

wiadomości publicznej w postaci według swego mniemania najwłaściwszej. Zatem skoro krytyka chce udowodnić, że ten wzór jest teoretycznie błędny, to *zechce łaskawie wykazać jego braki, inaczej mówiąc, dowieść w sposób ścisły, opierając się na podstawach naukowych, że mój wzór jest fałszywy*."

"Tęgo jednak krytyka nie czyni, omija *łą jedynie słuszną metodę postępowania* (sic!), nazywając po prostu mój wzór teoretycznie niedopuszczalnym, na mocy jedyne go argumentu przecięcia się pod znacznym kątem krzywej mego wzoru z krzywą wzoru Euler'a. *Nie mogę nazwać tego poglądu słusznym*" (sic!).

(Podkreśliłem od siebie jaskrawsze miejsca prawniczych wywodów odpowiedzi).

Jakież wnioski rasują się z powyższego zarzutu i odpowiedzi nań?

Przedewszystkiem widać jasno, że prof. K. nie mogąc zaprzeczyć faktowi, iż wywodu teoretycznego swego wzoru nie dostarczył i tem samem Czytelników w błąd wprowadził (w jakim celu?), próbuje się ratować prawniczym wywodem, który mógłby być skutecznym w sali sądowej, ale całkiem zawiesz musi na arenie naukowej. Prof. K. żąda mianowicie ni mniej ni więcej tylko ażeby krytyka postarała się o "teoretycznie ścisły dowód, że wzór (LK) jest fałszywy". On zaś sam ma, jak mniema, prawo "zapatrywać się w ten lub inny sposób na własny twórcy", czyli ogłosić w jednym miejscu szumnie, że "rozważania teoretyczne (chowane przezornie pod korcem), oparte na pewnych założeniach (również osłoniętych po dziś dzień mgłą tajemnicy), dotyczących budowy ciał odkształcalnych" doprowadziły do wzoru (LK), w drugim zaś miejscu oznajmić bez najmniejszych skrępułów, że wzór ten należy pojmować, jako empiryczny.

Pozostawiam ocenie Czytelników, jak nazwać tego rodzaju metodę produkcji naukowej, uprawianą przez prof. K.

Drugi zarzut mojej krytyki tkwił w tem, że krzywa wzoru (LK) przecina krzywą Eulerowską pod znacznym kątem, zamiast mieć wspólną styczną w miejscu złączenia obu krzywych — jak być powinno. Takie połączenie jest wymagane w teorii przez wszystkich autorów w poważnej literaturze wytrzymałościowej. Zachowuje je również Th. Kármán w pracy, na którą się powołuje prof. K., wyjmując z niej daty doświadczalne, które dały się użyć do formalnego poparcia wzoru (LK), a nie mogąc, czy nie chcąc, dopatrzeć się tego, co stanowi istotny cel i główne walory pracy Kármána.

Na to odpowiada prof. K. powyżej przytoczonym zarządzeniem słuszności mego poglądu, jakkolwiek ten pogląd jest zarazem zapatrywaniem wszystkich poważnych autorów, jakich znam; na poparcie zaś swego zdania przytacza „z pokrewnej dziedziny” przykład nieciągłego przejścia dwóch wzorów teoretycznych, który w tym przypadku niczego nie dowodzi (typowy błąd przy wnioskowaniu przez analogię), a tylko służy Autorowi odpowiedzi za odskocznię do powtórnego salto mortale, t. j. żądania, aby „krytyka zechciała udowodnić, że graniczny punkt przecięcia się krzywych nie może być punktem osobliwym”. Dowód, jakiego się domaga prof. K. odemnie, winien był sam znaleźć w pracy Kármána, oczywiście przy jej starannem przestudjowaniu.

