Representarea grafică a coeficientului de calitate al metalelor.

Printre condițiunile, cari se impun prin caetele de sarcini pentru recepțiunea metalelor ce intră în diferite construcțiuni, este une-ori și aceia ca o funcțiune anumită a resistenței pe unitatea de suprafață (R) și a lungirei proporționale (L) să nu se scoboare supt o anumită limită. Scopul introducerei unor asemenea funcțiuni este în general micșorarea întru cât-va a limitelor impuse resistențelor și lungirilor, în cazul când o lipsă la una din aceste cantități ar fi compensată, în un mod oare-care, prin sporul celei-lalte, peste limita ei inferioară. Cu modul acesta se fixează pentru L și R limite mai mici, dar nu se admite ca aceste limite să fie întrecute simultaneu cu cantități mici, ci cu cantități suficiente, pentru ca și funcțiunea fixată să aibă valori mai mari ca limita impusă ei. Acestor funcțiuni li se dă în general numirea de *coeficienți de calitate*. Această numire se mai dă une ori și unor funcțiuni de resistență și stricțiunea la sută, dar de aceste nu ne vom ocupa aci, rĕmâind a căuta reprezentarea lor grafică odată cu aceia a stricțiunei, ceea ce va face obiectul unui viitor articol.

Coeficienții de calitate cei mai întrebuințați sunt următorii:

$$(1)\quad R+L, \qquad (2)\quad R+2L, \qquad (3)\quad R\times L.$$

Fie c' c, și C limitele fixate pentru acești trei coeficienți, pe cari pentru generalitate, să-i presupunem că ar fi impuși în acelaș timp pentru un anumit metal. Va trebui să avem relațiunile:

$$R+L\geq c \qquad R+2L\geq c' \qquad R\times L\geq C$$

Coeficientul c este prescris de Compania de Est din Franța, pentru materiale necesare construcțiunei locomotivelor. Coeficientul c' este prescris de unele Companii din Franța, pentru recepțiunea șinilor, iar fixarea unui asemenea coeficient are de efect de a da o mai mare importanță lungirilor de cât resistențelor. Coeficientul C este prescris de Circulara Elvețiană de la 1895; el a fost propus de *Tetmayer*, care în urma mai multor experiențe a găsit că produsul RL este aproape în raport constant cu capacitatea de travaliu, măsurată prin aria închisă de curba lungirilor în raport cu resistențele și de axa ordonatelor, așa că din acest punct de vedere el pare mai rațional ca cei-lalți doi, cari nu pot reprezenta nimic, ca fiind sumă de cantități eterogene.

Calculul coeficienților (*1*) (*2*) este destul de simplu, pe când calculul lui (*3*) e ceva mai lung, căci obținerea lui necesită o înmulțire a douĕ numere, cari de regulă au câte 3 cifre. Dacă mașina cu care se fac încercările la tracțiune merge încet, sau dacă timpul necesar pentru scoaterea unei eprobete rupte și punerea alteia nu e prea scurt, atunci este posibil ca în acel timp să se poată fac mĕsurarea dimensiunilor unei eprobete noi și a celei rupte, și de a calcula toate cantitățile prescrise, ca limita elastică, resistența, lungirea, contracțiunea și coeficientul de calitate. In casul contrar însă, chiar făcêndu-se calculele cu rigle de calcul, se poate întâmpla ca toate aceste operațiuni să ceară un timp mai lung de cât cel necesar schimbărei eprobetelor, așa că ar trebui să oprim mașina de a lucra până la terminarea tuturor calculelor, sau să lăsăm necalculate unele din cantitățile cerute. Sunt însă cazuri când nici una din aceste soluțiuni nu se poate adopta fără inconveniente. Oprirea mașinei aduce cu sine ridicarea costului încercărilor și a controlului, iar dacă pentru aceea zi sunt fixate mai multe încercări pentru diferite comenzi, nu se poate cere ca mașina de încercare să stea, sau să meargă încet, fără a provoca protestări, atât din partea uzinelor, cât și a celor ce așteaptă să le vină rîndul la încercare, mai ales când aceștia sunt plătiți cu tona de material recepționat. Pe de altă parte. dacă pentru un lot anumit se impune a se face un numĕr mare de încercări la tracțiune, iar dacă spre a se refusa acel lot e destul a se găsi una sau două eprobete cari să nu îndeplinească unele din condițiunile cerute de caetul de sarcini, atunci este evident că calculul tuturor cantităților trebuește făcut imediat după ruperea eprubetei, spre a se evita pierderi de timp cu încercări zadarnice. Ast-fel la Forgele din Anzin (Franța), am avut ocaziunea a vedea că spre a primi un lot, trebuiau făcute 27 încercări, pe când pentru a'l refuza erau suficiente douĕ încercări cari să nu satisfacă numai câte-una din condițiunile cerute. Dacă deci primele douĕ încercări nu reușeau în total, era inutil a se face încercarea celorlalte 25 eprobete. Așa dar dacă calculele nu s'ar fi putut face, neîndeplinirea condițiunilor nu se putea vedea, și toate 27 încercări trebuiau făcute. De altă parte nu puteam face încercările încet, de oare-ce pentru o mașină de încercare erea fixată în ḑiua aceia 104 încercări, iar durata unei încercări erea de 6 minute. De aci resultă necesitatea de a se reduce pe cât e posibil timpul necesar pentru a se vedea dacă o încercare satisface sau nu toate condițiunile impuse, sau cel puțin a se vedea dacă depărtările nu sunt mari, rĕmâind ca calculele exacte să se facă după terminarea tutulor încercărilor. In cele ce urmează îmi propun a indica un procedeu grafic pentru a înlocui calculul coeficienților de calitate, în casul când voim numai a ști dacă condițiunea impusă prin acel coeficient e sau nu satisfăcută.

