

TADEUSZ LAMBER

Katedra Mechaniki Technicznej

BADANIE DRUTÓW LIN WYDOBYWCZYCH NA ZMĘCZENIE
NA PULSATORZE REZONANSOWYM *)

Praca podaje metody przeprowadzania prób oraz wyniki badań nad zmęczeniem drutów lin wydobywczych przy obciążeniu zmiennym jednostronnie rozciągającym. Badanie przeprowadzono w Laboratorium Wytrzymałości Materiałów Katedry Mechaniki Technicznej. Na podstawie wyników badań ustalono wytrzymałość na zmęczenie dla drutów badanej liny dla naprężenia jednostronnie zmiennego przy współczynniku stałości obciążenia równym 1 i 4.

Przy opracowaniu wyników posłużono się metodą najmniejszych kwadratów.

1. Wstęp

Liny wydobywcze w czasie pracy doznają zmiennych obciążeń oraz stale powtarzających się przegięć na skutek nawijania i odwijania na bębny, koła linowe i krążki. W związku z tym na trwałość lin decydujący wpływ będzie miało zjawisko zmęczenia. Doświadczenia wykazują, że ilość zmian obciążeń czy też przegięć jaką lina może znieść do jej zniszczenia, zależy od wielu czynników, z których najważniejszymi są:

- a) wielkość i rodzaj zmiennych obciążeń,
- b) rodzaj i własności mechaniczne materiału użytego do wyrobu drutów liny,
- c) proces wyrobu drutu (przeróbka plastyczna i obróbka cieplna), kształt przekroju poprzecznego i jego wymiary,
- d) konstrukcja liny, a w szczególności sposób skręcania i wykonania lin,

*) Referat wygłoszony w dniu 5 października 1960 r. na sesji naukowej Wydziału Mechanicznego (sekcja mechaniki technicznej) z okazji XV-lecia Politechniki Śl.

- e) warunki pracy (zanieczyszczenia ośrodków w których lina pracuje związkami chemicznymi, wilgoć itp.),
- f) współpracujące z liną elementy konstrukcyjne, a mianowicie bębny, koła linowe, krażki, ich średnica i materiał, z którego zostały wykonane, wymiary i kształty rowków linowych, kąty opasania, kierunki w jakim następują wygięcia przy przejściu liny z jednego na drugi krażek itp.

Przeprowadzane badania obejmowały tylko nieliczne z wymienionych czynników wpływających na trwałość liny, a mianowicie wpływ rodzaju zmiennego obciążenia w odniesieniu do pojedynczych drutów o stałej średnicy i o określonych własnościach wytrzymałościowych, pobranych z nowych lin wydobywczych.

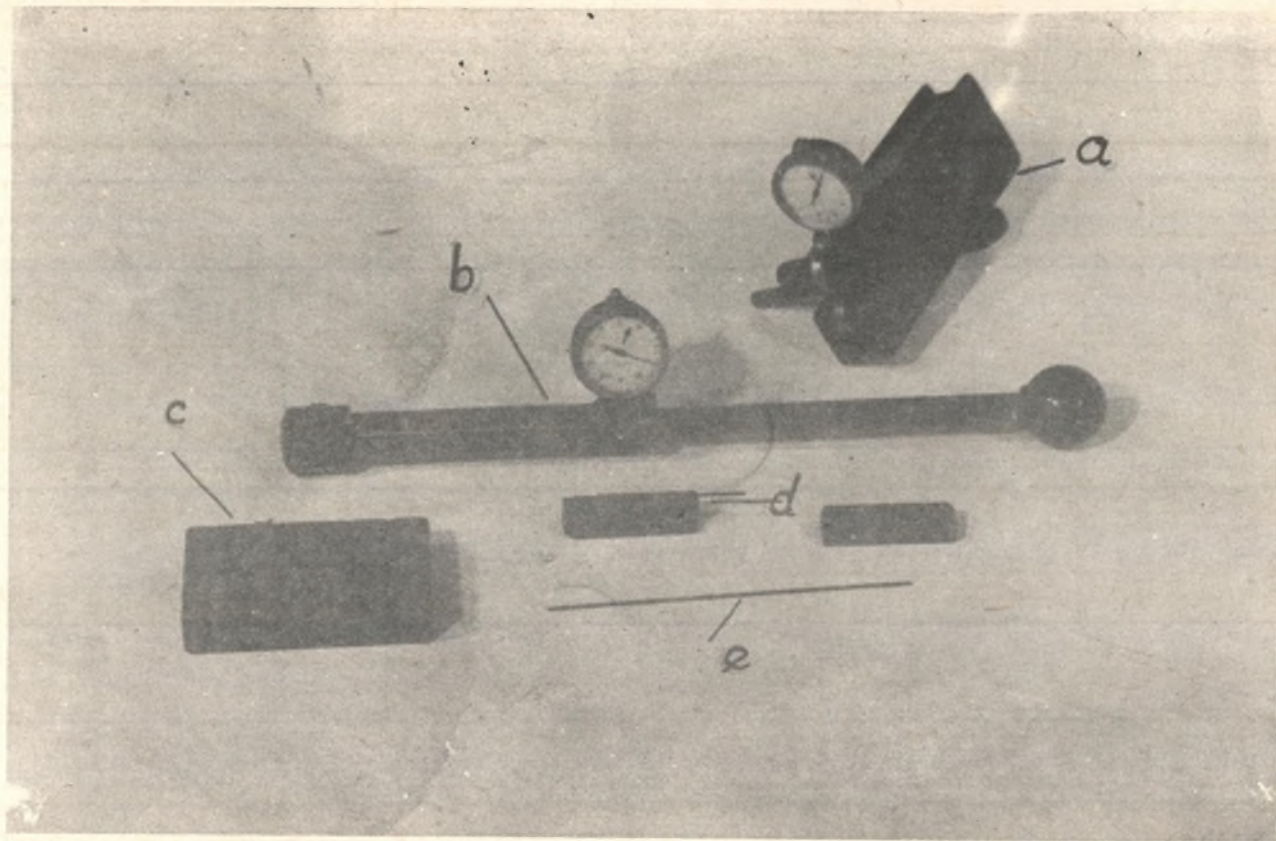
2. Cel pracy

W czasie pracy lin wydobywczych stwierdzono, że pęknięcie poszczególnych jej drutów na skutek zmęczenia występuje tuż nad zawieszeniem klatki, a nie w miejscach przegięć na kołach linowych lub przy krażkach.

