



Conferința națională în domeniul standardizării
Ediția a V-a
14 octombrie 2011

Introducerea familiei de standarde 6336 în educația universitară tehnică



ing. Lorena Deleanu, PhD
ing. Constantin Georgescu
ing. Mihail Boțan

Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați

Etape realizate

- Achiziționarea standardelor
- Traducere
- Utilizarea în posibile teme de proiectare
- Introducerea parțială a metodelor de proiectare și verificarea soluțiilor constructive din aceste standarde în
 - proiecte anuale
 - proiecte de licență
 - lucrări la sesiunile studențești
 - lucrări de disertație
 - servicii de proiectare și consultanță

Obiective

- Familiarizarea studenților cu metodele promovate de standardele noi pentru proiectarea și verificarea angrenajelor cilindrice
- Familiarizarea studenților și a personalului academic cu utilizarea dinamică a standardelor
- Familiarizarea mediului industrial cu standardele de acest tip
- Rezolvarea unor probleme de proiectare și re-proiectare, mentenanță pe baza acestora

Lista lucrărilor care au utilizat standarde pentru angrenaje, coordonate de prof. dr. ing. Lorena Deleanu

Lucrări la sesiuni studentești

- Ing. **Bașliu Aura** (masterand) (Facultatea de Mecanică, master STPI), **Doina Bașliu** (Facultatea de Știința Calculatoarelor AIA) **2009**

“Calculul la încovoiere a roților dințate cilindrice, utilizând un program pentru coeficientul de formă (conform ISO 6336:3-2006)”

- Ing. **Boțan Mihai** (student anul III, inginerie mecanică) **2008** (doctorând la UDJ, din 2011)

“Evaluarea transmisiilor cu roți dințate cu echilibru termic la 95°C temperatură în baie în conformitate cu ISO / TR 14179-1:2001”

- Ing. **Paula Munteanu** (masterand) **2008**

“Aspecte ale calcului tensiunilor admisibile ale oțelurilor pentru roți dințate ținând cont de ISO 86336:3-2006”

Lista lucrărilor care au utilizat standarde pentru angrenaje, coordonate de prof. dr. ing. Lorena Deleanu

Lucrari de licență

- Ing. Daniel Brădeanu **2009**

“Proiectarea unei game de reductoare cu restricții multiple”
(parametri de intrare și de ieșire, design-ul carcasei etc.)

Accent pe utilizarea oțelurilor performante pentru angrenaje și utilizarea informațiilor din ISO 6336-5

Lista lucrărilor care au utilizat standarde pentru angrenaje, coordonate de prof. dr. ing. Lorena Deleanu

Lucrari de disertație

■ Ing. Paula Munteanu **2008**

“Aspecte de proiectare a capacității portante a angrenajelor cu dinți drepti și înclinați în familia de standarde ISO 6336”

■ Ing. Cristian Pandele **2009**

“Calitatea materialului pentru roți dințate și aspecte de proiectare optimizată”

■ Ing. Aura Bașliu **2009**

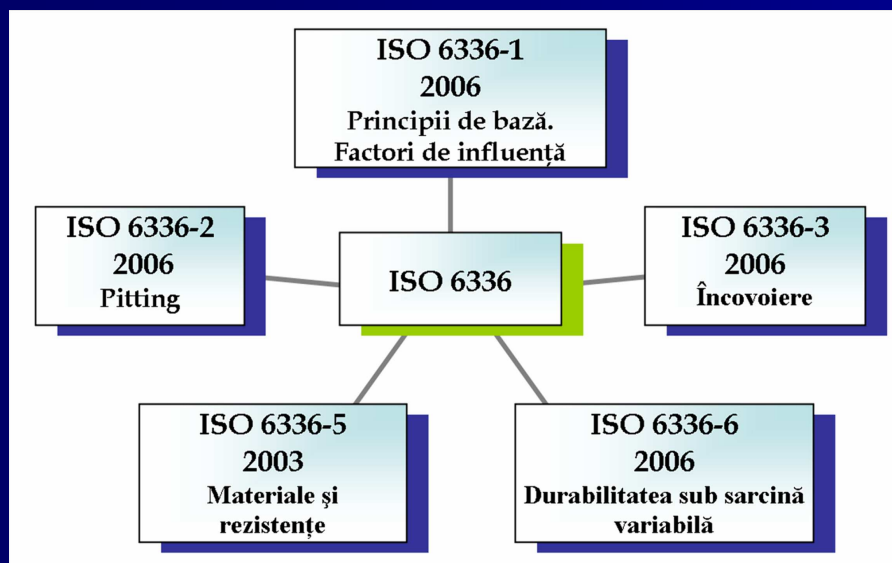
“Calculul la încovoiere a roților dințate cilindrice, utilizând un program pentru coeficientul de formă (conform ISO 6336:3-2006)”

