelui polimeric se realizează prin comprimare, în vederea eliminării aerului, imersare în suspensia ceramică și îndepărtarea forței de comprimare. Suspensia va pătrunde astfel în interiorul structurii polimerice, ajutată fiind și de forțe de natură capilară. Operațiile de comprimare/decomprimare pot fi repetate până la atingerea densității dorite.

După impregnare, buretele este comprimat între două role, pentru a se realiza eliminarea suspensiei ceramice în exces și omogenizarea distribuției acesteia în structura polimerică.

Prezența suspensiei ceramice în exces, sau aglomerarea ei în anumite porțiuni ale buretelui, conduc la apariția celulelor cu ferestre închise, ceea ce afectează permeabilitatea materialului poros finit. Dacă rolele ar fi prea apropiate, s-ar elimina prea multă suspensie, ceea ce ar conduce la o acoperire insuficientă a pereților spumei. Se impune deci realizarea echilibrului între aceste două aspecte.

În funcție de distanța dintre cele două role și numărul de treceri ale buretelui printre acestea, se poate elimina între 25 și 75% din cantitatea de suspensie absorbită inițial (fig. 2.4).

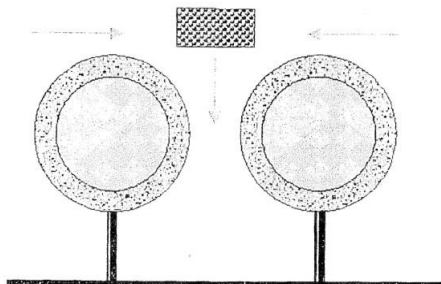


Fig. 2.4. Sistem de role utilizat pentru eliminarea suspensiei în exces din buretele polimeric

Distanța dintre cele două role și numărul de treceri sunt parametri foarte importanți - amândoi influențează cantitatea de suspensie eliminată și distribuția suspensiei în masa buretelui. Dacă rămâne suspensie în exces în burete, se va forma un număr mare de celule închise.

Dacă distanța dintre role este prea mică, este posibil ca o cantitate prea mare de suspensie să fie eliminată, și astfel structura ceramică se fragilizează. De aceea, trebuie să se ajungă la un optim cu privire la aceste două aspecte.

Suspensia trebuie să își păstreze fluiditatea pe tot parcursul operațiunii, pentru o bună eliminare a excesului, precum și o omogenitate de acoperire mare. Dacă suspensia se întărește, laminările ulterioare nu își vor atinge scopul și vor provoca, în plus, distrugerea acoperirii deja formate.

**Procesarea termică.** *Uscarea* se realizează natural, în aer, la temperatura camerei, sau artificial până când buretele atinge masă constantă. Procesul de uscare nu prezintă dificultăți din cauza suprafeței specifice mari și permeabilității porilor.

Pentru *eliminarea suportului polimeric*, buretele impregnat se încălzește foarte lent, până la o temperatură aleasă în funcție de natura polimerului.

Un exemplu de tratament termic presupune două etape. Într-o primă etapă, se realizează o încălzire foarte lentă, cu  $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , până la temperatura de  $400^{\circ}\text{C}$  pentru un burete poliuretanic. La această temperatură, procesul de descompunere a buretelui se realizează cu viteză mai scăzută, evitându-se astfel tensionarea matricei ceramice. Încălzirea controlată, lentă, până la temperatura dorită, este deosebit de importantă în această etapă, pentru a se evita fisurarea sau chiar distrugerea structurii ceramice.

Ce-a de-a doua etapă a tratamentului termic este reprezentată de *densificarea rețelei ceramice prin sinterizare*. Pentru a se atinge

temperatura de sinterizare, viteza de creștere a temperaturii este de 5°C/min. Condițiile de sinterizare sunt alese în funcția de natura pulberii ceramice. Temperatura maximă de ardere depinde de compoziția chimică a masei ceramice și constituie cca 1200-1300°C. După ardere se obțin materiale ceramice cu o structură poroasă ce emită structura buretelui poliuretanic.

Distribuția granulometrică a pulberilor ceramice precursore este hotărâtoare în ceea ce privește proprietățile mecanice ale materialului ceramic poros.

În continuare se propune schema tehnologică principală de preparare a ceramicii poroase prin impregnarea unui burete polimeric (fig.2.5.)

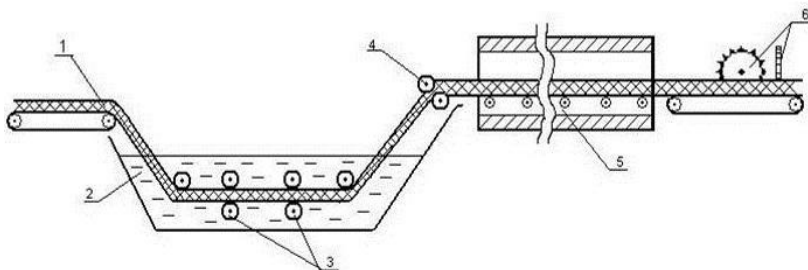


Fig. 2.5. Schema tehnologică de producere a materialelor ceramice poroase prin impregnarea buretelui polimeric în suspensia ceramică:

1-banda de burete; 2-bazinul cu suspensie; 3-role; 4-balțuri de stoarcere; 5-instalația termică; 6- aparat de tăiere.

Banda de burete poliuretanic (1) pe conveier se transmite în bazinul (2) unde se îmbibă cu barbotină. Pentru îmbibarea cât mai completă a barbotinei în porii buretelui banda de poliuretan se comprimă ușor între două role o dată sau mai multe ori. Surplusul de barbotină se stoarce între două role (4).

**Proprietăți.** Caracteristicile microstructurale ale spumelor ceramice sunt practic determinate de cele ale buretelui poliuretanic utilizat. Celulele comunică între ele prin deschiderile din pereți. Datorită acestor deschideri (ferestre), practic celulele sunt legate între ele prin punți.

În interior, pereții celulelor sunt într-o măsură mai importantă închiși, iar acolo unde există deschideri, acestea sunt de dimensiuni mai mici. Acest fenomen se datorează faptului că, în timpul procesului de eliminare a suspensiei în exces, partea interioară a buretelui este supusă unei presiuni mai scăzute, în funcție de distanța dintre cele două role. Astfel, în aceasta zonă, buretele poliuretanic păstra o cantitate mai

importantă de suspensie ceramică, dând naștere după eliminarea polimerului unor celule închise, cu o influență negativă asupra permeabilității spumei ceramice.

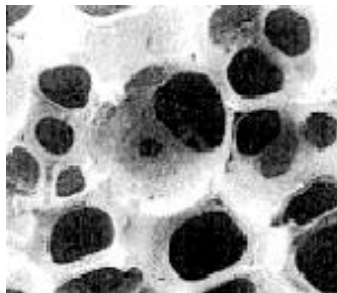


Fig. 2.6 Microscopia suprafeței spumei ceramice

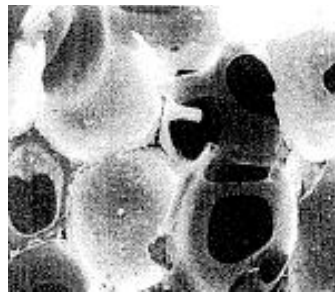


Fig.2.7. Microscopia interiorului spumei ceramice

Densitatea materialelor obținute pe baza buretelui poliuretanic cu diametrul porilor 0,5mm constituie cca 0,15-0,21g/cm<sup>3</sup>, iar celor pe baza buretelui cu diametrul porilor de 2mm – 0,9-1,15g/cm<sup>3</sup>.

**Obținerea membranelor.** Datorită structurii stratificate a membranelor, sunt necesare metode diferite pentru prepararea straturilor, în concordanță cu proprietățile și morfologia fiecăruia.

**Obținerea membranelor sub formă de discuri.** *Suportul* poate fi obținut prin *turnare în bandă*. Banda obținută trebuie să fie destul de flexibilă și să aibă rezistență mecanică suficient de ridicată pentru a putea fi manevrată, să nu prezinte fisuri la desprinderea de pe suportul de turnare și să aibă adeziune ridicată la laminare (benzi de 250 - 300μm sunt presate împreună pentru a se obține grosimea dorită). Din această cauză se impune utilizarea unui liant la prepararea suspensiei de turnare.

Liantul trebuie ales astfel încât să nu influențeze stabilitatea și omogenitatea suspensiei. De asemenea, liantul trebuie dozat astfel încât să nu provoace o creștere exagerată a vâscozității suspensiei, ceea ce ar dăuna procesului de turnare.

Utilizarea lianților pe bază de latex permite un conținut scăzut de liant, cu menținerea scăzută a vâscozității. Dacă se utilizează alcool polivinilic (APV), cantitatea de liant necesară este relativ ridicată, ca și timpul de uscare.

*Stratul intermediar* se obține prin *depunere* pe un suport plat sau de formă tubulară. Depunerea se face în general prin scufundare, grosimea stratului depus depinzând de timpul de menținere în baie și de vâscozitatea

suspensiei. Pulberile utilizate sunt mult mai reactive, porozitatea obținându-se prin reglarea temperaturii de sinterizare.

Porozitatea în suport este creată, în mod convențional, prin utilizarea unei pulberi grosiere, sinterizată în prezența unor aditivi care promovează formarea fazelor lichide. De asemenea, se mai pot utiliza adaosuri de substanțe organice, care prin ardere creează porozitate. Dimensiunea porilor poate fi în acest caz reglată prin variația dimensiunii particulelor componentului organic.

Un procedeu de preparare, alternativ celui prezentat mai sus, ar fi acela în care suportul și stratul intermediar sunt ambele preparate prin turnare în bandă, și laminate împreună înainte de sinterizare. Prepararea este astfel simplificată, se îmbunătățește adeziunea între cele două straturi și se controlează mai exact grosimea stratului intermediar.

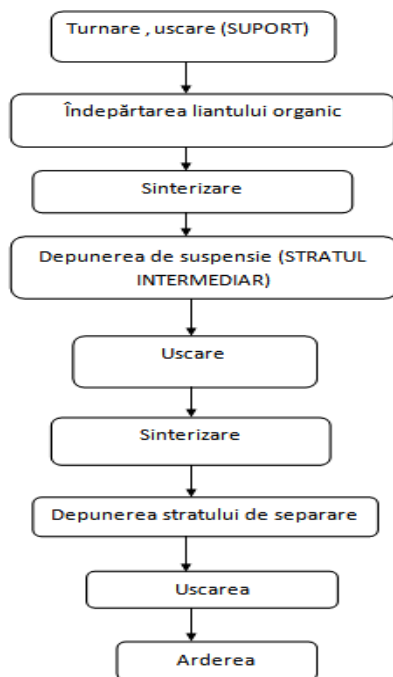


Fig. 2.8. Fluxul tehnologic de preparare a materialelor ceramice poroase prin impregnarea unui burete polimeric cu suspensie ceramică

## Aplicații

Tabelul 1. Aplicațiile membranelor ceramice

Industria	Utilizarea
<i>Alimentară și a băuturilor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• limpezirea și sterilizarea sucurilor din fructe</li> <li>• omogenizarea laptelui și a ouălelor</li> <li>• îndepărtarea fenolilor și a proteinelor din vin</li> </ul>
<i>Biotehnologie / medicamente</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• concentrarea vaccinurilor și a enzimelor</li> <li>• purificarea aminoacizilor</li> <li>• îndepărtarea virușilor din culturi</li> </ul>
<i>Separarea gazelor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• îndepărtarea hidrogenului din aburul de rafinare                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• îndepărtarea CO<sub>2</sub> și H<sub>2</sub>S din gazele naturale</li> </ul> </li> <li>• îmbogățirea azotului</li> <li>• recuperarea metanului în exploatarea minieră</li> </ul>
<i>Controlul poluării</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• separarea particulelor radioactive și a oxizilor metalici</li> <li>• procesarea apelor reziduale</li> <li>• reciclarea agenților de răcire</li> </ul>
<i>Petrochimie</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• procesele de hidrogenare a uleiurilor reziduale</li> <li>• dehidrogenarea catalitică a moleculelor mari</li> <li>• gazeificarea cărbunilor</li> </ul>
<i>Electronică</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• purificarea apei, acizilor, solvenților, compușilor organici</li> </ul>
<i>Extragerea petrolului pe platformele marine</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• filtrarea apei de mare pentru a putea fi utilizată în procesul de extragere</li> </ul>

## Concluzii

- Ceramica a fost, este și va fi un material actual nu doar în construcții dar și în alte domenii.
- Utilizarea materialele ceramice ca materiale de filtrare este într-un totul justificată datorită proprietăților performante pe care acestea le posedă:
  - permit filtrarea în condiții de temperaturi foarte înalte (chiar pînă la 1000°C, în dependență de compoziția chimică a membranei);
  - ușor se sterilizează cu abur sau aer fierbinte;
  - pot fi autoclavizate și sterilizate în mod repetat;
  - posibilitatea de ardere a sedimentului pătruns în pori;
  - stabilitatea filtrelor ceramice în tot diapazonul al pH;



- membranele pot fi spălate cu acizi și baze fierbinți (în special sunt rezistente membranele pe bază de oxizi de Ti și Zr);
  - rezistență suficientă la uzură (în timpul curățirii membranelor de sediment);
  - nivel scăzut de poluare a mediului înconjurător la producerea membranelor ceramice;
  - nu sunt afectate de razele UV.
- Pentru a avea filtre și membrane cu o productivitate mai mare, corpul ceramic trebuie să manifeste o porozitate deschisă.
  - În vederea obținerii a materialelor ceramice cu o porozitate deschisă se poate utiliza metoda impregnării unui burete polimeric cu suspensie ceramică.
  - Materialele obținute astfel au o porozitate absolut deschisă iar porii sunt distribuiți în tot volumul materialului.
  - Prin această metodă se poate ușor controla dimensiunile porilor.
  - Domeniul de utilizare este foarte vast.

Materialele filtrante din ceramică poroasă joacă un rol important în protecția mediului înconjurător.

## Bibliografie

1. Ghițulica, C., Andronescu, E. Materiale ceramice poroase. B: Ed. „Politehnica Press”, 2008. 113p.
2. Дудеров, И., Матвеев, Г., Суханова, В. Общая технология силикатов. М: «Стройиздат», 1987. 560с.
3. Dinescu, A., Popescu, G. Tehnologia materialelor de construcții. B: Ed. „Didactică și pedagogică”, 1981. 198p.
4. Масленникова, Г., Мамаладзе, Р., Мидзута, С. Керамические материалы. М: «Стройиздат», 1991. 313с.
5. Горяйнов, К., Дубенецкий, К., Васильков, С. Технология минеральных теплоизоляционных материалов и легких бетонов. М: «Стройиздат», 1976. 535с.
6. Майзель, И., Сандлер, В. Технология минеральных теплоизоляционных материалов. М: «Высшая школа», 1988. 238с.
7. Юшкевич, М., Роговой М. Технология керамики. изд 3 – е, Москва 1969. 350 с.
8. Балкевич, В. Техническая керамика. М: «Высшая школа» 1968.

9. Будников, П. Новая керамика. М: «Стройиздат», 1969, 306 с.
10. Будников, П. Химическая технология керамики и огнеупоров. М: «Стройиздат», 1972.
11. Боженков, П. Строительная керамика из побочных продуктов промышленности. М: «Высшая школа», 1986.
12. Михайлов, В.. Технология производства керамических изделий из отходов промышленности. К: «Стройиздат», 1983.
13. Беломора, Н., Ефимова, В. Технология силикатов: о методах получения пористой керфмики. Донецкий национальный технический университет. ISSN 0321-4095.  
www.nbu.gov.ua/portal/Chem\_Biol/Vchem/2003./1/Belomerya.pdf
14. <http://tcj.ru/2010/Membrana>
15. Канаев, В. Новая технология строительной керамики. М: «Высшая школа», 1990.
16. АгроНИИТЭИПП. Серия 24. Мембранные методы в пищевой промышленности. Москва, 1993.

*Cușnir L. inginer, cercetător științific stagiar;  
Croitoru Gh. dr.ing. cercetător științific  
ICȘC"INCERCOM"Î.S.*

## **Studiul comportării diferitor tipuri de ciment în betoane**

### **Abstract**

*This article addresses the comparative study of unit cement (clinker Portland  $\geq 95\%$ ) and with added cement (clinker Portland  $< 95\%$ ) to obtain performance characteristics of materials (cement) used in construction in Moldova, in particular to give new features and obtaining new types of concrete.*

### **Rezumat**

*În acest articol se abordează studiul comparativ a cimenturilor unitare (clinker Portland  $\geq 95\%$ ) și cimenturilor cu adaos (clinker Portland  $< 95\%$ ) în vederea obținerii unor caracteristici performante ale materialelor (cimenturilor) folosite în construcții pe teritoriul Republicii Moldova, în special de a da caracteristici noi și obținerea unor noi tipuri de betoane.*

### **Резюме**

*В данной статье рассматриваются сравнительные исследования обычных цементов (клинкер Портланд  $\geq 95\%$ ) и цементов с добавками (клинкер Портланд  $< 95\%$ ), с целью получения некоторых улучшенных характеристик материалов (цементов), используемых в строительстве в Республике Молдова, в частности, придать новые возможности получения новых видов бетонов.*

## **Introducere**

Această lucrare abordează un domeniu de cercetare de actualitate în contextul actual, în care se pune un accent tot mai mare pe protecția mediului înconjurător, economia de resurse materiale și umane, dar tot odată de a încerca de a impune pieții noi tipuri de materiale, care să fie folosite atât în cadrul noilor construcții ingineresti cât, și la reabilitarea și reconsolidarea structurilor existente.

În acest articol se abordează studiul comparativ a cimenturilor unitare (clinker Portland  $\geq 95\%$ ) și cimenturilor cu adaos (clinker Portland  $< 95\%$ ) în vederea obținerii unor caracteristici performante ale materialelor (cimenturilor) folosite în construcții pe teritoriul Republicii Moldova, în special de a da caracteristici noi și obținerea unor noi tipuri de betoane.

Structurile din beton vor rămâne în continuare o soluție pentru realizarea construcțiilor având diferite funcționalități. Avantajele pe care le conferă această soluție sînt legate de faptul că materialele din care se produce betonul (de bază fiind cimentul) sînt răspîndite pe tot globul, comportarea în timp a betonului bine proiectat este corespunzătoare și că acest material de construcție este relativ ieftin raportat la performanțele sale.

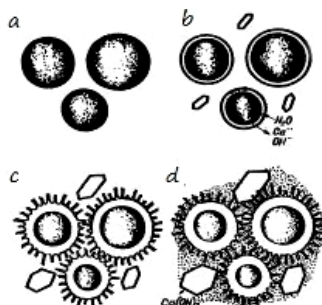
Avînd în vedere necesitatea înțelegerii de ansamblu a fenomenului durabilității betonului în contextul aplicării metodei de proiectare a acestuia pe baza conceptului claselor de durabilitate și expunere (în funcție de mecanismele de degradare a betonului), în articol se aprofundează o serie de aspecte cu caracter general și particular tratate privind în special principiile generale de abordare a studiului cimenturilor destinate produselor de beton și influențele pe care le au adaosurile și aditivii introduși în acest ciment, asupra comportării în betonului atît proaspăt cît și întărit.

### **Studiu de caz**

În prezent, pe piața materialelor de construcții există mai multe tipuri de ciment. Întrucît în ultimii ani s-au produs schimbări profunde atît în domeniul materialelor de construcții cît și în normele tehnice în construcții ar fi binevenite și necesare de a se face unele precizări legate de modul de utilizare a cimenturilor.

E de menționat faptul că, din păcate, există unele confuzii în ceea ce privește tipurile de ciment și de betoane preparate cu ciment, fapt ce poate duce la utilizarea necorespunzătoare a acestora și, respectiv, la o diminuare a performanțelor sau chiar la compromiterea unor elemente structurale sau a întregii structuri de rezistență realizate.

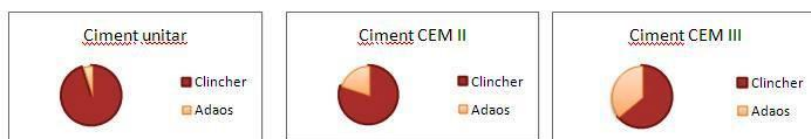
Atît pentru cimenturile unitare cît și cele cu adaos, metodele de încercare și determinare a parametrilor sînt aceleași. În momentul contactului particulelor de ciment cu apa au loc aceleași procese pentru toate tipurile de ciment (Figura 1).