W miejscach tych pęknięć, wśród złożonego obciążenia jakiemu podlega skręcony spiralnie drut w linie, największą wartość osiąga obciążenie rozciągające. Dlatego też przeprowadzane badania miały na celu ustalenie wpływu jednostronnie zmiennego naprężenia rozciągającego na wytrzymałość zmęczeniową poszczególnych drutów nowej liny wydobywczej, przy współczynniku stałości obciążeń wynikającym z określonych warunków pracy liny wydobywczej. Wprowadzając pewne poprawki, uwzględniające złożony stan naprężenia w drucie liny jak i rodzaj konstrukcji liny, można na podstawie tak otrzymanej wytrzymałości zmęczeniowej drutów liny, określić z pewnym przybliżeniem wytrzymałość zmęczeniową liny.

3. Przygotowanie próbek

Z poszczególnych żył i warstw nowej liny wydobywczej o konstrukcji $7 \times (1 + 6 + 12) \times 1,4$ mm przeznaczoną dla szybów głównych i ślepych, pobrano 7 drutów o długości około 2 m. Z każdego drutu wykonano po 13-cie



Rys.1. Urządzenie do zamocowywania próbek w uchwytach maszyny

a - aparat rolkowy, b - dynamometr, c - matryca do formowania podkładek pod próbkę w szczęce, d - szczęki, e - próbka

próbek o długości $l = 140$ mm. Prostowania drutów dokonano za pomocą drewnianego młotka na metalowej płycie, celem uniknięcia uszkodzeń drutu. Średnice próbek pomierzono z dokładnością $1/100$ mm.

Wyeliminowano z badań próbki o znacznych powierzchniowych uszkodzeniach, widocznych pod mikroskopem warsztatowym. Na jednym drucie z każdej grupy próbek pomierzono twardość na aparacie firmy Hauser metodą Vickersa przy zastosowaniu obciążenia 5 kG, celem stwierdzenia jednorodności materiału na całej długości próbki.

W czasie próby, na skutek ściśnięcia końcówek drutu w szczękach maszyny zmęczeniowej, stan naprężenia będzie w nich bardziej niebezpieczny, niż w części pomiarowej pomiędzy szczękami, poddanej tylko rozciąganiu. Aby w takiej sytuacji uniknąć pęknięcia próbki w szczękach, co nie odpowiadałoby postawionemu celowi badań, końcówki badanego drutu wzmocniono przez walcowanie na zimno za pomocą specjalnego aparatu rolkowego (rys. 1a). W tym celu badane próbki mocowano w głowicy tokarki, a drugie ich końce przeprowadzono pomiędzy rolkami aparatu. Wielkość promienia zaokrąglenia rolek, siłę ich nacisku odczytywaną na wycechowanym czujniku jak i prędkość obrotu, określono w zależności od średnicy drutu.

W miejscu przejścia końcówki drutu w część pomiarową, nacisk rolek stopniowo zmniejszane.

4. Charakterystyka materiału

Na podstawie analizy chemicznej ustalono, że druty badanej liny zostały wykonane ze stali węglowej o zawartości 0,40% C o zanieczyszczeniach nie przekraczających wartości 0,027% S i 0,029% P. Drut w czasie procesu wyrobu podlegał patentowaniu i ciągnięciu na zimno, dzięki czemu uzyskał strukturę sorbityczną.

Dla każdej grupy próbek wykonanych z jednego drutu, przed badaniem na zmęczenie wyznaczono wytrzymałość na rozciąganie R_r .

5. Maszyny do badań na zmęczenie

Badania drutów na zmęczenie przeprowadzono na pulsatorze rezonansowym firmy Amsler o zakresie do 2 t przy nastawieniu siłomierza na 400 kG oraz częstotliwości $\nu = 70$ Hz.

Zmienne obciążenie dla tego typu maszyn zmęczeniowych uzyskuje się przez wykorzystanie zjawiska rezonansu częstości siły wzbudzającej i układu drgającego [5].

6. Sposób zamocowania próbek

W czasie prób szczególną uwagę zwrócono na sposób zamocowania drutów w uchwytach maszyny. Niewłaściwe zamocowanie jak i nieodpowiednie przygotowanie próbek powoduje ich pęknięcia w szczękach uchwytu, a tym samym eliminuje daną próbkę z badań.

Odpowiednie zamocowanie badanego drutu w pulsatorach rezonansowych firmy Amsler, uzyskuje się dzięki specjalnym uchwytom (rys.2), w których szczęki ściskające końce badanego drutu posiadają szereg lametek o niejednakowej sztywności (rys.2a) powstałych przez nacięcie w szczególny sposób.

Zastosowanie takich lametek powoduje wprowadzenie niejednakowy rozkład nacisków na końce próbki, ale za to możliwie równomierne przeniesienie siły przez uchwyt.