Să considerăm douĕ axe rectangulare OR, OL, pe cari se însemnăm respectiv resistențele și lungirile. Fie R′ și L′ resistența și lungirea minimă fixată prin caetul de sarcini. Prin punctele R′ și L′ corespunḑătoare acestor valori să ducem paralele R′u, L′z la oL și oR. Ele se vor intersecta în punctul *o*. Toate punctele cuprinse în unghiul *uoz* au evident abscise mai mari ca R′ și ordonate mai mari ca L′, și prin urmare dacă căutăm punctul corespunḑător unei resistențe și lungiri obținute la o încercare, și găsim că acel punct cade în unghiul *uoz*, atunci condițiunile de resistență și lungiri cerute sunt îndeplinite. Punctelor ast-fel căutate le vom da numirea de *punctele representative* ale încercărilor, iar regiunea planului limitată de dreptele ou, oz o vom numi *regiunea acceptabilă*. Dacă punctul representativ

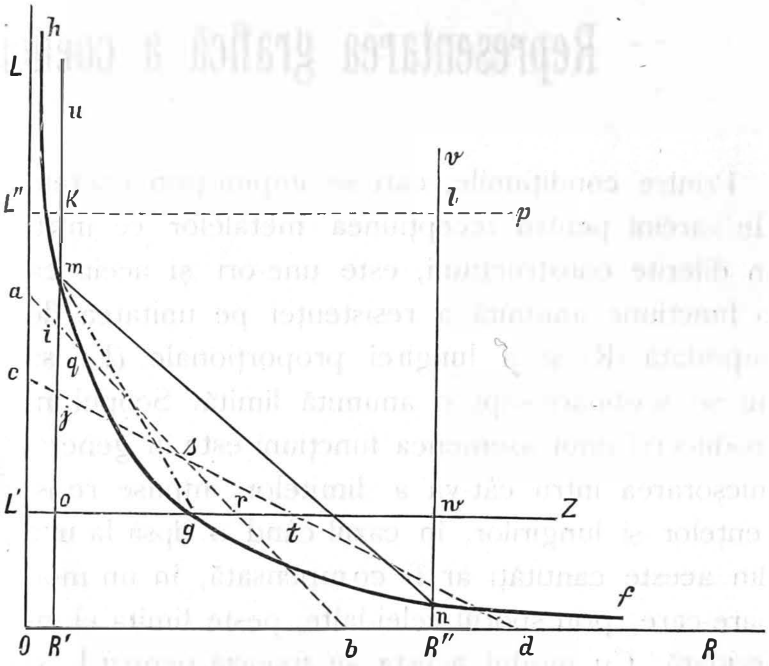

Fig. 1.

