

## Memorii și conferințe.

---

Formulele de rezistență a lui Winkler  
basate pe experiențele lui Wöhler.

(Conferință ținută de d-l inginer C. Mironescu)

---

(Urmare și fine).

*Observare asupra aplicărei formulelor precedente.*  
După regulile deduse din experiențele lui Wöhler, urmează dar, dice Winkler, că în aplicarea formulelor stabilite mai sus nu este trebuință să se ia în considerare de cât supra-încărcările reale cari se repetă adesea-orî și că nu este loc a se ține seamă de supra-încărcări extraordinare. Pentru aceste supra-încărcări ce nu se vor presinta în definitiv de cât une-orî în totă durata podului, nu avem de cât să facem calculele după regulile astă-đi întrebuintate pentru o sarcină constantă și se va obține în general secțiuni mai mici de cât pentru sarcinile ce se repetă foarte des.

Ast-fel pentru un pod de drum de fer nu e trebuință a presupune un tren compus numai de locomotive, fiind-că un asemenea cas nu se va întâmpla de cât foarte rar, într'un cas de rășboi de ex., va fi dar suficient a se presupune una saũ două locomotive. Tot asemenea pentru un pod peșosea, nu se va presupune pe totă lungimea podului o sarcină compusă din cele mai grele vehicule ce ar circula în localitate; ci se va considera încărcarea produsă de vehicule ordinare și printre ele, unul saũ două cele mai grele.

Pentru aceleași cuvinte în calculul barelor ce vor avea a rezista la presiunea vântului, nu este necesar a se ține compt de o presiune de vânt extraordinară care nu s'ar presenta de cât în mod cu totul excepțional.

Cu acesta se termină tot ce e relativ la formulele lui Winkler și la modul lor de aplicare; mai departe când vom espune obiecțiunile ce se fac în contra acestor formule, vom vedea prin aplicațiuni numerice rezultatele la cari ele ne conduc. Nu e însă fără interes să dăm mai întâiu câte-va din formulele ce au precedat formulele lui Winkler și fondate tot pe experiențele lui Wöhler.

*Formulele lui Lannardt.* Lannardt este cel d'ântâi care a voit să utilizeze rezultatele experiențelor lui Wöhler, aplicându-le la calculul construcțiunilor de fer. Pentru acesta el caută a stabili mai ântâi, după cum procedează și Winkler, relațiunea ce există între eforturile maxima și minima A și C care produc ruptura după un număr însemnat de repetițiuni.

Relațiunea admisă de Lannardt este :

$$A - C = \frac{Z - A}{Z - U} A \quad (22)$$

unde Z și U au aceeași însemnare ca și mai sus. Când  $C=0$ , trebuie să găsim  $A=U$  și când  $C=A$ , trebuie să avem  $A=Z$ , ceea ce se verifică pe formula (22). Lannhardt găsește în urmă că rezultatele date de această formulă concordă cu rezultatele experiențelor lui Wöhler dacă punem următoarele relațiuni între Z și U :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pentru fer } \frac{Z - U}{U} = \frac{5}{6} \text{ sau } U = \frac{6}{11} Z = 0.545 Z \\ \text{„ oțel } \frac{Z - U}{U} = \frac{6}{5} \text{ „ } U = \frac{5}{11} Z = 0.454 Z \end{array} \right\} (23)$$

Dar ecuația (22) rezolvată parțial în raport cu A ne dă:

$$A(Z - U) - U(Z - U) = A(Z - A)$$

saū:

$$A^2 - AU - C(Z - U) = 0$$

saū:

$$A = U + (Z - U) \frac{C}{A} = U \left[ 1 + \frac{Z - U}{U} \frac{C}{A} \right]$$

și prin urmare în virtutea formulelor (23):

$$\left. \begin{aligned} \text{Pentru fer } A &= U \left( 1 + \frac{5C}{6A} \right) \\ \text{„ oțel } A &= U \left( 1 + \frac{6C}{5A} \right) \end{aligned} \right\} (24)$$

Dacă acum admitem un coeficient de securitate  $n$ , secțiunea  $\Omega$  a unei grindii trebuie să satisfacă la relațiunile:

$$A = \frac{n P_{\max.}}{\Omega} \quad C = \frac{n P_{\min.}}{\Omega}$$

de unde:

$$\frac{C}{A} = \frac{P_{\min.}}{P_{\max.}}$$

și prin urmare cea d'ântâiū din formulele (24) de ex. devine:

$$A = \frac{n P_{\max.}}{\Omega} = U \left( 1 + \frac{5}{6} E \right)$$

scriind pentru abreviere

$$E = \frac{P_{\min.}}{P_{\max.}} \quad (25)$$

saū:

$$\frac{A}{n} = \frac{P_{\max.}}{\Omega} = \frac{U}{n} \left( 1 + \frac{5}{6} E \right)$$

