

Jerzy Antoniak, Alfred Carbogno,
Aleksander Lutyński

MASZYNY WYTRZYMAŁOŚCIOWE I SPOSOBY BADAŃ ZMĘCZENIOWYCH NA ZGINANIE LIN STALOWYCH W CAŁOŚCI

Streszczenie. W artykule dokonano przeglądu konstrukcji maszyn do zmęczeniowego badania lin stalowych w całości przez zginanie oraz usystematyzowano sposoby tych badań.

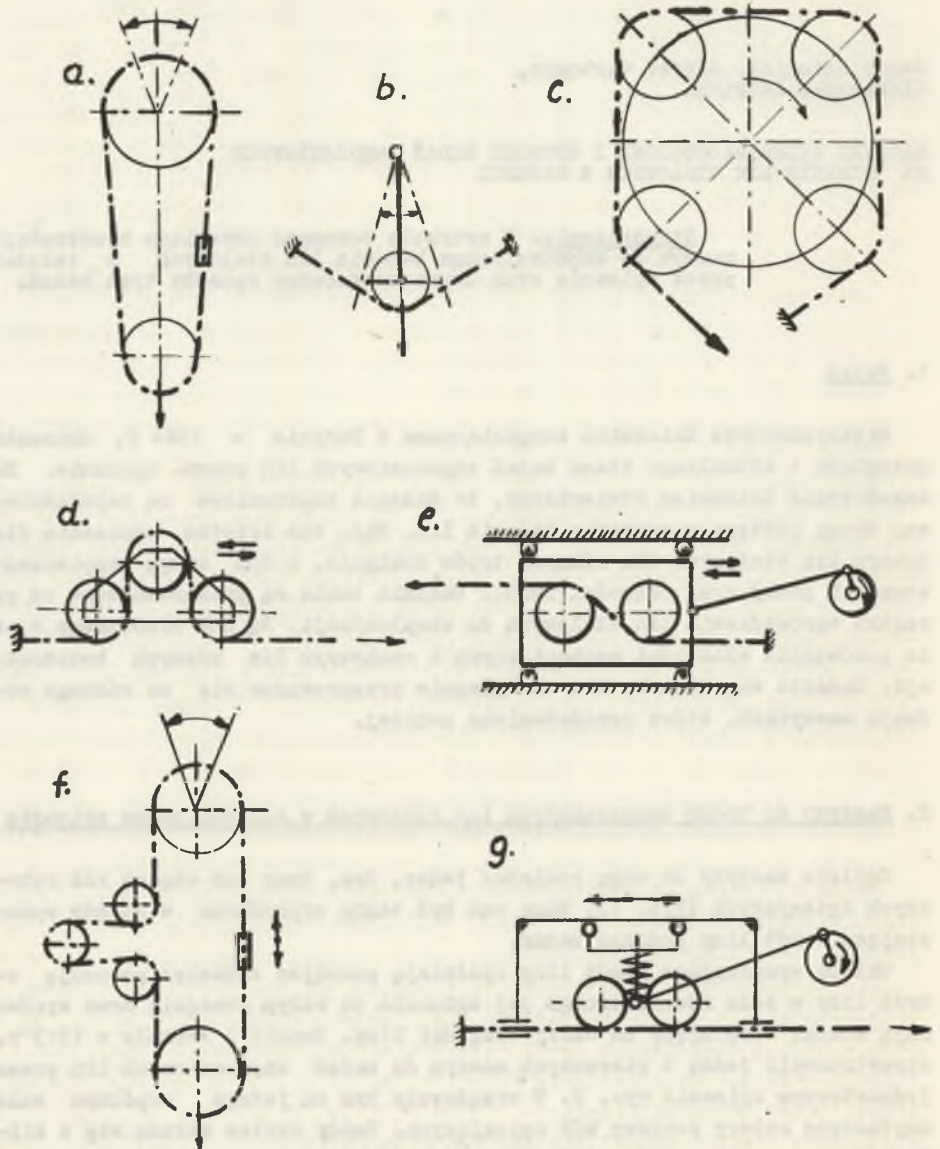
1. Wstęp

Międzynarodowe Kolokwium zorganizowane w Turynie w 1961 r. dokonało przeglądu i aktualnego stanu badań zmęczeniowych lin przez zginanie. Na zakończenie Kolokwium stwierdzono, że badania zmęczeniowe są najważniejszą drogą postępu w zakresie badania lin. Mają one istotne znaczenie dla doboru lin stalowych dla różnych typów dźwignic, a tym samym bezpieczeństwa ich pracy oraz pewności ruchu. Badania takie są przeprowadzane od początku wprowadzenia lin stalowych do eksploatacji. Są one nieodzowne w celu porównania własności mechanicznych i ruchowych lin różnych konstrukcji. Badania zmęczeniowe lin na zginanie przeprowadza się na różnego rodzaju maszynach, które przedstawiono poniżej.

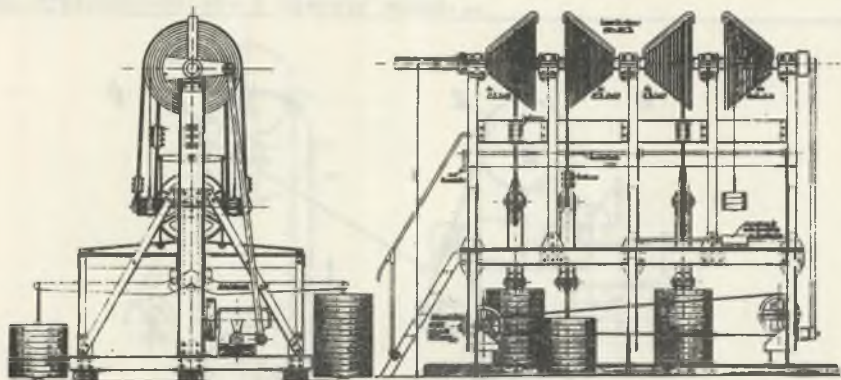
2. Maszyny do badań zmęczeniowych lin stalowych w całości przez zginanie

Ogólnie maszyny te mogą posiadać jeden, dwa, trzy lub więcej kół roboczych zginających (rys. 1). Mogą one być także wyposażone w układy wymuszające obrót liny podczas badań.