W tem miejscu wypada jeszcze wyodrębnić zarzut trzeci (nie sformułowany oddzielnie w krytyce poprzedniej), a mianowicie całkowite pomieszanie przez prof. K. obu celów, jakie tkwią w teoretycznych i doświadczalnych pracach nad wyboczeniem. Jednym z nich jest cel czysto praktyczny, t. j. znalezienie zależności obciążenia niebezpiecznego od rozmiarów i materiału słupa w zwykłych technicznych warunkach osiowego ściskania, t. j. kiedy zachodzą nieuniknione drobne mimośrodowe obciążenia. Cel drugi, czysto naukowy, przyswierał zwłaszcza pracy Kármána. Szło w niej o znalezienie krytycznej wartości siły ze stanowiska teoretycznego określenia stateczności, a więc przy najdoskonalszej spełnionych warunkach teoretycznych (ściska osiowego obciążenia i t. d.).

Otrzymałą przez Karman'a krzywą o dwu punktach przecięcia zastępuje częściowo (ob. rysunek na str. 354 w zes. 23 „Przeł. Techn. z r. b.), w pewnym przedziale smukłości, wcale dobrze krzywa wzoru (LK), ale cóż z tego? Wszakże nic łatwiejszego, jak wyrównać kilkanaście punktów doświadczalnych łukiem regularnej krzywej o dowolnym zresztą charakterze analitycznym. W ten sposób buduje się istotnie wzory empiryczne. Atoli z tego nie wynika bynajmniej, ażeby wzór (LK) nadawał się do zastosowań technicznych. Tutaj tkwi fatalne „nieporozumienie”, prof. K., który zalecił swój wzór do praktycznego zastosowania, a więc w przypadkach, gdy niuniknione drobne mimośródowe siły ściskającej zmniejsza ogromnie wartość obciążenia niebezpiecznego, czyli w przypadkach, w których traci ważność teoretyczna krzywa wyboczenia niesprężystego, znaleziona przez Kármána.

Co wobec tego sądzić o zakończeniu wywodów prof. Karasińskiego, w którym pisze: „Bynajmniej nie jestem zrażony słowami krytyki. Przeciwnie, widzę w niej po wrodzenie słuszności mego wzoru, ...”?

Pozostawiając odpowiedź na moje pytanie Czytelnikom wspomnianego na wstępie artykułu i niniejszego listu, kończę zapewnieniem Szan. Redakcji, że z wielką przykrością i po paroletnim ociąganiu się zdecydowałem się wreszcie na tego rodzaju wystąpienie (może bezprzykładne), ale względem na dobro naszej nauki i młodzieży pol. technicznej musiał w końcu przewyciężyć wszelkie skrupuły natury osobistej.

M. T. Huber.

#### Odpowiedź.

1. W Nr. 15 P.T. krytyka orzekła, że mój wzór, zwany obecnie „wzorem LK”, jest „teoretycznie niedopuszczalny”, a więc „szkoda byłoby trudu”, aby go sprawdzić doświadczalnie. To ostatnie zdanie, brzmiące zgola naukowo, jest błędne, ponieważ, jak to wynika z mej ówczesnej odpowiedzi, wzór mój na całym obszarze zgadza się z wynikami doświadczeń Karman'a. Ten fakt niezbity rzucił poważny cień na orzeczenie krytyki, trudno bowiem przypuścić, aby wzór LK, teoretycznie niedopuszczalny, dawał wyniki zgodne z rzeczywistością. To też ukazał się artykuł krytyki (Nr. 23). Rozszerzono w nim teren sporu. Wsunęto mianowicie czynnik, poprzednio niewyzyskany: wpływ mimośrodkowości obciążenia. Wtórąjąc Karmanowi i innym wcześniejszym badaczom, krytyka głosi, że w obszarze wyboczenia niesprężystego „na pierwszy plan wysuwa się przypadkowy, niezamierzony mimośród obciążenia, ... który ogromnie(?) obniża” siłę krytyczną, wybaczącą. Na potwierdzenie tego, zresztą oddawna już znanego sądu, krytyka stosuje następującą „metodę produkcji naukowej” (słowa zapożyczone u krytyki), podaje mianowicie wykres i mówi, że:

„przypadkowe nieuniknione błędy centrowania linii  
„działania obciążenia były niewątpliwie większe u Bau-  
„schingera, Tetmajera, Considéra i innych. Nic tedy  
„dziwnego, że punkty wykresu, odpowia-  
„dające tym doświadczeniom, leżą  
„znacznie poniżej punktów doświadczeń  
„Karmana... Tych punktów nie uwidoczniło  
„rysunku, ażeby go nie zagmatwać. Można je znaleźć  
„w tablicy V. dzieła L. Tetmajera „Gestetze der Kni-  
„ckungsfestigkeit” (wyd. III z r. 1903).

