

Alfred CARBOGNO, Jan CZAJA

BADANIE MOMENTU ODKRĘTNEGO LIN WYCIĄGOWYCH DWUWARSTWOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych momentu odkrętnego lin wyciągowych wyrównawczych okrągłych dwuwarstwowych typu GIG, określając ich współczynnik odkrętności. Wyniki badań porównano z obliczeniami teoretycznymi.

1. WSTĘP

Liny wyrównawcze okrągłe powinny cechować się jak najmniejszym momentem odkrętnym wyrażanym poprzez współczynnik odkrętności z uwagi na ich swobodny zwis w szybie. W tym celu stosuje się liny o kilku warstwach splotów. W kraju jako podstawowe liny wyrównawcze stosuje się liny dwuwarstwowe typu GIG (rys. 1), splotowe z rdzeniem organicznym według BN-69/1727-04. W linach tych wewnętrzna warstwa współzwita, wykonana z 6 splotek okrągłych, nawinięta jest w lewo, a zewnętrzna warstwa przeciwwzita z 12 splotek okrągłych nawinięta jest w prawo. Dla pewnych zakresów średnic lin konstrukcje splotów są jednakowe.



Rys. 1. Przekroje poprzeczne najczęściej stosowanych w kraju lin wyrównawczych okrągłych dwuwarstwowych typu GIG

2. TEORETYCZNE OBLICZENIE WSPÓŁCZYNNIKA ODKRĘTNOŚCI

Stosuje się różne metody obliczenia teoretycznego momentu odkrętnego liny. W kraju przyjęła się metoda obliczenia tego momentu w oparciu o

orzyjęcie rozkładu sił działających na splotkę lub drut w splotce jak na linię śrubową o dużym skoku zwicia [1, 2]. Zakłada się, że siła rozciągająca linię rozkłada się proporcjonalnie do powierzchni przekroju poprzecznego drutów i splotów w linii. Wywołuje ona siłę działającą wzdłuż osi drutu lub splotu oraz siłę działającą stycznie do przekroju elementów linii, wywołującą moment odkrętny. W obliczeniach teoretycznych przyjmuje się dodatkowe założenia upraszczające: brak tarcia wewnętrznego w linii, w drutach linii nie występują naprężenia własne, przekroje odcinków elementów linii nie doznają żadnych przemieszczeń skrętnych, pomija się deformację soredzystą i plastyczną w miejscach krzyżowania się drutów w linii. Wzór ogólny na obliczenie momentu odkrętnego linii dwuwarstwowej typu GIG ma postać [3]:

$$M = M_2 - M_1 = m_2(M_{s2} - M_{d2}) - m_1(M_{s1} + M_{d1}). \quad (1)$$

gdzie:

M_1, M_2 - momenty odkrętno wewnętrznej i zewnętrznej warstwy splotów w linii.

M_{s1}, M_{s2} - momenty odkrętno jednego splotu w poszczególnych warstwach,

M_{d1}, M_{d2} - momenty odkrętno drutów w splotce danej warstwy.

m_1, m_2 - liczba splotek w wewnętrznej i zewnętrznej warstwie linii.

W przypadku linii typu GIG po wykorzystaniu ich parametrów geometrycznych wzór (1) przyjmie postać:

$$M = M_2 - M_1 = m_1 \left[P_s (2R_2 \operatorname{tg} \beta_2 - R_1 \operatorname{tg} \beta_1) - 3P_1 r_1 (n_1 + 2n_2) \operatorname{tg} \alpha_1 \right]. \quad (2)$$

gdzie:

n_1, n_2 - liczba drutów w pierwszej i drugiej warstwie splotu,

r_1, α_1 - promień i kąt zwicia drutu w warstwie splotu,

$R_1, R_2, \beta_1, \beta_2$ - promienie i kąty zwicia splotów w warstwach linii.

P_1, P_s - obciążenie rozciągające linię, przypadające na jeden drut i splot w linii.