**Figura 1.** Schema procesului de transformare din pasta de ciment în piatră de ciment:  
 a – particule de ciment în apă, stadiu inițial; b – formarea unui de gel pe particule, perioada închisă de hidratare; c – stadiul secund de creștere a stratului de gel, cu distrugerea primului strat, și formarea pe suprafața particulelor a rugozităților (a treilea stadiu de hidratare); d – compactarea prin creșterea densității a pietrei de ciment, odată cu hidratarea ulterioară a cimentului

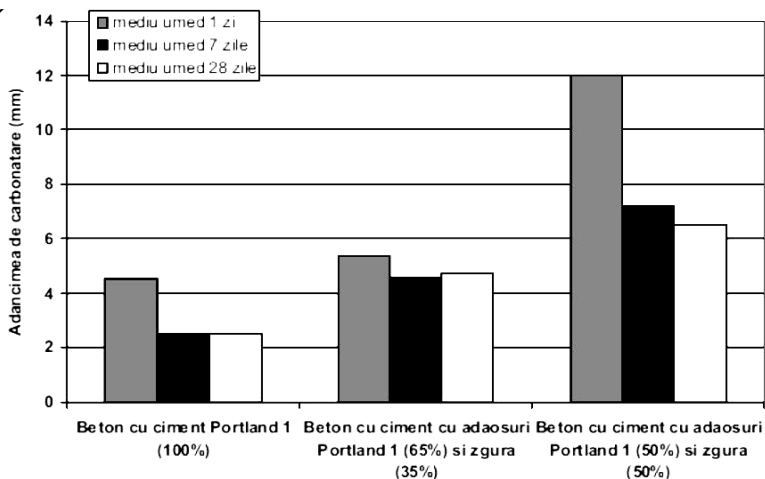
### Aspectele benefice și negative de utilizare a cimenturilor cu adaos comparativ cu cele unitare

Pentru producerea unei tone de clincher consumul mediu de materii prime este de 1,5 tone. Cea mai mare pierdere din proces se datorează reacției de calcinare ( $\text{Ca CO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ) prin emisia de dioxid de carbon în aer, această pierdere poate fi compensată printr-un procent mai mare de adaos și astfel obținem o cantitate mai mare de ciment cu proprietăți satisfăcătoare (Figura 2).



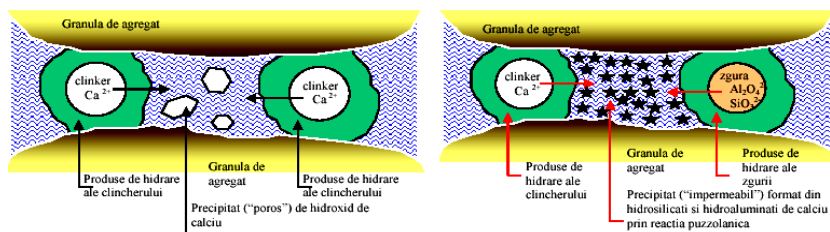
**Figura 2.** Prezentarea grafică a raportului clincher-adaos pentru cimenturi unitare și cu adaosuri

Odată cu aceasta putem să îmbunătățim unele proprietăți ale betoanelor suplimentare în procesul de preparare a betonului, totuși excesul de adaosuri duce la o viteză mai mare de carbonatare a betonului (Figura 3).



**Figura 3.** Influența tratării inițiale ale betonului, a tipurilor și procentelor de adaos în ciment asupra vitezei de carbonatare a betoanelor, (determinate la un an în condiții de laborator)

Cenușa, zgura și alte materiale cimentoide contribuie la dezvoltarea rezistențelor în beton. Variația rezistenței betonului preparat cu astfel de cimenturi cu adaosuri este destul de mare, rezistența putând fi mai mare sau mai mică decât rezistența betonului utilizând ciment Portland (Figura 4). În general betonul ce conține procente ridicate de adaosuri înregistrează creșteri mari de rezistență după 28 zile față de betonul preparat numai cu ciment Portland.



**Figura 4.** Mecanismul "blocării porilor" din piatra de ciment preparată cu ciment unitar și cu ciment cu adaos de furnal, în timpul procesului de întărire

Cimentul este materialul de bază pentru construcția de locuințe civile. Producția din industria cimentului este direct raportată la afacerile

din construcții în general și de aceea este strâns legată de situația economică globală.

Dezvoltarea și consolidarea construcțiilor trebuie realizată prin sprijinirea de către producători, sau a celor care oferă „piața”, a promovării unor noi tipuri de materiale specifice cum ar fi cimentul și a activităților de construcție. Schimbul de experiență la nivel național cât și la nivel internațional ar putea duce la creșterea calității serviciilor și de a încerca de a diversifica utilizarea betoanelor în Republica Moldova prin prepararea unor noi tipuri de betoane.

Pentru a spori rezultatele obținute din aceasta activitate și pentru a dezvolta infrastructura acestui sector important, autoritățile, cât și agenții economici trebuie să aibă în vedere promovarea unor activități sau programe care susțin și cer noi tipuri de cimenturi. Pe lângă aspectul financiar, se va avea în vedere schimbul de experiență și cunoștințe în domeniul tehnologic care vor duce la creșterea calității materialelor odată cu adoptarea normativelor europene, precum și nevoile și cerințele consumatorilor, partea română fiind un susținător moral și practic în implementarea și acceptarea noilor cerințe.

Pentru producerea unei tone de clincher consumul mediu de materii prime este de 1,57 t. Cea mai mare pierdere din proces se datorează reacției de calcinare ( $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ) prin emisia de dioxid de carbon în aer, care poate fi compensat printr-un procent mai mare de adaos și astfel obținem o cantitate mai mare de ciment cu proprietăți satisfăcătoare.

În realizarea acestei succinte prezentări, menite să prezinte contribuția lucrării de față la implementarea pe teritoriul Republicii Moldova a unor tipuri noi de ciment care oferă betoanelor proprietăți noi, se subliniază faptul că se impune continuarea, adâncirea și rafinarea investigației teoretice, printr-o colaborare interdisciplinară între specialiștii noștri și cei români, care poate avea efecte benefice în sfera activității date și, implicit, în economia resurselor naturale și energetice.

## Concluzii

Prin analiza întreprinsă în lucrarea de față s-a propus realizarea – din perspectiva implementării unui nou tip de material, în cazul dat de ciment, și unei descrieri structurale ale celor existente în Republica Moldova. Cercetarea s-a bazat atât la obiective teoretice, cât și practic-aplicative.

Republica Moldova produce doar trei tipuri de ciment datorită faptului, că nu există suficiente rezerve și tipuri de materie primă necesară

pentru producerea și altor tipuri de ciment, fiind nevoie să importe componentele.

În urma analizei s-a constatat că:

- variația rezistenței betonului preparat cu cimenturi cu adaosuri (în general betonul ce conține procente ridicate de adaosuri) este destul de mare, rezistența înregistrând creșteri mai mari după 28 zile față de betonul preparat numai cu ciment Portland.

- un ciment de furnal CEM III/A cu un dozaj ridicat de zgură oferă o mai mare rezistență la penetrarea ionilor de clor prin comparație cu un ciment de furnal CEM II/A-S.

- pentru producerea unei tone de clincher consumul mediu de materii prime este de 1,5 t, această pierdere poate fi compensată printr-un procent mai mare de adaos și astfel obținem o cantitate mai mare de ciment cu proprietăți satisfăcătoare.

- odată cu creșterea cantității de adaosuri putem să îmbunătățim unele proprietăți ale betoanelor, totuși excesul de adaosuri duce la o viteză mai mare de carbonatare a betonului.

Încercarea de realizare a unui nou tip de ciment în Republica Moldova, în special ciment cu adaosuri, poate avea efecte benefice în sfera activității date și, implicit, în economia resurselor naturale și energetice.

## Bibliografie

1. EN 197-1 Ciment. Partea 1: Compoziție, specificații și criteriile de conformitate ale cimenturilor uzuale
2. EN 196-1 Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 1: Determinarea rezistențelor mecanice
3. EN 196-3 Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 3: Determinarea timpului de priză și a stabilității
4. EN 196-6 Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 6: Determinarea fineții
5. EN 196-7 Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 7: Metode de prelevare și pregătire a probelor de ciment
6. EN 196-8 Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 8: Căldura de hidratare. Metoda prin dizolvare
7. EN 196-9 Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 9: Căldura de hidratare. Metoda semi-adiabatică
8. S. OPRIȘ ș.a. "Manualul inginerului din industria cimentului" Institutul Național de Ciment CEPROCIM S.A., Vol. I Editura Tehnică, București 1994 și Vol. II, Editura Tehnică, București 1999



9. A.M. NEVILLE, “Proprietățile Betonului”, Ediția IV, Editura Tehnică, București 2003

10. EN 206-1 Beton. Partea 1: Specificație, performanță, producție și conformitate.

*Gorețcaia A. inginer, cercetător științific stagiar,  
ICȘC"INCERCOM"Î.S.  
Susanu D. adm. SC,,GEBHARD-CONSTRUCT"SRL, Cahul*

## **Izolația sonoră a blocurilor de ferestre cu geam termopan**

### **Abstract**

*XXI century is the century of development of various fields of human activity. Even at night cities are quiet. For some people, it becomes a problem because noise is a constant source of stress, causing irritability and fatigue. Despite the fact, that modern buildings are built to strict criteria for sound insulation, however, in the living room the windows is an element most vulnerable to noise.*

*In the desire to escape these negative things, people choose windows with glass units sealed. For this reason, the main requirement is the choice of window is – sound insulation of them. This article examines the general principles of design patterns of windows with glass units sealed in the dependence of noise and sound insulation index.*

### **Rezumat**

*Secolul XXI este secolul de evoluție a diferitor domenii de activitate umană. Chiar și în timpul nopții orașele mari nu sunt liniștite. Pentru unii oameni, aceasta se transformă într-o problemă, deoarece zgomotul devine o sursă constantă de stres, provocând iritabilitate și oboseală. Necăzind la faptul, că clădirile moderne sunt construite după criteriile de fonoizolare stricte, cu toate acestea, în camerele de locuit blocul de fereastră este „un element cel mai vulnerabil” la zgomot.*

*În dorința de a scăpa de aceste lucruri negative, oamenii aleg ferestre cu geam termopan. Din acest motiv, cerința principală la alegerea blocurilor de ferestre este – fonoizolația lor. Lucrarea dată cercetează principii generale de proiectare a modelelor de blocuri de ferestre cu geam termopan în dependența de nivelul de zgomot și indicelul de fonoizolare.*

### **Резюме**

*XXI век стал веком развития различных областей человеческой деятельности. Даже в ночное время «мегаполисы не спят». Для некоторых людей это становится серьезной проблемой, потому что шум является постоянным источником напряжения, что приводит к раздражительности и хронической усталости. Несмотря на то, что современные здания построены в соответствии со строгими критериями звукоизоляции, оконные блоки остаются наиболее уязвимыми элементами по отношению к внешнему шуму.*

*В желании избежать эти негативные явления, люди выбирают окна с герметичным стеклопакетом. По этой причине, главным требованием в выборе оконных блоков является – их звукоизоляция. В данной статье рассматриваются общие принципы разработки моделей оконных блоков с клееным стеклопакетом в зависимости от уровня внешнего шума и индекса звукоизоляции.*

## Introducere

Poluarea fonică (sonoră) reprezintă o componentă importantă a poluării mediului înconjurător și prin caracterul nociv și prin prezența sa în toate compartimentele vieții moderne. Protecția la zgomot este stipulată ca cerință esențială în Directiva Consiliului Europei nr.89/106/CEE și Documentele Interpretative aprobate la 30 noiembrie 1993 și este definită astfel: "Construcția trebuie proiectată și executată astfel încât zgomotul perceput de utilizatori sau persoanele aflate în apropiere să fie menținut la un nivel care să nu afecteze sănătatea acestora și să le permită să doarmă, să se odihnească și să lucreze în condiții satisfăcătoare". Poluarea sonoră constituie o problemă majoră pentru toate țările dezvoltate economic sau în curs de dezvoltare. Ea reprezintă agresiunea continuă, determinată de diferite zgomote produse de mașini, utilaje, aparatură industrială sau casnică, în incinta construcțiilor sau în afara acestora, zgomote favorizate de modul de amplasare și izolare constructivă a acestora. Cunoașterea tipurilor de zgomote pe care le produc aceste surse, ajută la găsirea unor soluții specifice fiecărei surse, pentru asigurarea unui confort acustic.

## Sursele de zgomot și indicii de izolație fonică

În rezolvarea problemei de reducere a zgomotului în încăpere trebuie să fie luate în considerare zgomote externe și interne (care sunt generate în interiorul spațiului). În clădiri comerciale, principala sursă de zgomot este echipamentul de producție. Gradul de fonoizolare a încăperii de la zgomotul provenit din exterior ar trebui să fie ales astfel încât să reducă zgomotului exterior pînă la nivelul zgomotului intern. Consolidarea în continuare a izolației fonice nu duce la creșterea confortul acustic în încăpere. În practica de construcții, zidurile exterioare ale clădirilor locative sunt suficient de masive și, de regulă, posedă o buna izolare fonică. Din acest motiv problema reducerii impactului sonor se estimează cu necesitatea îmbunătățirii izolației fonice a ferestrelor.

Proprietăți fonoizolante a construcțiilor de protecție sunt evaluate după valoarea indicatorului de izolare fonică, care este egal cu diferența dintre nivelurile de sunet înainte și după trecerea lui prin construcție:  $R = L_1 - L_2$ . Trebuie remarcat faptul, că indicele de izolare fonică a diferitor construcții depinde de frecvența sunetului. Mai jos, în figural în calitate de exemplu este prezentată dependență indicelui de izolare fonică a geamurilor unicamerale de frecvența și grosimea foi de sticle.

După cum se poate observa din figura 1, sunetele de înaltă frecvență sunt absorbite mai bine de pereți decât de geamuri unicamerale. Evident, în domeniul de frecvențe apropiate de frecvențe de

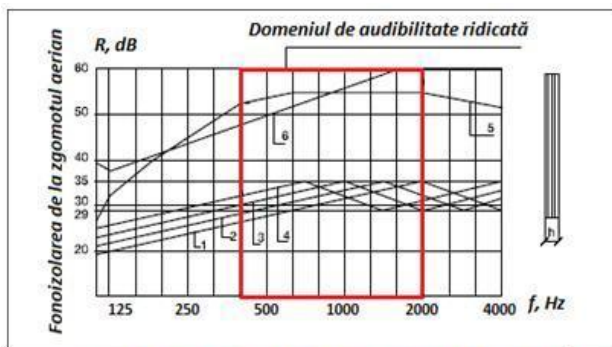


Figura 1. Caracteristici de frecvență a izolației a zgomotului aerian cu geamuri termopane unicamerale la diferite grosimi a sticlelor h :  
 1—h = 3 mm, m = 7.5 kg m<sup>-2</sup>; 2—h = 4 mm, m = 10 kg m<sup>-2</sup>; 3 — h = 6 mm, m= 15 kg m<sup>-2</sup>;  
 4—h = 8 mm, m = 20 kg m<sup>-2</sup>, 5 — curbă normativă a izolației aeriene,  
 6 — zidărie din cărămidă r = 1900 kg m<sup>3</sup>, h = 250 mm, m = 475 kg m<sup>-2</sup>.

rezonanță a construcțiilor (în cazul zgomotului provocat de trafic rutier sunt valorile de frecvență joasă), se urmărește o scădere bruscă a indicelui de izolare fonică. Zgomote provocate de diferite surse au compoziții spectrale diferite, și, prin urmare, indicele sumar de fonoizolare la una și aceeași construcție va fi diferit.

Cele mai frecvent sunt utilizați indicii de izolare fonică:

- $R_W$  – indicele de izolare fonică a zgomotului aerian, măsurat în raportul cu spectrul de etalon a zgomotului alb (zgomot cu densitatea permanentă a spectrului);
- $R_W + C$  – index de fonoizolare a zgomotului tipic de frecvențe medii;
- $R_W + C_{tr}$  - index de fonoizolare a zgomotului tipic de trafic, măsurat în raport cu spectrul tipic a zgomotului rutier (zgomot de frecvențe joase).

În literatura tehnică de specialitate se utilizează un indice similar, notat  $R_{Atran}$ . În Fig.2 sunt prezentate exemple de spectre de zgomot provocate de diferite surse a transportului auto, cu scopul de a identifica nivelul de rezonanță la frecvențe joase.

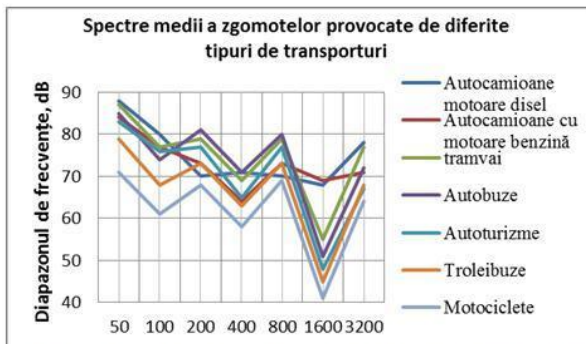


Figura 2. Spectre medii a zgomotelor provocate de diferite tipuri de transporturi auto:  
 1 — autocamioane motoare diesel; 2 — autocamioane cu motoare pe benzină;  
 3 — tramvai; 4 — autobuze; 5 — autoturizme; 6 — troleibuze; 7 — motociclete.

În conformitate cu ISO 717-1[6], proprietățile acustice ale elementelor de construcție ar trebui să fie indicate sub forma unui indice standardizat, care combină acești trei indicatori, și să fie scris, după cum urmează:  $R_w (C; C_{tr})$ . Unde,  $C$  și  $C_{tr}$  sunt doi coeficienți de corecție, care sunt adăugate la valoarea  $R_w$ , și, respectiv,  $R_w + C$  sau  $R_w + C_{tr}$ .

Tabelul 1 arată care indici ar trebui folosiți pentru a evalua eficacitatea de izolare, în funcție de sursa de zgomot. Zgomotul traficului auto este situat în zona frecvențelor joase.

Deoarece zgomotele de joase frecvențe se absorb mai rău de către construcții, indicatorul  $R_w + C_{tr}$  este întotdeauna mai mic decât  $R_w$  (amendamentul- $C_{tr}$  negativ).

Metode de determinare a indicilor de fonoizolare sunt stipulate în documentele normative internaționale și naționale, și anume: ISO 717-1, ISO 140, СНП 23-103-2003 și СНиП 23-03-2003.

Tabelul 1. Tipuri de zgomot în dependența de sursă

Sursa de zgomot	$R_w + C$	$R_w + C_{tr}$
Jocul copiilor	+	
Zgomot de uz casnic (conversații, muzica, radio, TV)	+	
Disco		+
Zgomot de autostrada (> 80 km / h)	+	
Zgomot de trafic urban		+
Transportul feroviar de viteză înaltă	+	
Transportul feroviar de viteză lentă		+
Avionul reactiv. Zbor apropiat	+	
Avionul reactiv. Zbor îndepărtat		+
Avioane cu turbine		+

## Proprietățile de izolare fonică a geamurilor termopane

În primul rând, remarcăm faptul că indicele de fonoizolare a ferestrelor deschise practic este egal cu zero. Indicele de fonoizolare a ferestrei deschise la 10%, este mai puțin de 10 dB [4]. Pentru a asigura o ventilație naturală în condițiile zgomotului sunt utilizate modele speciale de design a ramelor de ferestre, dotate cu o aerisire-amortizoare de zgomot. Părțile translucide ocupă de la 70 pînă la 90% a suprafeței de fereastră. Respectiv, izolația fonică a ferestrei depinde de proiectarea geamurilor termopane, și anume de tipul, numărul și grosimea sticlelor, dimensiunile golurilor dintre panouri, tipul gazului de umplere. Tabelul 2 reprezintă datele privind influența asupra indicelui de fonoizolare de la zgomotul a traficului auto. Următorii factori care influențează indicele de fonoizolare: grosimea sticlelor, asimetria sticlelor, folosirea sticlei multistrat (sticlă laminată-triplex), precum și folosirea sticlei laminate cu folie specială de izolare fonică PVB. Această folie are o absorbție acustică ridicată la frecvențe joase, și prin urmare, este bine adaptată pentru protecția de la zgomotului de trafic. În prezent, pe piața europeană este prezentată un singur brand de așa tip de sticlă - Stratophone (marcă comercială a sticlelor multi-strate și fonoizolatoare și este produsă de AGC (Asahi Glass Company)).

Tabelul 2. Influența parametrilor termopanelor asupra fonoizolației

Parametrul de comparație	Grosimea geamului / formula	$R_w+C_{tr}$ , dB
Influența grosimii sticlei la fonoizolația	4 mm	26
	6mm	28
Compararea indicelui de fonoizolare a float sticlei, sticlei cu multistraturi și sticlei multistrate fonoizolatoare	6mm	28
	Stratobel 33.2 (gr.6.76mm)	29
Compararea indicelui de fonoizolare a geamului unicameral, a geamului simetric și geamului asimetric	Stratophone 33.2 (gr.6.76mm)	33
	Float 4mm	26
	4mm/12/4mm(simetric)	26
Compararea indicelui de fonoizolare a termopanelor cu decalaj aerian diferit	4mm/12/6mm(asimetric)	30
	6mm/12/6mm	28
Compararea indicelui de fonoizolare a termopanului simplu multistrat și termopanului multistrat fonoizolant	6mm/20/6mm	30
	<b>Stratobel 88.2 (16.76mm) /15/ Stratobel 66.2 (12.76mm)</b>	<b>41</b>
	<b>Stratophone 88.2 (16.76mm) /15/ Stratophone 66.2 (12.76mm)</b>	<b>47</b>

După cum se poate observa din aceste date, creșterea grosimei foi de sticlă duce la o creștere a indicelui de izolare fonică. Sticlă laminată cu folie PVB este mai mult fonoizolantă decât cea floată.