Fie acum  $K_1$  și  $K_0$  coeficientul de travaliū admisibil pentru fer și relativ la eforturile de ruptura A și U; adică fie:

$$K_1 = \frac{A}{n} \quad K_0 = \frac{U}{n} \quad (26)$$

Atunci avem :

$$K_1 = \frac{P_{\max.}}{\Omega} = K_0 \left( 1 + \frac{5}{6} E \right)$$

de unde :

$$\Omega = \frac{P_{\max.}}{K_1} \quad (27)$$

unde :

$$K_1 = K_0 \left( 1 + \frac{5}{6} E \right) \quad (28)$$

Tot asemenea pentru oțel găsim aceeași formulă (27) unde :

$$K_1 = K_0 \left( 1 + \frac{5}{6} E \right) \quad (29)$$

Lannhardt admite în urmă că din cauza circumstanțelor neprevăzute sau din cauza sgduirilor produse din supra-încărcare, efortul maximum  $K_1$  poate să crească peste limita ce i se fixează și în veder. a acesta micșorează valoarea acestui coeficient dată de formulele (28) și (29) luând  $\frac{3}{5} E$  în locul lui  $E$ . Formulele lui Lannhardt devin dar în definitiv :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pentru fer } K_1 = K_0 \left( 1 + \frac{1}{2} E \right) \\ \text{» oțel } K_1 = K_0 \left( 1 + \frac{3}{4} E \right) \end{array} \right\} \quad (30)$$

cari combinate cu formula (27) ne determină secțiunea  $\Omega$ .

Cât pentru valoarea coeficientului  $K_0$ , relativ la tracțiune singură sau la compresiune singură, ea este fixată de Lannhardt, precum urmează :

Pentru fer  $K_0 = 800$  tracțiune  $K = 1413$  compres.

» oțel  $K_0 = 1200$  »  $K = 2640$  »

Aceste formule nu mai sunt valabile când metalul lucrează în același timp la tracțiune și la compresiune.

Lannhardt propune atunci să se întrebuițeze metoda usitată în America, adică să se aplice formula:

$$\Omega = \frac{P_{\max.} + P_{\max.}}{K_0} \quad (31)$$

în care  $P_{\max.}$  este valoarea maximă a tracțiunii,  $P_{\max.}$  valoarea maximă absolută a compresiunii.

*Formulele lui Weyrauch.* — Weyrauch admite aceleași formule ca și Lannhardt; cu deosebire numai că ia pentru  $K_0$  valori ceva mai mici, adică:

Pentru fer  $K_0 = 700$

» oțel  $K_0 = 1100$

iar în locul coeficientului  $\frac{3}{4}$  care afectează pe  $E$  în a doua din formulele (30) el admite factorul ceva mai mare  $\frac{9}{11}$ . — Weyrauch completează afară de acesta:

formulele, stabilind formule speciale pentru cazul când metalul lucrează în același timp la compresiune și la tensiune. — Cele două serii de formule ale lui Weyrauch sunt astfel:

1<sup>o</sup>) Cu tracțiune sau compresiune singură:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pentru fer } K_1 = K_0 \left( 11 \frac{1}{2} E \right) \\ \text{» oțel } K_1 = K_0 \left( 11 \frac{9}{11} E \right) \end{array} \right\} \quad (32)$$

2<sup>o</sup>) Cu tracțiune și compresiune în același timp:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pentru fer } K_1 = K_0 \left( 1 - \frac{1}{2} E \right) \\ \text{» oțel } K_1 = K_0 \left( 1 - \frac{5}{11} E \right) \end{array} \right\} \quad (33)$$

În aceste din urmă formule  $P_{\min.}$  înseamnă cea mai mare compresiune dacă tracțiunea predomină; cea mai mare tracțiune dacă compresiunea predomină. În amândouă cazurile  $P_{\min.}$  va fi introdus cu semnul + în formulele (33) așa în cât  $K_1$  să devină mai mic de cât  $K_0$ .

*Objecțiuni în contra aplicărei formulelor lui Winkler, Lannhardt și Weyrauch.*—Tóte formulele stabilite până aci au de scop cum vedem că, ținând compt de modul de acțiune al fie-căruil fel de încărcare, se atribue fie-căruia din cele câte un coeficient special de rezistență, a căruia valóre s'a căutat a fi dedusă din legea de variațiune a încărcărilor maxima și minima A, C.—Ast-fel pe când coeficientul practic este mărit pentru greutatea permanentă valórea lui este din contră micșorată pentru greutatea accidentală.—Prin urmare e evident că pentru cazul când greutatea permanentă e predominantă, noua theorie ne va conduce la o secțiune mai mică de cât aceea dată de theoria urmată până aci; diferența va fi încă și mai sensibilă dacă nu va fi de considerat de cât o greutate statică permanentă. Pentru cazul din contră când greutatea accidentală periodică este predominantă, secțiunea dată de noile formule va fi mai mare de cât aceea la care ne-ar conduce vechea theorie.—Dacă dar formulele date de Winkler pot fi admise și aplicate în practică ca rezultate necontestate ale unor experiențe complete, ele vor fi permis a se realiza un îndoit avantajii în construcțiile metalice: 1°) de a realiza în unele cazuri o economie de metal, fără a modifica gradul de securitate al construcțiunei, economie care se neglige în methódele urmate până aci; 2°) de a obține în alte cazuri gradul de securitate voit și prin urmare durata cerută a construcțiunei, care în realitate nu se obține în vechile methóde din cauza erorii ce se face admitându-se același coeficient de rezistență practică pentru greutatea proprie și cea accidentală, or care ar fi ele.