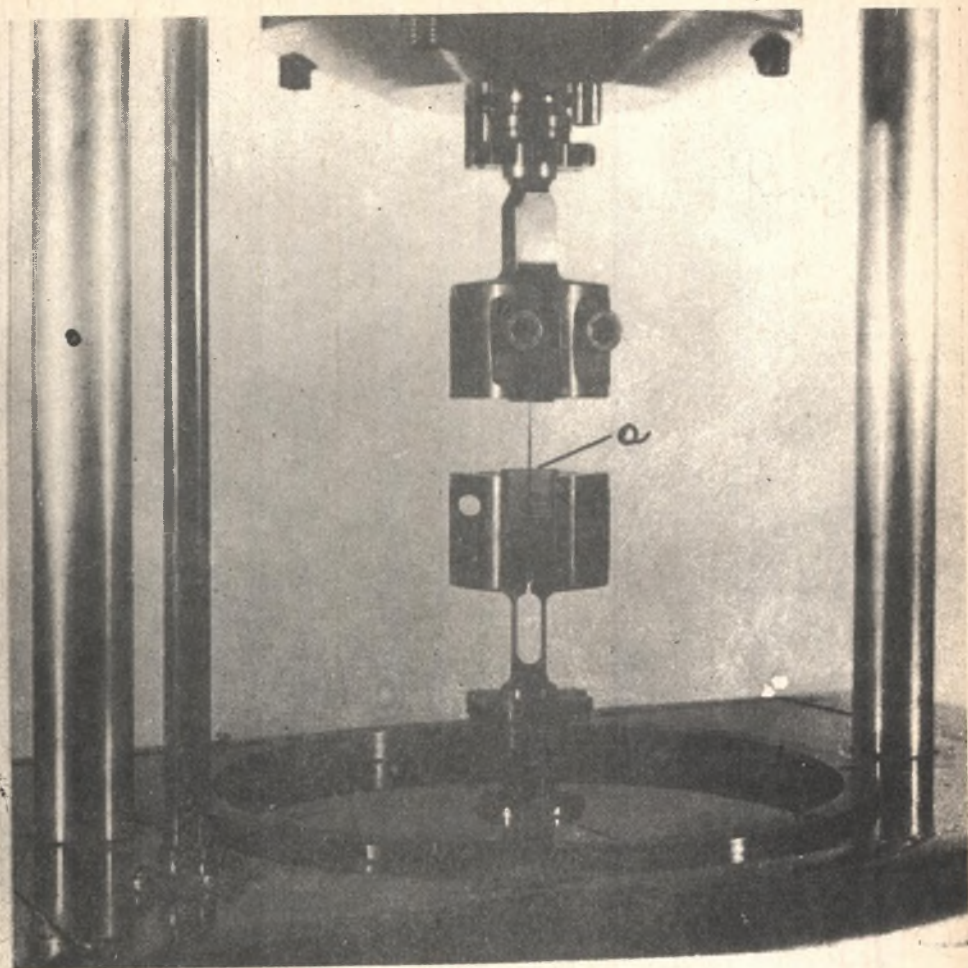
Zamocowanie drutów w uchwytach odbywa się za pomocą urządzenia przedstawionego na rys.3.

Aby uniknąć miejscowego zgniotu drutu przez poszczególne lamelki szczęk, wkłada się pomiędzy drut i szczęki uformowaną blaszkę aluminiową (rys.1c) o określonej grubości, zależnie od średnicy drutu. Tak przygotowane szczęki z drutem wkłada się do uchwytów maszyny, skręcając je równomiernie dwoma śrubami (rys.3a) za pomocą klucza z czujnikiem wycechowanym w kGcm. Wielkość momentu jakim należy dokręcić śruby zależy od średnicy drutu. Długość próbki między uchwytami przyjęto 30 mm.

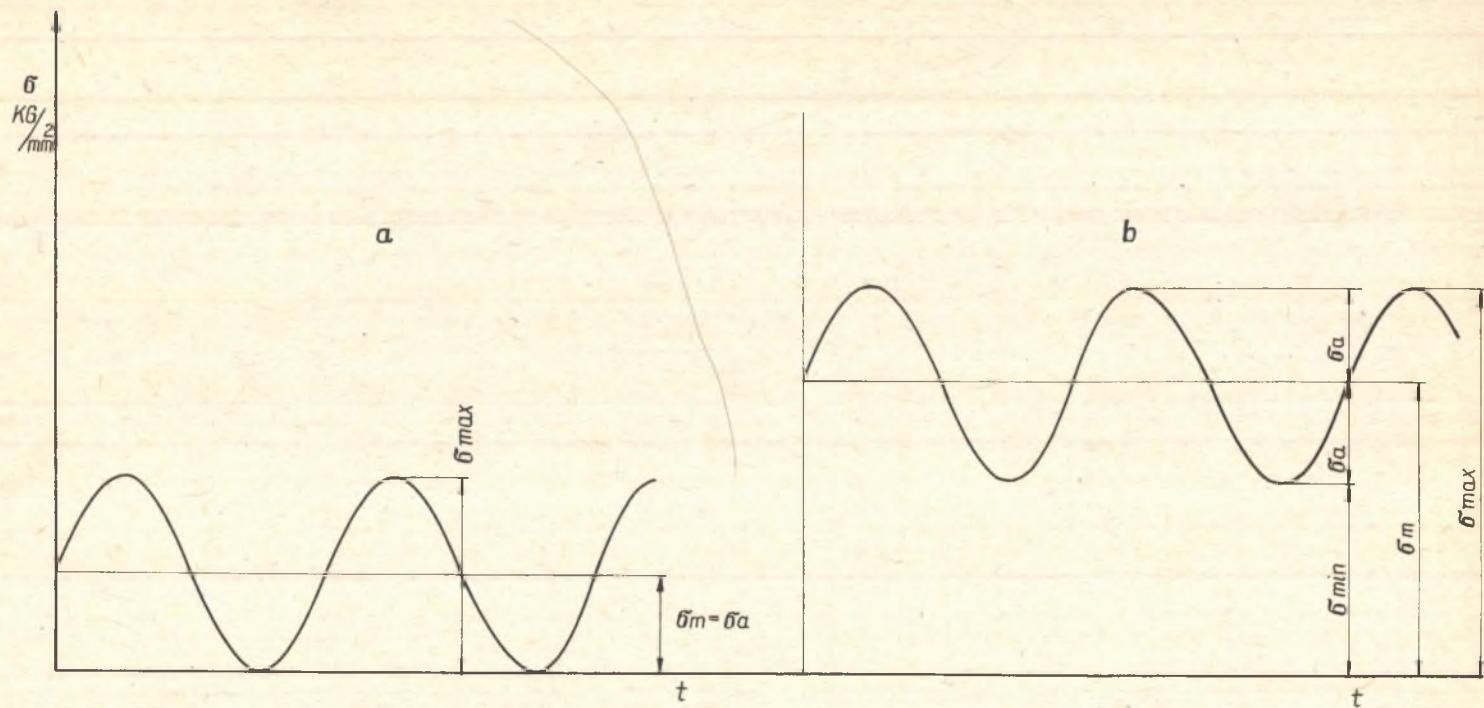
Po zamocowaniu próbki w obu uchwytach całość montuje się na pulsatorze (rys.2).

7. Sposób przeprowadzenia badań

Badanie drutów na zmęczenie przeprowadzono dla dwóch rodzajów obciążeń jednostronnie zmiennych rozciągających, a mianowicie dla współczynnika stałości naprężeń $\chi = \frac{\sigma_m}{\sigma_a} = 1$ i 4 gdzie σ_m jest naprężeniem średnim (rys.4) zaś σ_a - amplitudą naprężeń.



