

REZOLVĂRI STATISTICE LA PROIECTAREA MAȘINILOR DE CONSTRUCȚII

*Prof. Mircea ANDRIUȚĂ,
lector superior Dorin ȘUVARI*

Universitatea Tehnică a Moldovei

ABSTRACT: The results of the study that allowed for the development of mathematical models to determine the numerical values of the factors required for making settlements of the strength of working equipment of construction machinery are presented. The results will enable designers to determine quickly and with precision considered factors for all operating conditions of construction machinery.

Cuvinte cheie: calcule de rezistență, oțel, limita de curgere, modulul elasticității, presiunea dinamică.

1. Introducere

Proiectarea mașinilor de construcții prevede executarea calculelor de rezistență, de stabilitate la flambaj, de rigiditate și de rezistență la oboseală, care pot fi abordate prin două metode: a tensiunilor admisibile și a stărilor limită. Se știe însă [1], că și tensiunea admisibilă, la prima metodă, și tensiunea rezultantă, la a doua metodă, se determină în baza caracteristicilor mecanice ale materialelor utilizate, valorile numerice ale cărora se adoptă din tabele prezentate în agenda constructorului [2].

În privința informației din această agendă se pot face unele observații.

Astfel, remarca de la pag.314 afirmă, că informația privind proprietățile elastice ale oțelurilor (46 mărci de oțeluri obișnuite și aliate) corespunde valorilor modulului elasticității de $(19,5...20,6) \cdot 10^4$ MPa, însă din alte surse aflăm, că aceste valori ale modulului elasticității se atestă la temperaturile oțelului între 200 și 250 °C, care se întâmplă foarte rar în practica exploatarea mașinilor de construcții. Acest fapt afirmă necesitatea studiului privind determinarea valorilor numerice ale modulului elasticității pentru alte condiții.

Analiza datelor [2] permite, de asemenea, înaintarea ipotezei precum că pentru oțelurile carbon calitative (cele mai frecvent materiale utilizate în construcția de mașini) caracteristicile mecanice ar putea fi determinate cu ajutorul modelelor matematice, care s-ar putea elabora în baza prelucrării informației existente. Practica arată, că există și necesitatea elaborării metodei operative de apreciere a forțelor, care acționează asupra mașinilor din cauza presiunii vântului la diferite înălțimi.

În lucrare se prezintă rezultatele studiului, care s-a soldat cu elaborarea unor modele matematice veridice și simple pentru rezolvarea științific argumentată a problemelor considerate.

2. Determinarea valorii numerice a modului elasticității oțelului forjat în funcție de temperatura oțelului.

Calculule de rezistență a organelor de mașini, inclusiv a construcțiilor metalice ale echipamentelor de lucru, se exercită din considerentele, că valorile numerice ale modului elasticității oțelurilor variază în limitele de $(19,5 \dots 20,5)10^4$ MPa [2].

Însă în [3] se prezintă diagrama (fig.1), construită în baza datelor experimentale, a relației funcționale dintre modulul elasticității oțelului carbon calitativ forjat și temperatura oțelului (autorul explică prezentarea acestei informații în formă grafică din cauza imposibilității elaborării în baza datelor experimentale a unei formule simple).

Diagrama demonstrează, că, în intervalul de temperaturi de la 0 °C până la 250 °C valoarea numerică a modului elasticității scade de la 21,5 până la 19,9 10^4 MPa și că valorile modului elasticității indicate în [2] corespund temperaturilor oțelului în intervalul de 200 și 250 °C.

Din analiza fig.1 se vede, că la temperaturi negative modulul elasticității va crește, ceea ce trebuie luat în considerație la proiectarea mașinilor și a elementelor constructive ale edificiilor industriale și civile.

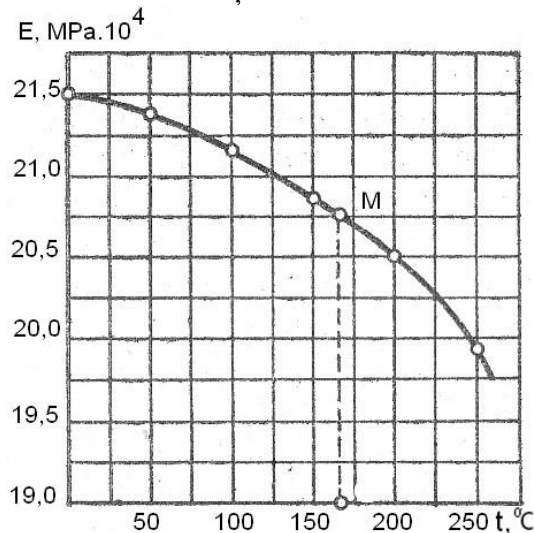


Fig.1. Relația „Modulul elasticității oțelului E, MPa 10^4 - temperatura oțelului” t, °C

Elaborarea relației dintre modulul elasticității oțelului și temperatura lui se va exercita cu metoda rezolvării statistice a problemelor tehnologice elaborată la UTM [4], în baza informației extrase din fig.1 și prezentată în tabelul 1.