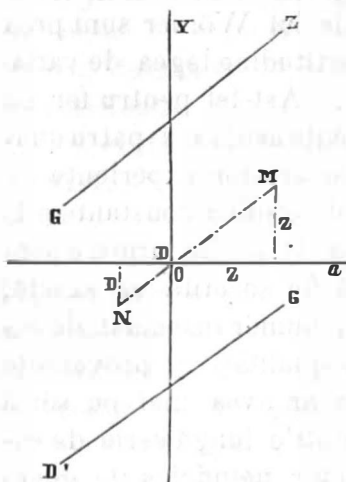
Aceste formule însă dau loc la numeroase obiecțiuni pe cari le vom enumera, resumându-le precum urmază, rezervându-ne a reveni asupra lor și a le com-

plecta, de va fi trebuință, în discuțiunea la care ele vor da loc în ședințele societății.

1). *Obiecțiune.* — Prima obiecțiune ce se face acestei theorii este că experiențele lui Wöhler sunt prea puține pentru a stabili cu certitudine legea de variațiune a rezistenței metalului: — Ast-fel pentru fer nu avem de cât 17 experiențe făcute asupra a patru calități de fer. — Or rezultatele acestor experiențe au servit lui Winkler pentru a determina constantele  $U$  și  $\alpha$  din ecuația fundamentală 1) și prin urmare pentru că această determinare să fie socotită ca exactă, ar trebui să se razime pe un număr însemnat de experiențe «relative la diferite calități și provenințe de metal. — Constanța coef.  $\alpha$  ar avea mai cu seamă trebuință să fie verificată printr'o lungă serie de experiențe, prezentând un caracter neîndoios de generalitate.

2). *Obiecțiune.* — Legea propusă de Winkler de a reprezenta printr'o dréptă relațiunea dintre încărcările maxima și minima  $A$  și  $C$  e încă supusă la îndoială. Lannhardt în formula lui (22) propune o parabolă pentru a reprezenta relațiunea dintre  $A$  și  $C$ . — Această parabolă însă este și dânsa departe de a concorda întocmai cu rezultatele experiențelor lui Wöhler. — Winkler el însuși în memoriul său recunoște acesta și recomandă în § III al Memoriului a se admite legea propusă de dânsul și cuprinsă în formula (1) că prezentând avantajul de a fi mai simplă. — Că această lege reprezentată prin drépta (1) nu este legea exactă a variațiunei lui  $A$  și  $C$  se poate vedea în chipul următor: Pentru  $C = + Z$  trebuie să avem  $A = + Z$  și pentru  $C = - D$  să avem  $A = - D$ , dacă aceeași lege e valabilă pentru  $C$  negativ ca pentru  $C$  pozitiv. — Or punctele  $M$ ,  $N$  care ar avea drept coordonate aceste valori se găsesc pe o dréptă care

trece prin origina și prin urmare ar trebui să avem pentru  $C = 0$ ,  $A = 0$ , adică rupura să se producă



fără nici o încărcare ceea-ce este inadmisibil. Această consecință și face pe Winkler să admită două drepte, una  $GZ$  pentru  $C$  pozitiv, alta  $G, D$ , pentru  $C$  negativ, pentru a evita o curbă care ar avea mai multă probabilitate pentru densa.

Pentru a avea o idee mai exactă de gradul de aproximație cu care dreapta lui Winkler reprezintă rezultatele obținute de Wö-

hler, am calculat după formula (4) propusă de autor valorile lui  $A$  și comparându-le cu acelea date de experiențele lui Wöhler am găsit că :

1<sup>o</sup>) Pentru cea d'ântâi serie de 9 experiențe făcute asupra ferului Fenix, diferențele în plus sau în minus între acele valori sunt de  $\frac{1}{4}$  pentru patru din ele,  $\frac{1}{9}$  pentru cea d'a cincea și în fine mai mici de  $\frac{1}{10}$  pentru cele-lalte patru.

2<sup>o</sup>) Pentru 19 experiențe făcute asupra oțelului krup, rezultatele sunt mai concordante; diferențele au fost de  $\frac{1}{4}$  pentru două,  $\frac{3}{5}$  pentru una,  $\frac{1}{6}$  pentru alte două, iar pentru cele-lalte diferențele au fost mai mici de cât  $\frac{1}{10}$ .

Diferențele constatate pentru fer sunt dar destul de însemnate pentru ca legea reprezentată printr'ua dreaptă să dea loc la obiecțiuni, cari nu vor putea fi înlăturate de cât printr'ua serie de numeroase ex-



periențe, care se pună în evidență legea de variațiune între A și C.

Tot la această obiecțiune se raportează această observațiune că experimintele lui Wöhler s'au făcut numai prin tracțiune și flexiune și astfel vedem că Winkler determină coeficientul  $\alpha$  relativ la compresiune într'un mod cu totul empiric, admitând o relațiune (5) de aceeași formă ca pentru compresiune și determinând apoi coef.  $\alpha$ , printr'un artificiu de calcul într'oa stare particulară a metalului —

Pentru efectele de forfecare, Winkler merge chiar mai departe: după ce stabilește formulele (8') ca speciale pentru acest caz, le condamnă însuși îndată ca meritând pre puțină încredere și propune a se întrebuința aceleși formule ca și pentru tracțiune.

Totă această determinare nu se fundează dar pe nimic fix și hotărât și în definitiv formulele (7) și (8) pentru compresiune și forfecare sunt cu totul arbitrare și empirice, iar formulele (4) relative la tracțiune au trebuință de a fi modificate prin ajutorul a noii experiențe.—

3). *Obiecțiune.* — Tote experiențele lui Wöhler au fost făcute asupra ossiilor de vagon în scopul de a determina condițiile lor de ruptură.— Prin urmare, chiar admitând ca destul exacte formulele deduse din aceste experiențe, rezultatele obținute ar trebui verificate asupra grinzilor de tolă nituite, astfel cum se întrebuințează în construcțiile de poduri, pentru ca ele să le fie aplicate cu încredere. Ne rămâne în fine a examina cele trei obiecțiuni mai însemnate cari, s'au făcut în contra teoriei formulelor lui Winkler.