Publicitatea a convins consumatorul **că orice termopan** este un mijloc, „magic” de protecție de la zgomotul extern, că un termopan "standard" unicameral cu sticle de aceeași grosime, nu este mai bun decât chiar un termopan cu o singură sticlă în ceea ce privește reducerea zgomotului. Motivul este faptul că creșterea greutateii și numărului de straturi de sticle fonoabsorbante în comparația cu un geam obișnuit, se compensează cu apariția frecvenței suplimentare de rezonanță, care corespunde oscilațiilor termopanului și oscilațiilor frecvențelor de rezonanță a ambelor sticle.

Orice scurgere sau fisură reduce semnificativ caracteristicile acustice ale geamurilor. Blocuri de ferestre din masă plastică PVC cu geam termopan, de regulă, posedă cu fonoizolare mai bună decât ferestrele tradiționale. Utilizarea blocurilor de ferestre cu termopane asimetrice (cu sticle de diferite grosimi) asigură îmbunătățirea semnificativă a fonoizolației (Fig.3).

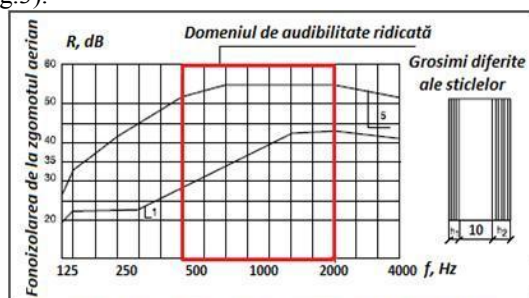


Figura 3. Caracteristică de frecvență a izolației zgomotului aerian cu termopane duble și grosimi diferite  $h_1$  și  $h_2$ . Grosimea stratului aerian  $d=10\text{mm}$ : 1— $h_1 = 4 \text{ mm}$  ( $m = 10 \text{ kg m}^{-2}$ ),  $h_2 = 6 \text{ mm}$  ( $m = 15 \text{ kg m}^{-2}$ ); 5—curba normativă de izolare a zgomotului aerian.

Creșterea grosimii stratului de aer în termopan, de asemenea, dă un efect pozitiv la creșterea izolației fonice. Cei mai buni indici de fonoizolare dețin geamurile termopane asimetrice cu două sticle de protecție sonoră.

Ar trebui de remarcat faptul că izolarea fonică a ferestrelor depinde și de numărul de sticle, de grosimea lor, precum și de compoziția stratul de umplere. În dependența de caracteristicile chimico-fizice a gazului se poate de judecat despre fonoizolarea viitorului termopan. Contribuirea sa la creșterea fonoizolației introduce injectarea gazului inert în spațiu dintre sticlele. Acest lucru se datorează faptului, că frecvența undelor sonore în

gaze inerte este semnificativ mai mică decât în aer. Tabelul 3 conține datele despre viteza sunetului în diferite gaze inerte:

Tabelul 3. Viteza sunetului în gaze inerte ca atenuare acustică utilizate în construcția termopanelor

Parametri la T=21°C și presiunea 0,1 MPa	SF <sub>6</sub> <i>/Hexafluorură de sulf/</i>	Kripton	Argon	Aer
Viteza sunetului, [m/s]	146.23	209,38	272.19	284.75

### Dependența nivelului sonor de la indicele de izolație fonică

Nivelul de zgomot generat de surse externe depinde de următorii factori: nivelul de zgomot la fațada clădirii, de indicele de izolare fonica a geamurilor și de suprafața lor, precum și de forma încăperii locative și posibilității de absorbție a undelor sonore de elementele de interiorul.

Caracteristicile acustice ale elementelor clădirii sunt prezentate în tabelul 4.

Tabelul 4. Caracteristicile elementelor de construcție

Element de construcție	Indicele de fonoizolație la zgomotului auto	Suprafața elementului, m <sup>2</sup>
Pereți din cărămidă	51	6
Geam termopan	26/39	3,2
Rama	37	1,4
Sigiliu cercevelei închise	60	6.3
Sigiliu cercevelei deschise	45	8.4

Nivelul de zgomot intern se calculează folosind software specializat. Cu toate acestea, nivelul poate fi determinat și aproximativ, folosind metoda din EN 12354-3:2000. Ca un exemplu, vom calcula nivelul de zgomot, penetrat în sala cu volum de 50 de m<sup>3</sup> de la autostrada orașului, cu un bloc de fereastră cu geam termopan dublu, care ies pe fațada clădirii construită din cărămidă. Au fost evaluate două variante. În prima variantă presupunem, că în fereastră sunt montate termopane standarde 4mm/12/4mm cu indicele de fonoizolare  $R_w + C_{tr} = 26$  dB.



În varianta a două calcule au fost efectuate pentru ferestrele cu geam termopan fonoizolant Stratophone: 8 mm/15/Stratophone 66.2,  $R_W+C_{tr} = 39$  dB.

Nivelul de zgomot în exteriorul clădirii luăm în conformitate cu tabelul 2 din standard:  $L = 70$  fon.

Nivelul zgomotului provocat de trafic auto va fi egal:

- Pentru geam termopan standard — ( $R_W+C_{tr}=26$  dB) -  $L = 0,8$  son,
- Pentru geam termopan fonoizolant — ( $R_W+C_{tr} = 39$  dB) -  $L = 0,4$  son;

În cazul al doilea nivelul de zgomot în încăperea este de 2 ori mai mic.

## Concluzii

În urma analizei efectuate cu privire la izolația sonoră a blocurilor de ferestre cu geam termopan s-a constatat că: 1. Orice scurgere sau fisură reduce semnificativ caracteristicile acustice ale geamurilor. Calitatea de montaj este un factor foarte important. 2. În încăperile zgomotoase cu scopul de aerisire este de dorit de a utiliza ferestrele cu geam termopan cu supape fonoizolante.

3. Indicele necesar de izolație fonică poate fi atins prin alegerea modelelor de geam termopan cu diferite grosimi ale sticlelor cu varierea distanței dintre ele.

4. Majorarea cantității de sticle de dimensiunile unice în geam nu duce la rezultatele maxime perfecte. Sunt vulnerabile la zgomote de frecvențe joase.

5. Contribuția sa la creșterea fonoizolației aduce injectarea gazului inert în spațiul dintre sticle, de exemplu argonului, criptonului sau hexafluorului de sulf. Acest lucru se datorează faptului, că frecvența oscilațiilor sonore în gaze inerte este semnificativ mai mică decât în aer.

6. Se recomandă utilizarea sticlei cu grosimea mai mare de 4 mm (grosimea sticlei standard) sau sticlelor cu folie de butiral de polivinil de grosime 0,83mm (sticla „triplex”), și cu spațiu de gaz inert între ele. Un rol important joacă utilizarea distanțelor diferite la sticle.

Prin alegerea tipurilor de sticlă într-o combinație corectă (modele), este posibil de a optimiza caracteristicile acustice pentru un anumit tip de zgomot.

## **Bibliografie**

1. Радзишевский А. Ю. «Основы аналогового и цифрового звука». — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006 г.
2. Иофе В. К., Янпольский А. А. «Расчетные графики и таблицы по электроакустике». — Л., 1954 г.
3. Осипов Л. Г., Бобылев В. Н., Борисов Л. А. и др. «Звукоизоляция и звукопоглощение». — М.: «Издательство АСТ», «Издательство Астрель», 2004 г.
4. СП 23-103-2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий».
5. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума».
6. ISO 717-1 «Acoustics — Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation».
7. ISO 140 Acoustics — Measurement of sound insulation in buildings and of building elements.
8. EN 12354-3:2000 Building acoustics — Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements — Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound.
9. Directiva Consiliului Europei nr.89/106/CEE privind produsele pentru construcție.

Скамина Р. Д.т.н, Горецкая А. инж.,  
ICȘC"INCERCOM"Î.S.  
Соколов Вл. инж. SRL "Artan Prim, Флорешть

## **Фракционированные пески, их производство и перспективы применения в производстве сухих строительных смесей и других строительных материалах.**

### **Abstract**

*Due to the use of fractionating sands dry building mixtures acquire high technical indexes, it is explained by that sand passes a few stages of preparation (drying, crushing and dividing into a few different factions). A presence in sandy mixture of grains of all necessary sizes does her more dense, that promotes durability, and similarly steam-tightness.*

### **Rezumat**

*Prin utilizarea de amestec de nisip uscat granulometrie achiziționa tehnică de înaltă performanță, acest lucru se datorează faptului c ănisipul trece prin mai multe etape de pregătire (uscarea, zdrobire și separare în fracțiuni diferite).*

### **Резюме**

*Благодаря использованию фракционированных песков сухие строительные смеси приобретают высокие технические показатели, это объясняется тем, что песок проходит несколько этапов подготовки (сушка, дробление и разделение на несколько различных фракций). Наличие в песчаной смеси зёрен всех необходимых размеров делает ее более плотной, что повышает прочность, ударостойкость, а так же влаго- и паронепроницаемость.*

## **Введение**

Высокая точность дозирования вяжущих компонентов, песка и модифицирующих добавок, а так же полная автоматизация процесса (исключающая влияние на процесс человеческого фактора) позволяет производить сухие строительные смеси стабильно высокого качества, используемые во всех видах строительных и отделочных работ .

При исследовании влияния рецептур и ,в частности, составляющей песка по различным фракциям на свойства сухих строительных смесей и определению их оптимального содержания для

сухих строительных смесей различного назначения получены составы сухих строительных смесей на фракционированных песках.

Исходный материал, используемый для производства песка – отсева

дробления или природные чистые пески фракцией от 0 до 10 мм. Благодаря предварительной подготовке материала (сушка, дробление) и разделению на различные фракции, возможен выпуск песка с различным модулем и по граничному зерну.

### **Этапы по обогащению песка. Производство фракционированного песка**

Природные пески и песчано-гравийные смеси нечасто имеют стандартные характеристики, позволяющие их использовать в производстве строительных материалов непосредственно после добычи. Нужный результат дают обогатительные мероприятия. Если имеющиеся на месте пески по зерновому составу или содержанию примесей не соответствуют требованиям стандарта, а доставка качественного песка сопряжена с большими расходами, то экономически целесообразно обогащать пески.

Основная цель обогащения — обеспечение требуемого зернового состава песка.

Обогащение песка состоит в удалении зерен крупнее 5 мм, отмывке пылевидных, илистых и глинистых частиц и улучшении зернового состава.

Отделение зерен гравия производят грохочением песка на вибрационных плоских или в барабанных грохотах.

Промывку песка с целью удаления пылевидных, илистых и глинистых примесей осуществляют в пескомойках или классификаторах различной конструкции. Промывка песка состоит в перемешивании и перетирании его в водной среде, в результате чего глинистые включения и пленки, покрывавшие поверхность зерен песка, диспергируют и вместе с пылевидными примесями переходят в шлам, сливаемый при непрерывной подаче чистой воды. Подобным образом работают применяемые иногда корытные, драговые и другие пескомойки.

При получении песка сортировкой природной песчано-гравийной смеси на грохотах промывку его нередко производят непосредственно при грохочении путем орошения грохотов водой с последующим удалением загрязненной воды. Качество промывки при этом, как правило, ниже, чем при использовании специальных

пескомоек. Промывка песка вызывает необходимость его последующего обезживания, что усложняет технологический процесс, особенно в зимнее время. Поэтому заслуживают особого внимания сухие способы обогащения, например, путем продувки сбрасываемого песка потоком воздуха и различной классификации.

Таким способом, конечно, нельзя удалить пленки глины с поверхности зерен природного песка, но пылевидные частицы из дробленого песка, в том числе из отсевов камнедробления, удаляются.

Также перспективным направлением, уже осуществляемым в промышленности нерудных материалов, является фракционирование песка, т.е. разделение его по крупности зерен на фракции. Последующее раздельное дозирование фракций при приготовлении бетонной, растворной смеси или сухих строительных смесей обеспечивает постоянство зернового состава песка. Это мероприятие предусмотрено действующими стандартами. Оно необходимо в связи с тем, что пески почти всех месторождений, как правило, недостаточно однородны по зерновому составу.

Даже в том случае, если зерновой состав песков удовлетворяет требованиям стандарта, они могут быть неоднородны. Например, полный остаток на сите с отверстиями 0,63 мм может колебаться от 20 до 70%, т. е. песок может относиться к различным группам по крупности, значительно отличаться пустотностью и удельной поверхностью. При приготовлении строительных смесей это ведет к перерасходу цемента для компенсации вероятности наиболее неблагоприятного зернового состава песка.

Однако существуют две проблемы. Первая состоит в выборе технологии фракционирования, вторая — в обеспечении условий эффективного использования песка, разделенного на фракции.

Многофракционная смесь, какой является обычный песок, в процессе пересыпки, истечения из бункеров, осыпания откосов штабелей или конусов, при транспортировании ленточными конвейерами подвергается расслоению, сепарации по крупности зерен, что затрудняет оптимизацию зернового состава. В принципе возможна поставка фракционированного песка в виде смеси фракций в заданных

соотношениях, обеспечивающих требуемый зерновой состав смеси. Однако осуществить это очень трудно.

Единственно правильный путь — создание на предприятиях по производству смесей условий для отдельного складирования и использования фракций песка с последующим их смешиванием в смесителях вместе с другими компонентами смеси. Это необходимо предусматривать при проектировании и строительстве новых предприятий, а также реконструкции действующих.

Дробленный фракционированный песок из отсеков дробления или природный может быть предложен в виде различных оптимальных фракций. Фракции могут быть получены и разделением песка по граничному зерну, соответствующему размерам отверстий контрольных сит. Отдельные фракции песка, имея более узкий зерновой состав, менее склонны к расслоению. Поэтому фракционирование песков и их раздельная поставка потребителям целесообразны и с этой точки зрения.

### **Свойства и область применения фракционированных кварцевых и карбонатных песков**

Песок должен соответствовать требованиям ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ Технические условия» по содержанию зёрен менее 0,16 мм и содержанию пылевидных и глинистых частиц, определяемых методом отмучивания, - влажность не должна превышать 0,5% и удельная эффективная активность естественных радионуклидов  $A_{эфф}$  – не более 370 Бк/кг.

На рисунках представлены интегральные кривые распределения частиц песков по размерам и области применения фракционированных подборов.



Рис. 1. Ср. размер зерна 0,92 мм декоративные работы и смеси строительные смеси



Рис. 2. Ср. размер зерна 0,14 мм, смеси строительные смеси



Рис. 3. Ср. размер зерна 0,13 мм, нечистоты



### Влияние вида наполнителя на физико-механические, структурные и строительно-технические свойства сухих строительных смесей

Оценивая эффективное использование наполнителей различной минеральной природы в смешанных вяжущих для сухих строительных смесей исходя из структурных и строительно-технических характеристик, можно предложить для использования в качестве наполнителей, кроме песков природных, отходы различных производств - шлам водоумягчения, отсеvy дробления известняка, которые характеризуются низкими усадочными деформациями при твердении.

Изучение влияние вида наполнителя на физико-механические, структурные и строительно-технические свойства системы «цемент -



наполнитель» и «гипс-наполнитель» отражено в разработке схемы оптимальной укладки и взаимодействия минеральных компонентов в составе вяжущего и сухой смеси.

При исследовании влияния различных добавок-модификаторов на свойства сухих строительных смесей и определено их оптимальное содержание. На основе полученных экспериментальных зависимостей рассчитаны составы сухих строительных смесей.

Практика подборов рецептур сухих строительных смесей (ССС), подтверждает целесообразность участия в одной рецептуре 2-х и более фракций наполнителя.

Фракции 0-0,08 и 0-0,5 для клеев, фракции 0-0,3 и 0-0,5 для гибких эластичных составов для приклеивания, доломитовые филлеры фракций 0-0,1 и 0-0,4 применяются в рекомендованных оптимизированных составах.

Для финишных фасадных составов оптимальными являются составы с тремя и более фракциями кварцевых песков-0-0,03, 0-0,5, 0-1,0 мм.

Таким образом, применение фракционированных песков целесообразно и для производства высококачественных сухих смесей и для других направлений в строительстве.

## **Выводы**

Природные и искусственные пески после сушки и фракционирования являются качественным готовым продуктом, который очень удобно применять в соответствии с его свойствами и назначением. Отходы при производстве фракционированных песков минимальны. Диапазон применения продукта разнообразен. Применение сухих фракционированных песков разного происхождения для производства сухих строительных смесей широкого диапазона очень целесообразно: это позволяет улучшать качественные специальные характеристики композиций в зависимости от назначения смеси и при этом, экономить вяжущие, удешевляя конечный продукт.

Кроме того, применение фракционированных песков при производстве декоративных композиций, пенобетонов, филеров – тоже очень эффективно и подтверждено практикой.

## Библиография

- 1.ГОСТ 8736—93 «Песок для строительных работ. ТУ»
2. Г ОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний»
- 3.SM262:2005 „Amestecuri uscat pentru construcție.Condiție Tehnice”
- 4.SM ГОСТ 31424-2011» Materiale de construcție nemetalifere din savură rezultată din concasare rocilor tari la producerea pietrei sparte.Condiți tehnice”
- 5.Волков В.Г.и др. «Обогащение и фракционирование горных природных песков для бетона гидравлическим способом.» М. Стройиздат, 1964г.

*Д.т.н. Скамина Р. ІСȘС"INCERCOM"І.Ș. ,  
ин.ж. Кондрат А. , ALEX CONSALTING" SRL, Кишинёв*

## **Производство и применение в строительстве сухих бетонных смесей, сырье для «сухих бетонов» и технология изготовления.**

### **Abstract**

*Often necessary to transport the concrete mix for quite a long distance and transport time prolonged. Delamination, the beginning of hardening binders, and other inconveniences. What can save the situation?*

*Finished dry concrete mix, which should be used for concreting of plate and strip foundations, roads, monolithic slabs and walls. They are used for all types of concrete work in the area and landscape architectural services (eg, foundations, monolithic betonostroeniya, stairs, floors, window lintels, erection of garden fences, concrete foundations and slabs of stones, small architectural forms).*

### **Rezumat**

*Adesea este necesar pentru a transporta amestecul de beton pentru o distanță destul de lungă și de transport de timp prelungit. Delaminare, începutul de lianți de întărire, și a inconvenientelor altele. Ce poate salva situația?*

*Terminat amestec uscat de beton, care ar trebui să fie utilizate pentru betonarea fundațiilor table și benzi, drumuri, placi monolit și pereți. Ele sunt folosite pentru toate tipurile de beton de muncă în zonă și de arhitectură peisagistică (de exemplu, fundații, betonostroeniya monolit, scări, pardoseli, glafuri ferestre, montaj de garduri de gradina, fundatii de beton și plăci de pietre, forme arhitecturale mici).*

### **Резюме**

*Нередко необходимо транспортировать бетонную смесь на довольно большое расстояние и время транспортировки длительное. Расслаивание, начало схватывания вяжущего, прочие неудобства. Что может спасти ситуацию? Готовые сухие бетонные смеси, которые целесообразно использовать при бетонировании плитных и ленточных фундаментов, дорог, монолитных плит перекрытий, а также стен. Применяются они для всех видов бетонных работ в области и садово-парковой архитектуры (например, фундаментов, монолитного бетоностроения, лестниц, перекрытий, оконных перемычек, возведение садовых изгородей, бетонных оснований плит и камней, малых архитектурных форм)*

*Представляется метод насыщения проб из бетона в три стадии, которые обеспечивают разные условия для доступа воды в эти образцы.*

## **Введение**

Бытовое строительство сегодня невозможно без применения бетонных смесей и железобетонных изделий. Купить бетонную смесь, при изготовлении которой соблюдены пропорции, значительно удобнее, чем приобретать отдельно составляющие. Транспортировка отнимет меньше времени, а строительные работы удастся организовать оптимальным образом.

Во-первых, бетонная смесь, изготовленная под контролем со стороны лаборатории на заводе гораздо качественнее «кустарного» аналога. Во-вторых, себестоимость «самоделки» часто приравнивается к готовой сухой смеси, изготовленной на заводе, поэтому экономии никакой нет, а риск - налицо.

### **Этапы по производству сухих бетонов на фракционированных заполнителях**

Как правило, сухие бетонные смеси выполненные на фракционированных заполнителях с максимальной крупностью заполнителя не превышающей 10-12 мм. Такие смеси удобно укладывать в густоармированные каркасы, им можно придавать специальные свойства, меняя рецептуры и вводя различные добавки, они не расслаиваются при транспортировке, их можно перевозить на любое расстояние, не боясь частичного схватывания вяжущего, можно точно рассчитать необходимое количество смесей для выполнения определенных работ и не думать куда использовать оставшийся бетон.

Кроме того, высокопрочные сухие бетонные смеси, армированные, с повышенной адгезией /предназначенные для ремонтных работ/, декоративные сухие бетоны- это то, что надо для приусадебных работ ,ремонтов и перестроек .Кубовидные фракционированные щебни, фибра ,полимерные добавки ,придающие нужные свойства бетонам делают тяжелую работу приятной и эффективной.

Еще одним аспектом в пользу сухих бетонных смесей является то, что зачастую при производстве их применяются утилизированные материалы, полученные при отсевах от дробления горных пород.