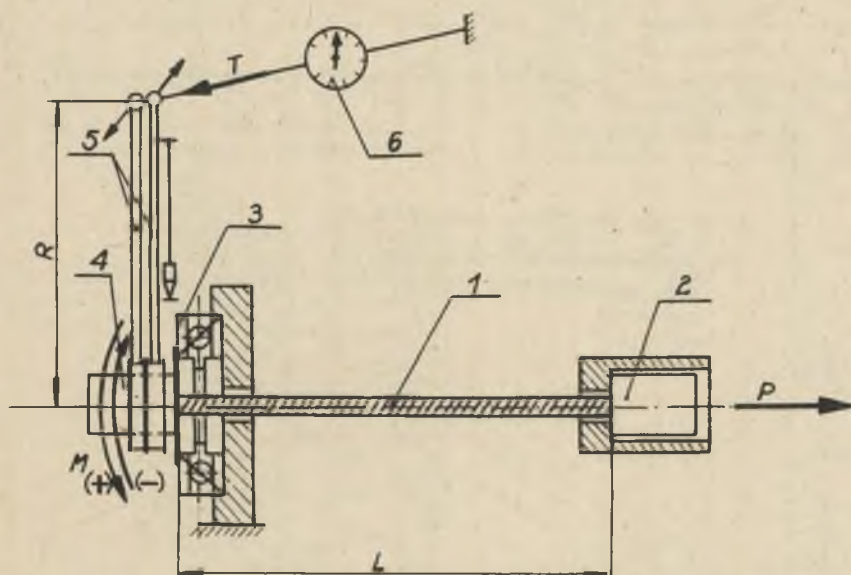
Po wstawieniu do wzoru (2) danych konstrukcyjnych typoszeregu linii GIG otrzymuje się zależności M w funkcji średnicy drutów δ oraz siły rozciągającej linię P , które podano w poniższej tabeli. Wyniki szczegółowych obliczeń M i k_t dla linii typu GIG według powyższych zależności podano w pracy [3]. Z powyższego wynika, że zależność pomiędzy momentem odkrętnym M a siłą rozciągającą linię P jest liniowa i wynosi:

$$M = k_t \cdot P \cdot Nm \quad (3)$$

Konstrukcja liny	Zakres średnicy d , mm	Moment odkrętny M , Nm	Współczynnik odkrętności liny k_t , mm
18 x 7 + Ao	25 - 32	0,5858 · δ · P	0,5858 · δ
18 x 12 + Ao	34 - 44	0,7596 · δ · P	0,7596 · δ
18 x 16 + Ao	46 - 60	0,8548 · δ · P	0,8548 · δ
18 x 19 + Ao	62 - 75	0,8998 · δ · P	0,8998 · δ

3. BADANIA LABORATORYJNE MOMENTU ODKRĘTNEGO

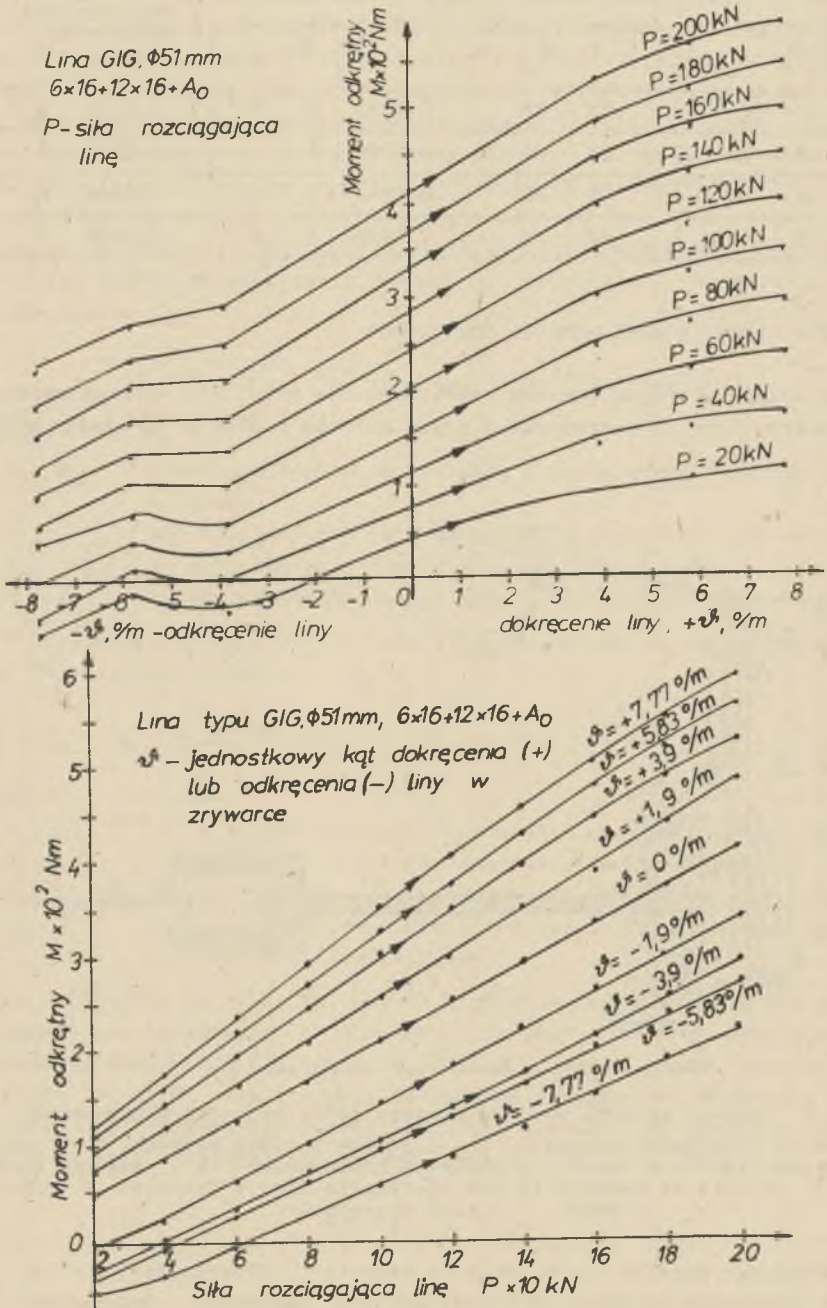
Badania laboratoryjne momentu odkrętnego lin typu GIG przeprowadzono według metody (rys. 2) opracowanej przez autorów w 1969 r. [1], którą obec-