W tym wykresie (str. 354) i w tem zdaniu „tkwi fatalne nieporozumienie” (słowa zapożyczone u krytyki). Istotnie w górnej części wykresu uwidoczniło punkty, odpowiadające doświadczeniom Karmana, oraz trzy krzywe (K), (K') i (LK) dwóch wzorów Karmana i mego wzoru. Znacznie niżej, w miejscu przynależnym punktom doświadczeń owej tablicy V-ej, wyrysowano: 1<sup>o</sup> prostą (T) Tetmajera, zastępującą owe punkt, 2<sup>o</sup> prostą (I) Jasińskiego według tablicy II „Badań nad sztywnością prętów ściskanych”, wreszcie: 3<sup>o</sup> krzywą (S) Strand'a.

Błoby to wszystko bardzo dobrze, tylko że, niestety! — punkty i krzywe Karmana (K) i (K') dotyczą stali zlewnej o wytrzymałości 6800 kg/cm<sup>2</sup>, podczas gdy proste (T) i (I) Tetmajera i Jasińskiego — stosują się do stali zlewnej (zwanej również żelazem zlewne) o wytrzymałości nie przekraczającej 4700 kg/cm<sup>2</sup>. Łatwo się o tem przekonać u źródeł, wyżej wskazanych. Istotnie więc proste Tetmajera i Jasińskiego leżą „znacznie poniżej”, ale tylko dlatego, że tworzywo jest słabe, i na tem koniec. Żaden mimośród tutaj „na pierwszy plan się nie wysuwa”.

To „całkowite pomieszanie” (słowa zapożyczone u krytyki) dwóch wytrzymałościowo odmiennych tworzyw wprowadza w błąd Czytelników. W jakim celu? (równ. słowa zapożyczone u kryt.). Nie umiem na to odpowiedzieć. Zaznaczę jeno, że, idąc tą samą drogą, możnaby z równym wysowem wyrysować prostą Schaller'a dla stali o zawartości Ni < 5% (patrz wyd. 25 „Hütte”, str. 572). Ta prosta leżałaby już „powyżej” krzywych (K) i (K'). Co by się wówczas stało z rozumowaniem wyżej dosłownie przytoczonym?

Co miała na celu ta swoista metoda, niezgodna z zapatrywaniami „wszystkich poważnych autorów, jakich znam” (słowa, zapożyczone u krytyki)? Chciała odsądzić wzór Karmana a zarazem i wzór LK od wszelkiej wartości praktycznej. Tak jest! Krytyka orzeka, iż, gdyby nawet udało się utrzymać wzór zgodny „z krzywą Karmana (K)”, a więc i z wynikami klasycznych doświadczeń tego badacza, to taki wzór „nie nadawałby się zupełnie do zastosowań praktycznych”.

Niestety taki wzór istnieje i najzupełniej nadaje się do zastosowań praktycznych. Mówię tu o wzorze Tetmajera dla stali o wytrzymałości 6000 kg/cm<sup>2</sup> (patrz str. 410 trzeciego wydania „Die Anwendung der Elastizität und Festigkeitslehre”, lub też str. 572 „Hütte” 25 wydanie). Ten wzór, oddawna stoso-



wany w praktyce, bardzo dobrze zgadza się z doświadczeniami Karman'a, jak o tem świadczy następujące zestawienie:

