

OPTIMIZAREA SOLUȚIILOR CONSTRUCTIVE ȘI A TEHNOLOGIILOR DE EXECUȚIE A CLĂDIRILOR DE LOCUIT MULTIETAJATE

V. Plămădeală

Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

Îmbunătățirea calității și mărirea nivelului de industrializare în domeniul construcțiilor de clădiri impune reorientarea procesului de proiectare - concepție. Problema repartizării și utilizării optime a resurselor este în legătură directă cu elaborarea și aplicarea unor metode eficiente de adoptare a deciziei la diferite etape ale lucrărilor științifico-experimentale. Realizarea cercetărilor prin folosirea metodelor matematice de planificare și analiză a experimentului contribuie la creșterea eficienței activităților științifice. Utilizarea metodelor matematice de planificare conferă rezultatelor experimentale un caracter evident și convingător și permite interpretarea rapidă a rezultatelor. Aceste modele, rezolvate în raport cu factorii de care este influențată luarea deciziei, permit găsirea condițiilor optime de acționare într-un timp mai scurt și cu cheltuieli materiale reduse, obținându-se produse de calitate cu costuri mai mici.

1. EVALUAREA TEHNICO-ECONOMICĂ ȘI OPTIMIZAREA SOLUȚIILOR CONSTRUCTIVE ȘI A TEHNOLOGIILOR DE EXECUȚIE A CLĂDIRILOR CIVILE MULTIETAJATE

1.1. Principii de evaluare tehnico-economică a structurilor de rezistență multietajate

Orice evaluare de natură tehnică sau economică are în vedere banii, iar când evaluarea se face pe o perioadă mai lungă de timp, ea trebuie să țină cont de valoarea în timp a banilor. Aceasta este influențată de doi factori: inflația și costul oportunității capitalului (rata profitului). În cadrul unui proiect de construcție, în general, sunt trei părți interesate în estimarea costului de construcție și anume: clientul sau reprezentanții acestuia,

proiectantul sau consultantul de specialitate și, desigur, constructorul sau antreprenorul.

Costul de execuție a structurii unei clădiri cu multe nivele sau a unei lucrări de construcție, în general, este un element dinamic, a cărei valoare și variație este influențată de o multitudine de factori precum: tehnologia de execuție, modul de organizare a execuției, exigențele clientului exprimate în cadrul contractului, factorii de risc, etc. Estimarea costului unei lucrări de construcție în funcție de durată este o problemă dificilă, provenită din caracterul particular al procesului de execuție și al gradului redus de repetitivitate al acestuia, ceea ce duce la dificultatea stabilirii unui model matematic pentru acestea.

Indicii tehnico-economici sunt destinați să contribuie la îmbunătățirea proiectării, înlesnind compararea proiectelor. Ei pot reduce considerabil volumul de muncă la evaluări, avizări, proiecte de organizare etc. Posibilitățile pe care le oferă mijloacele moderne de calcul și extinderea rapidă a aplicării metodelor matematice reclamă, de asemenea, elaborarea unei ample rețele de indici tehnico-economici stabiliți în mai multe variante, care să fie utilizați pentru fundamentarea științifică a deciziilor economice și pentru optimizarea proiectării și execuției construcțiilor.

Analizând exigențele utilizatorului față de o tehnologie, se constată, că unele pot fi exprimate cantitativ, cu ajutorul unor relații de calcul, iar altele se exprimă calitativ.

Indicatorii de evaluare tehnico-economică a performanței precizează limita maximă a exigențelor utilizatorului, adică exigențele de performanță și se stabilesc cantitativ sau calitativ, folosind baza normativă pe care se sprijină concepția, proiectarea și execuția construcțiilor. Considerând construcția ca sistem, este necesar să se precizeze exigențele de performanță a soluțiilor constructive și tehnologiilor de execuție, atât la nivelul sistemului, cât și la nivelul elementelor componente ale sistemului.

Indicatorii de evaluare tehnico-economică a tehnologiilor procesului de construcții sau capacitatea maximă a unei tehnologii se pot materializa în mărimi tehnice sau economice,

măsurabile sau apreciabile calitativ, reglementate de normele și standardele în vigoare, sau plecând de la aceste mărimi reglementare puse în evidență cu ajutorul unor relații de calcul.

1.2. Nivele de performanță a structurilor de rezistență multietajate

Structura de rezistență a unei construcții este un subsistem al obiectului de construcții conceput ca sistem. Ca atare nivelul de performanță este subordonat nivelului de performanță al obiectului fundamentat pe criteriul sau criteriile de performanță ce sunt impuse de către utilizator. În această gândire, cercetările și studiile efectuate au scos în evidență, că nivelul de performanță a construcțiilor este determinat de: capacitatea structurilor de rezistență de a închide (delimita) spațiul a căror suprafață construită desfășurată care să tindă la maxim, în condițiile unor consumuri de resurse constante; în final tinzând la egalizarea duratei uzurii morale a obiectului de construcție DUM_{oc} cu durata uzurii fizice a acestuia DUF_{oc} , $DUM_{oc} = DUF_{oc}$.