4). *Obiecțiune.*— Admitând ca destul de exactă legea stabilită prin formula (1) și lăsând la o parte tot ce e arbitrar în determinarea coeficienților,

primind formulele (4), (7) și (8) ca destul de concordante cu rezultatele experiențelor lui Wöhler, se nasce următoarea obiecțiune: Mai toate experiențele lui Wöhler au fost făcute cu încărcări ce trecu peste limita de elasticitate. — Astfel din 17 experiențe asupra ferului, numai trei au fost făcute cu încărcări ceva mai mici de cât limita de elasticitate; iar din 39 experiențe asupra oțelului, 10 au fost menținute sub limita de elasticitate. — Și am putea adăoga că după chiar experiențele lui Wöhler, limită de elasticitate așa cum o înțelegem noi, trebuie în multe cazuri, și în special în cazul încărcărilor repetate, modificată, de orice Wöhler a parvenit a produce ruptura cu încărcări repetate mai mici, de cât ceea ce am numit până acum limita de elasticitate. — Prin urmare chiar în cazurile de cari am făcut mențiune mai sus, este probabil că experiențele lui Wöhler au fost făcute în realitate cu încărcări peste limita de elasticitate astfel rectificată. — Atunci se nasce întrebarea dacă relațiunile stabilite între variațiunile încărcărilor cari produc ruptura și cari trecu toate peste limita de elasticitate, este logică a le admite și a le menține pentru încărcările practice, cari trebuiesc stabilite astfel în cât se nu producă în construcțiuni deformațiuni permanente.

Pentru a admite dar toate consecințele formulelor lui Winkler ar trebui mai întâi să se stabilească prin noi și numeroase experiențe că aceleși relațiuni există între încărcările variabile menținute în limita de elasticitate, de orice natura metalului e modificată îndată ce e supus la uă încărcare ce trece peste limita de elasticitate și devine oare cum un nou corp, cu noi proprietăți de rezistență.

5). *Obiecțiune.* — A cincea obiecțiune care se face formulelor lui Winkler este relativă la neasemănarea

condițiunilor în cari s'aû făcut experiențele lui Wöhler cu condițiunile cari se realizează în practică. În adevăr efforturile aplicate de Wöhler piesselor ce aû fost supuse experiențelor s'aû succedat fără întrerupție la intervale foarte scurte; elle s'aû aplicat prin mijlocul unei mașini cu aburi de câte 72 de ori pe minută, astfel în cât intervalul între două deformațiuni a fost mai micu de cât uă secundă. — Ori în practică încărcările repetate se succed tot d'a una la intervale foarte rari; astfel pentru un pod unde încărcarea accidentală este produsă de trecerea unui tren, acesta încărcare se aplică la intervale de ore întregi, iar nu la fie-ce secundă că în experiențele lui Wöhler. Prin urmare e permisu a se întreba dacă legile deduse din experiențele lui Wöhler, presupuind că: elle sunt cu totul justificate, se pot aplica în cazul în care se găsește uă grindă supusă la acțiuni ce se repetă la intervale atât de rari, în care cas grinda se găsește în condițiuni de rezistență cu totul altele de cât celle în care a presupus'o experiențele lui Wöhler.

La această obiecțiune Winkler a răspuns într'un articol posterior în care caută a stabili că durata mai mare ori mai mică a intervalelor în cari grinda nu este supra încărcată nu pôte avea influență asupra valorii încărcărei de ruptură  $A$ , și că ceea ce ar putea numai să modifice această limită a încărcărei sub care se produce ruptura ar fi durata efortului care i este aplicat periodicu. Winkler face pentru acesta următorul raționament: fie uă bară care e supusă la uă forță  $S$  ce trece peste limita de elasticitate.

Dacă presupunem că forță  $S$  încetăză de a lucra asupra barreii, acesta barra după un timp  $t$  va lua uă pozițiune ore-care de echilibru în virtutea acțiunilor moleculare ce se desvoltasseră în corp și cari încetăză

uă dată cu forță  $S$ . Dacă acum pressupunem că înainte de a trece timpul  $t$  și prin urmare înainte ca barra să se fixeze la poziția limită către care tinde, 'i aplicăm din nou aceeași forță  $S$ , Winkler admite că barra va lua aceeași flexiune ca și întâia oară, și prin urmare, adaugă Winkler, e probabil că intervalul între două eforturi nu are nici uă influență asupra flexiunei saū a încărcărei care ar produce ruptura. Ceea ce ar putea avea mai mare influență după Winkler este durata efortului căci flexiunea crește cu acéastă durată, și intensitatea efortului care produce ruptura descrește cu durata efortuliū. Astfel de ex. este verisinul ca un pod pe Șossea care tótă ziua este sudpus unei circulațiunii active va fi mai fatigat de cât un pod de drum de fer pentru carī durata efortului produs de trecerea unui trenū este sensibil mai mică. Dar, continuă D-lū Winkler, este probabil că durata efortului va trebui să modifice numai mărimea flexiunei sub care se produce ruptura, iar nu și legea ce resultă din experiențele lui Wöhler asupra încărcărilor repetate; cu alte cuvinte nu se va modifica, cu durata eforturilor, de cât rezistența statică  $Z$ , dar nu coef.  $\alpha$  care figurează ca multiplicator al limitei inferioare  $C$  a efortului in equație (1). Acésta pare că resultă, zice Winkler, din faptul că coef.  $\alpha$  e puțin variabil pentru diferitele calități de fer și oțel carī aū fost experimentate de Wöhler.