Układy wymuszające obrót liny spełniają podwójne zadanie: powodują obrót liny w celu równomiernego jej zginania na całym obwodzie oraz wyrównują moment skręcający na całej długości liny. Benoit i Woernle w 1913 r. skonstruowali jedną z pierwszych maszyn do badań zmęczeniowych lin przez jednostronne zginanie rys. 2. W urządzeniu tym na jednym wspólnym wale usytuowano cztery zestawy kół zginających. Każdy zestaw składa się z kilku kół o coraz to mniejszej średnicy. Ilość kół zginających w zestawach była taka sama, natomiast zestawy różniły się pomiędzy sobą profilami rowków kół. Pozwalało to na określenie wpływu kształtu rowka i średnicy koła zginającego na trwałość zmęczeniową lin. Napinanie lin ciężarowe. Napęd korbowy pozwalał na jednoczesne badanie kilku lin, co skracало łączny czas



Rys. 1. Metody badań ścieraniowych lin stalowych w całości przez zginanie
 a, b, c - zginanie jednostronne, d, e, f - dwustronne, g - jednostronne
 punktowe

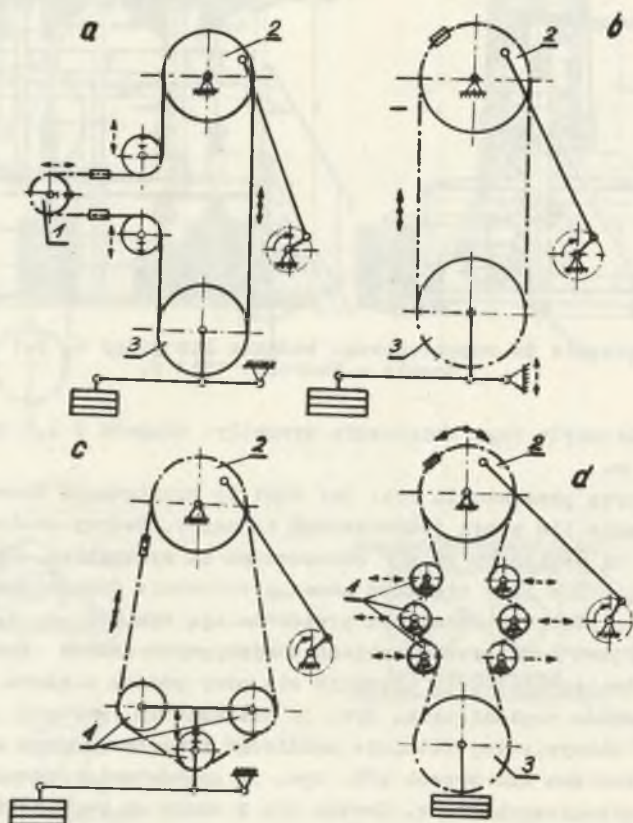


Rys. 2. Urządzenie do zmęczeniowego badania lin grupy A. 2.1 konstrukcji Benoit - Woernle, 1913 r.

badan [1]. Gabaryty tego urządzenia wynosiły: długość 4 m, wysokość 3 m, szerokość 3 m.

Inną maszynę przedstawia rys. 3a. Jest to konstrukcja Woernlego z 1927 roku do badania lin przez jednostronne zginanie. Badany odcinek liny przeginany jest na wymiennym kole 1 zamocowanym na wysięgniku. Układ napędowy korbowy. Napinanie liny ciężarem przez przełożenie dźwigniowe. Inne schematy maszyn o podobnym działaniu przedstawiają rys. 3b, c, d. Maszyna rys. 3b wykonana jest w czterech wersjach obejmujących zakres średnic lin do 65 mm [2]. Naciąg statyczny uzyskuje się przy pomocy ciężaru oraz dodatkowych elementów napinających. Rys. 3c przedstawia maszynę stosowaną we Włoszech. W maszynie tej istnieje możliwość wymiany jednego koła zginającego na zestaw dwu lub trzech kół. Rys. 3d przedstawia maszynę Karielina do badań zmęczeniowych linek. Zestaw kół 2 służy do regulacji promienia zginania. Posiada ona przekładnię pasową trójstopniową, za pomocą której można uzyskiwać trzy różne częstości gięć badanego odcinka linki. Schemat konstrukcyjny maszyny zmęczeniowej typu DMETI (ZSRR) przedstawiono na rysunku 4. Urządzenie to jest bardzo rozbudowane w pionie [3].

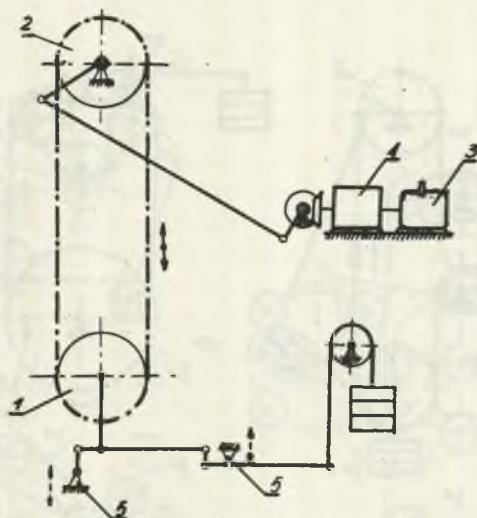
Jedną z pierwszych maszyn, należących do maszyn zginających linę dwustronnie przy dwukierunkowym ruchu elementu zginającego oraz umownie stałym naciągu liny przy ruchu zespołu zginającego lub ruchu liny, jest maszyna zbudowana w 1937 r. przez Żitkova w ZSRR pokazana na rys. 5a. Jest ona podobna do maszyny zmęczeniowej Woernlego z 1927 r. Maszyna ta posiada wymienny zestaw trzech kół zginających, napęd mechaniczny korbowy, napinanie liny ciężarowe. Podobna maszyna znajduje się w Wyższej Szkole Technicznej w Stuttgarcie (NRF). Rys. 5b przedstawia konstrukcję maszyny firmy Losenhausen do badania linek sygnałowych. Istotą tej maszyny jest to, że zestaw krążków zginających jest zarazem elementem napinającym. Maszyna ta w zestawie potrójnym pozwala na jednoczesne badanie trzech linek. Maszynę o tym samym przeznaczeniu przedstawia także rys. 5c. W tych ma-



Rys. 3. Maszyny grupy A. 2.1

a) konstrukcji Woernlego 1927, b) stosowana w Niemczech i ZSRR, c) stosowana we Włoszech, d) konstrukcji Karielina ZSRR