Familia de standarde ISO 6336

asigură o metodă prin care se pot compara proiectele diferitelor angrenaje dințate, dar nu intenționează să asigure performanța sistemelor cu angrenaje;

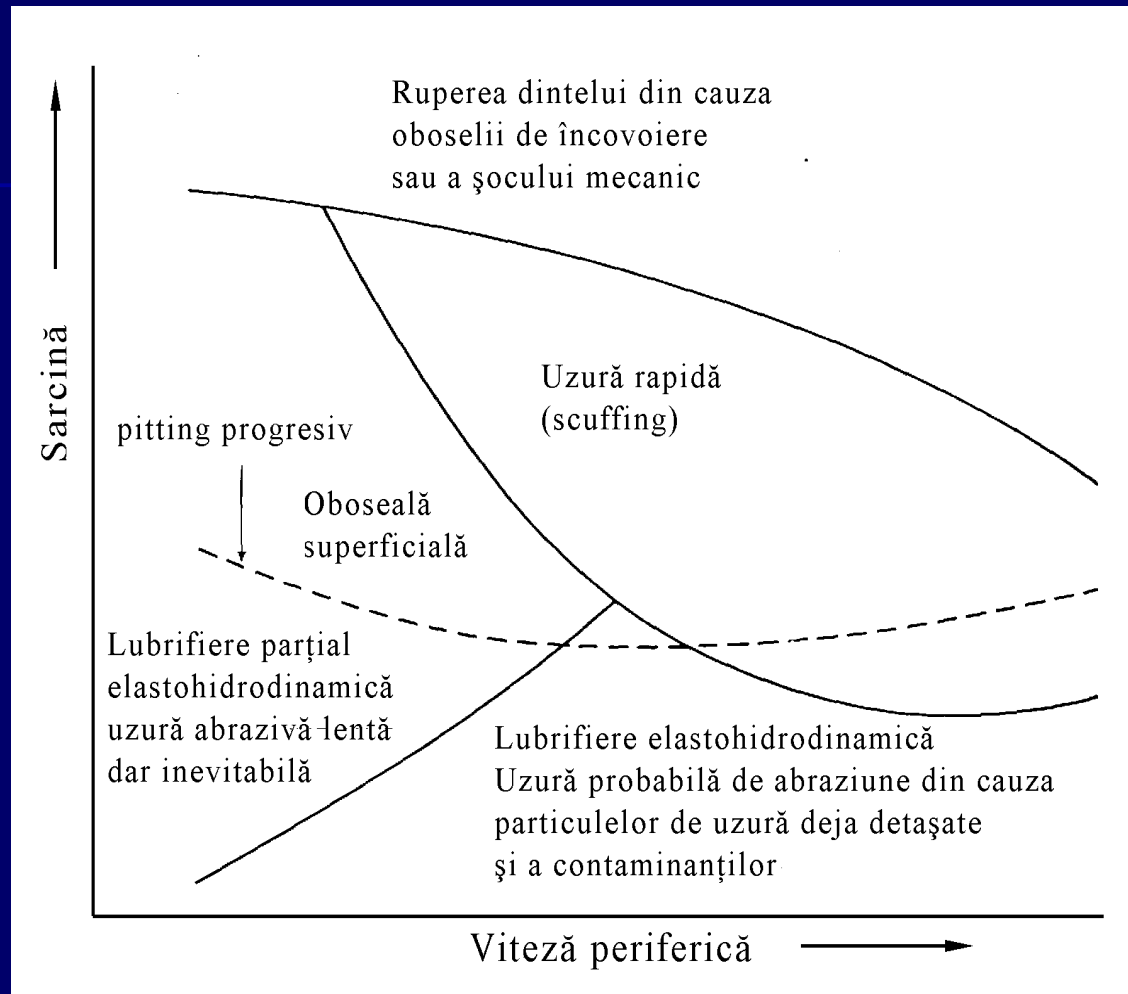
nu intenționează să fie folosit de către publicul larg dar poate fi utilizat de proiectantul experimentat pentru a selecta valori rezonabile pentru factorii din formulele date, bazate pe cunoașterea proiectelor similare și având conștiința efectelor acestora.