Răspunsul lui Winkler la obiecțiunea de care ne ocupăm în acest moment, nu mi se pare îndeștul de satisfăcător. Raționamentul d-lui Winkler în acéastă privință se compune din două părți și amēndouē mi se par supuse discuțiunei.

Mai întâiū D-nu Winkler admite că dacă la o bară care ar fi fost deformată de o forță  $S$ , aplicăm din

noū forța  $S$  după o perioadă de timp  $t'$  destul de mică pentru ca bara să nu'și fi luat poziția de echilibru către care tinde, această bară va relua aceeași deformațiune ca și în cea d'ântêiū acțiune a forței  $S$ . În această Winkler trebuie să presupună necesarmente că forța  $S$  lucrează în acelașiū interval de timp  $t_1$  alât în'êia cât și a doua oră când ea este aplicată la bara considerată; căci ast-fel e evident că am putea tot-d'a una să reducem durata acțiunei forței  $S$  așa în cât flexiunea barei a doua oră să nu treacă peste aceea ce o luase ântêia oră, dar durata acțiunilor în cele două casurī nu ar fi aceeași și pentru a proba că durata intervalului între două acțiuni ale forței  $S$ , nu are nici o influență asupra mărimii deformațiunei, trebuie a se presupune toate cele-l'alte condițiuni identice și în particular durata acțiunei forței  $S$  aceeași. Dar ast-fel înțeleasă propoziția lui Winkler, ea este inadmisibilă, în adevăr, dacă forța  $S$  este capabilă de a produce un travaliu  $T$ , care corespunde la o deformațiune ôre-care a barei, o parte din acest travaliū  $T'$  rămâne immagasinat în bară, dacă această bară nu a ajuns încă la forma pe care tinde a o lua după încetarea forței  $S$  de a lucra. Dacă dar la un asemenea moment se aplică barei din noū forța  $S$ , această forță va produce din noū un travaliū  $T$  cara adăogat la travaliul immagasinat  $T'$  trebuie să dea loc la o deformațiune mai mare de cât dacă bara ar fi fost mai întêiū lăsată să'și ia noua poziție definitivă de echilibru, înainte de a fi supusă la o nouă deformațiune. E adevărat că în hypotesa presupusă de Winkler, neaflăm ca și cu experiențele lui Wöhler, de-asupra limitei de elasticitate adică într'o regiune unde deformațiunile devin în parte permanente; dar acesta nu pôte de cât să coroboreze observarea noastră de și ea se referă nu-

mai la porțiunea de travaliu ce ar fi restituită de bară dacă i s'ar lăsa timpul necesar pentru acesta. Cu alte cuvinte dincolo de limita de elasticitate ca și din jos de această limită trebuie să admitem acest principiu rațional că efectul forțelor ce lucrează simultaneu asupra unui corp este independent unul de altul și se adaugă unul la altul. E dar imposibil a admite împreună cu Winkler că durata intervalului lăsat între deformațiunile repetate ale unei piese este fără influență asupra încărcărei maxime ce ar produce ruptura și prin urmare că legile deduse din experiențele lui Wöhler se pot aplica la casurile ce se prezintă în practică, unde metalul are tot timpul de a reveni la o poziție stabilă de echilibru înainte d'a fi supus la o nouă acțiune. Acesta nu ar fi exact de cât cu o restricțiune: că durata timpului lăsat între două deformațiuni să fie mai mare de cât timpul  $t$  necesar pentru ca bara se'și ia poziția ei definitivă de echilibru după acțiunea forței  $S$ . Ast-fel dacă acest echilibru nu s'ar stabili de cât după 1<sup>minută</sup> de ex., ar fi indiferent ca efortul  $S$  să se aplice periodic din 2 în 2 minute, din 15 în 15 minute, din oră în oră etc.; după acelaș număr de operațiuni, deformațiunea piesei va fi aceeași în toate casurile. Dacă însă repetirea efortului  $S$  s'ar face la perioade mai mici de cât 1<sup>minută</sup> din secundă în secundă de ex., deformațiunea va fi mai mare pentru eforturile mai des repetate, de cât pentru cele mai rare.

Prir urmare pentru ca să putem admite că legile lui Wöhler sunt aplicabile la casurile ce se prezintă realmente în practică, ar trebui să ni se probeze că între două deformațiuni cari s'aū urmat câte 72 pe minută, metalul 'și-a luat poziția stabilă de echilibru care rezultă din noile condițiuni în cari se află.