nu cade în regiunea acceptabilă, atunci condițiunile nu sunt ambele îndeplinite în acelaș timp. Așa pentru punctele din unghiul uoL′ avem lungirea, dar nu avem resistența cerută; pentru unghiul zoR′ avem resistența dar nu avem lungirea cerută, iar pentru unghiul L′oR′ nu avem nici lungirea, nici resistența cerută. Regiunea acceptabilă să reduce dacă s'ar impune și limite superioare lui R și L. Să presupunem de exemplu, că s'ar impune o limită superioară resistenței și fie R″ acea limită. Prin punctul corespunḑător lui R″ vom duce dreapta R″v paralelă cu oL, și fie *w* intersecția acestei paralele cu L′z. Pentru toate punctele representative aflate la dreapta lui wv, resistența e mai mare ca R″ prin urmare din regiunea acceptabilă trebuește scos ungiul *vwzl* rĕmâind ast-fel regiunea *uowv* ca regiune acceptabilă. Dacă s'ar cere și o limită superioară L″ pentru lungiri, nu am avea de cât prin punctul corespundĕtor lui L″ să ducem paralela L″*p* la oR, care tae pe *ou* în *k* și pe *wv* în *l*, iar regiunea acceptabilă s'ar reduce la dreptunghiul *kowl*. De ordinar însă în practică nu se impun limite superioare pentru lungiri, şi de aceia în cele ce urmează nu vom mai ţine seama de linia $L''p$.

Fixarea coeficienţilor de calitate are de obiect a mai reduce regiunea acceptabilă. Coeficientul de calitate fiind o funcţiune de R şi L, el se va traduce pe figură în general printr'o curbă.

Să presupunem că construim această curbă pentru limitele impuse de caetele de sarcini. Această curbă va trebui să treacă prin regiunea acceptabilă, căci în caz contrariu această regiune nu s'ar mai reduce şi coeficientul de calitate ar fi inutil, de oare-ce limitele impuse pentru R şi L sunt deja destul de mici în cât nu mai pot fi reduse prin coeficienţii de calitate. Pe de altă parte, dacă se fixează o limită inferioară pentru lungiri, atunci curba va trebui să taie dreapta $L'z$ între punctele *o* şi *w*, căci în caz contrariu lungirile minime ar fi dictate de coeficientul de calitate, iar limita impusă L' pentru lungimi nu ar mai avea sens de a exista. Fie, de exemplu, *hf* curba corespunḑătoare coeficientului de calitate impus, care taie dreptele $R'u$, $R''v$, $L'z$ respectiv în punctele *m*, *n*, *g*. Pentru punctele situate deasupra şi la dreapta curbei, coeficientul de calitate va fi deci mai mare ca cel impus, iar pentru punctele situate de cealaltă parte el va fi mai mic. Aşa dar din regiunea acceptabilă *uowv* va trebui să scoatem triunghiul mixtiliniu *mog* rĕmâind ast-fel ca regiune aectabilă porţiunea *umgwv*. Aşa dar dacă punctul representativ al unei încercări cade în această regiune, toate condiţiunile de resistenţă, lungire şi coeficient de calitate sunt satisfăcute, pe când în caz contrariu cel puţin una din ele nu este satisfăcută.

Conform cu cele spuse mai sus, să construim liniile representative ale coeficienţilor (1), (2), (3). La limită avem:

$$R+L=c, \qquad R+2L=c' \qquad R\times L=C$$

Cum R şi L sunt variabile, se vede uşor că prima ecuaţie represintă o dreaptă care taie axele la distanţele egale $R=L=c$; a doua ecuaţie represintă o dreaptă care taie axele la distanţele $R=c'$ şi $L=0,5c'$; a treia ecuaţie represintă o hiperbolă echilateră, ale cărei asimptote sunt axele coordonate. Fie *a b* prima dreaptă, *cd* a doua şi *hf* hiperbola echilateră. Aceste linii taiă dreptele $R'u$ şi $L'z$ respectiv în punctele *i*, *r*; *f*, *t*; *m*, *g*. Aşa dar coeficientul c' are de obiect a reduce reuniunea acceptabilă cu triunghiul rectiliniu *oi'v*; coeficientul c' are de obiect a reduce regiunea acceptabilă cu triunghiul rectiliniu *ojt*; iar coeficientul *c* are de obiect a reduce regiunea acceptabilă cu triunghiul mixtiliniu *omg*. Prin urmare, dacă toţi coeficienţii ar fi impuşi deodată, atunci ar trebui să reducem regiunea acceptabilă cu aria detaşată în unghiul *uoz* de conturul învelitor al dreptelor *ab*, *cd* şi al hiperbolei *hf*, care în casul de faţă este *mqst*. Aşa dar în acest caz regiunea acceptabilă ar fi *umqstwv*. Prin urmare dacă punctul representativ al unei încercări cade în această regiune, condiţiunile cerute pentru resistenţă, lungire şi toţi coeficienţii de calitate sunt satisfăcute; în caz contrariu cel puţin una din ele nu este satisfăcută. Este de observat însă, că aci lungirea a fost presupusă aceiaşi pentru toţi coeficienţii. Dacă însă lungirile necesare diferiţilor coeficienţi de calitate nu să mĕsoară pe aceiaşi distanţă, atunci pentru fie-care mod de mĕsurare a lungirilor trebue făcută câte o representare grafică aparte.