$w$	28,8	38,2	47,3	48,2	53,6	58,6	73,1	82,0	88,0
$N_K$	3445	3250	3060	3020	3165	3130	2950	2740	2720
$N_T$	3171	3113	3057	3051	3018	2987	2897	2842	2804
$\Delta$	-8,0	-4,2	-0,1	+1,0	-4,6	-4,6	-1,8	+3,7	+3,1

gdzie dla poszczególnych wartości wysmukłości  $w = \frac{l}{i}$  podano naprężenia krytyczne  $N_K$  doświadczeń Karmana, oraz odpowiednie wartości  $N_T$ , wyliczone ze wzoru Tetmajera:  $N_T = 3350 - 6,2 w$ . Odsetkowe odchylenia obliczono ze wzoru  $\Delta = 100 (N_T - N_K) : N_K$ . Ten tylko wzór, a nie inny, należałoby wyrzucić na wykresie, a wtedy jego prosta leżałaby pomiędzy punktami doświadczeń Karmana.

W ten sposób niepraktyczności danych Karman'a nie udało się dowieść. Jakiż więc według krytyki winien być praktyczny wzór dla obszaru wybożenia niesprężystego? Albo, po pierwsze, oparty na wynikach doświadczeń „wykonywanych w warunkach zwykłej technicznej dokładności centrowania siły”, albo też — po drugie „winien być zastąpiony wzorem dla zgięcia podłużnego, zawierającym wyraźnie mimośród. Tertium non datur”.

Praktyka dawno już przechyliła się na stronę wzorów pierwszego rodzaju, to też krytyka poleca wzory Tetmajera, a bardziej jeszcze Jasińskiego.

2. A jednak „tertium datur”! Krytyka, według której mój wzór „nie ma żadnej podstawy naukowej, ani wartości praktycznej”, najwidoczniej pokrywa zupełnym milczeniem jego nader ciekawą zaletę, czyli praktyczną. Pragnę ją wypunktować w sposób aż nadto dosadny.

Przypuśćmy na chwilę, że doświadczenia Karmana jeszcze nie były ogłoszone. Przypuśćmy, że nie istnieją również wzory praktyczne, oparte na próbach bezpośrednich, a dotyczące obszaru wybożenia niesprężystego, a mimo to jednak mamy obliczyć słup stalowy, pracujący w tym obszarze. Przypuśćmy nadto, że zwykła próba na ściskanie lub rozciąganie dała dla tej stali granicę sprężystości  $S = 2\ 600\text{ kg/cm}^2$  i  $E = 2\ 170\ 000\text{ kg/cm}^2$  (stal użyta do prób Karmana o wytrzymałości  $6800\text{ kg/cm}^2$ ). Przy takim ubóstwie danych, niema co myśleć o ustawianiu wzorów typu Tetmajerowskiego lub innych. Nawet wzór Rankina nie może być wypisany, ze względu na brak współczynnika w mianowniku. Przypuśćmy wreszcie, że nam nie dostarczono wykresu z próby, nie otrzymamy przeto nawet i wzoru Karmana, mimo chęci podjęcia żmudnych kalkułów wykreślnych. Stowem, zadanie jest niewykonalne, wobec poczynionych przypuszczeń.

Spróbujmy jednak zastosować mój wzór. W braku ścisłych danych, czynimy w tym wzorze  $N_{LK} = S_g + 0,385 \frac{E_g}{w^2}$  wprost  $S_g = 2600$ ,  $E_g = 2\ 170\ 000$  i mamy od razu gotowy

wzór, różniący się nie więcej od 9% przy porównaniu z próbami bezpośrednimi na wybożenie! Ten nieoczekiwany wynik istotnie może się komu wydać niesamowitym!