A doua parte coprinsă în răspunsul lui Winkler

stabilește că durata efortului poate avea mai multă influență asupra flexiunii și prin urmare a încărcării de ruptură. Acesta e evident prin aceleași considerațiuni expuse mai sus asupra acțiunii forțelor superpuse al căror efect se adaugă unul la altul. Astfel când o bară este supusă la o încărcare statică, flexiunea maximă ce ea pare a lua definitiv după un timp oarecare, nu e de cât aparentă; travaliul intermoleculilor și prin urmare deformațiunea continuă, dar în limite inapreciabile care nu pot fi înregistrate din cauza imperfecțiunii instrumentelor întrebuințate, ceea-ce o probează îndestul este faptul că o bară care a resistat multă vreme la o încărcare considerabilă, sfârșește prin a se rupe în mod brusc la un moment dat ca și cum această încărcare a sfârșit prin acumularea travaliului ce ea produce în tot momentul, a învinge echilibrul moleculelor care se opuneau la rupura piesei.

D. Winkler însă adaugă că e probabil că durata efectului nu face se varieze de cât rezistența statică  $Z$ , iar nici de cum coef.  $\alpha$  care apare ca constant în experiențele lui Wöhler. Or acesta nu e justificată prin nimica, căci din momentul ce efectul celei d'ântei acțiuni  $S$  nu e încă șters prin încetarea completă a deformațiunii, efortul  $S$  care urmăzează celui d'ântei după un interval de timp foarte scurt va produce o deformațiune care se va adăuga la cea precedentă ca și pentru o încărcare statică; de unde dar o variațiune corespunzătoare în efortul maximum  $A$  sau încărcarea de ruptură. Această variațiune a lui  $A$  provine numai din variațiunea încărcării statice  $Z$  care figurează în formula (3) sau și dintr'o variațiune a coef.  $\alpha$ ? La această întrebare socotesc că experiențele lui Wöhler nu pot răspunde căci dacă, după cum observă Winkler, acest coef. se găsește a fi aproape

constant după acele experiențe, acesta poate să ție la împrejurarea că experiențele lui Wöhler au fost toate executate în aceleași condițiuni de durată a aplicării efortului. E dar permis a se întreba dacă coef.  $\alpha$  ar rămânea asemenea constant când durată de aplicațiune a eforturilor ar fi variabilă. Or totă teoria formulelor lui Winkler se fundează pe aceste două puncte de plecare: 1) Se admite ecuația (1) ca reprezentând legea variațiunei între  $A$  și  $C$ ; 2) Se admite după experiențele lui Wöhler că  $\alpha$  este constant.»

Dar admițând chiar că durată efortului repetat n'are uă influență sensibilă asupra valorii lui  $\alpha$ , rămâne influența ce trebuie să aibă intervalul între acțiunile repetate asupra valorii încărcărei maximă  $A$  și prin urmare obiecțiunea rămâne întreagă; «Legile și formulele deduse din experiențele lui Wöhler sunt ele aplicabile la casurile practice cari se presintă în construcțiuni unde acțiunea repetată revine la intervale de timp foarte mari.»

6). *Obiecțiune.*— Cea din urmă obiecțiune ce se face formulelor lui Winkler este relativă atât la coeficientul de rezistență practică cât și la modul în care sunt introduse în calcul presiunile accidentale cari amândouă au de rezultat că fac să lucreze metalul aproape de limita de elasticitate și chiar peste limita de elasticitate.

Astfel să luăm de exemplu formula generală (18) sau (20) care în cazul unei tracțiuni singure devine:

$$\Omega = \frac{P_0}{1400} + \frac{P_1}{770} \text{ sau } \Omega = \frac{P_0}{1400} + \frac{P_1}{590}$$

După această din urmă formulă este evident că încărcarea accidentală  $P$  este mult mai însemnată de cât greutatea permanentă  $P_0$ , secțiunea  $\Omega$  poate fi mai mare de cât cea obținută prin metoda ordinară



și metalul să lucreze la mai puțin de 7 K de es. pe  $m_m$  p. Dar dacă din contra greutatea proprie  $P_0$  întrece cu mult greutatea accidentală  $P_1$  termenul  $\frac{P_0}{1400}$  devine termenul principal și prin urmare secția  $\Omega$  va fi mai mică de cât cea obținută prin metoda ordinară iar metalul va lucra la 1100, 1200 și 1300 kg. pe cm. patrat. Pentru uă construcție care n'ar fi supusă de cât la greutate statică pentru care prin urmare  $P_s = 0$ , coef. de travaliu ar fi chiar  $K = 1400$  Kg., coeficientul de rezistență statică admis de Winkler.

Amândouă aceste cazuri se prezintă în calculul podurilor. Pentru un pod cu o deschidere mare, greutatea proprie a grinzilor principale face să dispară influența greutății rulante și metalul va lucra aproape de 1400 kg; din contra greutatea proprie pentru traverse (pièces de pont) poate fi mai neînsemnată de cât greutatea accidentală și metalul va lucra la un coef. mai mic de cât travaliul admis până acum ca travaliu practic.

Următoarele exemple vor pune mai bine în evidență acesta :

1-iul exempl. Fie greutatea permanentă a unei grinzi:

$$P_0 = 400 \text{ K}$$

și greutatea accidentală

$$P_1 = 2000 \text{ K}$$

În acest caz avem după Winkler :

$$\Omega = \frac{400}{1400} + \frac{2000}{590} = 0.28 + 3.40 = 3.68 \text{ C}_m. \text{ p.}$$

iar travaliul după vechia theorie ar fi :

$$K = \frac{2400}{3.68} = 650 \text{ Kg.}$$

adică în limitele admise până astăzi. Cele două metode dau rezultate concordante.