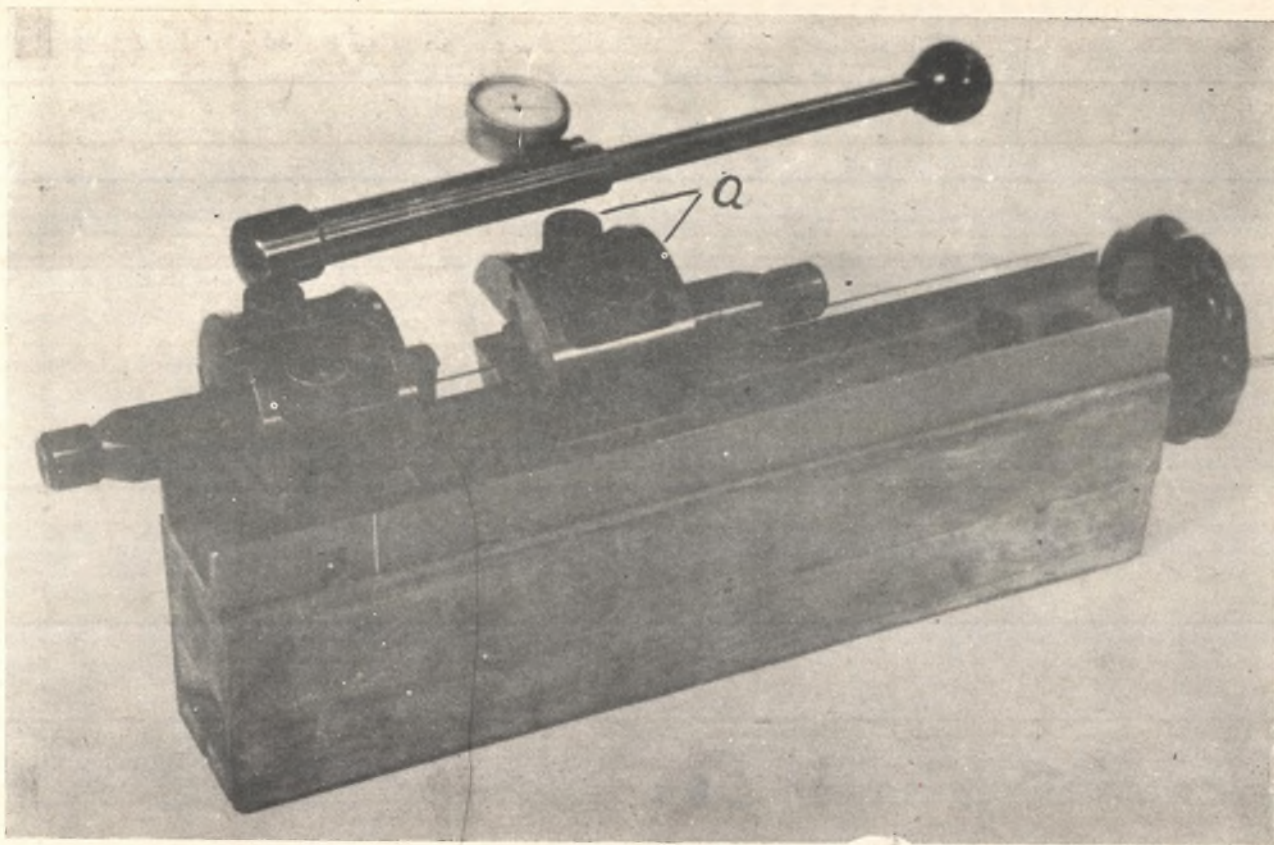
Rys.2. Zamocowanie drutu w pulsatorze firmy Amsler
a - nacięcia szczęk (lamelek)



Rys.4 Wykres zmiennych obciążeń jednostronnie rozciągających

a - dla $\frac{\sigma_m}{\sigma_a} = 1$

b - dla $\frac{\sigma_m}{\sigma_a} = 4$



Rys.3. Urządzenie do zamocowywania drutów w uchwytach
a - śruby zaciskające szczęki

Przyjęty rodzaj zmiennych obciążeń ustalono na podstawie analizy warunków pracy badanych lin wydobywczych. Jako graniczną ilość cykli zmęczeniowych przyjęto $N_G = 10 \cdot 10^6$ zmian obciążeń.

Sposób przeprowadzenia badania w zasadzie nie różni się od klasycznych metod stosowanych przy wyznaczaniu wytrzymałości na zmęczenie na próbkach wykonanych z badanego materiału z wyjątkiem ustalenia wartości wytrzymałości na zmęczenie. Jako wytrzymałość zmęczeniową badanych drutów przyjmowano przeważnie średnie wartości naprężeń, przy których druty nie ulegały pęknięciu, wytrzymując przyjętą ilość cykli zmęczeniowych N_G .

Taki sposób ustalania wytrzymałości zmęczeniowej wynikał z dużych rozbieżności wyników badań dla poszczególnych odcinków tego samego drutu. Jest to zrozumiałe, jeśli weźmie się pod uwagę, iż badany drut jako gotowy element konstrukcyjny nie podlega obróbce powierzchniowej, mającej na celu usunięcie wad powierzchniowych, a tym samym ujednoczenie wyników badań, jak ma to miejsce przy wykonywaniu próbek z badanego materiału.

8. Opracowanie wyników doświadczeń

Na podstawie otrzymanych wyników sporządzono wykresy zmęczeniowe $N = f(\sigma_{max})$ we współrzędnych półlogarytmicznych dla poszczególnych drutów lin i dla obu współczynników stałości obciążeń (rys.5 i 6).

Krzywe zmęczeniowe w tym układzie z dostateczną dokładnością przedstawiono w postaci linii prostej łamanej. Prosta nachylona pod kątem do osi liczby cykli przedstawia zakres czasowej wytrzymałości na zmęczenie, w którym naprężenie zależy od ilości cykli obciążenia. Natomiast prosta pozioma przedstawia zakres trwałej wytrzymałości na zmęczenie, w którym naprężenie nie zależy od liczby zmian cykli.

Wobec dużych rozrzutów wyników, spowodowanych niejednorodnymi właściwościami wytrzymałościowymi, powierzchniowymi itp. drutu, do wyznaczenia wykresów zmęczeniowych, zastosowano metodę statystyczną wg pracy Szaszina [4].