După cum se vede, construcţia liniilor representative ale coeficienţilor *c* şi *c'* se reduce la tragerea a două drepte, pe când construirea liniei representative a lui *c* necesită trasarea unei hiperbole echilatere. Dacă s'ar cere numai coeficientul *c* atunci întrebuinţându-se metoda anamorfoselor, am putea înlocui hiperbola cu o dreaptă analogă dreptei *a b*. În adevĕr luând logaritmii la relaţiunea:

$$C=RL,$$

avem:

$$\log R+\log L=\log C.$$

Aşa dar dacă pe axele coordonate luăm lungimi proporţionale cu logaritmii lui R şi L, atunci coeficientul C e representat prin o dreaptă care taie axele la distanţe egale cu $\log C$, dreaptă analoagă cu dreapta *ab* a coeficientului *c*. Această soluţiune prezintă inconvenientul, că diviziunile pe axe nu mai sunt egale, şi prin urmare pentru a construi linia, ar trebui să avem la dispoziţiune o tablă de logaritimi sau să copiem diviziunile de pe o riglă de calcul, ceea ce nu se poate face ori când şi ori unde. Zicem însă, că din punctul de vedere practic putem înlocui arcul de hiperbolă necesar *mn.* prin coarda lui: *mn.* In adevěr, abscisele punctelor *m* și *n* fiind R′ și R″, iar ecuațiunea hiperbolei:

$$RL=C,$$

lungirile conrespondente acestor rezistențe, adică ordonatele punctelor *m* și *n* vor fi $\frac{C}{R'}$, și $\frac{C}{R''}$ Ecuațiunea dreptei ce unește punctele *m* și *n* va fi deci:

$$\frac{y-\frac{C}{R'}}{\frac{C}{R''}-\frac{C}{R'}}=\frac{X-R'}{R''-R'},$$

care se poate scrie succesiv:

$$\frac{R'R''y-CR''}{C(R'-R'')}=-\frac{x-R'}{R'-R''},$$

$$R'R''y-CR''=-C(x-R'),$$

$$R'R''y=C(R'+R''-x),$$

$$y=\frac{C'}{R'R''}(R'+R''-x)=\frac{C(R'+R'')}{R'R''}-\frac{C}{R'R''}x.$$

Pentru o abscisă x însă ordonata y′ a hiperbolei C : x. Deci:

$$y'=\frac{C}{X}$$

Prin urmare diferența dintre ordonata dreptei mn și a hiperbolei mgn este:

$$y-y'=\frac{C(R'+R'')}{R'R''}-\frac{C}{R'R''}x-\frac{C}{x}=$$
$$\frac{C(R'+R'')}{R'R''}-C\left(\frac{X}{R'R''}+\frac{1}{x}\right)$$

Membrul al doilea e o diferență în care descăzutul e constant iar scăzătorul variabil.