Până acum s-a considerat, că tehnologia de execuție joacă un rol numai pe durata de realizare a construcției, fără a influența ulterior funcționalitatea acesteia. Totuși, în ultima perioadă, necesitatea stringentă a industrializării producției de construcții – montaj determină creșterea influenței tehnologiei de execuție, impunând concepția și soluțiile de realizare a acesteia, mergând până la adoptarea unor scheme statice diferite pentru aceeași construcție în funcție de tehnologia în care este gândită a se executa, de tehnologia posibilă de realizat în condițiile etapei de lucru.

Astfel, analiza unui sistem constructiv trebuie să includă analiza unor factori esențiali care pot fi cuprinși în energia înglobată.

1.3. Principii de optimizare a soluțiilor constructive și a tehnologiilor de execuție a clădirilor civile multietajate

Cercetările și studiile efectuate arată, că modul actual de proiectare nu implică suficient avantajele industrializării, iar organizarea procesului de industrializare a construcțiilor nu este gândită în sensul asigurării unei mai mari libertăți de alegere pentru realizarea unui sistem constructiv. De aici rezultă ca este necesară o reprogramare și o nouă orientare a conducerii întregului sistem de lucru, antrenând în această

activitate investitorul, proiectantul și executantul – cu mijloace noi de execuție, cu tehnologii noi moderne, la care să se alinieze treptat și industria materialelor de construcții.

Descoperirile științei, mai ales valorificarea lor în practică, condiționează în mare măsură nivelul general de dezvoltare a forțelor de producție, eficiența activității omului și implicit, progresul material și spiritual al umanității. Perfecționarea activității economico-sociale prin sporirea eficienței în toate domeniile de activitate constituie un obiectiv de bază al politicii fiecărui stat, eforturile fiind îndreptate spre realizarea producției materiale cu cheltuieli minime de muncă socială, în condițiile unui progres tehnic mai rapid.

Una din metodele de mare extindere în ultimele decenii și cu ajutorul căreia se poate reduce prețul de cost al produselor concomitent cu o îmbunătățire funcțional-constructivă este ingineria valorii sau, mai frecvent, analiza valorii.

Dezvoltarea continuă a tuturor ramurilor industriale impune introducerea unor instrumente de analiză de mare eficiență, care să parcurgă într-o perioadă minimă drumul de la cercetare la producția industrială. Modelarea proceselor constituie în acest sens un instrument de bază util atât în faza de concepție, cât și în cea de analiză a funcționării utilajelor, instalațiilor, tehnologiilor.

Modelarea proceselor combinată cu utilizarea calculatoarelor permite determinarea regimurilor optime ale proceselor. În acest sens abordarea problemei deciziei optime are ca rezultat o eficiență tehnică și economică înaltă.

2. MODEL DE OPTIMIZARE A STRUCTURILOR DE REZISTENȚĂ LA CLĂDIRILE DE LOCUIT MULTUETAJATE

Problema studiată a fost cea a optimizării structurilor din beton armat la clădirile multietajate, selectând în calitate de criteriu de optimizare indicatorul de performanță a structurii și anume indicele de cost pe durata de serviciu.

În urma cercetărilor s-au stabilit factorii principali care influențează criteriul de optimizare:

- durata de serviciu (normată);
- rezistența și stabilitatea structurii;
- durabilitatea structurii;
- rezistența la foc;
- valoarea inițială de investiție pe unitate de folosință;
- consumurile de resurse pe unitate de folosință;

- nivelul de industrializare a execuției lucrărilor.
Prin aplicarea metodelor de cercetare preliminară pentru experimentul de bază au fost selectați doi factori:
- x_1 – durata de serviciu (normată), ani;
- x_2 – valoarea inițială de investiție pe unitate de folosință, lei/m².

Cercetările experimentale au vizat stabilirea corelațiilor optime între durata de serviciu și valoarea inițială de investiție pe unitate de folosință și indicatorul de performanță a structurii de rezistență, exprimat prin indicele de cost pe durata de serviciu. S-au analizat două variante:

- varianta 1 - structura P+4
- varianta 2 - structura P+9.