Одним из самых передовых методов производства щебня является центробежно-ударный метод. Особенностью применения ударного способа измельчения в производстве щебня является кубовидность формы зерна во всех фракциях, в том числе и мелких. Это позволяет получить кроме щебня искусственный песок высокого

качества, увеличивая таким образом выход готовой продукции до 90%.

Рассев и обеспыливание отсевов могут быть осуществлены на воздушных классификаторах в комплексе с циклонами и блоками фильтров, которые являются реальной альтернативой виброгрохотам при фракционировании мелких фракций (меньше 5 мм).

Таким образом, имея фракционированные щебни и пески, целесообразно, сделав на этих заполнителях оптимальные подборы бетонов и введя, кроме вяжущего, полимерные составляющие в виде специальных добавок, и микроарматуру, мы получим широкую гамму сухих бетонов в том числе и специального назначения.

При проектировании составов бетонной смеси исходят из необходимости получения бетона заданной прочности, консистенции и долговечности при минимальном расходе цемента. Для тяжелых бетонов минимальный расход цемента обеспечивается максимальным насыщением объема бетона заполнителями и минимальной пустотностью смеси заполнителей.

При использовании смеси фракций крупного заполнителя имеет значение и соотношение различных фракций, от которого напрямую зависит пустотность крупного заполнителя. При предельной крупности зерен заполнителя 20 мм рекомендуется соотношение: 30–35% фракции 5–10 мм и 65–70% фракции 10–20 мм, кроме того, качество заполнителей для бетона определяется прочностью сцепления цементного камня с поверхностью зерен заполнителей, собственной прочностью заполнителей, формой зерен и чистотой поверхности. Установлено, что на конечную прочность бетона помимо качества заполнителей решающее значение оказывает и расход составляющих бетонной смеси, количество крупного заполнителя и соотношение мелкого и крупного заполнителя.

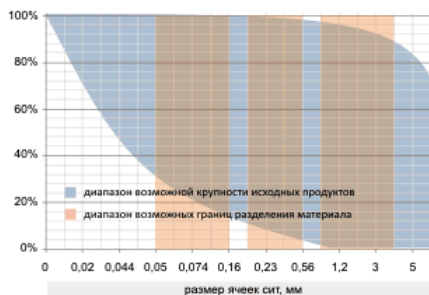
Наилучшие результаты получаются при использовании классифицирующих комплексов типа КГ (Рис. 1).



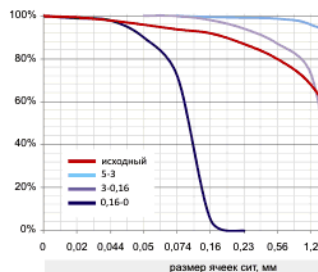
*Рис. 1 Классифицирующий комплекс тина КГ*

Диапазон крупности классификации материалов в классифицирующих комплексах КГ составляет  $(-10+0 \dots -0,8+0 \text{ мм})$  с возможностью разделения исходного продукта на 2-4 класса. Фракционный состав получаемых продуктов характеризуется низким содержанием / включением частиц плюсовых и минусовых классов.

***Диапазон работы комплексов классификации***



***Типовая характеристика классификации***



Крупность исходного продукта:	0-5 / 0-10 мм
Допустимая влажность исходного продукта:	<2-7% (зависит от типа материала)
Количество границ разделения:	2-3
Границы разделения:	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2,0 / 0,16 мм (либо иные - согласно тех.требованиям)</li><li>• с возможностью оперативного регулирования в процессе работы в диапазоне +/- 20% от базовых параметров</li></ul>
Производительность:	от 5 до 80 т/ч
Качество классификации:	<ul style="list-style-type: none"><li>• 93-95% (для частиц, форма которых близка к изометрической)</li><li>• засоренность продуктов соседними классами 5-7%</li></ul>

После получения различных фракций крупного /а часто и мелкого/ заполнителей и их сушки до 0,5% влажности ,остается разработать рецептуры по сухим бетонным смесям на фракционированных заполнителях, смешать композиции, затарить, снабдить маркировкой и –отпустить покупателям в соответствии с их нуждами и запросами.

Таким смесям не страшны расстояния ,время и условия перевозки они будут готовиться на месте, в нужном количестве и в соответствии с инструкцией к приготовлению и применению.

## Выводы

Такимм образом, применяя сухие бетонные смеси на фракционированных заполнителях ,решаем проблему использования нужных потребителю объемов и параметров смеси, ее свойств, а также оптимизируем стоимость смеси за счет применения рациональных подборов и снижения расхода вяжущего. Кроме того, это позволяет

использовать утилизированное сырье для фракционированных заполнителей.

### **Библиография**

- 1.ГОСТ 8267—99 «Щебень и гравий из плотных горных пород. ТУ»
2. Г ОСТ 23735-79 «Смеси песчано-гравийные.Т.У»
3. ГОСТ 8269.0—97 «Щебень и гравий из плотных горных пород .Методы испытаний»
- 4.Классифицирующие комплексы.»Урал Омега»ЗАО



*Conf. univ. dr. Dohmilă Iu.; drd. Dohmilă E. UTM;  
conf univ., dr. Lupușor N. ICȘC"INCERCOM"Î.S.*

## **Optimizarea structurilor de rezistență pentru casele de locuit individuale**

### **Abstract**

*Research has shown that the performance indicator is a characteristic resistance Policies death resistance structures thatdetermine the quality and performance constructive solution. Thepresented papers fots investigated, structural optimization of resistance to individual houses.*

### **Rezumat**

*Cercetările efectuate au demonstrat că indicatorul de performanță a structurii de rezistență reprezintă o caracteristică decesivă a structurii de rezistență care determină calitatea și performanțele soluției constructive. În lucrarea prezentată au fots efectuate cercetări pentru optimizarea structurii de rezistență pentru casele de locuit individuale.*

### **Резюме**

*Проведенные исследование показало, что усовершенствование несущих способностей конструкции является основной характеристикой которая определяют качество и совершенствование строительство. В представленной работе были проведены исследования оптимизации способностей конструкции для индивидуальных жилых домов.*

## **Introducere**

În urma studiilor realizate, precum și a analizei literaturii de specialitate s-a ajuns la concluzia că indicatorul de performanță a structurii de rezistență reprezintă o caracteristică hotărâtoare a structurii de rezistență care determină calitatea și performanțele soluției constructive.

S-a pus problema optimizării structurii de rezistență pentru casele de locuit individuale cu puține nivele, funcția obiectiv – criteriul de optimizare – s-a stabilit indicatorul de performanță a structurii de rezistență exprimat prin indicii de cost.

În cadrul experimentului preliminar s-a urmărit influența a mai multor factori asupra criteriului de optimizare:

- durata de serviciu (*normată*);
- durata de viață;
- fiabilitate;
- uzură fizică;

- uzură morală;
- rezistență la foc;
- etanșeitate;
- costul investiției făcute de beneficiar;
- costul de întreținere și reparații;
- siguranță la utilizare;

Prin metoda corelație de rang s-au ales următorii factori cu punctaj maxim, care caracterizează în mod complet criteriile de optimizare:

- $x_1$  – durata de serviciu (*normată*);
- $x_2$  – valoarea investiției făcută de beneficiar.

### Realizarea experimentală

Metoda activă de elaborare a modelelor matematice empirice implică obținerea datelor experimentale în urma efectuării unor experimente dirijate.

În cadrul metodelor active datele experimentale reprezintă valorile mărimilor de ieșire pentru anumite combinații ale mărimilor de intrare. În cadrul domeniului de definiție pentru variabilele independente pentru fiecare factor se stabilește un nivel de bază (*nivelul 0*),  $z_{i0}$ , precum și un pas de variație  $\Delta_{z_i}$ . Pasul de variație reprezintă acea valoare a factorului considerat care, adăugată sau scăzută la nivelul zero determină nivelul superior, respectiv inferior ( $z_i^s, z_i^i$ ).

Nivelul zero poate fi considerat și valoarea medie a intervalul de variație a variabilei independente.

Codificarea factorilor exprimă trecerea de la un sistem de coordonate, în unități naturale, la un sistem în cadrul căruia fiecare punct din spațiul factorial, ce reprezintă condițiile ”codificate” de realizare a experimentului are coordonatele ( $\pm 1, \pm 1$ ).

Cele mai des întâlnite modele pentru corelarea unor date experimentale sunt modelele neliniare de forma unui polinom de gradul doi.

Înainte de a începe experimentarea se stabilesc nivelurile factorilor în formă naturală iar apoi se calculează coordonatele naturale ale centrului programului (nivelul zero) și intervalele de variație cu ajutorul relațiilor:

$$z_i^0 = \frac{z_i^s + z_i^i}{2} ; \Delta_{z_i} = \frac{z_i^s - z_i^i}{\alpha} \quad (1)$$

Valorile naturale ale factorilor în punctele +1 și -1 se determină cu relația

$$z_i^0 \pm \Delta_{z_i}. \quad (2)$$

În cadrul cercetărilor se dorește ca în toate direcțiile ale spațiului  $n$  – dimensional informațiile să fie aceleași. Această condiție este satisfăcută în cadrul programului central compus rotabil de ordinul doi. Prin rotabilitate, modelul matematic obținut în urma prelucrării statistice a experimentului factorial permite determinarea răspunsului la distanțe egale de centrul experimentului cu aceeași precizie indiferent de direcție.

Pentru un model cu două variabile independente programul central compus rotabil cuprinde trei secțiuni:

- patru puncte experimentale ale programului factorial (-1,-1); (1,-1); (-1,1); (1,1);
- patru puncte experimentale ale programului compus,  $\alpha = 1.414$  (-1.414;0); (1.414, 0); (0, -1.414); (0, 1.414);
- cinci puncte centrale pentru a estima  $y$  cu precizie egală în interiorul cercului cu raza 1.

Aceste trei secțiuni reprezintă experiențele în matricea de experimentare.

Efectuarea experiențelor duce la obținerea de informații asupra variabilei dependente  $y$ , în situații diferite rezultate din combinarea diverselor nivele codificate ale variabilelor independente.

Programul central compus rotabil pentru două variabile independente are următoarea expresie matematică:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2 \quad (3)$$

unde  $b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{22}, b_{12}$  sunt **coeficienții regresiei** calculați printr-o metodă de programare central compozițional rotabilă,  $x_1$  și  $x_2$  sunt **variabile independente** codificate, iar  $y$  – **variabila dependentă**.

Statistica matematică conține relații specifice pentru calculul coeficienților ecuației în condițiile asigurării unei abateri minime față de valoarea medie înregistrată. Pentru două variabile independente coeficienții ecuației de mai sus pot fi calculați cu relațiile:

$$b_0 = 0.2 \sum y_i - 0.1 (\sum x_{1i}^2 y_i + \sum x_{2i}^2 y_i); \quad (4)$$

$$b_1 = 0.125 \sum x_{1i} y_i; \quad (5)$$

$$b_2 = 0.125 \sum x_{2i} y_i; \quad (6)$$

$$b_{11} = 0.125 \sum x_{1i}^2 y_i + 0.01875 (\sum x_{1i}^2 y_i + \sum x_{2i}^2 y_i) - 0.1 \sum y_i; \quad (7)$$

$$b_{22} = 0.125 \sum x_{2i}^2 y_i + 0.01875 (\sum x_{1i}^2 y_i + \sum x_{2i}^2 y_i) - 0.1 \sum y_i; \quad (8)$$

$$b_{12} = 0.125 \sum x_{1i} x_{2i} y_i; \quad (9)$$

În relațiile de mai sus suma se calculează pentru  $i = 1 \dots 13$ , iar constantele pentru calcul sunt indicate din literatura de specialitate.

Verificarea semnificației coeficienților este importantă pentru un model matematic, deoarece poate confirma sau infirma modelul creat.

Se folosește **testul Student** care compară media unei variabile aleatoare cu abaterea standard medie. Pentru zona de centru a programului, în care toate variabilele independente au valoare de cod zero, se calculează dispersia  $s_0^2$ .

$$s_0^2 = \sqrt{\frac{\sum (y_{i0} - \overline{y_0})^2}{n_0 - 1}} \quad (10)$$

unde  $y_{i0}$  – valorile variabilei dependente în centrul regiunii de experimentare;

$\overline{y_0}$  – media valorilor din centrul regiunii experimentale;

$n_0$  – numărul experiențelor centrale.

Calculul dispersiei coeficienților de regresie ( $s_{bi}^2$ ) se face cu relația generală:

$$s_{bi}^2 = \frac{s_0^2}{\sum_{u=1}^{n_0} x_{iu}^2} \quad (11)$$

Calculul intervalului de încredere al coeficienților,  $|\Delta b_i|$  se face cu relația  $|\Delta b_i| = t_{\alpha;n} \times s_{bi}$ , în care  $t_{\alpha;n}$  – criteriul Student pentru pragul de semnificație  $\alpha$  și numărul  $n$  de grade de libertate,  $s_{bi}$  – abaterea medie pătratică a coeficientului de regresie.

Verificarea semnificației coeficienților de regresie se face prin condiția ca valoarea absolută a coeficienților  $b_i$  să fie superioară intervalului

de încredere  $|b_i| \geq |\Delta b_i|$ . Dacă relația de mai sus nu este îndeplinită, valoarea calculată a coeficientului de regresie nu este statistic diferită de zero, deci termenul care cuprinde factorul sau interacțiunea se neglijează.

În ultima etapă privind modelarea matematică se realizează verificarea concordanței modelului. Obiectivul acestei verificări îl constituie determinarea posibilității de utilizare a modelului pentru studiul optimizării sau dacă este nevoie de un alt tip de model matematic. Ipoteza

despre concordanța modelului se verifică cu ajutorul testului Fischer, a cărei valoare calculată se determină cu relația:

$$F_c = \frac{s_{conc}^2}{s_0^2}, \quad (12)$$

unde:  $s_{conc}^2$  - dispersia de concordanță  $s_0^2$  - dispersia reproductibilității rezultatelor.

Modelul matematic este adecvat atunci când este îndeplinită relația:

$$F_c < F_{\alpha, v_1, v_2} \quad (13)$$

În continuare se studiază corelațiile optime între durata de serviciu și costul investiției făcute de beneficiar și indicatorul de performanță a structurii de rezistență exprimat prin indicele de cost.

Cercetările s-au efectuat conform unui program de ordinul doi, central compus rotabil cu două variabile independente:

- $x_1$  – durata de serviciu,  $D_n$ , ani, cu domeniul de definire 25 ...150 ani;
- $x_2$  – costul investiției făcute de beneficiar,  $C_{in}$ , lei/m<sup>2</sup>Ad, cu domeniul de definire 662751 ... 1248597 lei/m<sup>2</sup>Ad.

Limitele de variație și codificarea factorilor sunt prevăzute în tabelul de mai jos.

Tabelul 1 Valori reale și codificate ale factorilor

Valoare codificată \ Valoare reală	-1.414	-1	0	+1	+1.414
$X_1$	25	43.3	87.5	131.7	150
$X_2$	662751	748514.8	955674	1162833.12	1248597

S-a considerat ca funcție de răspuns (funcție scop) indicatorul de performanță a structurii de rezistență, exprimat prin indicele de cost,  $I_{ps}$ , lei/(m<sup>2</sup>Ad x ani).

Programul experimental și rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2 Matrice de experimentare

Nr. Crt.	Valori codificate		Valori reale		Funcția scop $I_{ps}$ , (lei/m <sup>2</sup> Ad x ani)
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	D <sub>n</sub> , ani	C <sub>in</sub> , lei/m <sup>2</sup> Ad	
1	-1	-1	43.3	748514.88	17286.72
2	+1	-1	131.7	748514.88	5683.48
3	-1	+1	43.3	1162833.12	26855.27
4	+1	+1	131.7	1162833.12	8829.41
5	-1.414	0	25	955674	38226.86
6	+1.414	0	150	955674	6371.16
7	0	-1.414	87.5	662751	7574.3
8	0	+1.414	87.5	1248597	14269.68
9	0	0	87.5	955674	10921.97
10	0	0	87.5	955674	10807.5
11	0	0	87.5	955674	10904.25
12	0	0	87.5	955674	10987.62
13	0	0	87.5	955674	10834.27

Datele obținute au fost prelucrate statistic cu ajutorul unui pachet de programe specializate.

Ecuția generală propusă pentru funcția de răspuns este un polinom de gradul doi cu două necunoscute de forma:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2 \quad (14)$$

unde  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_{11}$ ,  $b_{22}$ ,  $b_{12}$  sunt coeficienții regresiei calculați printr-o metodă de programare central compozițional rotabilă,  $x_1$  și  $x_2$  sunt variabile independente codificate, iar  $y$  – variabila dependentă.

Stabilirea coeficienților de regresie s-a făcut prin metoda regresiei multiple, semnificația lor fiind testată cu ajutorul testului Student, repartiția  $t$ , eliminându-se cei ne semnificativi.

Valoarea tabelată pentru test este 2.18 ce corespunde unei probabilități de 95%, adică un nivel de semnificație  $\alpha = 0.05$  și  $v = 13$

grade de libertate. Se consideră un coeficient ca fiind semnificativ, dacă relația  $|t_c| \geq t_{Tab}$  este îndeplinită.

Ecuția de regresie este:

$$y = 10895.135 - 9334.132x_1 + 2772.718x_2 + 5213.129x_1^2 - 473.663x_2^2 - 1065.655x_1x_2 \quad (15)$$

Coeficienții ecuației:

$$b_0 = 10895.135$$

$$b_1 = -9334.132$$

$$b_2 = 2772.718$$

$$b_{11} = 5213.129$$

$$b_{22} = -473.663$$

$$b_{12} = -1605.655$$

Test parametri ecuație regresie

Valoarea tabelata pentru test este: 2.18

Valorile testului Student:

$$Tb_0 = 338.982 \quad - b_0 \quad \text{semnificativ}$$

$$Tb_1 = -367.348 \quad - b_1 \quad \text{semnificativ}$$

$$Tb_2 = 109.121 \quad - b_2 \quad \text{semnificativ}$$

$$Tb_{11} = 191.284 \quad - b_{11} \quad \text{semnificativ}$$

$$Tb_{22} = -17.380 \quad - b_{22} \quad \text{semnificativ}$$

$$Tb_{12} = -44.683 \quad - b_{12} \quad \text{semnificativ}$$

Se observă semnificația fiecărui coeficient, comparându-se cu valoarea tabelată și sesizând influența efectivă a acestora asupra variabilei dependente y.

Modelul matematic este:

$$y = 10895.135 - 9334.132x_1 + 2772.718x_2 + 5213.129x_1^2 - 473.663x_2^2 - 1065.655x_1x_2 \quad (16)$$

Coeficienții ecuației:

$$b_0 = 10895.135$$

$$b_1 = -9334.132$$

$$b_2 = 2772.718$$

$$b_{11} = 5213.129$$

$$b_{22} = -473.663$$

$$b_{12} = -1605.655$$

Verificarea concordanței modelului s-a făcut cu testul Fischer – Snedecor față de coeficienții de corelație multiplă obținuți și folosind valoarea tabelată a coeficientului  $F_{Tab} = 6.1$  ce corespunde unei probabilități

de 95% (nivel de semnificație  $\alpha = 0.05$ ) și gradelor de libertate  $\nu_2 = 4$  și  $\nu_1 = 7$ .

Valorile obținute calculate  $F_c$  îndeplinesc condiția  $F_c \leq F_{Tab}$ , deci modelul poate fi considerat adecvat și confirmat.

Coeficientul de corelație obținut are valoarea de 0.9806, ceea ce indică influența importantă a variabilelor independente asupra variabilei dependente.

Tabelul 3

Nr. Exp	$Y_{m\grave{a}s}$	$Y_{calc}$	$(Y - Y_{calc})^2$	$(Y - Y_{med})^2$	A
1	17286.7200	20590.3609	10914043.196 2	12075555.5001	19.1109
2	5683.4800	5133.4059	302581.5155	66068448.0625	9.6785
3	26855.2700	29347.1077	6209255.1231	170133935.731 6	9.2788
4	8829.4100	7467.5328	1854709.5079	24823512.5824	15.4243
5	38226.8600	34516.7085	13765224.346 1	596098572.916 9	9.7056
6	6371.1600	8119.7818	3057678.3207	55362081.9249	27.4459
7	7574.3000	6027.4720	2392676.8679	38905533.0049	20.4221
8	14269.6800	13868.7197	160769.1818	209718.2025	2.8099
9	10921.9700	10895.1351	720.1119	8350712.8576	0.2457
10	10807.5000	10895.1351	7679.9108	9025397.8929	0.8109
11	10904.2500	10895.1351	83.0814	8453439.9504	0.0836
12	10987.6200	10895.1351	8553.4567	7975597.2921	0.8417
13	10834.2700	10895.1351	3704.5604	8865268.0516	0.5618
<b>Total</b>	179552.490 0	179546.764 8			
<b>Medie</b>	13811.7300	13811.2896			

Coeficient de corelație: **0.9806**

### Concluzii

Din analiza modelului matematic se desprind următoarele aspecte semnificative:



- studiul ecuației de regresie sugerează faptul că indicatorul de performanță a structurii de rezistență depinde de fiecare parametru independent: durata de serviciu ( $x_1$ ) și costul investiției făcute de beneficiar ( $x_2$ ), precum și de interacțiunea dintre acestea. Variabila dependentă care este indicatorul de performanță exprimat prin indicele de cost scade odată cu creșterea duratei de serviciu și crește odată cu creșterea costului investițiilor făcute de beneficiar, influența parametrului  $x_1$  fiind mai accentuată;
- modelul conține de asemenea ambele forme pătratice, dar cu semne diferite ceea ce indică influențe opuse asupra funcției de răspuns; influența coeficientului parametrului  $x_1$  este mai mare decât a coeficientului parametrului  $x_2$ ;
- coeficientul  $b_{12}$  exprimă efectul de interacțiune a celor doi factori de influență modelul analizat; aceștia sunt corelați și acționează în sensul micșorării indicelui de cost;
- suprafața de răspuns este de tip minimax - paraboloid hiperbolic, suprafața șa alungită - coeficienții ecuației canonice având semne diferite, centrul figurii aflându-se în apropierea centrului experimentului, punctul critic este un punct șa.