W obliczeniach przyjęto, iż dla drutów liny krzywe w zakresie czasowej wytrzymałości zmęczeniowej w układzie osi $\sigma - \lg(N+1)$ można opisać liniową zależnością

$$y = a + b \lg(x + 1) \quad (1)$$

zaś w zakresie trwałej wytrzymałości zmęczeniowej w tym samym układzie osi równaniem

$$y = c \quad (2)$$

gdzie x , y odpowiada wartościowym N i σ w przyjętej podziałce. Dla każdego wykresu w przedziale czasowej wytrzymałości na zmęczenie obliczono współczynniki korelacji $r_{1/1}$ oraz indywidualne rozrzuty \bar{s}_x (rys.5 i 6). Wykresy w przedziale trwałej wytrzymałości na zmęczenie wyznaczono zgodnie z założeniami omówionymi w punkcie 7.

8.1. Wyznaczenie krzywej zmęczeniowej dla drutów liny przy współczynniku stałości naprężeń 1 i 4

Na podstawie wyników badań dla poszczególnych współczynników stałości naprężeń, wyznaczono za pomocą tej samej metody statystycznej co w punkcie 8, krzywe zmęczeniowe oraz przeciętną wytrzymałości na zmęczenie dla wszystkich drutów liny (rys.7). Przy obliczeniach posługiwano się tabelami, w których umieszczono wyniki badań z zakresu czasowej wytrzymałości zmęczeniowej dla poszczególnych drutów nie odbiegające w sposób wyraźny od pozostałych wyników.

Dla otrzymanych krzywych w zakresie czasowej wytrzymałości na zmęczenie obliczono wartości rozrzutów, które wynoszą:

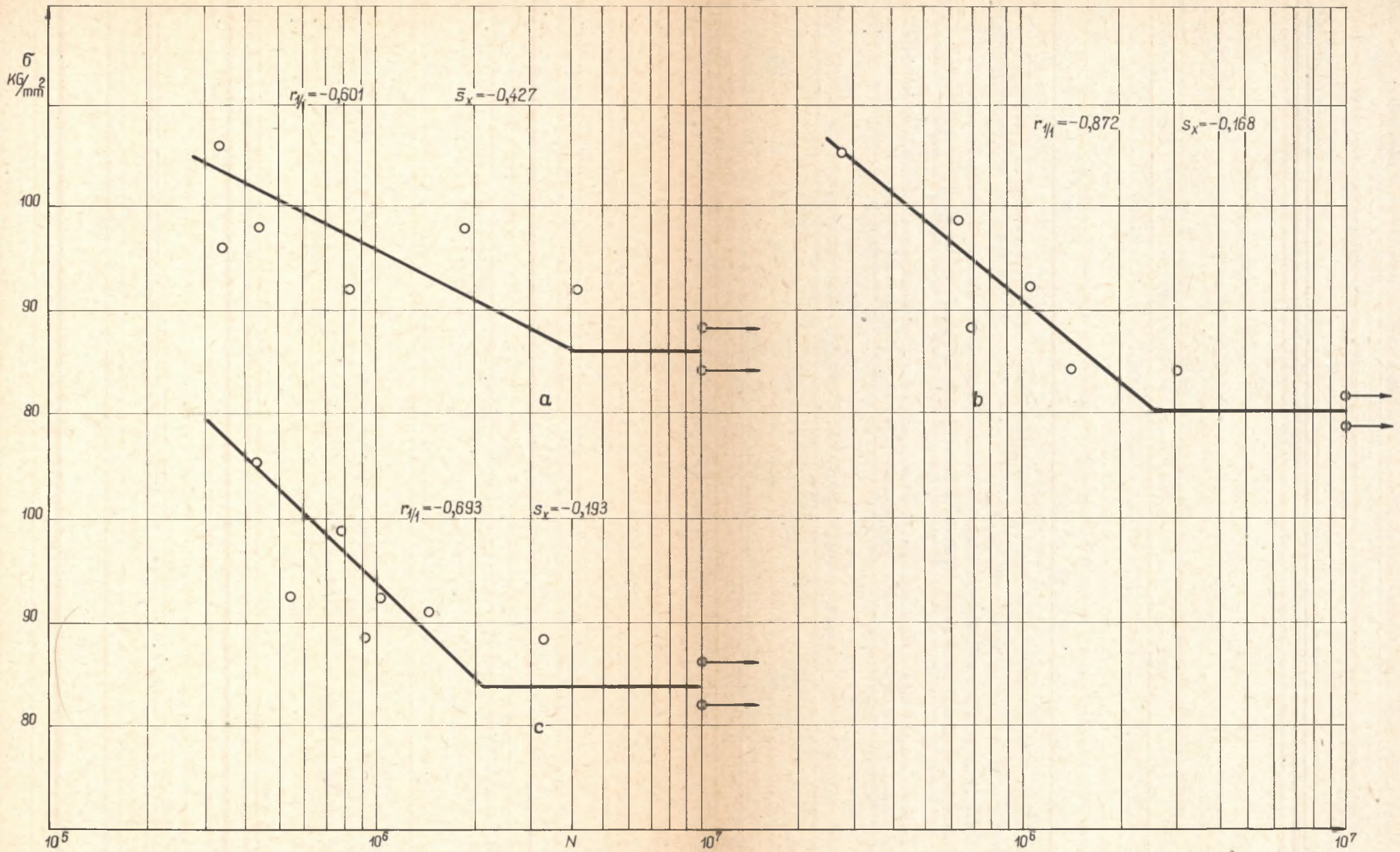
$$\text{dla } \kappa = 1 \quad s_x = 0,3543 \quad s_y = 6,6120$$