Diferența va fi maximă când scăzătorul va fi minimum. Cum C însă e constant, minimum scăzătorului conrespunde minimului parentezei. Parenteza e însă o sumă de două cantități, al căror produs (1 : R′R″) este constant. Se știe că în acest caz suma e minimă când cele două cantități sunt egale, adică dacă vom avea:

$$\frac{x}{R'R''}=\frac{1}{x},$$

care ne dă:

$$x=\sqrt{R'R''}$$

Media geometrică a două cantități fiind coprinsă între acele cantități, *x* este coprins între R′ și R″ și prin urmare valoarea găsită este admisibilă. Introducênd această valoare în expresiunea diferenței y—y′ avem:

$$y-y'=\frac{C(R'+R'')}{R'R''}-\frac{C}{R'R''}\sqrt{R'R''}-\frac{C}{\sqrt{R'R''}}=$$
$$\frac{C}{R'R''}(R'+R''-2\sqrt{R'R''})=\frac{2C}{R'R''}\left[\frac{R'+R''}{2}-\sqrt{R'R''}\right]$$

In parenteză avem diferența dintre media geometrică și media aritmetică a două cantități, care se știe că e mai mică ca pătratul diferenței acelei cantități împărțit prin de 8 ori cea mai mică. Avem deci:

$$y-y'<\frac{2C}{R'R''}\times\frac{(R'-R')^2}{8R'},$$

sau:

$$y-y'<\frac{C(R''-R')^2}{4R'^2R''}.$$

Ca aplicațiune numerică a acestei expresiuni, să calculăm valorile diferenței (y—y′) pentru resistențele, lungirile și coeficienții de calitate impuși în caetul de sarcini al Serviciului Podurilor C. F. R. pentru materialele fabricate în oțel dulce. Avem:

1) Pentru tole în sensul laminagiului:

R′=37, R″=44, L′=21, C=900.

2) Pentru tole în sens perpendicular laminagiului:

R′=37, R″=44, L′=18, C=800.

3) Pentru nituri și buloane:

R′=36, R″=42, L′=24, C=1000,

Inlocuindu-se in expresiunea precedentă R,′R″ și L′ cu valorile lor, se găsește că diferența (y—y′) este respectiv mai mică ca 0,18; 0,16 și 0,16. Dacă lungirile se măsoară pe 200^{mm} lungime și cu o aproximație de $^1/_2$^{mm} atunci eroarea ce se face asupra lungirilor este de $100\times\frac{0,5}{200}=0,25$, eroarea mai mare de cât diferențele sus găsite. Dacă mĕsurarea se face pe lungimi mai mici, atunci eroarea ce se face asupra lungirilor este și mai mare. Așa dar din punctul de vedere practic putem considera pe y=y′, și a înlocui arcul de hiperbolă *nm* cu coarda lui. Diferența devine cu atât mai mică cu cât diferența dintre limitele, impuse resistențelor e mai mică, și cu cât aceste limite sunt mai ridicate.

Eroarea ce se face înlocuind hiperbola cu o dreaptă este și mai mică, dacă în locul coardei *mn* luăm coarda *mg* coprinsă între dênsa și hiperbolă, și care conrespunde numai porțiunei din hiperbolă necesară reducerei regiunei acceptabile. Expresiunea erorei în acest caz o putem deduce din cea precedentă, inlocuind pe R″ cu abscise punctului *g*, care este (C : L′), ordonata punctului *g* fiind L′. Obţinem ast-fel:

$$y - y' < \frac{C\left(\frac{C}{L'} - R'\right)^2}{4\ R'^2\ \frac{C}{L'}}$$

care ne dă:

$$y - y' < \frac{(C - R'L')^2}{4\ R'^2 L'}.$$

Această relaţiune se poate intrebuinţa in cazul când nu se impune limite superioare pentru resistenţe. Ast-fel pentru oţelul dur, caetul de sarcină al Serviciului Podurilor prescrie R′=48, L′=12, C=620. Calculând membrul al doilea al expresiunei precedente cu aceste valori, se găseşte că diferenţa (y—y′) este mai mică ca 0,0014, cantitate cu totul neglijabilă.

Din cele spuse până aci rezultă că construcţiunea liniilor reprezentative ale coeficientului de calitate C se poate face foarte uşor. Ca aplicaţiune să ne propunem a construi regiunile acceptabile pentru materialele fabricate din oţel dulce, in condiţiunile caetului de sarcini al Serviciului Podurilor. Pentru aceasta observăm mai întâiu că din toată figura (1) nu ne trebueşte in practică de cât regiunea acceptabilă, aşa că putem suprima tot ce este la dreapta lui w v, la stânga lui ou şi sub L′z. In acest caz insă va trebui să insemnăm pe axe valorile absciselor şi ordonatelor, cari nu se mai mĕsoară incepĕnd de la o. Mai observăm apoi, că o linie dreaptă se schimbă tot in o linie dreaptă, dacă ii sporim ordonatele in acelaşi raport, lăsând abscisele aceleaşi, şi că ast-fel putem lua pentru abscise şi ordonate scări diferite, pentru a nu obţine figuri