$x_1 = 1.067$ ,  $x_2 = 1.118$  – valori codificate;  $y = 7664,959$

$x_1 = 135$  ani,  $x_2 = 1187278$  lei/m<sup>2</sup>Ad – valori naturale.

curbele de nivel constant sunt hiperbole alungite după axa care corespunde unei mărimi mai mici după valoarea absolută a coeficientului din ecuația canonică; în acest caz valoarea criteriului de optimizare crește la deplasarea din centrul figurii (*punct șa*) pe una din axe și se micșorează la deplasarea pe altă axă; direcția de mișcare fiind dependentă de scopul ales – maximum sau minimum.

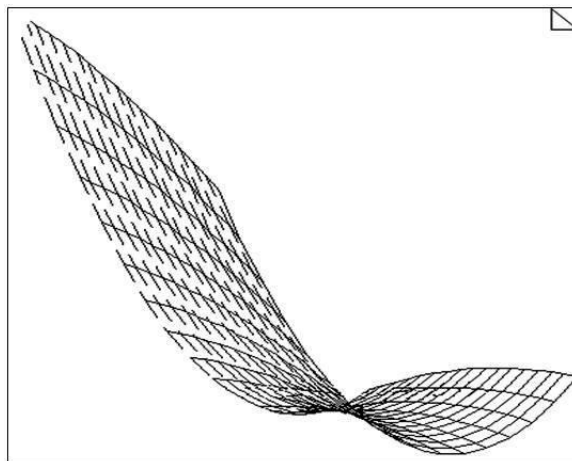
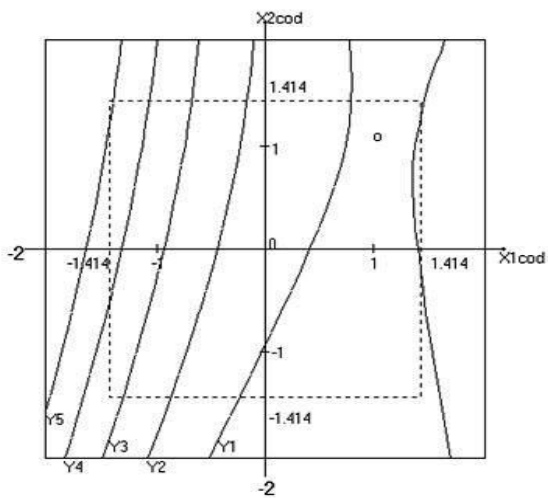


Fig. 1



$X_{c1} = 1.067$   
 $X_{c2} = 1.118$

**Punct sa**

$Y_1 = 8000.$   
 $Y_2 = 16000.$   
 $Y_3 = 24000.$   
 $Y_4 = 32000.$   
 $Y_5 = 40000.$

Fig. 2

Grafo 3D pentru funcția  $y = f(x_1, x_2)$ .  
 $X_1$  variază între [-2;2],  $X_2$  variază între [-2;2].

## **Bibliografie**

1. Iu. Dohmilă – Teză de doctorat „Tehnologii performante pentru realizarea clădirilor de locuit individuale în Republica Moldova”, România, Iași – 2001.
2. Concepția politică națională locative; Chișinău 1994.
3. A. Cristian - Locuțiune – juridic, legal, urbanistic – norme, prescripții, măsurători – Probleme practice.
4. I. Opriș – „Modele de analiză și prognoză a costurilor”, - Editura Dacia, Cluj ,1990.
5. D. Teodorescu – „Modele stohastice optimizate” – Editura Academiei, București, 1980.
6. Krajewki, Ritzman – „Operations management strategy and analysis”, – Addison – Wesley Publishing Company, 1990.

*Conf. univ. dr. Dohmilă Iu., drd. Dohmilă E., UTM;  
conf univ., dr. Lupușor N. ICȘC"INCERCOM"Î.S.*

## **Utilizarea conceptului de performanță pentru aprecierea calității clădirilor**

### **Abstract**

*Evaluation of several design alternatives to achieve the object of investment – is an attribute of project construction, which can provide priority for competition in tenders (beneficiary). Variants developed more technical projects, easy to select the optimal (most efficient) by the beneficiary and enables technologists and contractor to consider and decide on solutions and economic performance of the operational parameters imposed or required.*

### **Rezumat**

*Evaluarea mai multor variante constructive de realizare a obiectului de investiție – construcție este un atribut al proiectului care poate aduce prioritatea în cazul concurenței la licitații (beneficiarului). Mai multe variante constructive elaborate în proiecte tehnice, facilitează alegerea variantei optime (mai eficiente), de către beneficiar și dă posibilitatea tehnologului și executantului să analizeze și să decidă asupra soluțiilor de executare a parametrilor funcționali și economici impuși sau ceruți.*

### **Резюме**

*Оценка нескольких вариантов реализации инвестиционного проекта- это атрибут строительного проекта, который обеспечивает приоритет конкуренции в тендерах. В случае разработки более 2-х, 3-х вариантов, легко выбрать оптимальный (наиболее эффективный) для инвестора и позволяет технологам и подрядчикам рассмотреть и принять решение о экономической эффективности заданных эксплуатационных параметров.*

## **Introducere**

Construcțiile sunt printre bunurile cele mai importante realizate de oameni și cu cea mai îndelungată folosință. Având în primul rând o valoare utilitară dar și una de modelare a spațiului în care trăim clădirile trebuie să răspundă unui complex de cerințe specifice, (*condiții, exigențe*) determinate prin destinație și comandă socială. Nivelul de calitate al unei clădiri rezultă din constatarea gradului în care sunt satisfăcute aceste exigențe la darea în exploatare. Evident, aprecierea nu poate fi definitivă și nici unică, depinzând de factori sociali, economici și tehnici care se modifică în timp.

Stabilirea exigențelor este o necesitate fundamentală pentru activitatea în construcții, fără de care este imposibilă proiectarea judicioasă

și ar fi de neconceput perfecționarea alcătuirilor sau evaluarea rezultatelor obținute. Acestei probleme i se consacră numeroase studii.

## Realizări

Multă vreme reușita se baza, cu rare excepții datorite marilor creatori, numai pe repetarea a ceea ce se practica și se verificase îndelung. Lipsită de înțelegere științifică, orice inițiativă novatoare era mai degrabă sortită eșecului decât succesului. Astăzi situația s-a schimbat radical. Apar mereu materiale, concepții și tehnologii noi industrializate. Progresul este rapid, corespunzător nevoilor societății în dezvoltare, încercarea de a folosi materiale noi, ca simpli înlocuitori, în cadrul unor alcătuiți care să reproducă proprietățile elementelor de construcție tradiționale, nu a dat rezultate satisfăcătoare. S-a constatat că trebuie găsite alte soluții constructive, dar că nu erau încă destul de precizate condițiile fundamentale pe care trebuie să le îndeplinească. Cu o astfel de situație au fost confrunțați cei care doreau să înlocuiască pereții de cărămidă cu alții din beton, mase plastice, etc., când s-au întrebât pe care din caracteristicile vechilor zidării trebuiau să le egaleze. Și oare vechile elemente de închidere sau compartimentare erau deplin satisfăcătoare sau poate aveau și unele atribute inutile? Răspunsul la astfel de întrebări are o mare însemnătate economică.

S-au deschis astfel domenii de investigație în care constructorii colaborează cu alți specialiști: biologi, psihologi, designeri etc.

Exigențele: utilitatea (*utilitas*); soliditatea (*firmitas*); frumusețea (*venustas*), formulate de Vitruviu rămân valabile și astăzi, însă mult amplificate și diversificate, potrivit concepțiilor omului contemporan și societății noastre, între altele, nu se poate face abstracție de atribute ca: eficiența economică, modul industrializat de execuție, încadrarea favorabilă în mediu, etc.

Exigențele de performanță sunt formulate de comisii de specialiști, la nivel internațional și național. Exigențele de performanță au grad mare de generalitate și servesc în primul rând la orientarea cercetărilor.

Ca și exigențele utilizatorilor, exigențele de performanță sunt exprimate tot calitativ și nu țin seama de materialele din care sunt realizate construcțiile. Exigențele de performanță considerate sunt: stabilitate și rezistență, siguranță la foc, siguranță la utilizare, etanșeitate, performanțe hidrotermice, puritatea aerului, performanțe acustice, vizuale, tactile, dinamice și de igienă, adaptarea la utilizare, durabilitate și economie. Această listă de exigențe se referă numai la satisfacerea beneficiarilor.

Totuși, în condițiile societății noastre, trebuie luate în considerare și alte exigențe exprimând obiectivele economiei naționale (*diminuarea consumurilor specifice, creșterea productivității, evitarea imobilizării fondurilor, protecția mediului, etc.*) și dezideratele întreprinderilor de construcții-montaj referitoare la tehnologia de execuție a lucrărilor.

În mod similar trebuie considerate și exigențele referitoare la coordonare dimensională, tipizare, industrializare, standardizare, posibilitatea de înlocuire a părților defecte, etc.

Lista exigențelor de performanță, criteriile și nivelele de informații, concretizate în prescripțiile tehnice, servesc proiectării și execuției, asigurând astfel un nivel corespunzător de calitate a construcțiilor. Dar, în condițiile actuale, fiecare element, construcție sau ansamblu urban se pot proiecta și realiza în mai multe variante. Dintre acestea trebuie alese cele mai bune, în baza unor analize obiective și nu prin aprecieri subiective sau parțiale. Problema îi preocupă pe specialiștii, care se străduie să pună la punct metode bazate pe conceptul de performanță și analiza valorii.

O metodă simplă ia în considerare două elemente:

- ponderea fiecărei exigențe de performanță asupra calității ansamblului care se analizează (*clădire, grup de clădiri*);
- gradul de satisfacere a exigenței de performanță respectivă în cazul soluției care se propune.

Procedeele este următorul:

**a)** Prin intermediul metodelor de evaluare a nivelelor de performanță se stabilește în ce măsură sunt satisfăcute toate exigențele de performanță, conform criteriilor de performanță din prescripțiile tehnice. Astfel, măsura calității în construcții este notată cu  $p_f$  și reprezintă raportul între valoarea impusă, normată, a nivelului de performanță **I** și valoarea realizată conform soluției de proiect. Dacă  $p_f = 1.00$  atunci exigența respectivă este satisfăcută. Dacă  $p_f$  *este supraunitar*, nivelul de performanță necesar este depășit în sens favorabil iar dacă  $p_f$  *este subunitar* exigența de performanță respectivă nu este asigurată.

Acceptând această metodă, relativ simplă, de apreciere a calității unui proiect, trebuie să se observe că nu întotdeauna calitatea variază proporțional cu raportul  $p_f$ , ci după legi mai complexe. Iată câteva exemple:

**I.** Majorarea capacității portante a unui planșeu peste sarcinile verticale prevăzute de normative sporește siguranța local. Dar această asigurare suplimentară devine repede inutilă deoarece probabilitatea apariției unor sarcini verticale substanțial mai mari decât cele din norme

este practic exclusă, iar siguranța de ansamblu, față de toate încercările (*seismicitate, etc.*), rămâne neschimbată. Există chiar și posibilitatea unor efecte defavorabile, în schimb, prețul de cost crește datorită consumurilor majorate de materiale.

**II.** Majorarea capacității de izolare termică a unui element exterior de închidere (*perete, acoperiș*) face să crească gradul de confort și să scadă consumul de energie pentru încălzire. Inșă peste anumite valori ale capacității de izolare termică efectul devine din ce în ce mai mic, deoarece alte căi de pierdere a căldurii devin preponderente (*ferestre, ventilare*).

**III.** Majorarea capacității de izolare acustică mărește gradul de confort în locuințe. Dar nu se știe că de la un anumit nivel de atenuare a zgomotelor apare senzația de neliniște din cauza pierderii contactului auditiv cu lumea înconjurătoare, încep a fi auzite zgomotele propriului organism (*bătăile inimii*) și se instalează o stare de neliniște greu de suportat. Nu pot fi sesizate unele situații periculoase (*incendiu*), necesitând alertarea locatarilor, etc. Efectul pozitiv se transformă în unul negativ.

În consecință, stabilirea valorilor  $p_i$  nu este o operație simplă și necesită reglementări suplimentare.

**b)** Pentru exprimarea ponderii fiecărei exigențe de performanță se recurge la un coeficient  $\alpha_i$ , prin care se ține seama că unele performanțe sunt mai importante decât altele, în mod evident, toți coeficienții sunt subunitari și:

$$\sum \alpha_i = 1.00 \quad (1)$$

**c)** Aprecierea de ansamblu a variației de proiectare se face pe baza relației:

$$N = \alpha_i \times p_i \quad (2)$$

N - are astfel semnificația calificativului (*notei*) care se obține la un concurs de proiectare.

## Concluzii

### Observații finale privind conceptul de performanță

Dezvoltarea conceptului de performanță și fixarea unor modalități practice de utilizare a acestuia preocupă mult organele de directivare a construcțiilor din țările dezvoltate și din Republica Moldova. Pentru a permite o imagine mai cuprinzătoare asupra problemei, se mai prezintă următoarele aspecte:

**a)** Aprecierea unui edificiu sau a unui ansamblu urban în lipsa unor reglementări amănunțite, poate fi controversată. Unul va fi punctul de

vedere al beneficiarilor direcți care vor locui în clădirea respectivă, îi vor suporta costul de investiție, reparație, întreținere, exploatare, etc., și vor resimți zi de zi deficiențele rezultând din proiectare și execuție - adesea fără să le mai poată remedia. Altul va fi punctul de vedere al celor care - ca trecători - se vor limita numai la contemplarea edificiilor și vor aprecia în esență numai calitățile estetice.

**b)** În realitate, aprecierea unei construcții nu poate fi lăsată numai pe seama celui care este beneficiar direct, folosind-o, și nici a celor care o privesc în trecere, deoarece o construcție presupune mari cheltuieli și are numeroase efecte asupra mediului înconjurător, influențând existența și chiar sănătatea oamenilor până la mari distanțe, între aceste efecte se pot menționa:

- valorificarea terenului care în acest fel este sustras altor destinații și mai ales agriculturii;
- consumuri de resurse (*apă, energie*);
- modelarea spațiului urban și circulației;
- nocivități (*zgomot, gaze și alte substanțe poluante*).

Din această cauză proiectele construcțiilor se supun unor examinări minuțioase înainte de a fi aprobate, iar executarea lucrărilor de construcții se poate începe numai pe baza unei autorizații.

**c)** Ținând seama de aceste realități, Legea privind asigurarea durabilității, siguranței în exploatare, funcționalității și calității construcțiilor, stipulează și perfecționarea continuă a concepției de alcătuire, a tehnologiilor de execuție și a eficienței economice care este o obligație de bază pentru toate unitățile de proiectare, execuție, producătorii de materiale și beneficiarii de investiții. Construcțiile trebuie să creeze condiții normale de muncă și viață pentru cei care le folosesc, să răspundă deplin scopului pentru care au fost concepute și realizate.

Construcțiile trebuie să fie astfel proiectate și executate încât să evite supradimensionările, să reducă la strictul necesar suprafețele și volumele construite, să asigure utilizarea eficientă a resurselor materiale și de forță de muncă în execuție.

**d)** Urmărind perfecționarea continuă a construcțiilor din țara noastră, un rol important trebuie atribuit activității de cercetare științifică. Aceasta trebuie să se declanșeze pe baza unui plan unic aprobat de Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie. Temele trebuie să se studieze în cadrul unei vaste rețele teritoriale din care să facă parte catedrele de specialitate din învățământul superior, ICȘC"INCERCOM"ÎS, Chișinău-proiect, Urbanproiect, Ruralproiect, Ceproserving și alte institute și instituții cu sectoare de activitate în construcții.



## **Bibliografie**

1. Legea privind calitatea construcțiilor, Chișinău, 1996, nr. 721-VIII.
2. Luca G., *Management industrial, Bazele managementului general*, U.T. Iași, 1996.
3. Cozos A., *Gestiunea calității produselor*, Editura Dacia, Cluj, 1986.
4. Cristian A., *Locuințe, juridic, legal, urbanistic, Probleme practice*, Matrix Rom, București 1998.
5. Cristian A., *Totul despre construcții*, Editura Matrix Rom, București, 1996.

*Conf. univ. dr. Dohmilă Iu., drd. Dohmilă E. UTM;  
conf univ., dr. Lupușor N. ICȘC"INCERCOM"ÎS*

## **Soluțiile constructive și tehnologiile de execuție, factori de influență asupra produsului finit**

### **Abstract**

*In the result of the effected researches is firstly emphasize the defects and errors weight for each stage of the object making up. It was established in this manner the zone to which we have to direct the principal efforts for improving the situation.*

### **Rezumat**

*În urma cercetărilor efectuate se subliniază în primul rând, defectele și erorile de greutate pentru fiecare etapă a obiectului face sus. Acesta a fost stabilit în acest mod, zona la care avem de a direcționa eforturile principale pentru îmbunătățirea situației.*

### **Резюме**

*В результате произведенных исследований в первую очередь подчеркнуть недостатки и ошибки веса на каждом этапе объект составляют. Она была создана таким образом зону, к которой мы должны направить основные усилия по улучшению ситуации.*

## **Introducere**

Analiza și cercetările efectuate pe parcursul ultimilor ani au avut în vedere urmărirea calității, a soluțiilor constructive și tehnologiilor de execuție a caselor de locuit individuale din Republica Moldova realizate și utilizate în diferite firme de specialitate. Analiza s-a efectuat în unități economice de profil cu dotări tehnice similare, caracteristice pentru marea majoritate a unităților de acest tip.

## **Realizări**

### **Prezentarea situației existente**

În această etapă s-au urmărit:

- analiza documentației tehnice necesare procesului de execuție;
- analiza particularităților procesului de execuție;
- amplasarea punctelor de control pe tot parcursul procesului de execuție a obiectului;

- analiza soluțiilor constructive adaptate;
- analiza tehnologiilor de execuție adoptate;
- centralizarea datelor furnizate și interpretarea rezultatelor.

***Analiza critică a situației existente cuprinde:***

- modul de planificare și organizare a lucrărilor pe șantier;
- identificarea materialelor cu defecte provenite de la furnizori și serviciilor oferite de terți;
- stabilirea tipurilor de defecte;
- identificarea cauzelor apariției acestor defecte;
- supravegherea tehnologiilor de execuție;
- examinarea echipamentelor, utilajelor și lucrărilor necorespunzătoare standardelor în vigoare;
- calificarea personalului;
- ierarhizarea cauzelor defectelor și a cauzelor de abatere de la normele tehnice și de la standardele în vigoare.

Aceste trepte ale studiului s-au urmărit distinct pentru cele două categorii de produse (soluții constructive); structuri executate parțial din beton armat monolit cu pereți portanți din zidărie (fundășii din beton armat monolit, planșee monolite, scări) și structuri realizate parțial din elemente din beton armat prefabricat (blocuri de fundășii, planșee, scări etc.) și pereți portanți din zidărie de cărămidă sau blocuri mici din calcar tăiat.

Structurile analizate sunt structuri de tradiție pentru realizarea caselor de locuit individuale în Republica Moldova.

Se evidențiază în primul rând ponderea defectelor și erorilor pentru fiecare etapă de realizare a obiectului. Se poate stabili în felul acesta zona spre care trebuie canalizate în principal eforturile de îmbunătățire a situației.

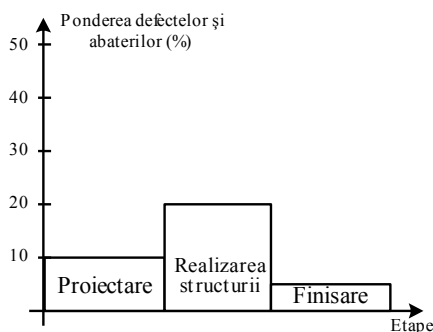


Fig. 1. Diagrama ponderii defecțelor și abaterilor pentru structurile realizate parțial din beton armat monolit.

După cum se poate observa, o atenție deosebită va trebui acordată etapei de realizare a structurii (tehnologiei de execuție) în primul caz și proiectării și realizării prefabricatelor în cazul doi.