Formulele din ISO 6336 au drept scop să stabilească o metodă uniform acceptată pentru calcularea rezistenței la pitting și a capacității de rezistență la încovoiere pentru angrenaje cilindrice cu dinți evolventici, dreți și înclinați.



Noile standarde ISO pentru evaluarea prin calcul a angrenajelor.

O hartă a distrugerilor unui angrenaj, funcție de viteza periferică și de sarcina aplicată



Forma domeniilor este doar sugestivă, mulți alți factori ducând la schimbarea formei și dimensiunilor fiecărei zone (calitatea lubrifiantului, temperatura, agenți mecanici și chimici etc.).

Evoluția calculelor la încovoiere

- **a) tensiunea la baza dintelui este mai mare decât cea calculată cu formula pentru solicitarea la încovoiere a barelor ;**
- **b) tensiunea maximă de concentrare de la baza dintelui poate fi redusă prin mărirea razei de racordare;**
- **c) valorile factorului de formă propus de Lewis trebuie să țină seama de factorul de concentrare a tensiunilor la baza dintelui.**

ISO 6336

- relațiile pentru rezistența la **scuffing** pe dinții roților cilindrice nu sunt incluse.
- studiului **uzurii** dintelui roții privește dinții cu duritate superficială mică sau roțile cu lubrifierea neadecvată.
- nu acoperă acest subiect.
- nu acoperă **micropittingul**,
- nu se extinde la niveluri de tensiuni mai mari decât cele admisibile pentru **10³ cicluri** sau mai puțin, deoarece tensiunile în acest interval depășesc limita elastică a dintelui la încovoiere sau tensiunea de compresiune pe suprafață.

Evoluției modelelor de calcul la încovoiere, începând cu cel propus de Lewis în 1892 și terminând cu un model modern care a stat la baza elaborării standardelor ISO, Dacă la început atenția cercetătorilor a fost concentrată asupra factorilor geometrici, a identificării și nuanțării lor, în ultimele trei decenii eforturile cercetărilor au fost îndreptate spre identificarea și modelarea influențelor referitoare la compoziția, elaborarea și tratamentele materialelor, la factorii tehnologici de prelucrare și montaj, la regimurile de funcționare și la condițiile de fiabilitate impuse.

Nu merită efortul tendința de nuanțare și rafinare a factorilor geometrici, așa cum s-a procedat în Europa, în primele cinci decenii ale secolului trecut, dacă nu se păstrează același grad de precizie și pentru celelalte grupe de factori.

Principii de calcul la încovoiere

Coeficienții de siguranță

- distincție între coeficientul de siguranță la pitting, și cel la ruperea dinților.
- Pentru o aplicație dată, capacitatea de încărcare se demonstrează prin valorile calculate pentru coeficienții de siguranță, astfel încât să fie mai mari sau egale cu valorile S_{Fmin} și respectiv S_{Hmin} .
- Anumite valori minime pentru coeficienții de siguranță ar trebui determinați. Recomandări în ISO 6336, dar valori nu sunt propuse.
- O probabilitate adecvată de distrugere și un coeficient de siguranță trebuie alese cu grijă pentru a corespunde unei fiabilități la un cost justificabil.
- Dacă performanța angrenajului poate fi evaluată precis prin testarea unității reale în condiții reale de încărcare, e permis un coeficient de siguranță mai mic și proceduri mai economice de prelucrare.