2<sup>o</sup>) Ex. Fie :

$$P_0 = 900 \text{ k} \quad P_1 = 360 \text{ k}$$

Vom avea după Winkler :

$$\Omega = \frac{900}{1400} + \frac{360}{590} = 0.64 + 0.61 = 1.25 \text{ C}_m. \text{ p.}$$

iar travaliul după vechia theorie ar fi :

$$K = \frac{1260}{1.25} = 1000 \text{ K}_g$$

adică peste limitele admise până astă-dî pentru limita practică de rezistență.

În alte hypotese travaliul unitar se va urca până la 1200 și 1300  $K_g$ . pe  $C_m. \text{ p.}$

Aceste rezultate vor fi încă și mai defavorabile în loc d'a întrebuința formula (20) în care este introdusă influența sguduiturilor în mod atât de empirică, ne mărginim a face aplicațiunea formulei (18) dedusă direct din experiențele lui Wöhler.

La aceiași obiecțiune se referă cum am dis și modul în care Winkler face să intre în calcule presiunile accidentale. Winkler pune în principiu ca consecință a legilor lui Wöhler că încărcările repetate fiind acelea cari oboresc metalul nu este trebuință a introduce în calculul secțiunei unei piesse forțele excepționale cari se pot presenta rare crî.

Astfel de es. ca încărcare rulantă pentru calculul unui pod, Winkler nu considera încărcarea ce ar resulta din trecerea unui tren de locomotive, pentru că acest cas, dice autorul formulelor, se va presinta în casuri cu totul excepțional, într'un cas de resboi de es., și prin urmare nu constituie uă încărcare periodică ca în experiențele lui Wöhler. Winkler consideră dar numai încărcarea resultând din trecerea unui tren ordinar coprindeud una sau două locomotive cu tenderele lor. Acastă dispozițiune se

vede introdusă împreună cu celelalte și în raportul juriului pentru podul peste Dunăre.

Tot asemenea presiunea maximă a vântului coincidând arare-orî cu trecerea unui tren, Winkler conchide că în calculul podurilor nu se va presupune cazul cel mai defavorabil când acțiunea maximă a vântului se adaugă la aceea a încărcărei rulante, căci nu e acesta presiunea repetată periodic care figurează în legile lui Wöhler.

În calculele justificative ale proiectului Schmoll Gäertner care a urmat în multe părți teoria lui Winkler și Lannhardt, găsim aplicațiunea acestei regele din care estragem ca ex. rezultatele relative la calculul unei bare (bara No. 13 a tălpei superioare). Cele trei cazuri ce se pot prezenta ca mai defavorabile sunt :

1<sup>o</sup>). Podul vid și presiunea vântului 270 Kg. (maximul fixat de program). În acest caz presiunea totală pe bara No 13 se compune din :

$$\begin{array}{r} \text{Greutatea proprie} \quad 286900 \\ \text{Presiunea vântului} \quad 207500 \quad k \\ \hline \text{Total } 0_{13} = 494.400 \text{ Kg.} \end{array}$$

2<sup>o</sup>). Podul încărcat și presiunea vântului nulă. Atunci avem :

$$\begin{array}{r} \text{Greutatea proprie} \quad 286900 \\ \text{» accidentală} \quad 232840 \\ \hline \text{Total } 0_{13} = 519740 \text{ Kg.} \end{array}$$

3<sup>o</sup>). Podul încărcat și presiunea vântului 150 Kg. (maximul sub care un vagon se poate menține fără a fi răsturnat —). Atunci avem :

$$\begin{array}{r} \text{Greutatea proprie și accidentală} \quad 519740 \\ \text{Presiunea vântului} \quad 118570 \\ \hline \text{Total } 0_{13} = 638310 \text{ Kg.} \end{array}$$

Casul al treilea ar fi dar cel mai defavorabil, cu toate astea, urmând principiul stabilit de Winkler au-

toriî proiectului dimensionează piesa după acelea din casurile (1) și (2) care e mai defavorabil, adică după (2) și ajunge a da piesei o secțiune :

$$\Omega = \frac{0_{13}}{750} = \frac{519740}{750} = 693 \text{ Cm. p.}$$

pe când după cazul (3) ar fi trebuit să'î dea o secțiune de :

$$\Omega = \frac{638310}{750} = 850 \text{ Cm. p.}$$

ast-fel că metalul, cu secțiunea dată de proiect, va lucra în cazul al 3-lea la un coeficient de travaliu

$$K = \frac{638310}{693} = 920 \text{ Kg.}$$

În acest calcul autoriî proiectului nu au aplicat întocmai formulele lui Winkler, limitați cum erau de condițiunile programei care impunea coeficientul de travaliu de 750. — Schmoll, Gäertner au urmat dar numai principiul stabilit de Winkler, pentru determinarea presiunilor ce sunt de considerat, dar în locul coeficientului variabil 1400 și 590 au luat unul și același coeficient 750. — Noul program însă întocmit de juriu intră cu totul în formulele lui Winkler căci în loc de a fixa ca cel d'antăiu un coeficient maximum de travaliu, el nu stabilește de cât încărcarea de ruptură 40<sup>kg.</sup> pe mm. p. pentru tracțiune. Aplicând atunci în toată întregimea ei metoda lui Winkler am avea pentru secția barei de mai sus :

$$\begin{aligned} \Omega &= \frac{287000}{1400} + \frac{232840}{590} \\ &= 205 + 395 = 600 \text{ Cm. p.} \end{aligned}$$