$$\text{dla } \kappa = 4 \quad s_x = 0,3515 \quad s_y = 3,9351$$

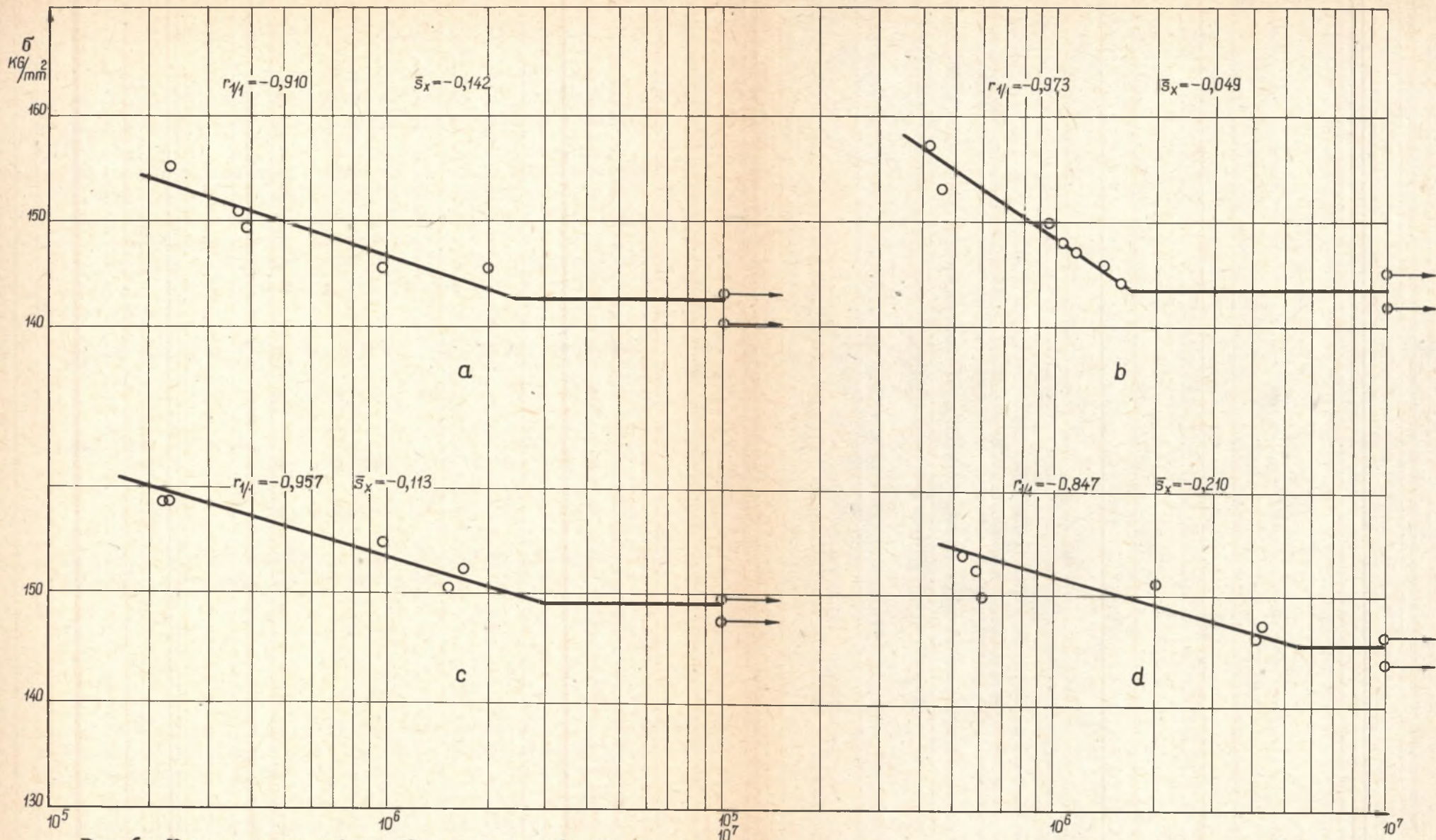
Oprócz tego wyznaczono indywidualne rozrzuty \bar{s}_x i współczynniki korelacji $r_{1/1}$ (rys.7).

Równania prostych korelacji w zakresie czasowej wytrzymałości na zmęczenie dla $\kappa = 1$ i 4 otrzymane dla drutów liny z $n_1 = 20$ i $n_2 = 22$ jednakowo pewnych wyników przyjmują w rozważanym przypadku postać:

$$\begin{aligned} \text{dla } \kappa = 1 \quad x_y &= 9,5785 - 0,0384 y_1 \\ \text{dla } \kappa = 4 \quad x_y &= 19,0726 - 0,0874 y_1 \end{aligned} \quad (3)$$



Rys.5. Krzywe zmęczeniowe dla 3-ch drutów liny wydobywczej przy współczynniku $\kappa = 1$
 a - drut Nr 1 ($R_r = 157,0 \text{ kg/mm}^2$), b - drut Nr 2 ($R_r = 152,6 \text{ kg/mm}^2$), c - drut Nr 3 ($R_r = 160,1 \text{ kg/mm}^2$)



Rys.6. Krzywe zmęczeniowe dla 4-ch drutów liny wydobywczej przy współczynniku stałości naprężeń $\chi = 4$
 a - drut Nr 1 (Rr = 160,4 kG/mm), b - drut Nr 2 (Rr = 170,0 kG/mm), c - drut Nr 3 (Rr = 170,7 kG/mm),
 d - drut Nr 4 (Rr = 164,5 kG/mm)

gdzie zmiennej x_y względem zmiennej y_1 równej danemu naprężeniu odpowiada średnia prawdopodobna wartość $\lg(N + 1)$.

Wartość indywidualnego rozrzutu pozwala na wyznaczenie praktycznej granicy odchyżeń, którą przyjmuje się w odległości $\pm 3 \bar{s}_x$ od otrzymanych prostych w zakresie czasowej wytrzymałości na zmęczenie.

Wyznaczone równania prostych (3) dla czasowej wytrzymałości na zmęczenie mogą być rozpatrywane tylko w przedziale (x_1, x_2) ,

gdzie dla $\mathcal{K} = 1$ $x_1 = 0,300 \cdot 10^6$ zmian obciążeń

$x_2 = 2,51 \cdot 10^6$ " "

zaś dla $\mathcal{K} = 4$

$x_1 = 0,340 \cdot 10^6$ " "

$x_2 = 2,8 \cdot 10^6$ " "

Wielkości x_1 wyznaczono jako punkty przecięcia się prostych o równaniu (3) z prostymi:

$$y = d_1 \quad (4)$$

$$y = d_2$$

gdzie za d przyjęto wartość tzw. nominalnej wytrzymałości na rozciąganie dla drutów badanej liny przy $x = 0$. W rozważanym przypadku $d_1 = d_2 = R_r = 160 \text{ kg/mm}^2$.