Tabelul 1. Informația experimentală și valorile calculate ale modului elasticității oțelului în intervalul de temperaturi 0...250 °C, conform datelor din fig.1.

Nr. crt	Temperatura oțelului forjat t, în:		Valorile modului elasticității E, MPa.10 ⁴		Devierea relativă a valorilor calculate ale E de la cele date	
	°C	°K	din fig.1	calculate cu (1)	absolută	relativă, %
1	2	3	4	5	6	7
1	0	273	21,5	21,73	+ 0,233	1,08
2	50	323	21,4	21,33	- 0,072	- 0,3
3	100	373	21,2	20,98	- 0,21	- 1,0
4	150	423	20,9	20,69	- 0,207	- 1,0
5	200	473	20,5	20,435	- 0,064	- 0,3
6	250	523	19,9	20,2	+ 0,307	+ 1,5

Prelucrarea informației din coloanele 3 și 4 a tabelului 1 a permis elaborarea relației (1) pentru determinarea valorilor arbitrare ale modului elasticității oțelului forjat E în diapazonul de temperaturi, conform sistemului Kelvin, de la 273 °K până la 523 °K de forma:

$$E = e^{3,7071t - 0,112}. \quad (1)$$

La elaborarea modelului (1) s-au folosit valorile temperaturii în sistemul Kelvin (dar nu în sistemul Celsius) din motive practice: imposibilitatea utilizării la executarea calculelor a valorii „Zero grade Celsius” și valabilitatea modelului pentru calcule privind interval mare de temperaturi negative.

Din punct de vedere statistic relația (1) se caracterizează cu coeficientul de corelare de 0,87 și devierea relativă medie a rezultatelor calculate de la cele date egală cu 0,0089, adică egală cu 0,89 %, ceea ce confirmă un grad înalt de veridicitate a rezultatelor calculelor cu relația elaborată (e autocunoscut faptul, că la calcule ingineresti se admite precizia de ± 5 %).

Se știe, că modele statistice elaborate în baza datelor experimentale sunt destinate pentru determinarea valorilor funcției în limitele variației argumentelor (în cazul dat – temperatura oțelului). Însă întotdeauna pentru inginerie prezintă interes întrebarea: cum se comportă funcția în diapazon mai mare ale argumentelor.

Rezultatele calculelor de extrapolare, exercitate cu relația (1) arată, de exemplu, că la temperaturile negative maxime, pentru care-s destinate mașinile de construcții, de minus 50 °C, modulul elasticității poate atinge cota de 22,23 10⁴ MPa și astfel depășește nivelul maxim din agenda [2] cu 8,4 %, ceea ce nu se poate neglija.

Ținând cont de rezultatele acestor calcule, și luând în considerație schimbările climaterice observate în ultimul timp pe globul pământesc, agendele tehnice ale constructorului necesită perfecționare.

3. Determinarea limitei de curgere a oțelului-carbon calitativ laminat și forjat

O bună parte din elementele constructive ale mașinilor de construcții se confecționează din oțeluri carbon calitative: bușe, roți dințate, discuri de fricțiune, arbori cu came, osii, cuzineți, buloane, piulițe, șaibe, pene, tije pentru cilindri hidraulici, arbori cotiți și arbori-distribuitori, ambreiaje cu fricțiune pentru cutii de viteze etc.

Alegerea materialului și calculul de rezistență a elementelor constructive ale mașinilor de construcții se exercită în baza informației privind marca, destinația și limita de curgere a oțelului σ_c , în MPa, care se adoptă din agenda tehnică a constructorului [2].

Analiza informației din [2, tabelul 13.14 și 14.9] permite înaintarea ipotezei, că, pentru oțelurile calitative carbon, valoarea numerică a limitei de curgere s-ar putea determina operativ în funcție de conținutul carbonului din componența oțelului, care-i indicat în marca lui. Pentru verificarea acestei ipoteze vom prelucra cu metode statistice informația prezentată în tabelul 2.

Tabelul 2. Informația din [2] privind conținutul de carbon și limita de curgere ale celor mai frecvent utilizate mărci de oțeluri carbon

Marca oțelului	Conținutul de carbon în oțel, C, sutimi de %	Limita de curgere a oțelului, σ_c , MPa		Devierea rezultatelor calculate de la valorile date ale σ_c	
		dată în [5]	calculată cu (2)	absolută	relativă, %
1	2	3	4	5	6
8	8	196	185,5	- 10,5	5,3
10	10	206	202,04	- 3,6	1,7
15	15	226	233,7	+ 7,7	3,4
20	20	245	259,75	+ 14,75	6,0
25	25	275	281,9	+ 6,9	2,5
30	30	294	301,4	+ 7,4	2,5
35	35	315	319	+ 4	1,26
40	40	334	335	+ 1	0,3
45	45	353	350	- 3	0,85
50	50	373	363,6	- 9,4	2,5
55	55	382	376,5	- 5,5	1,4

În rezultatul prelucrării informației din coloanele 2 și 3 ale tabelul 2 s-a obținut relația pentru determinarea limitei de curgere a oțelului carbon calitativ σ_c , MPa, în funcție de conținutul carbonului, C, în sutimi de %, de forma:

$$\sigma_c = e^{4,46} C^{0,3671} \quad (2)$$

care se caracterizează cu coeficientul de corelare $R = 0,98$ și devierea medie relativă a rezultatelor calculelor egală cu 2,5 %, ceea ce se vede clar din analiza datelor din coloanele 3, 4, 5, 6 ale tabelului 2.