Tak jest, tertium datur! Wzór mój może być wypisany dla każdego tworzywa (typu stali zlewnej), o ile znane są  $S$  i  $E$ . Obywa się bez żmudnych i kosztownych prób na wybożenie. Krytyka tej zalety wzoru  $LK$  uznać nie chciała i nie chce! Weźmy jeszcze jeden przykład: Krytyka, jak wyżej zaznaczono, poleca wzór (I) Jasińskiego. Przypuśćmy na chwilę, że tego wzoru dla stali zlewnej o wytrzymałości, nie przekraczającej  $4700\text{ kg/cm}^2$  nie znamy, aczkolwiek wiemy, że dla tego tworzywa średnie wartości są:  $S = 2\ 150\text{ kg/cm}^2$  oraz  $E = 2\ 156\ 000\text{ kg/cm}^2$ . Te cyfry podano na tablicy III wyżej wspomnianego dzieła Jasińskiego. Po podstawieniu w mój

wzór, otrzymamy  $N_{LK} = 2150 + \frac{830\ 000}{w^2}$ , — wzór gotowy. Zestawienie wartości  $N_{LK}$  z odpowiednimi wartościami wzoru  $N_J = 3387 - 14,83 w$  Jasińskiego podane jest niżej w tablicy, gdzie przez  $\Delta$  oznaczono odchylenia  $N_J$  od naprężeń  $N_{LK}$ :

$w$	30	40	50	60	70	80	90
$N_{LK}$	3072	2669	2482	2380	2319	2280	2252
$N_J$	2942	2794	2645	2497	2349	2201	2052
$\Delta$	-4,2	+4,7	+6,6	+4,9	+1,3	-3,4	-8,9

Czy może być lepiej?

3. Nie chciałem odpowiadać na wspomniany wyżej artykuł. A jednak w jednym z pism technicznych pojawiła się nowa krytyka tego samego autora, istotnie „bezpříkladna”, tak co do treści, jak i sposobu wystąpienia. Zaczyna się w niej nowe rozszerzenie terenu, tym razem — na obszar osobisty. Wobec tego pozostawiłem ją bez odpowiedzi.

Wreszcie Redakcja P. T. nadała mi nową wydanie tej

samej krytyki (trzeciej), nieco poprawniejsze, aczkolwiek dalekie jeszcze od jego, co zazwyczaj pod mianem bezstronnej krytyki naukowej rozumieć należy. Znikły z niej najjaskrawsze ustępy, pozostał jednak ton, jakim zazwyczaj ludzie nauki nie przemawiają. Mimo to dają odpowiedź doraźną, która, niestety, znowu jest „trzy razy dłuższa od krytyki” (słowa zapożyczone jak wyżej).

4. Wylawiam kolejno zarzuty z ostatniej, trzeciej krytyki. Przedewszystkiem krytyka mniema, że w błąd wprowadził ogół, nie ujawniając teoretycznych podstaw mego wzoru. Zrobię to w czasie właściwym. Dziś zaznaczam, że wszystkie trzy krótkie wzmianki o mym wzorze, bynajmniej nie narzucały go nikomu. Byłby już dawno poszedł w niepamięć, gdyby nie „wystąpienie” krytyki. Tylko dzięki niej doszedł do wiadomości ogółu, jako „wzór  $LK$ ”, nie sądzę przeto, aby ten brak ogłoszenia teoretycznych podstaw stanowił występki przeciwko dobru publicznemu. Wzór mój daje dobre wyniki praktyczne, nie zawiódł nikogo. Jest „niezwykły”, a jako taki istotnie może wzbudzać niechęć. To rzecz powszednia.

Drugi zarzut dotyczy przecięcia się pod znacznym kątem mego wzoru z krzywą wzoru Eulera. Proszę spojrzeć na załączony w poprzednim liście do Redakcji (Prz. T. 1926 z. 15, str. 251) rysunek, gdzie czarnymi punktami oznaczono wyniki doświadczeń Karman'a. Proszę również spojrzeć na wykres krytyki (str. 354). Czyż nie wyraźnie zaznacza się przejście pod kątem dwóch grup punktowych? W tem miejscu właśnie zgodność krzywej Karman'a z wynikami doświadczeń jest najmniejsza. Proszę porównać na tablicy, podanej w mej „odpowiedzi” (Nr. 15 P. T.) różnice odsetkowe  $\Delta_T$ . Dla wysmukłości  $22,0 \leq w \leq 82,0$  różnice te są stałe dodatnie, natomiast przy  $w = 88,0$  zachodzi nagły skok z  $+5,8\%$  na  $-1,1\%$ , co wskazuje na zmianę biegu krzywej wzoru w stosunku do danych istotnych. Graniczną wartość wysmukłości infraeulerowskiej podają wszyscy badacze doświadczalni bardzo zgodnie, co również wskazuje na istnienie punktu osobliwego przecięcia się krzywych w tem miejscu. Wreszcie dorzucę jeszcze, iż praktycznie ten zarzut nie ma żadnego zgoła znaczenia: różnica pomiędzy zaokrągleniem Karman'a a łukiem krzywej mego wzoru, mierzona stosunkiem odnośnych naprężeń, wyraża się odchyleniami zaledwie kilkoprotentowymi.