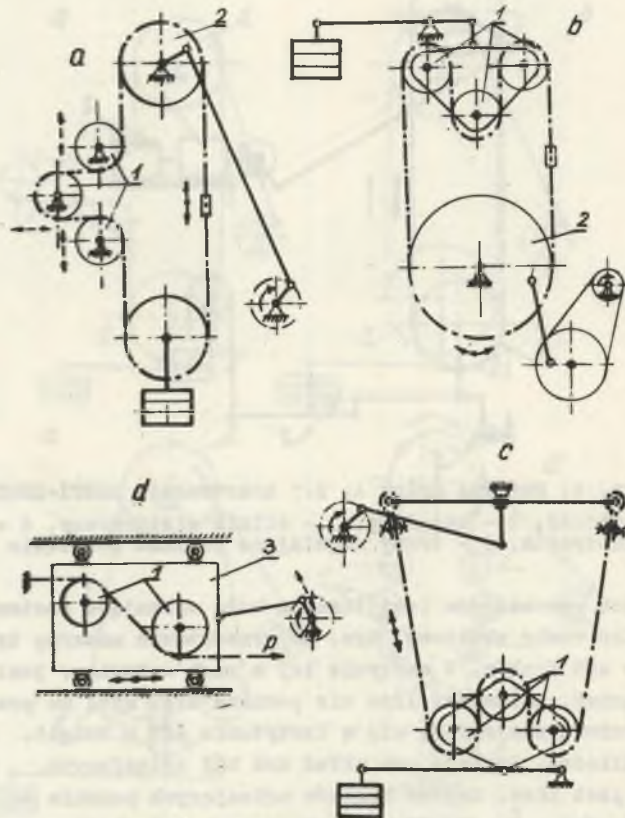
1 - krążek roboczy, 2 - napędowy, 3 - napinający



Rys. 4. Maszyna grupy A. 2.1 konstrukcji DMETI-ZSRR

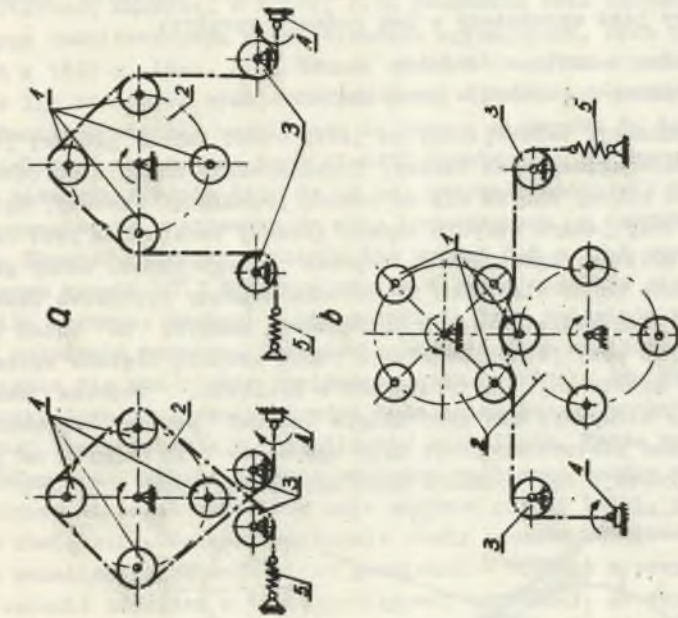
1 - krążek roboczy, 2 - napędowy, 3 - silnik elektryczny, 4 - przekładnia hydrokinetyczna, 5 - śruby regulujące poziome położenie dźwigni

szynach w ruch wprowadzana jest lina, a koła zginające zestawów roboczych wykonują tylko ruchy obrotowe. Rys. 5d przedstawia maszynę typu UGL znajdującą się w AGH Kraków. W maszynie tej w ruch wprawiany jest wózek z kołami zginającymi, natomiast lina nie porusza się. Rys. 6a przedstawia maszynę zmęczeniową znajdującą się w Instytucie AJB w Belgii. Jest to maszyna hydrauliczna. Posiada ona układ dwu kół zginających, przez który przeciągana jest lina. Zestaw krążków zginających pozwala na badanie lin o stosunku średnic $\frac{D}{d} = 30, 20$ i 15 . Maszynę konstrukcji amerykańskiej stosowanej w Uniwersytecie Alabama przedstawia rys. 6b. W maszynie tej koło napędowe napędza linę napędową, która wprawia w ruch badany odcinek liny przeginanej na trzech kołach zginających. Naciąg w linie uzyskuje się za pomocą cylindra powietrznego, którego tłok poprzez krążek napinający działa na linę [5]. Przykładem badania zmęczeniowego liny przy jedno lub dwustronnym zginaniu liny oraz jednokierunkowym ruchu elementu zginającego są maszyny pokazane na rys. 7. Schemat urządzenia jednostronnie zginającego linę przy jednostronnym ruchu elementu zginającego obrazuje rys. 7a. Jest to maszyna typu NW-20 (AGH Kraków) pulsująca [4]. Badania mogą być przeprowadzone z obrotem liny dookoła jej osi bądź bez obrotu. Wał główny maszyny może obracać się w lewo lub prawo, co w dużym stopniu rozszerza zakres przeprowadzonych prób. Badana lina zginana jest pod kątem 90° . Badanie może być przeprowadzone przy stałym napięciu liny lub przy zmiennej wielkości siły napinającej z dokładną regulacją pulsacji. Obciążenie zmienne uzyskuje się przez przesunięcie krążków odginających w ramie dolnej. Częstość pulsacji jest zależna od rozstawienia osi krążków odginają-



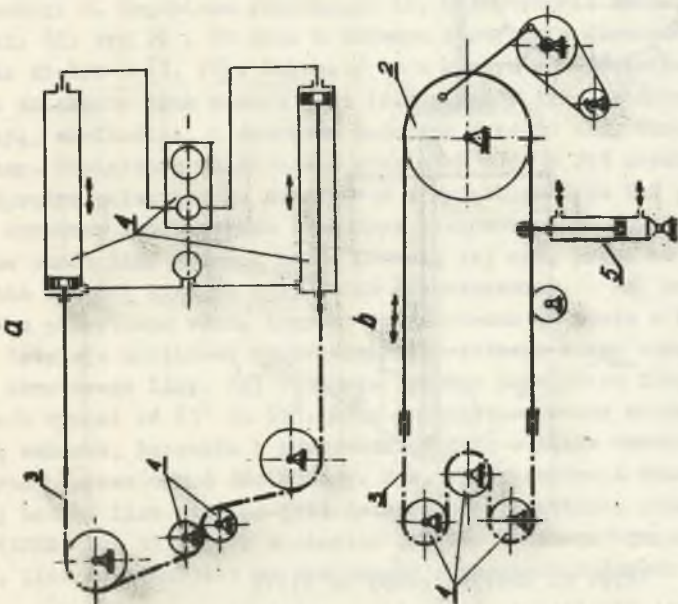
Rys. 5. Maszyny grupy A. 2.2

a - konstrukcji Żitkowa 1937, b - firmy Losenhausen, d - UGL - AGH Kraków,
c - do badania linek-Niemcy