- Coeficienții de siguranță vor trebui aleși după luarea în considerare a **influențelor**:
- fiabilitatea datelor de material: valorile din ISO 6336-5 sunt valabile pentru o probabilitate de deteriorare de 1%. Riscul de deteriorare se reduce cu creșterea coeficientului de siguranță și viceversa.
- fiabilitatea valorilor sarcinii folosite în calcul; dacă sarcinile sau răspunsul sistemului la vibrații sunt estimate, și nu măsurate, ar trebui folosit un coeficient de siguranță mai mare.
- variații ale geometriei roților datorate toleranțelor de prelucrare.
- variații în aliniere,
- - Variații în material din cauza variațiilor de proces de prelucrare, puritate și microstructură,
- - Variații în lubrifiere și în mentenanță pe durata serviciului.

■ Metode

- Factorii de influență pentru calculul ai unui angrenaj (inclusiv tensiunile admisibile) pot fi determinați prin diferite metode. Aceștia sunt cuantificați prin adăugarea indicelui A până la C la simbolurile lor.
- Pentru o aplicație standard, ar trebuie preferate metodele mai precise pentru transmisii importante.
- În cazul unei dispute, când se oferă dovezi ale preciziei și fiabilității, Metoda A este superioară Metodei B, și Metoda B – Metodei C.

Metoda B

- Factorii sunt deduși cu suficientă precizie pentru majoritatea aplicațiilor.
- Ipotezele implicate în determinarea lor sunt listate.
- În fiecare caz este necesar să se stabilească dacă aceste ipoteze se aplică sau nu condițiilor avute în vedere.
- Indici suplimentari ar trebui înserați când este necesar.

Forța tangențială, momentul de torsiune și puterea

Când sarcina transmisă nu este uniformă, trebuie avut în vedere:

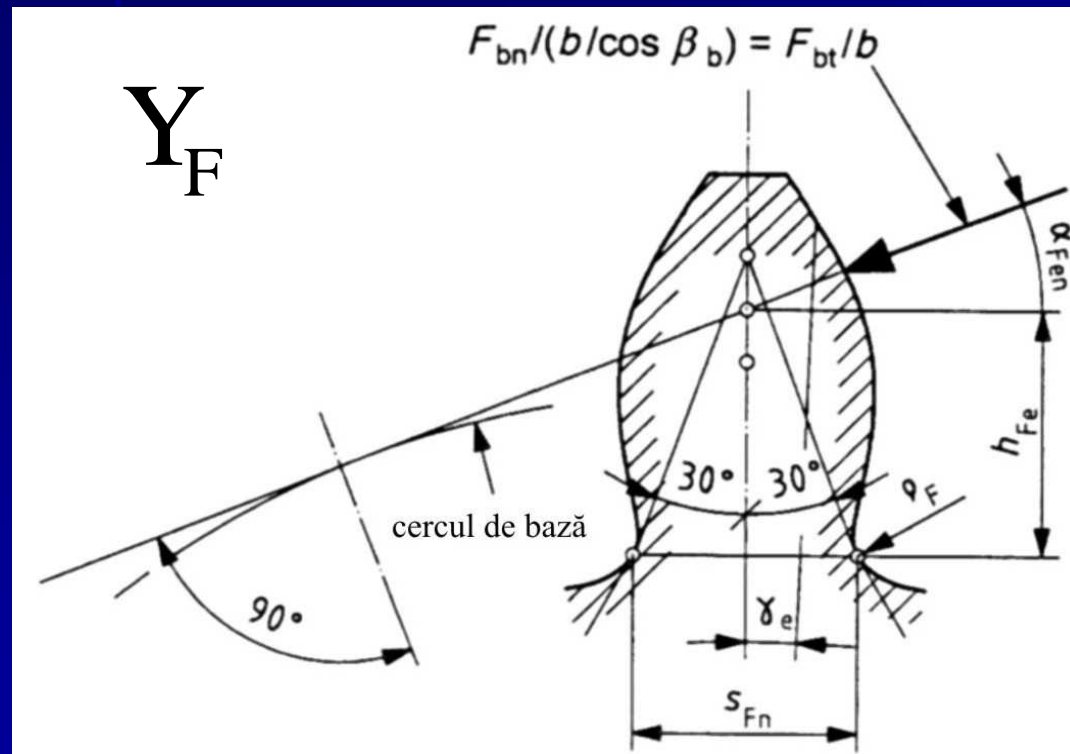
- vârful de sarcină și
- numărul anticipat de cicluri,
- sarcinile intermediare și numărul lor de cicluri.
- Acest tip de sarcină = **ciclu de lucru** (reprezentat de un spectru de sarcină); efectul cumulativ de oboseală a ciclului de lucru este considerat în evaluarea setului de roți (ISO 6336-6).
- **Sarcina tangențială maximă** F_{tmax} (sau momentul de torsiune corespunzător T_{max} , puterea corespunzătoare P_{max}) în intervalul de lucru variabil. Mărimea ei poate fi limitată printr-un cuplaj adecvat de siguranță. F_{tmax} este cerută pentru determinarea siguranței față de deteriorarea prin pitting și prin ruperea bruscă a dintelui din cauza sarcinii corespunzătoare limitei tensiunii statice.