Cercetările s-au efectuat pe baza unei serii de experimente conform unui program central compus rotabil de ordinul doi cu două variabile independente:

- x_1 - reprezintă durata de serviciu, cu domeniul de definire 50...100 ani;
- x_2 - reprezintă valoarea inițială de investiție pe unitate de folosință, lei/m², cu domeniul de definire în funcție de varianta adoptată de structură, respectiv, pentru varianta 1: 1256,72 lei/m² ...1931,97 lei/m²; pentru varianta 2: 1702,98 lei/m² ... 2435,40 lei/m²

Nivelul zero, pasul de variație, limitele de variație și codificarea factorilor se prezintă în tabelul 1.

Tabelul 1. Valorile parametrilor.

Denumire parametru inițial	Valoarea codificată				
	-1,414	-1	0	+1	+1,414
	Valoarea reală				
Durata de serviciu, ani	499	573	750	926	1000
Investiție lei/m ² , P+4	12566	13555	1594	1833.1	19320
Investiție lei/m ² , P+9	17029	17946	2016	2237.5	24359

2. PRELUCRAREA DATELOR SI INTERPRETAREA REZULTATELOR

Pentru realizarea variantelor experimentale s-au alcătuit matricele experimentale, pentru fiecare variantă s-a determinat indicatorul de performanță a structurii de rezistență, exprimat prin indicele de cost pe durata de serviciu.

Valorile experimentale au fost prelucrate pe calculator cu ajutorul programului OPTEX.[2]

Calculatorul oferă valorile coeficienților pentru partea liniară și pătratică a unui model matematic cu două variabile de forma :

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2, \quad (1)$$

Optimizarea indicatorului de performanță a structurii de rezistență s-a realizat prin analiza izocurbelor rezultate din reprezentarea grafică a modelelor matematice. Reprezentările grafice au fost făcute atât tridimensionale, cât și în plan, pentru obținerea, pe de o parte, a corpului geometric ce reprezintă matematic procesul studiat, iar pe de altă parte, reprezentările în plan au permis obținerea unor curbe de forma $y=f(x_1, x_2)$, folosite pentru discuția tehnologică și alegerea valorilor presupus optimale sau suboptimale ale rezultatului în funcție de valorile factorilor.

Reprezentările grafice au rezultat în baza programului OPTEX, care a servit și la obținerea modelelor matematice. Graficele sunt prezentate în figurile 1 și 2. Pentru variabilele independente s-au folosit în scopul ușurinței interpretării și realizării graficelor valorile codificate, iar pentru izocurve - valorile reale ale rezultatelor.

În continuare se prezintă prelucrarea datelor experimentale pentru variantele analizate de structură:

- v1 – structura P+4;
- v2 – structura P+9.

Modelul matematic

Variabile independente: 2 variabile

Ecuțiile de răspuns:

$$y_1 = 21.325 - 5.471x_1 + 3.277x_2 - 0.794x_1x_2 + 1.256x_1^2 - 0.073x_2^2$$

$$y_2 = 26.569 - 6.919x_1 + 3.039x_2 - 0.737x_1x_2 + 1.787x_1^2$$

Verificarea adecvenței modelului:

- v1: $F_{\text{calc}} = 5.983 < F_{\text{tab}} = 6.59$ - modelul este adecvat;
- v2: $F_{\text{calc}} = 2.599 < F_{\text{tab}} = 6.59$ - modelul este adecvat.

Coordonatele noului centru S:

- v1: $x_{1s} = 3.411$, $x_{2s} = 3.896$;
- v2: $x_{1s} = 4.124$, $x_{2s} = 10.608$.

Unghiul de rotire a axelor x_1 și x_2 :

- v1: $\alpha = 74.560^\circ$;
- v2: $\alpha = 78.792^\circ$.

Interpretarea rezultatelor

Analiza modelului matematic sugerează faptul, că variabila indicatorul de performanță a structurii de rezistență depinde de fiecare dintre factorii x_1 și x_2 independent, precum și de interacțiunea $x_1 \cdot x_2$. Prin verificarea semnificației coeficienților cu testul Student se observă, că sunt

semnificativi toți coeficienții ecuației, cu excepția coeficientului b_{22} pentru v_2 .

În condițiile componente de mai sus a modelului, acesta se dovedește a fi adecvat, deoarece valoarea calculată a testului Fisher – Snedecor este mai mică decât valoarea tabelată a aceluiași test.

Analiza reprezentărilor grafice ale suprafeței de răspuns care modelează variația indicatorului de performanță a structurii de rezistență conduce la următoarele concluzii:

Pentru v_1 :

- suprafața de răspuns este de tip paraboloid hiperbolic suprafață șă alungită – cu punct critic – punct șă – situat în afara regiunii experimentale cu coordonatele $x_{1s} = 3.411$; $x_{2s} = 3.896$; $y_{\max} = 23.3843$, în valori codificate,
- *dupa modelul matematic punct extrem – optim*, pentru varianta (V1 - P + 4) în valori naturale, durata optima de serviciu în ani $z_1 = 135$ ani, iar valoarea initiala de investitie pe unitate de folosinta lei/m² $z_2 = 2524.605$ lei/m².