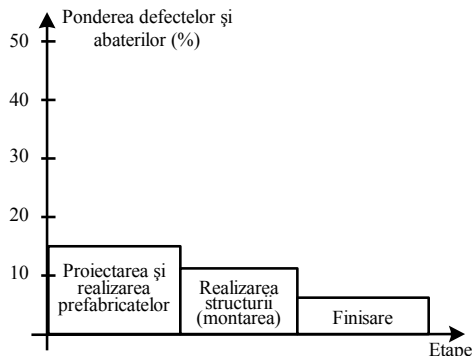


Fig. 2. Diagrama ponderii defectelor și abaterilor pentru structurile realizate parțial din beton armat prefabricat.

Procentul semnificativ al erorilor în primul caz va fi diminuat în urma finisării, unde majoritatea defectelor și abaterilor provenite din etapa de execuție pot fi remediate, mai puțin cele din etapa de proiectare și în cazul doi defectele și abaterile din etape de proiectare – realizare a elementelor prefabricate.

La o analiză aprofundată a cauzelor de apariție a principalelor tipuri de defecte și abateri, acestea pot fi ierarhizate și surprinse în diagrame (Fig. 1, 2) din, care vor evidenția prioritățile în abordarea de performanțe tehnologice. Acestea s-au realizat distinct pentru fiecare variantă de soluții constructivă analizată.

Dacă aceste diagrame caracterizează în mod general procesele de execuție, în construcție, la fel de adevărat este că, în funcție de specificul activității, apar particularități pentru fiecare unitate economică în parte.

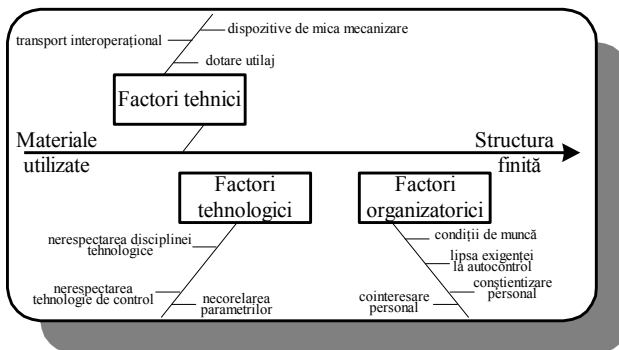


Fig. 3. Cauzele apariției abaterilor și defectelor la realizarea structurii cu elemente din beton armat monolit.

În urma studiului efectuat pot fi formulate recomandări și propuneri de îmbunătățire a situației existente. Acestea pot fi diferite, în funcție de momentul aplicării acțiunilor colective (imediat sau în perspectivă) și de disponibilitățile tehnico-economice.

Concluzia generală este că primul factor asupra căruia trebuie acționat îl constituie factorul uman. Se impune necesitatea conștientizării personalului, schimbării atitudinii acestuia față de conceptul de performanță. În etapa actuală un rol important îl deține și factorul social, care influențează în mod negativ posibilitatea aplicării conceptului de performanță.

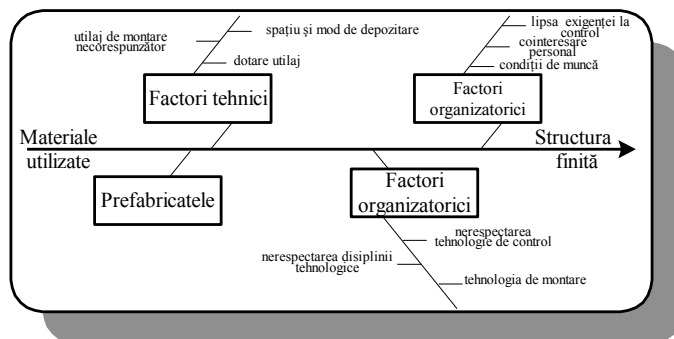


Fig. 4. Cauzele apariției abaterilor și defectelor la realizarea structurii cu elemente din beton armat prefabricat.

Importantă este și reconsiderarea factorilor tehnologici. Corelarea parametrilor tehnologici ai proceselor și respectarea disciplinei tehnologice pot duce la îmbunătățirea substanțială a efectelor tehnico-economice.

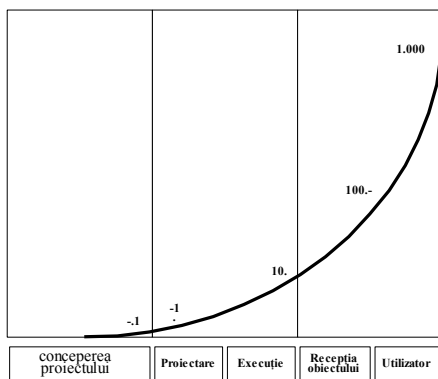


Fig. 5. Curba costurilor remedierii defectelor și abaterilor.

Factorii tehnici de asemenea trebuie abordați într-o ordine bine stabilită. Se impune o re tehnologizare în primul rând la etapele de execuție a lucrărilor de realizare a elementelor din beton armat monolit, unde rolul acestora (factori tehnici) s-a dovedit a fi preponderent.

Studiul efectuat a urmărit execuția obiectului fără a urmări măsura în care acesta îndeplinește cerințele utilizatorului. Specialiștii afirmă că o creștere relativ redusă a costurilor de prevenire a defectelor unui produs cu 5-10%, determină o diminuare a costurilor identificării acestora și o scădere substanțială, cu peste 20%, a cheltuielilor pentru asigurarea calității.

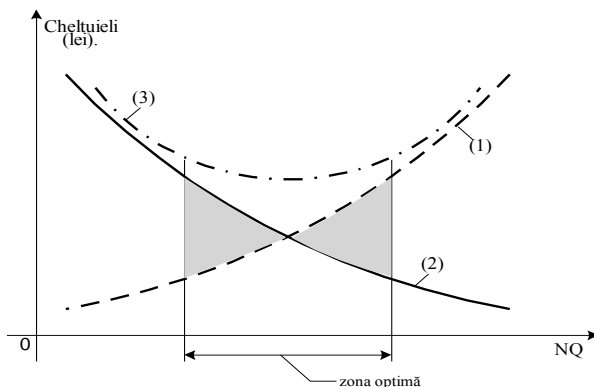


Fig. 6. Zona optimă a indicilor - economici.

## Concluzii

Din graficul prezentat în figura de mai sus se poate observa foarte clar că intervenția la momentul potrivit pentru remedierea unui defect sau a unei abateri este benefică din punct de vedere al costului. În caz contrar, costul remedierii crește exponențial. Astfel, prevenirea apariției defectelor și abaterilor, costă nesemnificativ în raport cu remedierea acestora.

Ridicarea nivelului de performanță tehnico-economică a produsului necesită cheltuieli de producție suplimentare. Cheltuielile suplimentare făcute în acest scop se recuperează prin reducerea cheltuielilor de exploatare pentru întreținere și eventuale reparații sau remedieri.

Reprezentând pe același grafic (figura de mai jos), curba cheltuielilor pentru realizarea creșterii performanței produselor (1), curba cheltuielilor de exploatare (2) și curba cheltuielilor totale (3), căreia îi corespunde un nivel de performanță (NQ) justificat și fundamentat, din punct de vedere economic se poate stabili o zonă optimă pentru care indicii tehnico-economici de performanță pot fi considerați optimi. În această zonă curba (3), indică cheltuieli totale minime. Nivelul maxim de performanță corespunde unor cheltuieli ridicate pentru realizarea calității produselor.

## Bibliografie

1. Preda C., - Controlul calității produselor, Iași 1983
2. Cozos A., - Gestiunea calității produselor, Editura Dacia, Cluj, 1986.
3. Rudakov V.N., - Obiemo-planirovocnie i constructivnie rešenja seliscogo-jilogo doma, VO "Agropromizdat", Moscva, 1991.

*Vascaș Gr. dr. conf. univ. UTM;  
Lupușor N. dr. conf. univ. ICȘC "INCERCOM" Î.S.*

## **Normarea resurselor în construcții. Actualitate și perspective**

### **Abstract**

*Perform any construction work requires a well-established resource consumption. The inputs to achieve the construction works of the same quality are lower, more efficient production process.*

### **Rezumat**

*Execuția oricărei lucrări de construcție necesită un consum de resurse bine determinat. Cu cât aceste consumuri pentru realizarea lucrărilor de construcții, de aceeași calitate sunt mai reduse, procesul de producție este mai eficient.*

### **Резюме**

*Выполнение любых строительных работ требует устойчивых потребления ресурсов. Чем меньше потребление ресурсов для выполнения строительно-монтажных работ, тем производственные процессы эффективнее.*

## **Introducere**

În timpul realizării oricărui proces de producție este nevoie de muncă, materiale sau materii prime (obiectele muncii) și utilaje (mijloace de muncă). Calitatea procesului de producție este determinată de consumul de muncă (muncă vie) și de resurse materiale (muncă materializată). Cu cât aceste consumuri pentru realizarea aceluiași produs, de aceeași calitate sunt mai reduse, procesul de producție este mai eficient, este mai bine organizat. Având în vedere aceste consecințe deosebit de importante pentru nivelul de trai al oamenilor muncii și asupra dinamicii dezvoltării economice a țării, în domeniul construcțiilor se impune studierea aprofundată și normarea următoarelor consumuri: de muncă vie, de obiecte de muncă și de mijloace de muncă.

## **Realizări**

Conform obiectivului urmărit, normarea este de 3 tipuri:

- normarea consumului de materiale și materii prime; normarea muncii;



- normarea folosirii utilajelor, mașinilor, mecanismelor și echipamentelor de construcții.

În activitatea de normare trebuie tratate separat munca, materialele și utilajele de construcții.

**Normele de consum de materiale** trebuie stabilite în baza tehnologiilor și proiectelor de execuție.

Normarea consumului de materiale este necesară pentru aplanarea problemelor, care sunt puse constructorilor cu scopul de a asigura:

- corespunderea materialelor și elementelor de construcții, prefabricatelor și articolelor după destinație, inofensivitate în procesul de producere și exploatare în diferite condiții la realizare a proceselor de producție;
- elaborarea și implementarea normelor de consum de materiale, care permit printr-o tehnologie optimă de a obține o producție calitativă cu cheltuieli minime;
- metode unice de elaborare, corectare și aplicare a normelor de consum a materialelor, care permit de a efectua fixarea normelor în condiții concrete de producere cu scopul formării normelor de consum a materialelor lipsă.

Normele de consum a materialelor trebuie elaborate utilizând ca bază:

- consumurile oferite de producătorii de materiale prin metode analitice și calcul matematic;
- soluțiile constructive și documentația de proiect;
- structura detaliată a proceselor de producere din fișele tehnologice;
- pierderile tehnologice și din transport determinate în baza limitelor legale de perisabilitate.

Normele de consum a materialelor în construcții trebuie formate după principiile performanței, argumentărilor tehnico-științifice și concordanței cu sistemul de standardizare al Republicii Moldova și al organizațiilor internaționale de standardizare.

La normarea materialelor trebuie de luat în considerație posibilitatea comparației diferitor lucrări de construcții, tehnologiilor utilizate de întreprinderile de producere, experiența în domeniu, schimbarea structurii și sortimentului de materiale cu folosirea informației despre consumurile reale pentru o unitate de producție sau aspectul lucrărilor de construcții – montaj.

Normarea consumului de materiale presupune însușirea problemelor legate de determinarea, prin metode speciale, al necesarului normat de materiale de bază și auxiliare pentru o unitate de proces sau lucrare, inclusiv analiza rezervelor de economisire al materialelor în baza cercetării cauzelor care duc la pierderi ale acestora în procesul de execuție.

Normele de consum a materialelor sunt supuse revizuirii, după introducerea noilor tehnologii mai performante, creșterea nivelului de producție, schimbarea proprietăților și tipurilor de materiale, care permit minimizarea normelor de consum pentru o unitate de producție și aspectul lucrărilor de construcții – montaj.

**Normele de muncă** trebuie stabilite în baza studiului muncii.

**Normarea muncii** reprezintă activitatea prin care se stabilește sub forme de norme, cantitatea și calitatea de muncă necesară executării unor lucrări în ritm și cu intensitate normală, în anumite condiții tehnico – organizatorice precizate.

Fazele normării muncii sunt:

- ✓ **Organizarea muncii sau studiul metodelor de muncă:** reprezintă activitatea de cercetare a proceselor și condițiilor de muncă, ai altor factori care determină utilizarea corespunzătoare a forței de muncă, precum și activitatea de aplicare a măsurilor rezultate pe această bază.
- ✓ **Măsurarea muncii:** cuprinde două etape, respectiv înregistrarea timpului de muncă și stabilirea timpului strict necesar pentru efectuarea operațiilor, lucrărilor, serviciilor sau activităților după metoda nouă, îmbunătățită. Rezultatul acțiunii comune a celor două etape îl reprezintă elaborarea de norme de muncă fundamentate.

**Normele de folosire a utilajului de construcții** trebuie stabilite în baza parametrilor tehnici ai fiecărei mașini și a condițiilor medii de folosire.

În cadrul elaborării normelor pentru procesele mecanizate, ca principalele etape de muncă sunt, stabilirea unei productivități normală a mașinii pentru 1 oră de funcționare continuă, realizarea cronometrărilor sau mal măsurării muncii, proiectarea locului de muncă pentru procesele mecanizate, a numărului de personal angajați ca șoferi și a unui regim de muncă normal pentru mecanisme, care în final se finalizează cu determinarea normelor.

Elaborarea normativelor de muncă reprezintă activitatea cea mai importantă din cadrul acțiunii de normare, deoarece calitatea normelor de muncă este determinată nemijlocit de calitatea normativelor, pe baza cărora au fost calculate. Normativele de muncă constituie totodată și unul din principalele mijloace pentru introducerea în producție a unor metode avansate de muncă și de organizare rațională a proceselor de producție.

Pentru a corespunde în întregime scopului pentru care au fost elaborate, normativele trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să reflecte nivelul actual al tehnicii și al organizării producției și muncii;

- să țină seama de toți factorii de influență asupra duratei de execuție a fiecărui element component al operației;
- să conțină indicații precise în legătură cu condițiile tehnico-organizatorice în care trebuie să se desfășoare lucrarea respectivă;
- să fie prezentate într-o formă clară pentru a putea fi ușor accesibile celor care le folosesc la calcularea normelor de muncă.

Dată fiind importanța normativelor pentru activitatea de normare, elaborarea lor trebuie făcută cu deosebită grijă și după un anumit plan. În general elaborarea normativelor de muncă se desfășoară în patru etape distincte și anume:

*Etapa I*, care cuprinde: lucrările pregătitoare referitoare la organizarea acțiunii, studierea documentației, proiectarea noului mod de executare a lucrării, determinarea factorilor care influențează durata de execuție și elaborarea machetelor de tabele normative.

*Etapa a II-a*, efectuarea observărilor asupra procesului de producție și măsurarea timpului de muncă consumat pentru executarea operațiilor și elementelor sale componente.

*Etapa a III-a*, care cuprinde elaborarea propriu-zisă a normativelor de muncă constând din analiza și prelucrarea materialelor rezultate din observări, calcularea valorilor normative și stabilirea formelor de prezentare ale acestora și gruparea normativelor pentru stabilirea normei de timp.

*Etapa a IV-a*, care cuprinde verificarea normelor elaborate pe baza normativelor în condițiile producției, definitivarea lor după verificare, aprobarea și aplicarea lor.

## Concluzii

Problema normării resurselor utilizate la realizarea lucrărilor de construcții-montaj este foarte importantă la momentul actual, mai ales după reformele și schimbările petrecute în ultimii zece ani în R. Moldova. Cele mai importante activități petrecute sunt:

- trecerea la metoda de resurse pentru determinarea costului de deviz;
- adoptarea normelor de deviz românești și rusești în 2001 în R. Moldova;
- actualizarea reglementărilor tehnico economice și al legislației din domeniu;
- modificarea nomenclatorului specialităților și ajustarea procesului de învățământ la rigorile procesului de la Bologna.

Aceste transformări la rândul său au dus la lipsa unor specialiști calificați care să poată îmbunătăți condițiile de muncă și cu toate aspectele sale, și anume:

- norme de muncă corecte,
- condiții bune de muncă,
- salarii decente pentru muncitori,
- norme de deviz actualizate,
- costuri optime pentru lucrările de construcții,
- etc.

### **Bibliografie**

1. Cristian Velicu, Eduard Antohie, ș.a – “Ghidul ocupației – fierar, betonist”, Editura experților tehnici, Iași: - 2005.
2. Hagiu V. ș.a. – “Organizarea și conducerea producției de construcții”, I.P. Iași – 1985.
3. Codul Muncii al Republicii Moldova, M.O. nr 237-240/860 din 31.12.2009, Chișinău 2009.

*Vascan Gr. dr., conf. univ. UTM*

## **Conceptul de performanță în construcții prin prisma costului**

### **Abstract**

*high performance requires greater initial expense, on the growth of these performances, spending time instead of using construction (operation, maintenance, repairs) are even lower as the original quality is higher; defects and their removal costs always more than efforts to avoid them.*

### **Rezumat**

*Obținerea unor performanțe superioare necesită cheltuieli inițiale sporite, pe măsura creșterii acestor performanțe; în schimb cheltuielile din perioada de utilizare a construcției (exploatare, întreținere, reparații) sunt cu atât mai mici cu cât calitatea inițială este mai ridicată; defectele și înlăturarea lor costă întotdeauna mai mult decât eforturile de a le evita.*

### **Резюме**

*Достижение высоких результатов требует первоначальных затрат с увеличением их производительности; чем выше будут первоначальные затраты тем меньше будут затраты в периоде эксплуатации строительства; несоответствия и их устранения будут стоить намного выше чем методы их предупреждения.*

## **Introducere**

**În prezent calitatea în construcții este interpretată la un nivel superior prin conceptul de performanță.** Acesta reprezintă o apreciere globală a mărimii unui ansamblu eterogen de indicatori cu care se poate defini eficiența funcțională și economică a unei construcții din punctul de vedere al tuturor factorilor care participă la conceperea, realizarea, exploatarea și postutilizarea acesteia.

Toate definițiile propuse pentru conceptul de performanță evidențiază ca element fundamental faptul că, în acest tip de abordare, se pleacă nu de la **“ceea ce este și reprezintă un produs”**, ci de la **“ceea ce trebuie să ofere acesta, indiferent de soluția concretă”**.

## **Realizări**

Conceptul de performanță are ca scop principal stabilirea exigențelor de performanță ale construcțiilor și părților componente, în vederea satisfacerii exigențelor utilizatorilor, pe întreaga durată de viață a construcțiilor, în concordanță și cu cerințele social-economice.

Conceptul de performanță are în vedere o “abordare sistemică” a întregului proces de proiectare, realizare, exploatare și postutilizarea a construcțiilor, independent de mijloacele materiale și soluțiile folosite, plecând de la activitățile și necesitățile utilizatorilor și punând un accent deosebit pe comportarea în exploatare a construcțiilor.

În esență, abordarea de performanță este aplicarea unei riguroase analize și a unor metode științifice la studiul funcțional și la realizarea unei construcții și a părților sale componente, în conformitate cu exigențele utilizatorilor. Modelul conceptului de performanță este prezentat în *figura 1*.

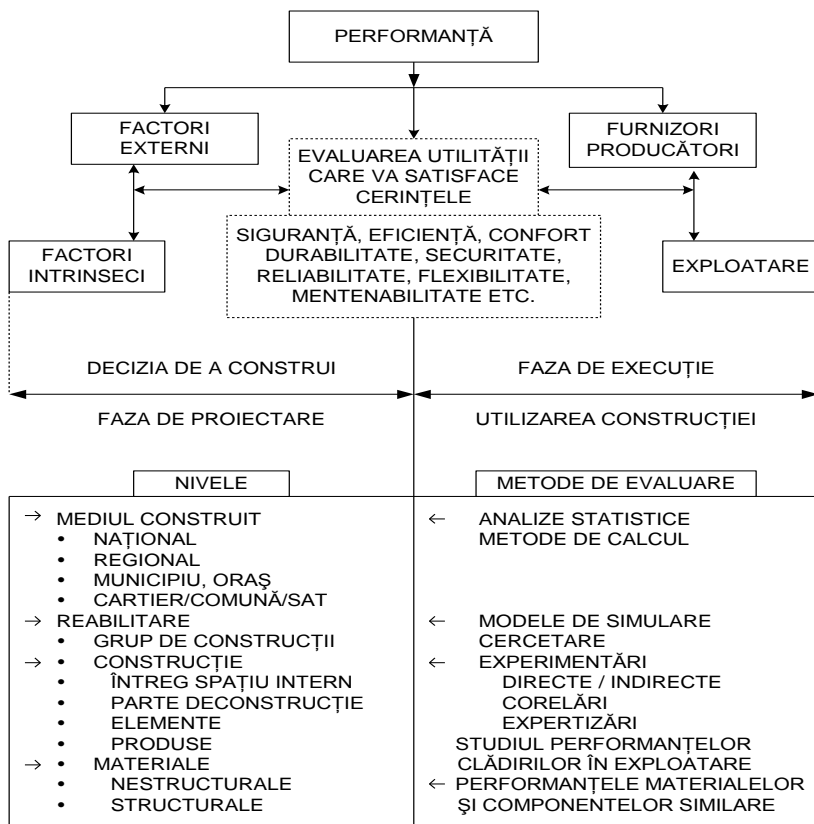


Figura 1. Schema conceptului de performanță.