Calculul coeficientului de forma

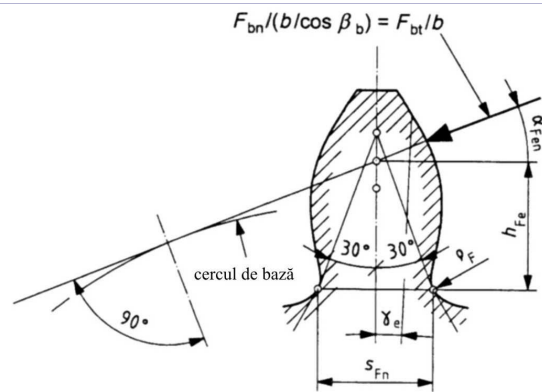
. Factorul de formă,

Y_F este un factor prin care se tine seama de influența formei dintelui asupra tensiunii nominale la baza dintelui. Detalii de utilizare

este relevant pentru aplicarea sarcini în punctul exterior al contactului unui singure perechi de dinți (Metoda B).



Schema pentru calculul factorului de formă conform ISO 6336-2:2006 pentru calculul de verificare a danturii cilindrice exterioare cu dinți dreți și înclinați



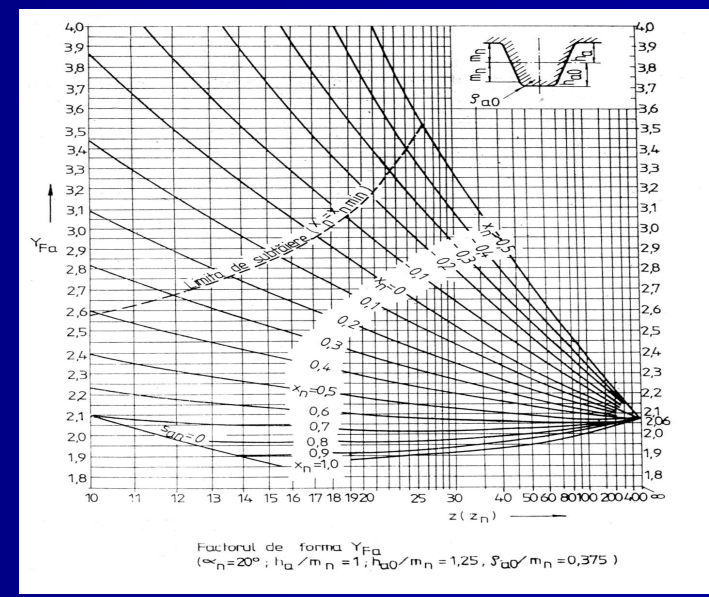
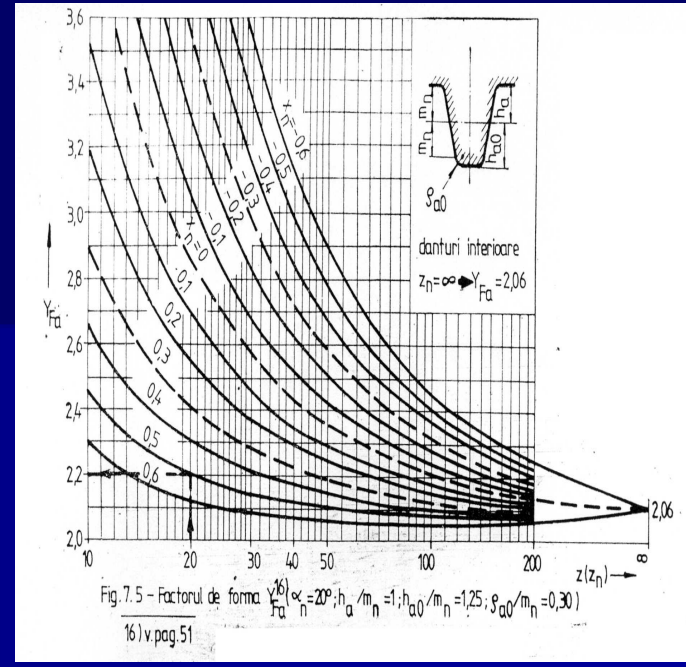
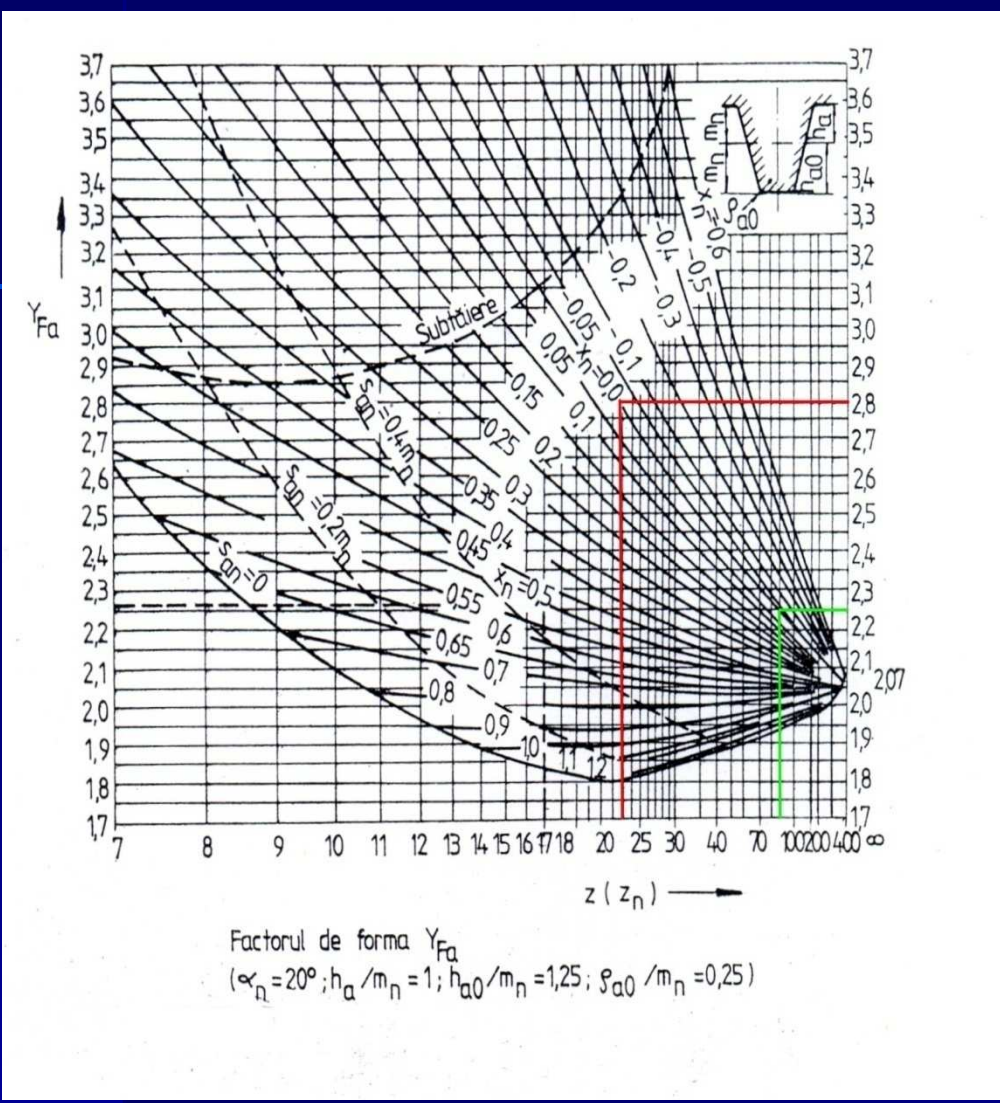
**Schema logică
pentru calculul
factorului de formă
conform ISO 6336-
2:2006
la calculul de
verificare
a danturii cilindrice
exterioare cu dinți
drepti și înclinați**