Rys. 7. Maszyny grupy A. 4

a - typu NW-20 AGH Kraków, b - typu MECFAXI Belgia
 1 - zespół kół roboczych, 2 - tarcza główna, 3 - koła odginające, 4 - zespół obrotu liny, 5 - mecha-
 nizm napinający



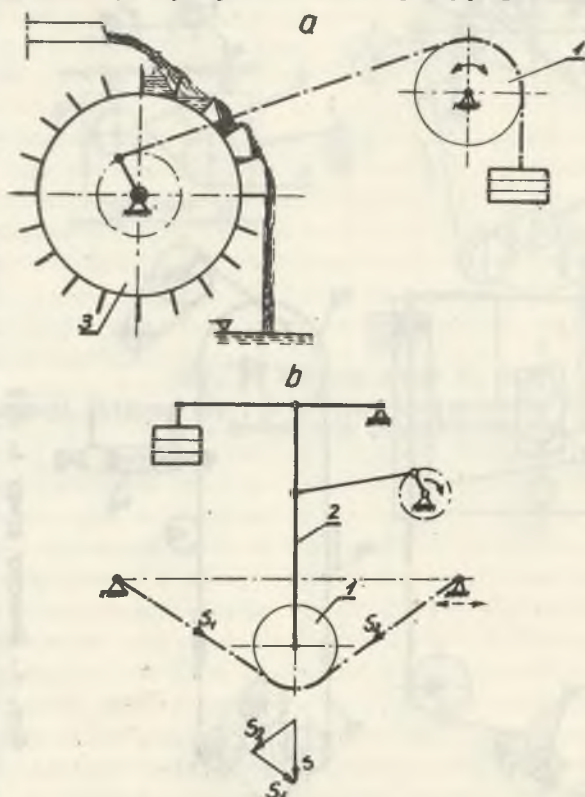
Rys. 6. Maszyny grupy A. 2.2

a - hydrauliczna typu MECFAXB Belgia, b - konstruk-
 cji Uniwersytetu Alabama, USA 1 - koła robocze, 2 -
 napędowe, 3 - lina badana, 4 - napęd hydrauliczny,
 5 - napinanie cylindrem powietrznym

cych. Wielkość siły pulsacji zależy od charakterystyki sprężyny zespołu napinającego, który jest wyposażony w dwa rodzaje sprężyn:

- w sprężynę spiralną z drutu o średnicy 16 mm,
- w sprężynę zderzakową o przekroju prostokątnym.

Częstotliwość pulsacji badanej liny na jeden obrót tarczy głównej jest równa liczbie krążków zginających tarczy. Przekazywanie momentu obrotowego z silnika na wał główny odbywa się za pomocą przekładni pasowej, zębatej, łańcuchowej. Przy jednym obrocie tarczy głównej badana lina jest czterokrotnie zginana krążkami zginającymi. Podczas jednego obrotu tarczy głównej występują zmienne co do wielkości i kierunku momenty wypadkowe działające na wał główny urządzenia. Rys. 7b przedstawia maszynę do badań lin dwustronnie zginanych przy jednokierunkowym ruchu zespołu krążków zginających typu MECFA-XI konstrukcji Instytutu AJB w Brukseli. Podczas badań lin na tej maszynie otrzymuje się dość długie odcinki strefy zmęczenia. Podczas badania można zastosować obrót liny wynoszący $1/15$ obrotu na jeden obrót tarczy głównej. Kąt opasania koła zginającego waha się od 0° do