W rzeczywistości równania (4) są prostymi o kącie kierunkowym nieco mniejszym od 180° , na skutek czego wartości x_1 będą nieznacznie większe, co jednak nie ma praktycznego znaczenia. Obliczone w opisany sposób wartości na x_1 przy $\mathcal{K} = 1$ i 4 ograniczają przedział ważności równań (3) zbyt daleko od początkowych punktów pomiarowych. Z tego powodu przyjęto dla x_1 wartości średnie skrajnych wyników badań, zawiężając w ten sposób ważność równań (3) do przedziału w jakim wykonywano badania. Wielkości x_2 uzyskano z przecięcia prostych o równaniach (3) z krzywymi zmęczeniowymi w zakresie trwałej wytrzymałości na zmęczenie, które zgodnie z de-

finicją praktycznej wytrzymałości na zmęczenie są prostymi poziomymi o równaniach

$$\begin{aligned} y_{\mathcal{K}=1} &= c_1 \\ y_{\mathcal{K}=4} &= c_2 \end{aligned} \quad (5)$$

Odcięta x_2 zamyka przedział czasowej wytrzymałości na zmęczenie i jest równocześnie początkiem nowego przedziału (x_2, ∞) dla trwałej wytrzymałości na zmęczenie.

Wyrażenia na c_1 i c_2 wyznaczone metodą najmniejszych kwadratów są w tym przypadku średnią arytmetyczną trwałej wytrzymałości na zmęczenie poszczególnych drutów liny.

$$c_1 = \frac{\sum_1^n (R_0^+)_i}{n} = \frac{2490}{4} = 83,0 \text{ kg/mm}^2$$

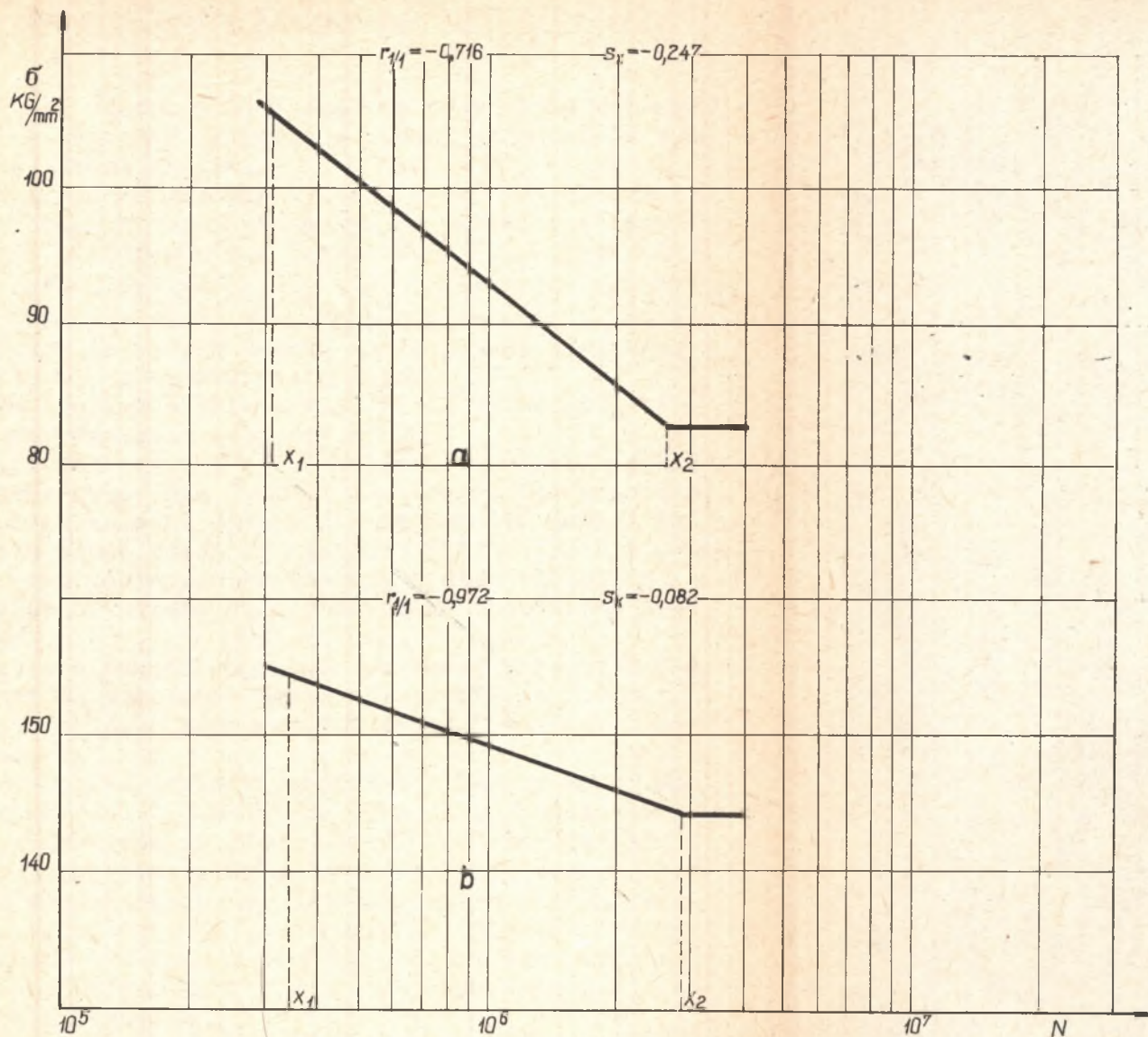
$$c_2 = \frac{\sum_1^n (R^+)_i}{n} = \frac{578,3}{4} = 144,6 \text{ kg/mm}^2$$

Trwała wytrzymałość na zmęczenie dla drutów liny ma zatem wartość

$$\begin{aligned} \text{przy } \mathcal{K} = 1 \quad R &= 83,0 \text{ kg/mm}^2 \\ \text{przy } \mathcal{K} = 4 \quad R_+ &= 144,6 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Na rys.7 przedstawiono krzywe zmęczeniowe dla drutów liny wydobywczej przy $\mathcal{K} = 1$ i 4 w układzie osi $\sigma - \lg N$, określone w przedziale czasowej wytrzymałości zmęczeniowej (x_1, x_2) równaniem (3), zaś w przedziale trwałej wytrzymałości zmęczeniowej (x_2, ∞) równaniem (5).

Wytrzymałość na zmęczenie w warunkach rzeczywistej pracy liny jest mniejsza od określonej równaniem (6). Jeżeli bowiem jako pierwsze przybliżenie liny przyjęlibyśmy pęczek drutów nieskręconych, to rozrzut efektywnej wytrzymałości na zmęczenie powiększy się na skutek rozrzutu wielkości rzeczywistej przez druty przenoszonej siły. Zależne to będzie również od długości drutów



Rys.7. Krzywe zmęczenia dla drutów liny wydobywczej, o nominalnej wytrzymałości $R_r = 160 \text{ KG/mm}^2$
 a - przy współczynniku stałości naprężeń $\kappa = 1$, b - przy współczynniku stałości naprężeń $\kappa = 4$

i sposobu ich umocowania. W rzeczywistej linie zjawisko to zostanie znacznie złagodzone dzięki skręceniu i wzajemnemu naciskowi drutów.