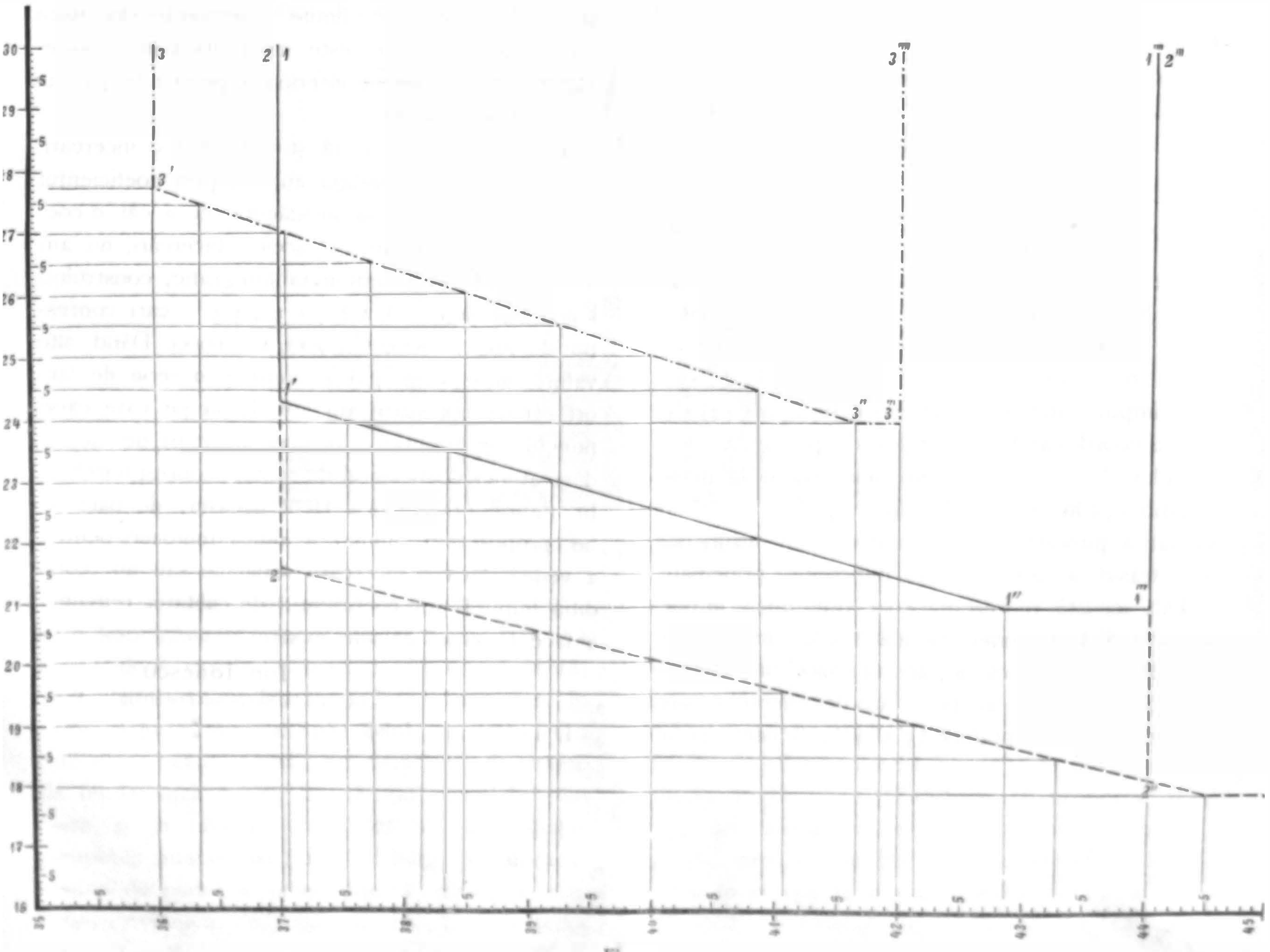

Fig. 2.