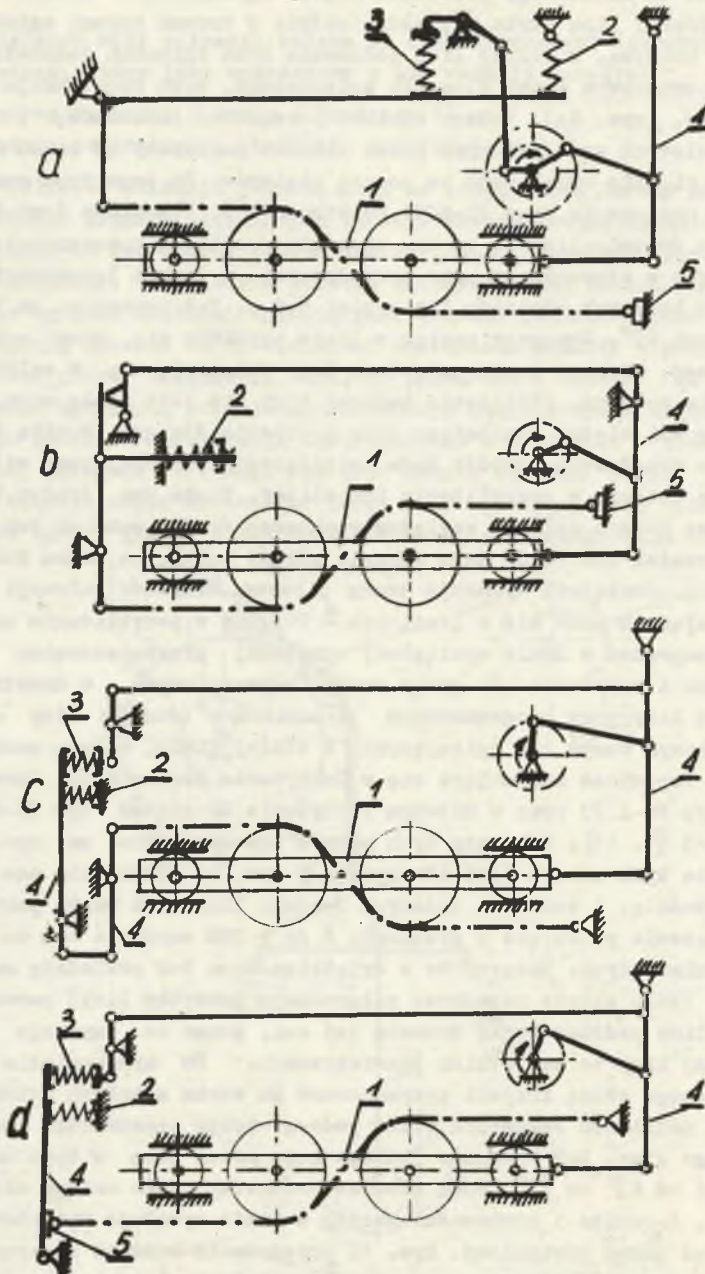


Rys. 8. Maszyna grupy A. 4.1.2

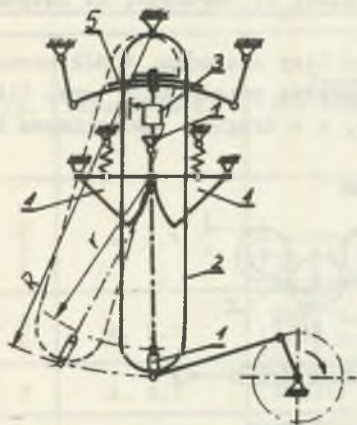
a) konstrukcji WAI Alberta 1928, b) konstrukcji O. Popowicza

1 - koło robocze, 2 - wahacz, 3 - koło młyńskie

90° w zależności od chwilowego położenia krążka zginającego. Podczas obrotu tarczy głównej lina styka się jednocześnie z trzema kołami zginającymi. Pierwszą maszyną, w której lina poddawana była zginaniu jednostronnemu przy dwukierunkowym ruchu elementu zginającego, była konstrukcja WAJ Alberta z 1828 r. (rys. 8a). Badany odcinek początkowo łańcuchów, a następnie lin stalowych wynalezionych przez Alberta poruszany był kołem młyńskim. Naciąg w ciągnięciu uzyskiwano za pomocą ciężarów. Do tego typu maszyn można zaliczyć urządzenia typu P1-GJG1 konstrukcji O. Popowicza (rys. 8b). Zakres badanych średnic liny do 44 mm, znacznie umożliwił rozszerzenie badań zmęczeniowych w stosunku do prac prowadzonych w innych laboratoriach [6, 7]. Długość badanych odcinków lin wynosi 6,5 m. Kąt opasania na kole zginającym wynosi 60° . Wymagany naciąg w linie uzyskuje się przy pomocy zbiornika wodnego. Naciągi w obu gałęziach liny zmieniają się w zależności od położenia wahacza. Obciążenie badanej liny nie jest stałe mimo, że nie zmienia się ani ciężar napinający oraz położenie dźwigni. Wynika to z kinematyki tego urządzenia. Środek koła zginającego poruszającego się po rozpiętej linie opisuje w przybliżeniu łuk elipsy. Tenże sam środek koła prowadzony przez wahacz opisuje względem ruchomego środka wahacza łuk koła. Różnica strzałek obu łuków daje wahania górnej belki, na końcu której działa obciążnik. Obciążnik wykazuje ruchy pionowe. Wielkość pulsacji naprężeń rozciągających waha się w granicach $\pm 10\%$, co w przybliżeniu odpowiada zmianie naprężeń w linie wyciągowej wywołanej przyspieszeniem mas podczas rozruchu i hamowania. Do grupy maszyn zmęczeniowych, o dwustronnym przeginananiu liny przy programowanym dynamicznym naciągu liny oraz przy dwukierunkowym ruchu kół zginających, a stałej linie, należą maszyny konstrukcji O. Popowicza znajdujące się w Instytucie Mechanizacji Górnictwa Pol. Śl. typ P2 i P3 oraz w Głównym Instytucie Górnictwa typ P4-GJG-2 oraz P5-GJG-3 [7, 11]. Schematy tych maszyn przedstawiono na rys. 9. Zasada działania tych maszyn jest identyczna z tym, że różnią się one konstrukcją, wielkością, i zakresem badanych średnic lin. Skok wózka jest regulowany. Obciążenie pulsujące w granicach 0 do + 25% uzyskuje się za pomocą sprężyn pulsujących. Maszyny te z wyjątkiem typu P-2 posiadają mechanizmy obrotowe (koła zębate zapadkowe połączone z uchwytem liny) pozwalające na obrót liny podczas badań dookoła jej osi, przez co uzyskuje się zginanie badanej liny we wszystkich płaszczyznach. Do uruchomienia mechanizmu pokrętnego służą krzywki przymocowane do wózka z kołami zginającymi: Istnieje możliwość włączenia tylko jednego koła zapadkowego mechanizmu obrotowego liny. Kąt opasania jednego koła przez linę w tych urządzeniach wynosi od 63° do 67° . Ruch posuwisto-zwrotny wózka osiąga się za pomocą wahacza, łącznika i korbowodu. Naciąg w linie wywołuje wycechowana sprężyna poprzez układ dźwigniowy. Rys. 10 przedstawia schemat maszyny, w której badana lina zginana jest dwustronnie na stałych elementach zginających (ZSRR, typ NPI) [8]. Minimalna długość badanego odcinka liny wynosi 1,5 m. Lina zginana jest na wymiennych segmentach kołowych 4, które mogą



Rys. 9. Maszyny grupy A. 4.2.2 konstrukcji O. Popowicza
 a - typu P-2, b - typu P-3, c - typu P-4-GIG-2, d - typu P5-GIG-3
 1 - wózek z kołami roboczymi, 2 - sprężyna napinająca, 3 - sprężyna lub
 krzywka pulsacji, 4 - wahacze, 5 - mechanizm obrotu