Dintre toate categoriile de construcții civile, clădirilor de locuit le revine rolul principal, deoarece fac parte din bunurile cele mai importante realizate de oameni și cu cea mai îndelungată folosință.

Având în primul rând o valoare utilitară dar și una de modelare a spațiului în care trăim, clădirile trebuie să răspundă unui complex de cerințe specifice (condiții, exigențe), determinate prin destinație și comanda socială. Nivelul de calitate al unei clădiri rezultă din constatarea gradului în care sunt satisfăcute aceste exigențe la darea în exploatare. Evident, aprecierea nu poate fi definitivă și nici unică, depinzând de factori sociali, economici și tehnici care se modifică în timp.

În trecut sistemele constructive, materialele și pretențiile pe care beneficiarii le puteau avea față de constructori, evoluau foarte lent. De regulă, condițiile pe care urma să le satisfacă o nouă clădire puteau fi stabilite direct, prin comparare cu alta existentă.

Stabilirea exigențelor este o necesitate fundamentală pentru activitatea în construcții, fără de care este imposibilă proiectarea judicioasă și ar fi de neconceput perfecționarea alcătuirilor sau evaluarea rezultatelor obținute.

Lista exigențelor de performanță, criteriile și nivelurile de informații, concretizate în prescripțiile tehnice, servesc proiectării și execuției, asigurând astfel un nivel corespunzător de calitate a construcțiilor. Dar, în condițiile actuale, fiecare element sau construcție se pot proiecta și realiza în multe variante. Dintre acestea trebuie alese cele mai bune, în baza unor analize obiective și nu prin aprecieri subiective sau parțiale. Problema preocupă pe specialiști, care se străduie să pună la punct metode bazate pe conceptul de performanță și analiza valorii.

Performanța este un concept tehnico-economic ce definește un proces în concepția de sistem pe bază de necesitate și funcțiune.

În literatura de specialitate, performanța a fost definită în mai multe moduri: - performanța unui produs este o exprimare cantitativă a comportării acestuia în exploatare, respectiv în raport cu utilizarea lui, sau - performanța exprimă valoarea efectivă a mărimii ce servește drept criteriu, obținută în urma testării unei soluții tehnice.

O metodă simplă privind aprecierea calității unei clădiri care utilizează conceptul de performanță ia în considerare două elemente:

- ponderea fiecărei exigențe de performanță asupra calității ansamblului care se analizează (element de clădire, clădire în ansamblu);
- gradul de satisfacere a exigenței de performanță respective în cazul soluției care se propune.

Procedeul este următorul:

a) Prin intermediul metodelor de evaluare a nivelurilor de performanță se stabilește în ce măsură sunt satisfăcute toate exigențele de performanță, conform criteriilor de performanță din prescripțiile tehnice. Astfel, măsura calității în construcții este notată cu  $p_i$  și reprezintă raportul între valoarea impusă, normată, a nivelului de performanță  $I$  și valoarea realizată conform soluției de proiect. Dacă  $p_i = 1,00$  atunci exigența respectivă este satisfăcută. Dacă  $p_i$  este supraunitar, nivelul de performanță necesar este depășit în sens favorabil iar dacă  $p_i$  este subunitar exigența de performanță respectivă nu este asigurată.

Acceptând această metodă, relativ simplă, de apreciere a calității unui proiect, trebuie să se observe că nu întotdeauna calitatea variază proporțional cu raportul  $p_i$ , ci după legi mai complexe. Iată câteva exemple:

Majorarea capacității de izolare termică a unui element exterior de închidere (perete, acoperiș) face să crească gradul de confort și să scadă consumul de energie pentru încălzire. Însă peste anumite valori ale capacității de izolare termică efectul crește mai încet, deoarece alte căi de pierdere a căldurii devin preponderente (tâmplăria exterioară).

Creșterea capacității de izolare acustică mărește gradul de confort în locuințe. Dar se știe că de la un anumit nivel de atenuare a zgomotelor apare senzația de neliniște din cauza pierderii contactului auditiv cu lumea înconjurătoare. Într-o atare situație încep a fi auzite zgomotele propriului organism (bătăile inimii) și se instalează o stare de neliniște greu de suportat, nu pot fi sesizate unele situații periculoase (incendiu), necesitând alertarea locatarilor, etc. Efectul pozitiv se transformă în unul negativ.

În consecință, stabilirea valorilor  $p_i$  nu este o operație simplă și necesită reglementări suplimentare.

b) Pentru exprimarea ponderii fiecărei exigențe de performanță se recurge la un coeficient  $\alpha_i$ , prin care se ține seama că unele performanțe sunt mai importante decât altele. În mod evident, toți coeficienții sunt subunitari și

$$\sum \alpha_i = 1,00 \quad (1)$$

c) Aprecierea în ansamblu a proiectului se face pe baza relației:

$$N = \sum \alpha_i * p_i \quad (2)$$

$N$  are astfel semnificația calificativului (notei) care se obține la un concurs de licitare.

Performanța unei construcții este caracterizată de calitatea proiectului (determinată pe baza costului global). De nivelul inițial



de performanță al construcției este strâns legată comportarea în timp a acesteia.

La un moment dat ( $T_o$ ) curbele costurilor cumulate în perioada de utilizare se intersectează (*figura 2*); în acest punct numit și prag de rentabilitate costul global pentru ambele variante este egal:

$$CG1 = CG2 \quad (3)$$

$$CG1 = Ci1 + Cu1 \quad (4)$$

$$CG2 = Ci2 + Cu2 \quad (5)$$

unde:

$$Cu1 = Ca1 \cdot T_o \quad (6)$$

$$Cu2 = Ca2 \cdot T_o \quad (7)$$

$Ci1, Ci2$  – costul de execuție pentru variantele analizate (1,2);

$Cu1, Cu2$  – costurile din perioada de utilizare pentru variantele analizate (1,2);

$Ca1, Ca2$  – costul anual de exploatare pentru variantele analizate (1,2);

$T_o$  – momentul în care are loc recuperarea investiției (pragul de rentabilitate).

Din formulele de mai sus se determină  $T_o$  – momentul recuperării investiției:

$$T_o = \frac{Ci2 - Ci1}{Ca1 - Ca2} \quad (8)$$

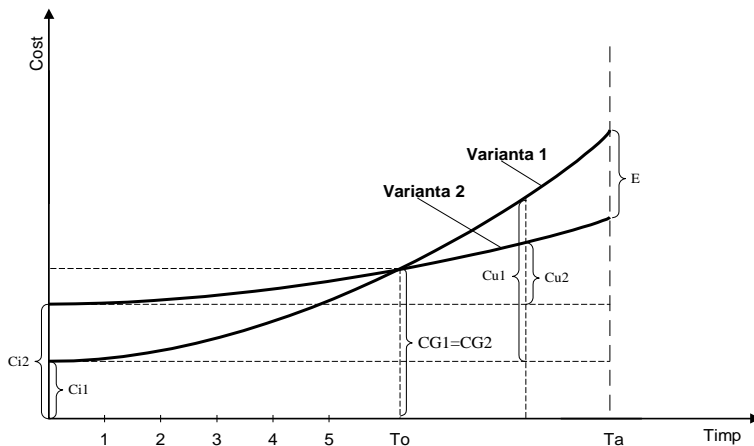


Figura 2. Dependența dintre cele două categorii de costuri din structura costului global pentru 2 variante cu performanțe diferite.

În punctul de intersecție al acestor două curbilini ( $T_o$ ), varianta 2 își recuperează investiția din economiile de resurse energetice pe care le obține în perioada de utilizare față de varianta 1. Din momentul  $T_o$  până la sfârșitul perioadei de analiză  $T_a$  pentru varianta 2, cu performanțe superioare, se obțin economii datorită costului de exploatare mai mic în perioada de utilizare.

## Concluzii

Din reprezentarea grafică rezultă concluzia că, de regulă, obținerea unor performanțe superioare necesită cheltuieli inițiale sporite, pe măsura creșterii acestor performanțe; în schimb cheltuielile din perioada de utilizare a construcției (exploatare, întreținere, reparații) sunt cu atât mai mici cu cât calitatea inițială este mai ridicată; defectele și înlăturarea lor costă întotdeauna mai mult decât eforturile de a le evita.

### **Bibliografie**

1. Răileanu I. – Calitatea construcțiilor în Republica Moldova – prezent, viitor, Conferința Tehnico – Științifică Jubiliară „Tehnologii moderne în construcții”, Chișinău, 2000.
2. Vascan G., Ciocan I., Onuțu C. – Calitatea construcțiilor prin prisma ingineriei și analizei valorilor, Conferința Tehnico – Științifică Jubiliară „Tehnologii moderne în construcții”, Chișinău, 2000.
3. Hagiu V. ș.a. – “Organizarea și conducerea producției de construcții”, I.P. Iași – 1985.

*Кирпий А. старший научный сотрудник, кандидат технических наук, ICȘC "INCERCOM" Î.S.*

## **Практика восстановления зданий и сооружений пострадавших при карпатских землетрясениях**

### **Abstract**

*The paper presents data on the behavior of stone and frame-monolithic buildings during strong earthquakes Carpathian, which revealed an acute need to develop new and improve existing methods of strengthening the damaged structures of these structural systems.*

*In the case of the Republic of Moldova considers some aspects of amplification and rehabilitation of structures, including buildings under construction of new structural systems.*

### **Rezumat**

*În lucrare se prezintă date privind comportarea clădirilor cu cadre-zidărie și monolit, în cazul unor cutremure majore din zona carpatică, care au generat o necesitate stridentă de elaborare a unor metode noi și perfecționare a celor existente de consolidare a construcțiilor deteriorate ale acestor clădiri.*

*Pe exemplul Republicii Moldova se studiază unele aspecte de consolidare și refacere a construcțiilor, inclusiv pentru clădiri de sistem nou aflate în construcție.*

### **Резюме**

*В статье приводятся данные о поведении каркасно-каменных и монолитных зданий при сильных Карпатских землетрясениях, которое выявило острую необходимость в разработке новых и совершенствовании существующих методик усиления поврежденных конструкций этих конструктивных систем.*

*На примере Республики Молдова рассматриваются некоторые аспекты усиления и восстановления конструкций, в том числе для строящихся зданий новых конструктивных систем.*

## **Введение**

Опыт эксплуатации зданий и сооружений в сейсмоактивных районах Республики Молдова показывает, что в течение своего срока службы они неоднократно подвергаются воздействиям землетрясений как расчетной интенсивности, так и сейсмическим воздействиям несколько меньшей силы: 5-6 баллов. В результате в конструкциях зданий происходит накопление и развитие повреждений, приводящее в итоге к снижению несущей способности конструктивных элементов и долговечности зданий. Нередко по таким причинам здания оказываются в предаварийном состоянии и требуют оперативного укрепления поврежденных конструкций и восстановления их

сейсмостойкости. В такой ситуации оказались десятки зданий после Карпатских землетрясений 1977г. и в особенности 1986г.

Между тем опыт массового усиления поврежденных конструкций каменных и железобетонных каркасных и бескаркасных зданий в Республике практически отсутствовал. В такой ситуации инженерам и специалистам пришлось в экстренном порядке, основываясь на имеющийся международный опыт, а иногда просто на собственную интуицию, разрабатывать и сразу же применять конструктивно-технологические решения по восстановлению и усилению пострадавших зданий.

После землетрясения 1986 года только ПСО «Монолит» произвел ремонтно-восстановительные работы по усилению более двадцати высотных зданий из монолитного железобетона, которые усиливались по принципу «восстановить любыми средствами», т.е. материалоемкость и трудоемкость способов не учитывалась, что в условиях рыночных отношений не приемлемо.

Не всегда такие, разработанные в спешном порядке способы оказывались удачными, вследствие чего многие из них в процессе проведения ремонтно-восстановительных работ корректировались и совершенствовались. В результате можно констатировать, что на настоящее время в Республики накоплен определенный опыт восстановления поврежденных зданий и сооружений, однако какими-либо нормативными документами он не закреплен.

К сожалению в Республике отсутствуют и альбомы (каталоги) конструктивных решений способов усиления поврежденных конструкций и зданий в целом, хотя ранее молдавскими специалистами были разработаны и применены на практике новые технические решения, направленные на предупреждение повреждений зданий и сооружений при сейсмических воздействиях.

### **Состояние проблемы**

К таким разработкам в частности относятся:

- свайные фундаменты с промежуточной подушкой для зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах, которые впервые в мире испытаны и применены в Республике Молдова на ряде объектов;

- новые технологии индустриального монолитного домостроения, также впервые примененные в Республике Молдова с использованием переставных, в т.ч. блочных опалубок;

- каркасно-каменные-технологии и др.

Результаты анализа поведения зданий при сильных Карпатских землетрясениях показывают, что характер и объемы повреждений в них становятся решающим фактором при определении дальнейшей судьбы каждого из них. Характер повреждений во многом зависит от конструктивного решения здания, а объемы повреждений - от качества выполнения строительно-монтажных работ.

После землетрясений 1977 и 1986 гг. проектными институтами «Кишинэупроект» и "Урбанпроект" в срочном порядке были разработаны два основных комплекса мер по усилению поврежденных конструкций монолитных зданий.

Первый комплекс мер предусматривал локальное усиление поврежденных стеновых конструкций с помощью традиционных приемов в виде односторонних и двухсторонних армированных "набетонок", конструктивные решения которых и характерные примеры их реального воплощения внедрены при восстановлении зданий например по ул. Волунтарилор-16, Каля Ешилор-11, Миорица-5 и многих других в г.Кишиневе.

Обетонирование поврежденных конструкций осуществлялось мелкофракционным бетоном М300 на расширяющемся или безусадочном цементе. В отдельных случаях (для усиления узких простенков, перемычек) применялась жесткая арматура в виде уголков. В целом принятое ПИ "Кишинэупроект" направление в организации усиления локально поврежденных конструкций заслуживает одобрения, поскольку удовлетворяет двум основным требованиям: обеспечению надежности усиленных конструкций и приемлемости экономических показателей способов усиления.

Среди наиболее характерных повреждений одно- и многоэтажных каркасных зданий и способов восстановления несущей способности отмечаются следующие случаи:

- повреждения отдельных колонн в местах сопряжения гибкой нижней части к жесткой верхней (разрушение бетона с потерей устойчивости профильной арматуры). Усиление таких конструкций производилось устройством монолитных железобетонных капителей, арматура которых соединялась сваркой с продольными стержнями ригелей и колонной; эти стержни обвязывались учащенной арматурой.

- разрушения нижних и верхних приопорных участков колонн каркаса по наклонным сечениям с разрушением сжатой зоны бетона, выпучиванием продольной и разрывом поперечной арматуры. Усиление проводилось с устройством монолитной железобетонной обоймы с соединением продольной арматуры. Аналогичное усиление

произведено для усиления повреждений верхних поясов железобетонных ферм.

В случае образования наклонных трещин в конструкциях, но без раздробления бетона усиление производилось металлическими обоймами с включением их в работу натяжением болтов.

Технические решения по усилению каменных бескаркасных зданий основывались на широком использовании металлических штукатурно-железобетонных обоев для участков стен и простенков, фундаментов, пилястр, одиночных стоек и колонн и др.

Усиление здания в целом, либо его отдельных отсеков осуществлялось с устройством поясов, напрягаемых тяжей, накладок, омоноличенных шпонок и т.д., т.е. по методикам, разработанным специалистами бывшей СССР.

В начале нынешнего столетия научные работники и проектировщики Молдовы ориентировались на поиск новых экономичных и эффективных направлений в проведении ремонтно-восстановительных работ, а именно в применении для этих целей конструкционных полимерных материалов. Сами полимеры и отдельные способы усиления с их помощью поврежденных конструкций не являются новыми для практики ремонтно-восстановительных работ, однако научные разработки и практические результаты восстановления полимерными материалами до недавнего времени в Молдове практически отсутствовали. Разработанные в Техническом Университете Молдовы такие методы прошли практическую апробацию при восстановлении ряда аварийных монолитных зданий, пострадавших при землетрясении 1986 года.

Следует отметить, что ранее основным направлением при разработке методов усиления конструкций в бывшем СССР являлся принцип восстановления несущей способности поврежденных конструкций, основывавшийся на увеличении поперечного сечения усиливаемого элемента. Недостатки этого направления: трудности в обеспечении совместной работы основной и элементов усиления, что влечет за собой существенное увеличение трудоемкости и повышенного расхода стали и бетона. Молдавскими специалистами разработана методика восстановления сплошности конструкций без изменения их геометрических параметров. Эта методика основывается на широком применении конструкционных полимерных материалов на основе эпоксидных олигомеров. Восстановление монолитности бетона с помощью инъекции в трещины эпоксидных клеящих составов является эффективным и надежным способом, гарантирующим полное восстановление несущей способности

конструкции с трещинами. В вышеупомянутом Университете проводились комплексные исследования включавшие в себя три направления:

- разработку и оптимизацию конструкционных полимеррастворов, предназначенных для ремонтно-восстановительных работ;

- исследование эффективности различных способов восстановления сплошности и несущей способности бетона в конструкциях, поврежденных при силовых воздействиях;

- разработка технологии и оборудования для применения разработанных материалов и способов, а также опытное внедрение при ремонтно-восстановительных работах при ликвидации последствий сильных землетрясений.

Проведенные экспериментальные исследования на опытных образцах, а также на реальных конструкциях в условиях промышленного производства показали, что для восстановления несущей способности конструкции, как правило не требуется полная ликвидация всех имеющихся в ней повреждений, поскольку было установлено, что снижение общей жесткости конструктивной системы не всегда приводит к снижению ее несущей способности. Сказанное позволило заключить, что учитывая экстремальные ситуации не всегда есть необходимость в общем глобальном усилении всей поверхности стен. В большинстве случаев восстановление несущей способности и сплошности стен может быть достигнуто комплексным способом: с применением конструкционных полимеррастворов в растянутых зонах и дополнительного армирования растянутых зон.

Выше изложены мероприятия по усилению поврежденных при сильных землетрясениях каркасно-каменных и монолитных зданий. Они актуальны и сегодня, поскольку в Республике эксплуатируются сотни зданий таких конструктивных систем.

Здесь уместно отметить, что в настоящее время несколько упали объемы строительства каркасно-каменных зданий, а монолитные дома практически не строятся. Им на смену пришли новые здания, возводимые по каркасным и каркасно-диафрагмовым схемам. Опыт поведения таких зданий в Молдове при расчетных землетрясениях отсутствует, в связи с чем и методов усиления таких зданий не имеется.

В месте с тем следует иметь ввиду, что ответственность несущих конструкций в зданиях этой системы значительно выше, чем в зданиях описанных конструктивных систем. Так, например, на пролете в шесть метров стены пятиэтажного каркасно-каменного или



многоэтажного монолитного здания приходится лишь две колонны каркасного здания, высота которого составляет не менее 10 этажей. Сказанное позволяет заключить что в результате воздействия на данные здания сейсмических расчетных нагрузок их поведение будет зависеть в первую очередь от качества про изводимых строительных работ.

### **Заключение**

Специфика восстановительных работ в сейсмических районах накладывает ряд требований, предъявляемых к методам усиления конструкций. Основными из них являются: необходимость противостоять возможным повторным сейсмическим воздействиям, сохранение требуемых жесткости и деформативности, невысокая материалоемкость, сохранение по возможности первоначальной массы конструкций и здания в целом, сведение к минимуму трудозатрат и сроков производства восстановительных работ.

Между тем до недавнего времени из-за отсутствия соответствующих научных разработок восстановительные работы как правило проводились либо устаревшими методами, применявшимися в послевоенный период для усиления поврежденных зданий, либо материалоемкими способами, создающими определенный "перезапас" прочности усиливаемых конструкций.

Тем не менее можно считать, что опыт усиления эксплуатируемых зданий имеется. Что касается зданий, возводимых в Республике в последнее десятилетие, то проблема разработки нормативно-технической документации по восстановлению конструкций таких зданий с соответствующими альбомами типовых решений и узлов становится актуальной.

### **Библиография**

1. Проектирование многоэтажных зданий с железобетонным каркасом для сейсмических районов / Айзенберг Я.М., Никитин И.К., Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н. – М: ОАО «ЦНИИПромзданий», 2008. - 146 с.