cu dimensiuni prea mari. Așa de exemplu, să presupunem că pe o hârtie cadrilată milimetric luăm două axe rectangulare, conrespunzênd cu linii principale ale hârtiei. Să presupunem că $1^{klg.}$ rezistență pe mm ^{2} îl reprezentăm cu 2^{mm}; iar $1\,\%$ lungire cu 1^{mm}; și că în loc de a pleca cu numerotația de la 0, plecăm de la 35 pentru abscise și 16 pentru lungiri, valori mai mici ca limitele impuse. Pentru a construi de exemplu regiunea acceptabilă pentru nituri, vom lua punctul $3'$, ale cărui coordonate sunt 36 și $\frac{1000}{36}$; punctul $3''$ ale căreia coordonate sunt $\frac{1000}{24}$ și 24 și vom duce linia $3'3''$ care reprezintă coeficientul de calitate 1000. Prin $3''$ ducem paralela $3''3'''$ la axa absciselor până la abscisa 42, iar prin punctele $3'$ și $3'''$ ducem paralele $3'3$ și $3'''3''''$ la axa lungirilor. Regiunea acceptabilă a niturilor va fi ast-fel $33'3''3'''3''''$. In același mod se construește regiunea acceptabilă pentru tole (sensul laminagiului) care, este $11'1''1'''1''''$. Pentru tole, sens transversal laminagiului, găsim punctul $2'$ ca și mai sus, iar punctul $2''$ îl luăm la abscisa 44 și ordonata $\frac{1000}{44}$ căci abscisa $\frac{1000}{18}$ e mai mare ca 44, și am avea o coardă mai puțin avantagioasă a hiperbolei înlocuite. Se vede de aci că limita 18 impusă pentru tole, în sens transversal, nu e necesară, de oare-ce coeficientul de calitate impune minimum lungirilor. In figura (2) s'au trasat coordonatele punctelor de pe liniile coeficienților de siguranță conrespunzĕtoare la diviziuni din 0,5 în 0,5 ale lungirilor, pentru a înlesni căutarea punctelor reprezentative De asemenea s'au trasat și coordonatele punctelor principale.

Din această reprezentare se vede mica importanță a fixărei limitei inferioare a lungirilor, căci, în cele mai multe cazuri, aceste limite sunt impuse de coeficientul de calitate. Așa de exemplu pen-u regiunea acceptabilă $33'3''3'''3''''$ coeficientul de calitate impune pe toată distanța $3'3''$ pe când limita lungirei numai pe $3''3'''$. Din acest punct de vedere pare rațional a se suprima limitele pentru lungiri, fie sporind puțin coeficientul de calitate, așa ca dreapta $3'3''$ de exemplu să treacă prin $3'''$; fie luând ca limite pentru lungiri cantități mai mici ca cele date de coeficientul de calitate, ceea ce se întâmplă la linia $2'2''$. Cu modul acesta s'ar putea reduce cu o unitate numĕrul total al condițiunilor cerute, și caetele de sarcini ar fi în aparență ceva mai puțin exigente, căci sunt mulți care consideră numai ca o impovărare coeficientul de calitate, odată ce s'a fixat limite pentru lungiri și resistențe, neștiind că scopul lui este de a reduce limitele unice ce ar trebui impuse resistenței și lungirilor în cas de ar lipsi.

Este evident că dacă nu se impune limită superioară pentru resistență, sau dacă aceasta e prea depărtată de limita inferioară, sau dacă limita superioară nu este strict luată în considerațiune, atunci limita inferioară pentru lungiri nu s'ar putea suprima.

Dacă am voi ca să știm pentru o încercare nu numai dacă condiția impusă prin coeficientul de calitate e sau nu satisfăcută, ci și cât e coeficientul de calitate al acelei încercări, nu am avea de cât să facem un tablou grafic, construind liniile analoage cu $2'2''$, $1'1''$, $3'3''$, cari conrespunde lui C=800, C=900, C=1000. Dând alte valori lui C vom putea construi o serie de linii ori cât de apropiate am voi. Linia pe care cade punctul reprezentativ al unei încercări ne va indica atunci coeficientul de calitate conrespunzĕtor. In figura (2) nu s'a făcut aceasta, de oare-ce ne propusesem numai a indica mijloace pentru a vedea dacă o încercare satisface sau nu condiția impusă prin coeficientul de calitate, rĕmâind a face în urmă calcule exacte.

Ion Ionescu.

Inginer în Serviciul Podurilor C. F. R

Duisburg, Iulie 1898.