DATE DE INTRARE (toate unghiurile sunt în radiani)			
Roata 1	Roata 2	Angrenaj	scula așchietoare
Z_1, X_1^*	Z_2, X_2^*	$m_n, \beta, \alpha_n, h_{FP}^*, h_{aP}^*$	$s_{pr} = 0$ (fără subțierea), Z_o, X_o^*

CALCULUL GEOMETRIEI ANGRENAJULUI		
Roata 1	Roata 2	Angrenaj
$Z_1,$	Z_2	β_b, α_t

CALCULUL ANGRENAJULUI ECHIVALENT CU DINȚI DREPTI		
Roata 1	Roata 2	angrenaj
$Z_{n1}, d_{n1}, d_{bn1}, d_{an1}, d_{en1},$ $\alpha_{en1}, \gamma_{e1}, \alpha_{Fen1}$	$Z_{n2}, d_{n2}, d_{bn2}, d_{an2}, d_{en2},$ $\alpha_{en2}, \gamma_{e2}, \alpha_{Fen2}$	$\epsilon_{an}, \rho_{bn},$

CALCULUL FACTORULUI DE FORMĂ Y_F (pentru fiecare roată)
<p>pentru danturi exterioare: $E = \frac{\pi}{4} m_n - h_{FP} \cdot \operatorname{tg} \alpha_n + \frac{s_{pr}}{\cos \alpha_n} - (1 - \sin \alpha_n) \frac{\rho_{FP}}{\cos \alpha_n}$</p> <p>$\rho_{FPv} = \rho_{FP}, G = \frac{\rho_{FPv}}{m_n} - \frac{h_{FP}}{m_n} + x, H = \frac{2}{z_n} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{E}{m_n} \right) - T, T = \pi/3$</p>
<p>Rezolvarea ecuației transcendente $\theta = \frac{2G}{z_n} \operatorname{tg} \theta - H$</p>
$\frac{s_{Fn}}{m_n} = z_n \sin \left(\frac{\pi}{3} - \theta \right) + \sqrt{3} \left(\frac{G}{\cos \theta} - \frac{\rho_{FPv}}{m_n} \right)$ $\frac{h_{Fe}}{m_n} = \frac{1}{2} \left[\left(\cos \gamma_e - \sin \gamma_e \cdot \operatorname{tg} \alpha_{Fen} \right) \frac{d_{en}}{m_n} - z_n \cos \left(\frac{\pi}{3} - \theta \right) - \left(\frac{G}{\cos \theta} - \frac{\rho_{FPv}}{m_n} \right) \right]$
$Y_F = \frac{6 \cdot h_{Fe} \cos \alpha_{Fen}}{\left(\frac{s_{Fn}}{m_n} \right)^2 \cos \alpha_n}$



Varianta STAS 12268, încă în vigoare în România

1. Calcularea lui Y_F prin metoda ISO 6336:3 -2006 este precisă, STAS 12268-84 recomandă Y_F din grafice, introducând erori de scanare și de citire, care pot fi relative mari.