4. Determinarea presiunii dinamice a vântului asupra construcției metalice a macaralei

Se știe, că macaralele instalate la aer liber sunt supuse mai multor acțiuni – permanente, temporare, care se manifestă intermitent, și acțiuni excepționale. Una din cele mai periculoase acțiuni temporare se consideră acțiunea presiunii vântului, care se determină în funcție de aria, în m^2 , a conturului suprafeței expuse acțiunii vântului și de presiunea dinamică de bază g , în N/m^2 , și valorile căreia sunt standardizate pentru diferite zone geografice. Dacă nu se cunoaște locul amplasării macaralei, pentru zona geografică a Republicii Moldova, se pot utiliza datele din [5, tabelul 3], în care presiunea dinamică de bază se consideră constantă pe trepte de înălțime de câte 10 m.

Din analiza informației prezentate în tabelul 3 se pot trage următoarele concluzii:

- Informația din coloana 2 (înălțimea punctului de aplicare a presiunii vântului) reprezintă factorul variabil independent sau argumentul și poate avea, în general, valori arbitrare, însă intervalele de 10 m le considerăm cam mari, ceea ce presupune, că în foarte multe cazuri practice vor fi necesare operații de interpolare-extrapolare pentru determinarea valorilor variabilei dependente - a presiunii dinamice de bază.
- Informația din coloana 3 a tabelului 3, fiind reprezentată numai în cifre întregi și absolut toate terminând-se cu zero presupune o rotunjire intenționată a cifrelor reale, ceea ce inevitabil va duce la micșorarea preciziei determinării presiunii dinamice de bază a vântului cu toate consecințele.

Cele menționate confirmă necesitatea elaborării unei relații veridice și simple, care ar permite determinarea operativă a presiunii de bază a vântului pentru orice înălțime, fără trepte.

Pentru rezolvarea problemei se va utiliza informația din tabelul 3.

În rezultatul prelucrării masivului de informație din coloanele 2 și 3 ale tabelului 3 s-a elaborat relația pentru determinarea presiunii dinamice de bază a vântului g , în N/m^2 , în funcție de înălțimea de la sol H , în m, de forma:

$$g = e^{6,77} \cdot H^{0,1} \quad (3)$$

Analiza datelor din coloana 6 a tabelului 3 arată, că precizia rezultatelor calculelor efectuate cu relația (3) se caracterizează cu devierea relativă între 0 și 0,85 %, valoarea medie pe toată coloana constituind 0,32 %.

Tabelul 3. Variația pe înălțime a presiunii vântului [5]

Nr. crt.	Înălțimea de la sol H , m	Presiunea dinamică de bază a vântului g , N/m^2		Devierea rezultatelor calculate de la cele date	
		dată în [5]	calculată cu (3)	absolută	relativă, %
1	2	3	4	5	6
1	10	1100	1097	- 3	0,27
2	20	1170	1176	+ 6	0,5
3	30	1220	1224	+ 4	0,3
4	40	1260	1260	0	0
5	50	1300	1289	- 11	0,85
6	60	1320	1312	- 8	0,6
7	70	1340	1333	- 7	0,5
8	80	1350	1350	0	0
9	100	1380	1381	+ 1	0,07
10	120	1410	1406	- 4	0,28
11	150	1440	1438	- 2	0,14

5. Concluzii

În premieră s-a elaborat o relație veridică pentru determinarea valorii numerice a modulului elasticității oțelului în funcție de temperatura acestuia. Utilizarea acestei relații va contribui la perfecționarea calculelor de proiectare a mașinilor de construcții și va permite pronosticarea de către ingineri a diapazonului posibilei exploatări a mașinilor de construcții în diverse condiții climatice.

S-au elaborat în premieră modele matematice, care permit determinarea, cu foarte înalt grad de precizie, a limitei de curgere pentru oțelurile cele mai frecvent utilizate la proiectarea mașinilor de construcții și, de asemenea, pentru determinarea presiunii dinamice de bază a vântului în funcție de înălțimea punctului de aplicare a forței vântului la construcția metalică a macaralelor.

Rezultatele lucrării vor fi utile pentru proiectanții mașinilor de construcții și, de asemenea, pentru profesorii și studenții utilașiști.

Bibliografie

1. Ряхин В.А. Металлические конструкции строительных и дорожных машиню М. „Машиностроение”, 1972.
2. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора. Л. „Машиностроение», 1981.
3. Выгодский М. Я. Справочник по элементарной математике. М. „Наука”, 1978.
4. Вознесенский В. А. Статистические решения в технологических задачах. Еишинев. „Картеа молдовеняскэ”, 1961.
5. Alămoreanu Mircea și a. Mașini de ridicat, Vol.1.București. Editura Tehnică, 1996.