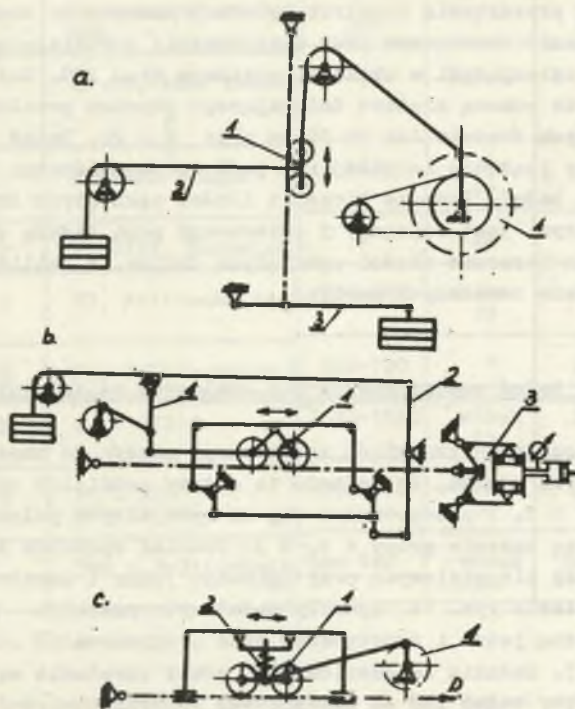


Rys. 10. Maszyna grupy A.423
typu NPI - ZSRR

1 - uchwyty, 2 - jarzmo, 3 -
regulator naciągu, 4 - wymienne
segmenty, 5 - resor

posiadać wykładzinę. Uchwyt 1 górny związany jest z resorem 5, a uchwyt 1 dolny przymocowany jest do konstrukcji jarzma 2 wprowadzonego w ruch za pomocą mechanizmu korbowego. Dolny koniec jarzma zakreśla łuk o promieniu R , a dolny koniec liny łuk o promieniu r , przy czym R dużo większe od r . W wyniku tego w obydwu skrajnych położeniach lina jest bardziej naciągnięta niż w położeniu środkowym. W ten sposób powstaje w linie pulsacja. Naciąg w linie reguluje się regulatorem 3.

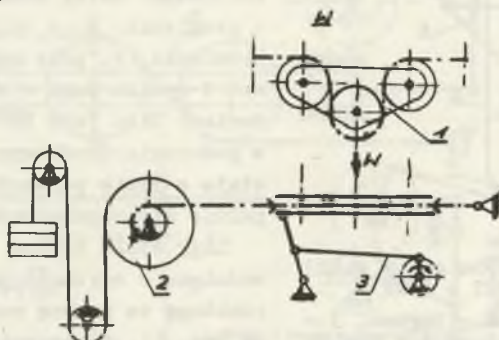
Liny stałe (nośne kolejek linowych prowadnicze w szybach) bada się na zginanie punktowe za pomocą maszyn przedstawionych na rys. 11. W maszynie na rys. 11a (Austria) po stałym odcinku liny porusza się wózek dwukołowy ciągniony przez napęd korbowy za



Rys. 11. Maszyny grupy B. 2

a - stosowana w Austrii, b - stosowana w ZSRR typ LPI Leningrad, c - stosowana w Niemczech
1 - wózek z kołami roboczymi, 3 - mechanizm napinający, 4 - napęd korbowy, 2 - docisk wózka

pomocą liny. Wózek dociskany jest do badanej liny ciężarem. W dół porusza się pod wpływem ciężaru własnego. Podobną maszynę przedstawia rys. 11b i c. Lina napinana jest z jednej strony śrubą, a z drugiej mechanizmem hydraulicznym [9, 10].



Rys. 12. Maszyna grupy A. 2.2 konstrukcji IMG Politechniki Śląskiej
1 - wózek z kołami roboczymi, 2 - mechanizm napinający, 3 - napęd korbkowy

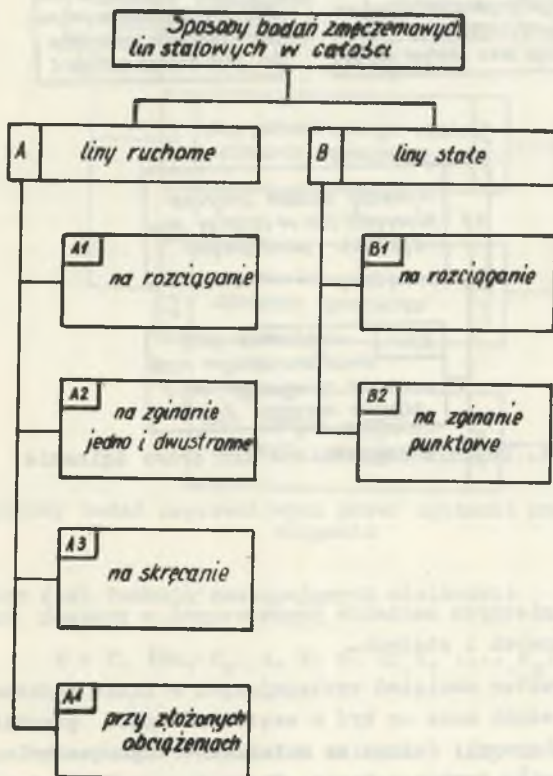
Rys. 12 przedstawia konstrukcję nowej maszyny do badania lin stalowych przez zginanie dwustronne przy zastosowaniu poruszającego się wózka z trzema kołami zginającymi w układzie poziomym typu IMG. Naciąg w linie uzyskuje się za pomocą ciężaru działającego poprzez przełożenie kołowe. Zakres badanych średnic lin do 32 mm przy $\frac{D}{d} = 20$. Napęd korbkowy. Zaletą tej maszyny jest to, że cała lina jest dobrze widoczna oraz łatwo dostępna podczas badań. Podczas liczenia ilości pękniętych drutów wózek z kołami zginającymi jest odpinany i przesuwany poza badaną strefę liny, co bardzo ułatwia liczenie ilości pękniętych drutów. W tabelicy 1 zestawiono dane techniczne omawianych maszyn.

3. Sposoby badań zmęczeniowych lin stalowych na zginanie w całości

Z przytoczonego przeglądu konstrukcji maszyn do zmęczeniowego badania lin stalowych wynika, że badania te możemy podzielić wg rys. 13. Badania grupy A. 1 i B. 1 przeprowadza się na specjalnych pulsatorach. Najczęściej stosowane są badania grupy A 2, B 2. Podział sposobów badań wytrzymałości zmęczeniowej lin stalowych przy zginaniu jedno i dwustronnym oraz punktowym przedstawia rys. 14. Sposoby badań wytrzymałości zmęczeniowej lin przy zginaniu jedno i dwustronnym oraz programowanym rozciągami przedstawia rys. 15. Badania zmęczeniowe lin przez skręcanie są słabo rozwinięte. Różne sposoby badań lin są następstwem różnych obciążeń liny podczas jej eksploatacji (dąży się do zbliżenia warunków laboratoryjnych do eksploatacyjnych). Lina podczas pracy poddawana jest obciążeniom:

Dane techniczne maszyn do zmęczeniowego badania lin stalowych w całości przez zginanie

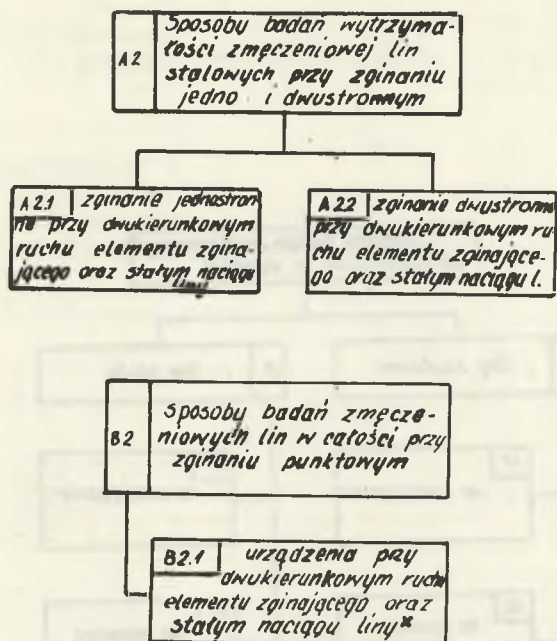
Lp.	Grupa klasyfikacyjna	Nazwa maszyny lub kraj stosowania	Rysunek	Średnica lin mm	$\frac{D}{d}$	Naciąg liny kg	Pulsacja naciągu liny, %	Długość badanej strefy mm	Ilość kół zginających	Średnica kół mm	Liczba ruch. kół lub wózka na min.	Kąt opasania kół (o)	Liczba obrotów liny
1 2 3 4	A. 2.1	ZSRR	3b	do 6,5 6,5-15 15-31 31-65	45 25-45 20-50 25-45	600 5000 19000 76000	- - - -	480 - 14000 2800	1 1 1 1	100-300 150-600 300-1500 1500-3000	60 50 25 20	180 180 180 180	- - - -
5 6	A. 2.1	NRF, Karlsruhe NRF, Bochum	3b	do 20 do 30	40 50	- 20000	- -	2x 1700 2500	1,2 1,2	800 1500	52 24	180 180	- -
7	A. 2.1	Italia	3c	-	-	-	-	-	1,2,3	-	60	180,90,60	-
8 9	A. 2.2 A. 2.2	Żitkow, ZSRR NRF, Stuttgart	5a 5a	6,5-65 -	- -	250-30000 12000	- -	570-3420 -	3 3	500-3000 -	86-34 88	2x90 + 180 2x90 + 180	- -
10	A. 2.2	UGL, AGH Kraków	5d	5-16	-	-	-	1000	2,3	-	-	-	-
11	A. 2.2	MECFAXB, Belgia	6a	10-20	30,20,15	0-6000	-	120-1000	2	100-500	-	-	-
12	A. 2.2	Uniwersytet Alabama USA	6b	do 15	20	-	-	-	3	300	-	3x180	-
13	A. 4	NW-20, AGH, Kraków	7a	do 20	20	0-5000	zależnie od sprężyny	2700	4	do 400	7,5-60	0-90	0,5-4
14	A. 4	MECFAXI Belgia	7b	5-30	30,20,15	0-20000	-	-	3	100-500	15,30, 60	-	4,2,1
15	A. 4.1.2	P1-GIG1, Katowice	8b	do 44	30	10000-35000	± 10%	1800	1	-	46	60	-
16	A. 4.2.2	P2, Politechnika Śl.	9a	do 16	30	do 5000	+ 25%	400	2	300-480	wózek 30	2x62	-
17	A. 4.2.2	P3, Politechnika Śl.	9b	do 28	30	do 12000	+ 25%	800	2	480-720	"	2x62	z obrotem
18	A. 4.2.2	P4 - GIG 2	9c	40-62	30	13000-66000	+ 25%	2000	2	1320-1860	wózek 15	2x62	z obrotem
19	A. 4.2.2	P5 - GIG 3	9d	12-20	30	1000-5000	+ 25%	560	2	390-570	wózek 30	2x67	z obrotem
20	A. 2.2	IMG - Politechnika Śl.	12	do 32	20	do 16000	-	2000	3	max 640	wózek 30	2x90x180	-



Rys. 13. Badania zmęczeniowe lin stalowych w całości

x) Przez pojęcie stałego naciągu liny przyjmuje się umownie siłę w linie wywołaną mechanizmami napinającymi (ciężar, sprężyny, cylindry hydrauliczne i powietrzne). W praktyce jednak w wyniku kinematyki pracy maszyn do zmęczeniowego badania lin nie ma stałego naciągu w linie mimo, że obciążenie zewnętrzne jest stałe. Występuje w linie niezamierzona pulsacja siły.

xx) Przez programowane obciążenie dynamiczne liny rozumie się zamodelowany dowolny ich przebieg zarówno w zakresie liczby cykli, jak i wielkości amplitud.

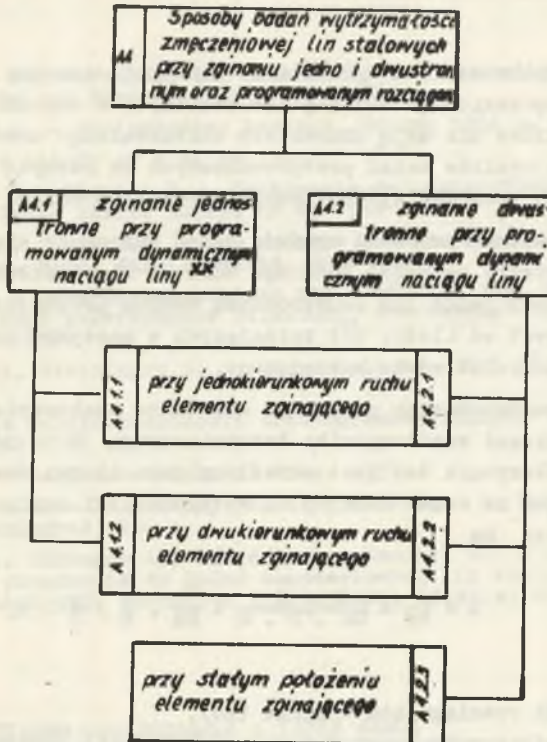


Rys. 14. Badania zmęczeniowe lin przez zginanie

- wzdłużnym,
- zginającym,
- skręcającym,
- zgniatającym od zmiennych nacisków poprzecznych w rowkach kół i bębnow oraz krążków ruchomych i stałych.