Trzeci zarzut. Wzór mój, jak stwierdza krytyka, w pewnym przedziale zastępuje „wcale dobrze” krzywą Karman'a. Sądziłoby można, że to jest „wcale dobrze”, tymczasem krytyka od razu woła: „ale cóż z tego?” Ten wykrzyknik służy krytyce — „za odskocznię do powtórnego salto-mortale” (słowa, zapożyczone u krytyki), to jest do powtórzenia jeszcze raz, że wzór „nie nadaje się do zastosowań praktycznych”.

Dlaczego? spyta zdziwiony czytelnik. A oto dlatego, że doświadczenia Karman'a (zresztą zupełnie zgodne ze wzorem  $LK$ ) były robione z mimośrodami obciążenia praktycznie równemu zeru, a pręty pracujące w zwykłych warunkach na ściskanie, są zawsze obciążone mniej lub więcej wyraźnie mimośrodkowo. „No, a współczynnik bezpieczeństwa, pewnością?” zapyta czytelnik, „czyż on nie ma na celu niwelowania wpływu tych „przypadkowych, niezamierzonych” mimośrodkowości obciążenia? O tem w krytyce panuje głębokie milczenie.

5. Z kolei ja stawiam zarzut krytyce. Po wykrzykniku „ale cóż z tego!” czytamy bezpośrednio:

„Wszakże nie łatwiejszego, jak wyrównać kilkanaście punktów doświadczalnych łukiem regularnej krzywej „o dowolnym zresztą charakterze analitycznym. W ten sposób buduje się istotnie wzory empiryczne”.

Czyliż w ten sposób mój wzór jest zbudowany? Przecież chyba już dla każdego jest jasne, że wzór  $LK$  nie otrzymuje się drogą określania współczynników z prób bezpośrednich? O nie! Krzywa mego wzoru nie jest otrzymana z wyrównania punktów doświadczalnych Karman'a. Wzór mój można wypisać zupełnie niezależnie, na mocy jedynych danych  $S$  i  $E$ .

A zresztą krytyka sama sobie przeczy w tym punkcie — mówi bowiem nieco wyżej o „wyjęciu” z pracy Karman'a „danych doświadczalnych, które się dały użyć do formalnego poparcia wzoru  $LK$ ”.

Jako? więc wzór mój raz gra rolę wyrównywacza punktów Karman'a, a zarazem te same punkty służą mu za formalne poparcie?

Dalibóg, nie „wyciowałem dat” z pracy Karman'a; wzięłem wszystkie, dla porównania mego wzoru z danymi rzeczywistymi. Łatwo to sprawdzić u źródła, lub u Mueller-Breslau „Neuere Methoden der Festigkeitslehre” wydanie czwarte, str. 373, gdzie zamieszczono tablicę wyników doświadczeń Karman'a.

Bynajmniej nie jestem zrażony słowami krytyki. Przeciwnie, w jej tonie widzę potwierdzenie słuszności mego wzoru!

Zupełnie niezależnie od obecnej toczącej się polemiki poruszę sprawę mego wzoru, o którym tutaj mowa. Omówię również moją „miarę zmęczenia”, niesłusznie zaatakowaną przez tę samą krytykę. Wreszcie w sprawie mego kryterium „równowagi sprężystej” zaznaczam, że będę miał dość dużo do powiedzenia.

L. Karman