Pentru v_2 :

- suprafața de răspuns este de tip paraboloid hiperbolic suprafață șă alungită – cu punct critic – punct șă – situat în afara regiunii experimentale cu coordonatele $x_{1s} = 4.124$, $x_{2s} = 10.608$, $y_{\max} = 28.4301$, în valori codificate;
- *dupa modelul matematic punct extrem – optim*, pentru varianta (V2 - P + 9) în valori naturale, durata optima de serviciu in ani $z_1 = 148$ ani, iar valoarea initiala de investitie pe unitate de folosinta lei/m² $z_2 = 4051.958$ lei/m².

Reprezentările grafice 3D și 2D a suprafeței de răspuns

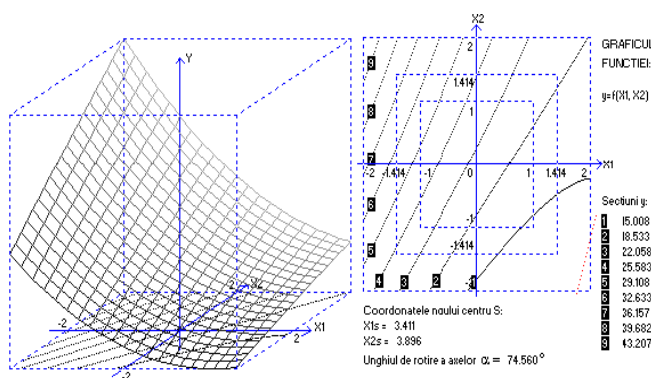


Figura 1. Variația indicatorului de performanță a structurii de rezistență în funcție de durata de serviciu, ani (x_1) și valoarea inițială de investiție pe unitate de folosință, lei/m² (x_2) pentru structura P+4.

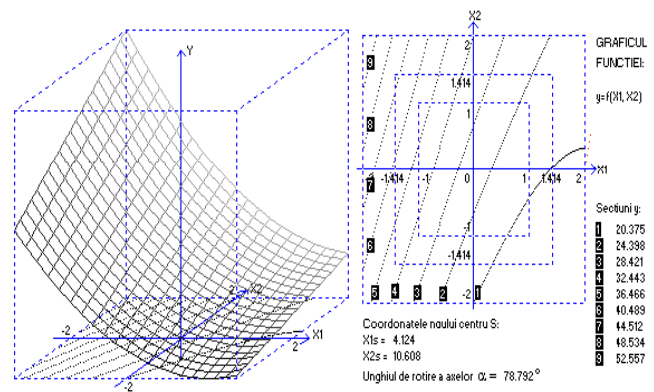


Figura 2. Variația indicatorului de performanță a structurii de rezistență în funcție de durata de serviciu, ani (x_1) și valoarea inițială de investiție pe unitate de folosință, lei/m² (x_2) pentru structura P+9.

3. CONCLUZII

Cercetările cu caracter teoretic și experimental au permis ca aceasta lucrare să dezvolte aspecte cu caracter general și să prezinte unele concluzii care constituie o bună parte de contribuții în aprofundarea și dezvoltarea soluțiilor constructive și tehnologiilor de execuție a clădirilor civile multietajate. Modelul prezentat își dovedeste utilitatea practică și prin trecerea din varianta codificată în modele cu valori naturale ale parametrilor. Alegerea tipului de structura portantă, reprezintă un proces complex, în care intervin numeroși factori cu influențe și condiționări reciproce.

Mai multe variante constructive elaborate în proiectele tehnice facilitează alegerea variantei optime, eficiente de către beneficiar și oferă posibilitate tehnologului și executantului să analizeze și să decidă asupra soluțiilor de executare a parametrilor funcționali și economici dați sau ceruți.

Bibliografie

1. **Plămădeală, V.** Contributii privind tehnologiile de realizare a clădirilor de locuit multietajate cu structura din beton armat.//Teză de doctorat, Bucuresti, 2005.
2. **Irovan, M.** Aspecte teoretice și experimentale privind optimizarea proceselor de proiectare constructivă a produselor de îmbrăcăminte exterioară pentru bărbați.//Teză de doctorat, Universitatea Tehnică „Gh.Asachi”, Iași, 2002.
3. **Dohmilă, Iu.** Tehnologii performante pentru realizarea cladirilor de locuit individuale în Republica Moldova. // Teza de doctorat, Iasi,2000.

Recomandat spre publicare: 27.03.2006