*Cojocaru E., inginer cercetător științific stagiar,  
Croitoru Gh., dr. ing. cercetător științific, ICȘC "INCERCOM" Î.S.*

## **Studiul comportării betonului armat cu fibre**

### **Abstract**

*This article discusses the study dispersed fiber reinforced concrete as structural elements and the main methods and techniques of structural and micro-structural analysis of the steel-concrete components, as well as the determination of the best composition of fiber reinforced concrete. This article reflect the influence and the characteristics of the dispersed fibers within a cement matrix, thus, the reinforcement with fibers vastly allows to average out the main deficiency of the cement which are low durability at tension and shortness at fracture.*

*According to our experiments the durability of elements from the steel-concrete, having long fibers, is almost twice bigger than the durability of reference beams, without fiber addition.*

### **Rezumat**

*Articolul se referă la studiul betoanelor dispers armate cu fibre ca elemente structurale, la stabilirea principalelor metode și tehnici de analiză structurală și micro-structurală a componentelor betonului dispers armat, precum și stabilirea compoziției optime a betonului cu adaos de fibre. Articolul reflectă caracteristica și influența fibrelor dispersate în matricea de beton, astfel că, armarea cu fibre să permită, în mare parte, să compenseze principalele deficiențe ale betonului – rezistența redusă la tracțiune și fragilitate la fracturare.*

*După cum se observă din datele experimentale rezistența elementelor din beton armat, cu fibre lungi, este aproape de 2 ori mai mare decât a grinzilor de referință, fără adaos de fibre.*

### **Резюме**

*В данной статье рассматриваются исследования дисперсных бетонов армированных волокном, в качестве структурных элементов в создании основных методов и методик структурного и микро-структурного анализа дисперсионных железобетонных конструкций, а также определения оптимального состава бетона с добавками волокна. Статья отображает характеристику и влияние дисперсных волокон в бетонной матрице, так, чтобы армирующие волокна позволяли, в значительной степени компенсировать основные недостатки бетона - низкую прочность на разрыв и хрупкость при разрушение.*

*Как видно из экспериментальных данных, прочность железобетонных элементов с длинными волокнами почти в 2 раза выше, чем без добавления волокон.*

## **Introducere**

În momentul de față au apărut tehnologii moderne, care permit producerea materialelor de construcții mai rezistente și mai de perspectivă în ceea ce privește durabilitatea. Un astfel de material, care are toate

criteriile, pentru a fi numit materialul noii generații este și betonul dispers armat cu fibre. La bază, acest material, are un beton obișnuit. Dar datorită faptului că în materialul compozițional se adaugă aditivi fibroși, care pot fi armatura, fibre de sticlă, aditivi polimerici, acesta capătă rezistență la tracțiune și rezistență la rupere timpurie.

Materialul compozit reprezintă un sistem obținut pe cale artificială, unind două sau mai multe materiale, diferite din punct de vedere chimic, legate între ele prin intermediul unei matrice, cu scopul de a se obține anumite proprietăți care nu pot fi obținute luând materialele separat.

Componentele de bază ale acestor materiale compozite sînt:

- fibrele, care reprezintă faza discontinuă avînd un rol de ranforsat sau material de armare ce conferă rezistență produsului final;
- matricea, care formează faza continuă cu rolul de a îngloba și lega fibrele. Aceasta protejează fibrele și contribuie la transferul încărcărilor către acestea.

Spre deosebire, de plasă și armătură care pot fi fixate într-un singur plan, fibrele, simultan, sînt distribuite în toată matricea de beton (dispersează). Fibrele pot îndeplini mai multe funcții, în dependență de proporțiile stabile. Una din cele mai importante funcții este reducerea micro și macrofisurilor. Determinînd fisurile în starea lor inițială, fibrele împiedică răspîndirea lor.

Există foarte multe metode de realizare a consolidărilor și renovării, structurilor de beton și beton armat, dar cea mai des folosită metodă, pînă în momentul de față, este utilizarea fibrelor de armare, care realizează un material compozit cu noi caracteristici, mult mai performante în comparație cu material componente. Pentru realizarea acestei tehnici speciale de consolidare a structurilor de beton și beton armat, sînt necesare ample cunoștințe despre comportarea în exploatare a celor două materiale folosite, dar și a întregului sistem astfel rezultat.

Avantaje:

- asigură o armare tridimensională în toata masa amestecurilor;
- elimină crăpăturile și fisurile datorate tensiunilor și contracțiilor;
- crește considerabil rezistență la uzură și la cicluri îngheț – dezgheț;
- reduce în mare măsură permeabilitatea betoanelor și mortarelor;
- fibrele de armare sînt neutre la componenții chimici corozivi;
- betoanele și mortarele pot fi aplicate manual sau prin injectare;
- mărește plasticitatea și lucrabilitatea betoanelor și mortarelor;
- sporește rezistența la foc a betoanelor și mortarelor;
- nu necesită adăugarea aditivilor superplastifianți.

Cele mai frecvent utilizate tipuri de fibre sunt cele din polipropilenă. Aceste fibre se adaugă și amestecă în beton și în ciment. Ele îmbunătățesc

proprietățile amestecurilor, furnizînd o întărire suplimentară și în special controlează nevăzutele și neplăcutele contracției (formarea crăpăturilor).

Tendința betonului și a mortarului de a se crăpa a fost acceptată ca naturală în folosință pînă acum cîțiva ani. Crăpăturile din beton sau mortar care sînt formate în prima fază a contracției uscate (în starea plastică) cauzează în consecință probleme în ce privește scăderea integrității și rezistenței betonului.

Aceste crăpături se formează în primele 24 ore după turnarea betonului. Fisurile de turnare și de contracție pot să nu fie observate pînă peste cîteva zile. De obicei, suprafața pardoselii turnate este perfectă încă, în urma operației de finisare, sau pur și simplu nu sînt suficient de late pentru a fi observate pînă cînd betonul sau mortarul nu se contractă sau o sarcină determină ca aceste planuri slabe să escaladeze și să devină crăpături vizibile.

Motivul pentru care apar crăpăturile este că exista anumite tensiuni care depășesc rezistența betonului. Acest lucru poate fi evitat utilizînd fibrele polipropilenice în structurile din beton.

Aceste fibre sînt, mulțumită suprafeței lor specifice, capabile să absoarbă și să elibereze tensiunile din timpul contracției uscate (energia este distribuită în multe milioane de fibre). Reducerea sau eliminarea fisurilor plastice permite apoi betonului să-și dezvolte o integritate optimă pe termen lung.

Cînd fibrele de polipropilenă sînt adăugate la amestecul betonului, acțiunea de amestecare determină deschiderea și separarea acestora în milioane de fibre individuale, care se distribuie uniform în toată masa betonului în toate direcțiile, furnizînd o întărire secundară eficientă pentru controlul fisurării la contracție. În timp ce se întărește și contractă betonul, se dezvoltă fisuri microscopice. Cînd microfisurile înlînesc o fibră, ele sînt blocate și se previne dezvoltarea lor spre fază de macrofisuri și apariția de probleme. Adăugarea fibrelor de polipropilenă în tot betonul servește și la minimizarea lățimii și lungimii crăpăturilor care ar putea apărea în starea uscată.

Fibrele de propilenă se folosesc la construcția obiectelor de inginerie civilă, industrială, rutieră ca component a mortarelor și amestecurilor.

Pe parcursul experimentelor, s-a stabilit că adăugarea fibrelor de polipropilenă conduc la:

- reducerea segregării amestecului de beton – pînă la 25 %;
- reducerea timpului de priză și de întărire, adică creșterea vitezei de cîpătare a formei – pînă la 45 %;
- creșterea mărcii betonului după rezistență – pînă la 25 %.

Principalele domenii de utilizare ale fibrelor de polipropilenă, sînt aceleași ca și la oricare alt tip de fibre:

- construcții monolitice și de înălțime;
- turnarea pardoselilor;
- pilonilor de fundație;
- fundamente supuse acțiunilor dinamice;
- plăci monolitice de trotuar, traverse de cale ferată.

Firul de polipropilenă este un adaos pentru înlocuirea eficace a fierului beton în unele cazuri (șape, pardoseli, parcări, tencuieli, etc.), care datorită structurii sale (legăturilor transversale dintre fire și a suprafeței aspre ce conferă aderență) se dispersează tridimensional, uniform, în beton și mortar.

Fibrele polipropilenice sînt adecvate pentru realizarea fațadelor, a aleilor cu trafic greu sau pietonal, a parcărilor, a pardoselilor industriale, a tancurilor septice, a zidăriei subterane, a depozitelor și zonelor aeroportuare etc.

### 1. Proprietăți principale ale betoanelor armate cu fibre

Comportamentul fizic și chimic este evaluat în conformitate cu următoarele fenomene: contracție pe termen scurt (plastică); contracție pe termen lung (hidraulică); durabilitate; îngheț-dezghet; carbonatare; coroziune fibrelor în prezența de clorurilor; expunerea la foc.

**Rezistența la compresiune** a betonului nu este în mod substanțial modificată de surplusul de fibre. O creștere moderată pentru o rată considerabilă de fibre de oțel (aproximativ nu mai puțin de 1,5 % din volum) poate fi observată. După atingerea vîrfului, materialul prezintă o ductilitate marcată, care depinde puternic de conținutul de fibre (Fig. 1):

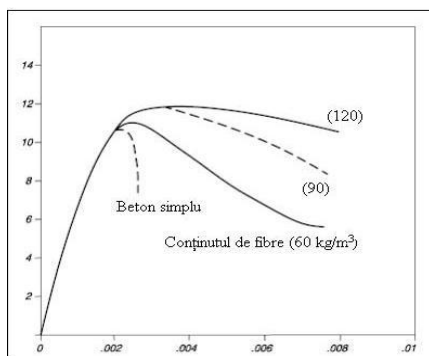


Figura 1. Diagrama: încărcare vs deformare, pentru betonul cu doze diferite de fibre

Betonul armat cu fibre are comportament la tracțiunea uniaxială ce este puternic afectat de prezența conținutului de fibre, în special în faza primei fisurări. Numai prin utilizarea măsurătorilor de înaltă precizie, mai ales în cazul microfibrilor (cu un conținut aproximativ de 1,5 – 2 % din volum și chiar mai mult), adăugări remarcabile de valoare maximă pot fi obținute (Fig. 2 și 3):

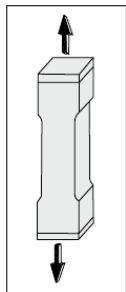


Figura 2. Poziția epruvetei pentru testul de rezistență la tracțiunea directă

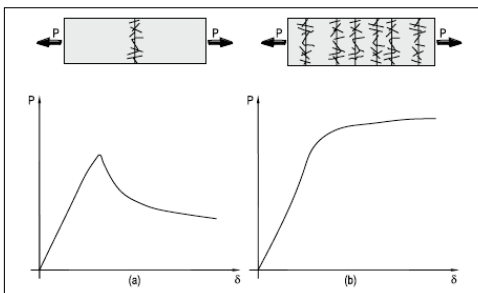


Figura 3. Curba de încărcare ( $P$ ) vs de deformare ( $\delta$ ), pentru beton cu dozaj scăzut de fibre (a) și pentru beton cu un dozaj ridicat de fibre (b)

### ***Tracțiune la despicare indirectă. Încercare braziliană.***

Dificultățile întâlnite, ce țin de ordin practic, pentru a efectua încercările la tracțiune directă au dus la proceduri alternative de testare, cum ar fi, de exemplu, tracțiunea la despicare indirectă, de asemenea, numit „test brazilian” (Fig. 4 – 6):

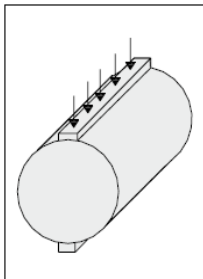


Figura 4. Aranjarea epruvetei pentru încercarea braziliană



Figura 5. Utilajul pentru testarea la despicare indirectă



Figura 6. Exemplu de configurație a epruvetei pentru testarea la despicare indirectă

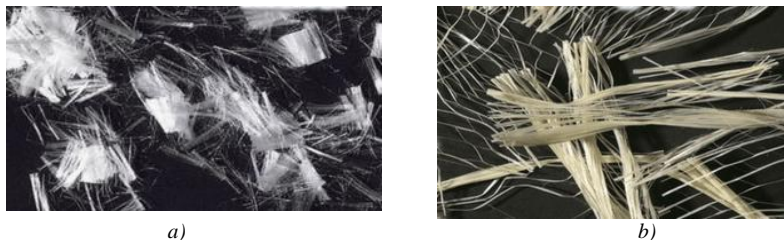
În imagine epruveta are formă cilindrică dar, de asemenea, este posibil să se testeze pe epruvete cubice sau prismatice.

### **3. Determinări experimentale privind cantitatea optimă de adaos de fibre pentru armarea dispersă a betonului**

Fisurile în beton se formează la etapa inițială de tasare (în stare plastică) și pot diminua integritatea și rezistența betonului. Aceste fisuri se formează în primele 24 h după turnarea betonului. Cauzele apariției fisurilor se datorează faptului că tensiunea existentă depășește rezistența betonului. Acest lucru poate fi evitat prin adăugarea unei cantități optime de fibră de polipropilenă în amestecul de beton. Fibrele, datorită suprafeței lor specifice, sînt capabile să asimileze forțele de întindere în timpul tasării (energia se repartizează pe milioane de fibre), ceea ce permite betonului să dezvolte o rezistență durabilă. În acest sens fibrele de polipropilenă datorită suprafeței sale mari este mult mai eficientă decît plasa din sîrmă de oțel.

Fibra din polipropilenă inertă – homopolimer, de culoare albă și bej (fig. 7), se prezintă ca un fir lenticular, fibrilat longitudinal, apoi răsucit, lucrează în masa amestecurilor ca o puzderie de holzșuruburi, asigurînd ca o punte potențialele porțiuni cu fisuri. Avînd o tenacitate și o rezistență la rupere mare, plus marginile tip lamă de fierăstrău și forma elicoidală a fibrei, aceasta face imposibilă extragerea lor din masa betonului. Firul de polipropilenă poate fi folosit ca adaos pentru înlocuirea eficace a fierului beton în unele cazuri (șape, pardoseli, parcări, tencuieli, etc.), care datorită structurii sale (legăturilor transversale dintre fire și a suprafeței aspre ce conferă aderență) se dispersează tridimensional, uniform, în beton și mortar. La producerea betonului trebuie respectate toate regulile și indicațiile din domeniu. Astfel trebuie examinată calitatea adaosului, granulația, calitatea cimentului, calitatea și puritatea apei. Utilajele de cîntărire și de adăugare, timpul de amestec, adăugarea de fibre și alte adaosuri trebuie verificate permanent.

Prin adăugarea lor la prepararea betonului sau mortarului și omogenizarea amestecului, fibrele vor conduce la realizarea unor legături suplimentare între particulele componente formînd un sistem de „microarmare” ce contribuie la îmbunătățirea sensibilă a principalelor caracteristici fizico-mecanice ale produselor în care vor fi încorporate.



a)  
Figura 7. Fibre din polipropilenă pentru armarea betoanelor și mortarelor  
a) scurte și b) lungi

Cerințele impuse la utilizarea fibrelor:

- chimic neutre;
- rezistența la întindere relativ mare;
- ancorare și aderență bună în beton.

Efectul presupus de armare cu fibre asupra betonului:

- creșterea rezistenței la întindere,
- obținerea unei rigidități sporite.

#### **4. Determinarea compoziției optime a betonului cu adaos de fibre**

Cunoscând compozițiile optime ale betonului cu adaos de fibre și caracteristicile mecanice (compresiune și întindere din încovoiere) vom încerca să stabilim compoziția optimă a betonului cu adaos de fibre.

Pentru aceasta s-au confecționat probe cubice (cilindrice) și prismatice, care au fost testate la compresiune cu diferite compoziții a amestecului de beton.

Efortul unitar de compresiune în beton trebuie limitat pentru a evita fisurile longitudinale, microfisurile sau niveluri ridicate de curgere lentă, când acestea ar putea avea efecte inacceptabile pentru funcționarea structurii. Fisurarea trebuie limitată astfel încât să nu aducă prejudicii bunei funcționări sau durabilității structurii sau să aducă la un aspect inacceptabil al acesteia.

Pentru încercarea la fisurare s-au luat grinzile confecționate din beton simplu, care au fost încărcate treptat pînă la apariția primelor fisuri, înregistrîndu-se valoarea efortului și măsurîndu-se mărimea fisurilor. Starea limită de serviciu a fost înregistrată și încărcarea a fost oprită la o deschidere medie de fisură de 0,2 mm. După descărcare (relaxare), fisurile s-au închis la o deschidere remanentă de 0,03 – 0,04 mm. Distribuția fisurilor la starea limită de serviciu poate fi observată în fig. 8 pentru grinzile din beton simplu (a) și din beton armat cu fibre lungi (b), cu strat de acoperire cu beton de 50 mm.



După aceasta grinzile au fost încărcate pînă la distrugere, în stadiul limită ultim (SLU).

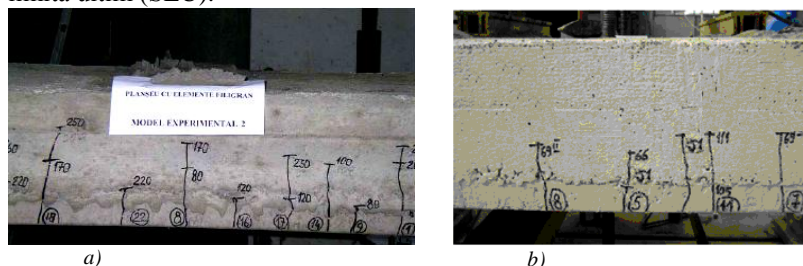


Figura 8. Grinzile din beton simplu (a) și armat cu fibre lungi (b), încercate la fisurare la SLS cu strat de acoperire cu beton de 50 mm

Testele au fost efectuate prin plasarea grinzilor pe instalația de încercări, în funcție de sistemul de testare prin încovoierea în două puncte, folosindu-se o distanță între dispozitivele de acționare de 160 cm, lăsându-se o suprafață cu o deschidere de 90 cm (aproximativ de 3 ori înălțimea utilă a secționării) și obținându-se o distanță între susținători de 340 cm.

În continuare grinzile din ambele compoziții au fost încărcate pînă la valorile efortului de apariție a fisurilor, după care s-au studiat cu ajutorul fisurometrului și șublerului în vederea existenței fisurilor. În urma studiului fisuri nu s-au observat.

După aceasta a fost continuată încărcarea, pînă la apariția primelor fisuri și din nou studiată prezența fisurilor. După descărcare (relaxare), fisurile s-au închis la o deschidere remanentă de 0,02 – 0,03 mm.

După aceasta grinzile au fost încărcate pînă la distrugere, în stadiul limită ultim (SLU).

S-a observat din analizele efectuate, că rezistența la întindere din încovoiere a grinzilor din beton armat, cu fibre lungi, este aproape de 2 ori mai mare decât a grinzilor de referință, fără adaos de fibre.

## Concluzii

Problemele legate de rezistența și durabilitatea betoanelor, au condus la efectuarea a mai multor studii teoretice și experimentale care să îmbunătățească aceste proprietăți și care să creeze medii de dezvoltare a unor noi domenii de studii.

Betoanele dispers armate sînt caracterizate în principal prin următoarele proprietăți principale:

- rezistențele la compresiune și modulul de elasticitate cu valori practic egale cu ale betonului martor și rezistențele sporite la compresiune locală și omogenitate în toate direcțiile;

- rezistențele la întindere și încovoiere superioare cu 20 – 200 % în funcție de clasa betonului, tipul și dozajul armăturii disperse;

- rezistențe la uzură mai mari cu 10 – 30 % și rezistențele la șoc mecanic de 2 - 12 ori mai mari ca la betonul martor;

- o bună durabilitate (capacitate de deformare sub sarcină crescută și comportare ductilă post vîrf de sarcină); impermeabilitate egală și rezistență la îngheț-dezgeț repetat superioară betonului martor;

- contracții ușor inferioare betonului martor; reducerea sau ameliorarea tendinței de fisurare a betonului și îmbunătățirea comportării elementelor sub aspectul deschiderii și reparației fisurilor;

- posibilități de reducere sau eliminare a armăturii cu bare din OB și etrieri la realizarea unor elemente și lucrări din beton armat și precomprimat; reducerea dimensiunilor unor elemente prin eliminarea stratului de acoperire cu beton;

- creșterea conductivității electrice a BFM de 4 - 10 ori datorită armării disperse;

- reducerea numărului și volumului fazelor la execuția unor lucrări etc.

## **Bibliografie**

1. Concrete Society Technical Report No. 55 Design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite materials, edited by The Concrete Society, 2000;
2. NE 012-1:2007, Normativ pentru producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat Partea I, Producerea betonului;
3. COLESNIC IGOR, Studii și cercetări asupra protecției anticorosive în industria materialelor de construcții, Teză de doctorat, Galați, 2011;
4. Making Better Use of the Strength of Advanced Materials in Structural Engineering (Îmbunătățirii cu privire la folosirea noilor materiale pentru consolidări, on ingineria structurală), Conferința

internațională a Fibrelor Polimerice Compozite, Hong Kong, 2001;

5. AVRAM CONSTANTIN, BOB CORNELIU, Noi tipuri de betoane speciale, Facultatea de Construcții Timișoara, Ed. Tehnică Buc. 1980;
6. CADAR IOAN, CLIPII TUDOR, TUDOR AGETA, Beton armat, Ediția I, Editura Orizontul Universitar, Timișoara, 1999;
7. В.В. БАБКОВ, В.Н. МОХОВ, М.Б. ДАВЛЕТШИН, А.В. ПАРФЕНОВ и др. Модифицированные бетоны повышенной ударной выносливости. Строительные материалы, 2002.