2. S-a comparat valoarea lui Y_F obținută prin metoda ISO 6336:3 cu valorile obținute prin citirea diagramelor din STAS 12268-4.

3. q_{fp} - poate fi luat cu orice valoare convenabila prelucrării spre deosebire de STAS 12268-84 [9]; $q_{fp \text{ STAS } 12268-84} = 0,25; 0,300; 0,375$.

Programul de calcul pentru Y_F poate fi utilizat la verificarea angrenajelor cilindrice cu dinți dreți, conform ISO 6336-3:2006.

Factorul de forma	ISO 6336:3 Fig. 12	STAS 12268-84	Eroarea relativă introdusă prin STAS 12268-4 $\Delta Y_F = Y_{F \text{ ISO}} - Y_{F \text{ STAS}} / Y_{F \text{ ISO}}$
Y_{F_1}	2,81	2,87	0,02135
Y_{F_2}	2,23	2,27	0,01793

Comparație cu SR 12268

- factorii de influență, calculul la pitting și la încovoiere, și recomandări ale materialelor sunt în același standard,
- volumul de informații este relativ mai mic,
- selectarea materialului și a caracteristicilor de rezistență este restrictivă pentru că sunt date mărci de oțeluri și nu caracteristici ale acestora,
- selectarea unor factori se face cu erori de citire

Octombrie 2011

STAS 12268-84 în vigoare

ISO

6336-1:2006 Calculation of load capacity of spur and helical gears -- Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors **Cor 1:2008**

6336-2:2006 Calculation of load capacity of spur and helical gears -- Part 2: Calculation of surface durability (pitting) **Cor 1:2008**

6336-3:2006 Calculation of load capacity of spur and helical gears -- Part 3: Calculation of tooth bending strength **Cor 1:2008**

6336-5:2003 Calculation of load capacity of spur and helical gears -- Part 5: Strength and quality of materials

6336-6:2006 Calculation of load capacity of spur and helical gears -- Part 6: Calculation of service life under variable load **Cor 1:2007**

Under development

ISO/NP TR 23425 Example calculations for the load capacity of spur and helical gears according to ISO 6336

Propunere

adoptarea acestei familii de standarde prin metoda traducerii și prin **metoda confirmării adoptării, respectiv publicarea unei file de confirmare a adoptării sau a unui anunț de confirmare a adoptării în Buletinul Standardizării**

*** AGMA 901-A92 A Rational Procedure for the Preliminary Design of Minimum Volume Gears, AGMA Catalog of Technical Publications, 1990 – 2004**

*** ISO 21771:2007 Gears -Cylindrical involute gears and gear pairs**
- Concepts and geometry

*** ISO 54:1996_Cylindrical gears for general engineering and for heavy engineering Modules**

*** ISO 6336-1:2006 Calculation of load capacity of spur and helical gears**
- Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors

*** ISO 6336-2:2006 Calculation of load capacity of spur and helical gears**
- Part 2: Calculation of surface durability (pitting)

*** ISO 6336-3:2006 Calculation of load capacity of spur and helical gears**
- Part 3: Calculation of tooth bending strength

*** ISO 6336-5:2003 Calculation of load capacity of spur and helical gears**
- Part 5: Strength and quality of materials

*** ISO 6336-6:2006 Calculation of load capacity of spur and helical gears**
- Part 6: Calculation of service life under variable load

*** STAS 12268:84 Angrenaje cilindrice cu dantura in evolventa.**
Calculul de rezistenta.



Vă mulțumesc!