în loc de 693 Cm. p. și prin urmare, în cazul excepțional în care presiunea vântului ar coincide cu trecerea trenului, metalul va l.cra la 1064<sup>kg.</sup> căci avem :

$$K = \frac{638310}{600} = 1064 \text{ Kg.}$$

Formulele lui Winkler conduc dar a face să lucreze metalul până aproape de limita de elasticitate și uneori chiar peste această limită, dacă într'o construcție calculată pentru o încărcare statică, presiunile ar crește prin împrejurări neprevăzute sau dacă ținem seamă că teoria nu permite o determinare exactă a acelor acțiuni.— La acesta, zice Winkler, în articolul citat mai sus posterior memoriului, se poate răspunde că un travaliu care trece peste limita de elasticitate nu este vătămător cu o încărcare statică, dacă acesta nu merge prea departe. Și ca ex. Winkler citează podurile suspendate în cari s'a admis adesea-orî un asemenea travaliu adăogând ca de și e adevărat că pentru dâsele determinarea eforturilor se face foarte esact, dar aŭ a suporta presiuni statice mici. — Acestă explicațiune a d-lui Winkler rămâne însă a se discuta și a se vedea până la ce punct travaliul practic poate trece peste limita de elasticitate fără a fi vătămător construcțiunei și dacă în adevăr acesta poate să fie admisibil. Orî după noțiunile admise până astă-zî, eforturile care trec peste limita de elasticitate produce în metal deformațiuni permanente și schimbă în acelaș timp condițiunile primitive de rezistență ale metalului. Dar când executăm un uvragiū orî-care, ne propunem a'l executa în condițiuni ast-fel în cât el să'si conserve figura lui primitivă și diferitele lui piese lungimele statornicite la început.—Un asemenea uvragiū 'l întocmim pentru a risesta la acțiunile ce'ipot fi aplicate, ținind sémă de rezistența actuală a metalului, și această rezistență modificându-se îndată ce metalul a fost supus la acțiuni peste limita de elasticitate, uvragiul poate să se găsească în urma acestor acțiuni în condiții

de rezistență inferioare aceloră pe care le poseda la început și prin urmare securitatea și durata construcțiunii să fie micșorată sau compromisă.

Exemplul podurilor suspendate citat de Winkler ar putea, 'măi pare, măi lesne să fie adus pentru a combate de cât pentru a susține teoria lui Winkler. În adevăr acest system de poduri este astăzi generalmente condamnat pentru că încercările făcute nu au reușit și cele măi multe construcții de acest fel au dat loc la accidente numeroase. Aceste accidente cari pot fi atribuite la diferite cause, trebuie să fie datorite și coeficientului prea mare de rezistență practică ce s'a admis în podurile suspendate. Și dacă prin urmare experiența a fost așa de puțin favorabilă pentru acest system de poduri, în care, după cum zice însuși Winkler, determinarea acțiunilor interioare ale pieselor se face cu toată exactitatea, cu cât măi mult cuvânt trebuie să hesităm a admite un coeficient prea mare pentru cele-lalte systeme de poduri și în general pentru construcțiunii în cari determinarea acțiunilor interioare este tot-d'a-una măi mult ori măi puțin apropiată.

*Conclusiune.* — Din toate cele ce preced urmăzează că experiențele lui Winkler, de o importanță considerabilă, cari au deschis o nouă cale pentru a studia constituția intimă a materialelor întrebuintate în construcții, nu au permis încă a se stabili legi neîndoioase în ceea-ce privește rupțura metalelor ; că ele nu au fost făcute în condițiunile cari se presintă în practica lucrurilor ; că formulele lui Winkler ca și experiențele lui Wöhler nu țin compt de limita de elasticitate și că metalul este supus a lucra une-ori aproape de această limită sau chiar dincolo de dânsa. — Aceste formule au dar trebuință de a fi confirmate sau modificate de experiență și aceste încercări de

aplicare a formulelor ar trebui să se începă cum s'a urmat și cu vechia teorie, plecând de la construcțiunii mai mici și mergând progresiv la construcții de importanța podului peste Dunăre, rectificând astfel la fie-care pas tot ce pôte fi eronat în formulele propuse de Winkler.

---

Magasinele de sistem american pentru  
păstrarea grânelor.

(Conferință ținută de d-l inginer G. Duca).

---

(Urmare și fine)

#### 4. Transmisiunea puterei motrice.

La Pesta cazanele sunt aședate într'o clădire deosebită și vaporul sosește prin conducte subterane la mașinele cu abur puse în catul întâi al clădirei principale. Sunt două mașini cu abur de o putere nominală de 200 cai vapor fie-care, ele pun în mișcare arbori principali (Arbres de couche) și prin ajutor de scripete și de curele mișcarea se transmite la toate aparatele motore.

Din cauza modului de instalațiune al diferitelor aparate, precum : elevatori, bandele superioare, suntem siliți să transmitem mișcarea la înălțimi foarte mari cu ajutorul de curele lungi, ceea ce constitue un inconvenient din punctul de vedere a mersului regulat al aparatelor, căci nu se pôte înlătura biciuirea (fonettement) curelelor pe scripete, de unde provine trepidațiunii și mișcări smucitoare care sunt vătămătoare, mai cu seamă pentru funcționarea regulată a bandelor. Dacă mișcarea lor nu este foarte regulată, grâul cade dupe dênsele; la Pesta și la Hamburg