Wytrzymałość na zmęczenie całej liny przy obciążeniu wyłącznie osiowym, wyznaczoną np. na pulsatorze nazwijmy R_c , zaś przeciętną dla drutów liny R_d . Oczywiście stosunek obydwu wielkości R_d i R_c zależy od konstrukcji liny może się wahać w niedużych granicach i można przypuszczać, że będzie bliski analogicznej wielkości wyznaczonej dla obciążeń statycznych.

Dalszym krokiem będzie przejście do wytrzymałości w warunkach rzeczywistej pracy liny.

Fakt pęknięcia lin tuż nad zawieszeniem klatki upoważnia do nieprzecenia wpływu dodatkowego zginania liny na krążkach i kołach. Należy jednak zwrócić uwagę, że rzeczywista ilość zmian wewnętrznej siły w linie, a zwłaszcza tuż nad zawieszeniem klatki, będzie większa na skutek drgań od normalnej ilości zmian obciążenia zewnętrznego.

Ustalenie w takich warunkach wartości przeciętnej wytrzymałości na zmęczenie oraz indywidualnego rozrzutu, wymagałoby licznych pomiarów i odpowiedniej statystycznej ich oceny.

Z powodu braku takiego opracowania zagadnienia, proponuje się określenie wytrzymałości na zmęczenie liny w sposób przybliżony, a mianowicie przez zmniejszenie przeciętnej wytrzymałości na zmęczenie dla drutów liny za pomocą współczynnika zmniejszającego η . Przy określeniu wartości takiego współczynnika można by wykorzystać ustalone praktyką i doświadczeniami wartości analogicznego współczynnika η dla lin wyznaczonego przy obciążeniach statycznych.

Na podstawie porównania przeciętnej wytrzymałości zmęczeniowej drutów lin z wytrzymałością otrzymaną z czasokresu po którym następują pęknięcia w linach tuż nad zawieszeniem klatki, ustalono w sposób przybliżony, że w zależności od długości liny i warunków jej pracy współczynnik dla obciążeń statycznych należy zmniejszać 15 + 30%. Przy czym im lina dłuższa, tym mniejszą należy obierać procentową wartość dla zmniejszenia współczynnika η .

Przy ustalaniu procentowej wartości zmniejszającej współczynnik η brano za punkt wyjścia ilość zmian zewnętrznych obciążeń liny, równych przeciętnej ilości

jazd wyciągów szybowych do pojawienia się pierwszych pęknięć.

Ponieważ w zależności od konstrukcji liny przy obciążeniach statycznych $\eta = 0,75 \div 0,90$ to dla obciążeń zmiennych, wartość ta będzie wahać w granicach $\eta = 0,525 \div 0,765$ względem przeciętnej wytrzymałości na zmęczenie drutów liny.

Wnioski

1. Pomimo starannego dobierania do badań próbek o jednakowym wyglądzie i odpowiedniego zamocowania ich w uchwytach maszyny, nie dało się uniknąć dużych rozbieżności w wynikach badań dla poszczególnych drutów. Wynika to przede wszystkim z odrębnych własności wytrzymałościowych, powierzchniowych itp. pojedynczych drutów liny.
2. Poszczególne druty liny o zbliżonych własnościach wytrzymałościowych i strukturalnych mają różne wytrzymałości zmęczeniowe, a szczególnie w zakresie czasowej wytrzymałości na zmęczenie, co widocznym jest z różnego nachylenia prostych w układzie $\sigma - \lg N$ w tym przedziale.
3. Druty lin stalowych przy współczynniku stałości naprężeń 1 są bardziej wrażliwe na zjawisko zmęczenia niż materiał, z którego je wykonano. Uwidacznia się to przez porównanie stosunków R_0^1/R_T dla badanego drutu i stali, z której wykonano druty. Dla pierwszego przypadku stosunek ten wynosi $\sim 0,52$, dla drugiego zaś wyliczony na podstawie literatury technicznej $\sim 0,56$.
4. Wartość indywidualnego rozrzutu daje możliwość ustalenia rzeczywistego współczynnika bezpieczeństwa dla dowolnej wielkości naprężenia w określonym przedziale.
5. Całość zagadnienia wytrzymałości zmęczeniowej lin powinna być rozważana na tle probabilistycznej teorii współczynnika bezpieczeństwa.

LITERATURA

1. Baranowski B. - Zastosowanie metod statycznych do wyznaczenia krzywej zmęczenia drutu stalowego. "Praca Instytutów Hutniczych rok 1958" str.153.
2. Margenau M., Murphy G.M. - Matematyka w fizyce i chemii PWN-Warszawa 1956 r.
3. Dyląg Z., Orłóś Zb. - Badanie wpływu wstępnych odkształceń trwałych na wytrzymałość zmęczeniową pewnej stali niskowęglowej.
"Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej Im.J.Dąbrowskiego" rok IX, Nr 9/98, wrzesień 1960 r.
4. Niekotoryje waproxy ustałostnej procznosti stali, Moskwa 1953 r.
5. Ćwiczenia z wytrzymałości materiałów - laboratorium. Politechnika Śląska w Gliwicach - 1958 r.

Испытание проволок подъемных канатов на усталость на резонансном пульсаторе

В работе представлено методы проведения испытаний, а также результаты исследований усталости проволок подъемных канатов при переменной, односторонне растягивающей нагрузке. Основываясь на результатах испытаний установлено предел усталости проволок испытываемого каната для односторонне переменного напряжения при коэффициенте постоянства нагрузки равным 1 и 4. При разработке результатов использовано метод наименьших квадратов.

Fatigue examination of extracting ropes by means of a resonance pulsator

The paper gives methods of carrying out tests and results of investigations concerning the fatigue of extracting ropes' wires, at changeable, unilaterally stretching load. On the ground of investigation results, the wires' fatigue strength of the examined rope for unilaterally changeable stress with the load stability factor equal to 1 and 4 — was being fixed.

At the elaboration of results, the method of smallest squares was used.