W ogólności charakter obciążeń występujących w linie podczas jej pracy jest przypadkowy, jednak może on być w części dźwignic przybliżony przebiegami okresowo zmiennymi. Jednym ze wskaźników zagrożenia liny jest szybkość narastania pęknięć drutów w linie. Miernikiem zagrożenia jest kąt nachylenia stycznej do krzywej przedstawiającej ilość pęknięć w funkcji czasu. Określenie przebiegu krzywej aż do całkowitego zniszczenia liny jest możliwe przez zastosowanie jednego ze sposobów badań przy zastosowaniu odpowiedniej maszyny zmęczeniowej. W maszynach tych w celu skrócenia czasu badań zaostrza się parametry badań laboratoryjnych w odniesieniu do występujących podczas eksploatacji lin.

Z obserwacji ruchowych oraz analizy sposobów badań lin wynika, że wytrzymałość zmęczeniowa lin jest funkcją wielu zmiennych, które można podzielić na czynniki zewnętrzne i wewnętrzne. Trwałość liny jest rozumiana jako liczba przegięć jedno lub dwustronnych, którą w danych warunkach może doznać lina aż do zniszczenia.



Rys. 15. Sposoby badań zmęczeniowych przez zginanie oraz programowanym rozciąganiu

Trwałość liny jest funkcją następujących wielkości:

$$N = f_1 (R_m, \sigma_r, d, D, \delta, E, k_1 \dots k_n) \quad (1)$$

gdzie:

- R_m - wytrzymałość nominalna materiału liny na rozrywanie (kg/mm^2),
- σ_r - naprężenie rozciągające w linie (kg/mm^2),
- D, d, δ - średnica krążka zginającego, liny oraz drutu (mm),
- E - moduł sprężystości liny (kg/mm^2),
- $k_1 \dots k_n$ - współczynniki uwzględniające dodatkowe czynniki materiałowe, technologiczne i eksploatacyjne, takie jak: budowa liny, sposób zwicia, ilość drutów, jednorodność materiału drutów (gołe lub pokryte warstwą ochronną), smarowanie liny, temperatura liny, stopień skorodowania, kształt, promień i materiał rowka linowego, kierunek oraz kąt zginania.

Równanie 1 sprowadza się do postaci uproszczonej (dla danej budowy lin)

$$N = f (R_m, \sigma_r, d, D) \quad (2)$$

4. Wnioski

1. Przeprowadzona analiza wykazała, że istnieje znaczna ilość typów maszyn do zmęczeniowego badania lin stalowych w całości o różnych parametrach, które nie mają charakteru uniwersalnego oraz nie pozwalają na porównanie wyników badań przeprowadzanych na różnych maszynach; stąd zachodzi konieczność ujednoczenia parametrów badań.
2. Dla umożliwienia porównań wyników badań proponuje się określanie na długości strefy zginanej badanego odcinka liny dokładnej ilości przebiegów umownych jedno lub dwustronnych według propozycji Woernlego. Zależne to jest od ilości kół zginających w maszynie oraz od wielkości przesuwu liny lub wózka zginającego.
3. W celach porównawczych proponuje się także zachowanie dla danej maszyny zmęczeniowej współczynnika bezwymiarowego B o odpowiednich granicach. Współczynnik ten jest określony jako iloraz średniego umownego nacisku liny na rowek koła p i wytrzymałości nominalnej drutów na rozrywanie liny Rm

$$B = \frac{p}{R_m} = \frac{2 \cdot S}{R_m \cdot D \cdot d} = \frac{\sigma_r}{R_m} \cdot \frac{d}{D} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot k,$$

gdzie:

S - siła rozciągająca w linie (kG),

k - współczynnik uwzględniający wypełnienie materiałem przekroju poprzecznego liny.

4. Proponuje się także zastosowanie w nowo konstruowanych urządzeniach zmęczeniowych hydrauliki siłowej do uzyskiwania naciągu badanej liny oraz napędu zespołu krążków zginających lub liny.
5. Podczas badań zmęczeniowych lin stalowych istotny jest także dobór liczby cykli i obciążenia rozciągającego ze względu na nagrzewanie się liny.

LITERATURA

1. Müller H. - Das Verhalten der Drahtseile bei Wechselbeanspruchungen. Deutsche Hebe und Fördertechnik. Luty 1962 r.
2. Buksztejn M.A. - Proizvodstvo kanatow. Moskwa 1954 r.
3. Sb. Stalnyje kanały nr 4 Kijew 1967.
4. Wiszniewski O., Niemiec W. - Urządzenie do zmęczeniowego badania lin stalowych. Prace ZKMPW. Zeszyt nr 61 1968 r.
5. Gambrell I.R., Case R.O. - New machine for accelerated fatigue tests of wire rope. Wire. Wire Products. June 1968.
6. Popowicz O. - Dauerbiegemaschinen zur Prüfung der Förderseile bei konstanter oder pulsierender Belastung. Freiburger Forschungshefte. A 117. Juni 1959.
7. Kowalczyk J., Steininger Z. - Liny stalowe. Wyd. Śląsk. Katowice 1963.
8. Исследование работоспособности триехграннопрядных канатов ТКЛК. Горный Журнал 1970 nr 1.
9. Czitary E. - Seilschwebbahnen. Wien. 1951.
10. Dukielskij A.J. - Podwiesznyje kanatnyje darogi i kabielnnyje krany. Moskwa - Leningrad 1966 r.
11. Antoniak J., Carbogno A., Lutyński A., Osadnik J. - Opracowanie dokumentacji urządzenia do badań zmęczeniowych lin stalowych cz.I. Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej Gliwice 1970 r.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ А ТАКЖЕ МАШИН
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТАЛОСТИ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ В ЦЕЛОМ

Р е з ю м е

В статье обсуждено способы исследований стальных канатов в целом относительно их прочности на усталость а также сделан просмотр имеющихся в литературе решений конструкции машин для исследования усталости канатов.

THE CLASSIFICATION OF INVESTIGATION METHODS AND OF MACHINES
FOR FATIGUE TESTS OF WHOLE STEEL CABLES

S u m m a r y

The article systematizes the methods of testing whole steel cables for fatigue resistance and reviews the available literature dealing with the construction of machines for such tests.