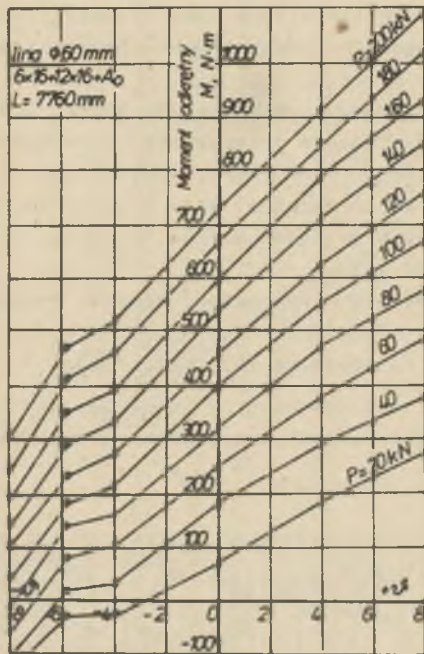
Rys. 2. Schemat sposobu pomiaru momentu odkrętnego lin wyciągowych

1 - lina, 2 - cylinder zrywarki, 3 - wzdłużne łożysko kulkowe, 4 - tuleja stożkowa liny, 5 - rączki mechanizmów zapadkowych (R - ramiona dynamometru), służące do dokręcania lub odkręcania liny w zrywarce, 6 - dynamometr, T - siła dynamometru

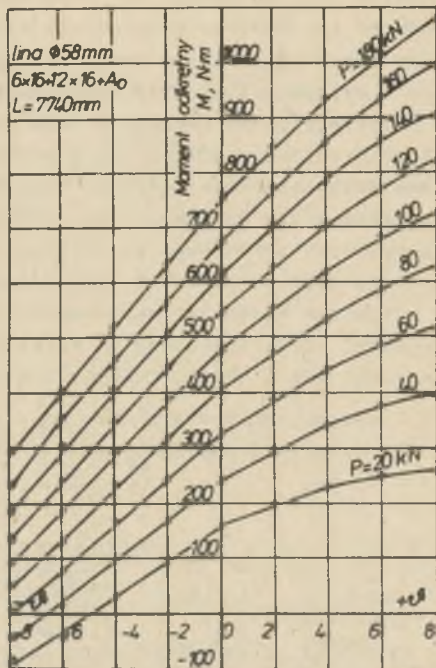
nie powszechnie stosuje się w kraju do badania odkrętności lin, np. w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach i w Zakładzie Doświadczalnym "Cuprum" w Lubinie. Istota pomiaru polega na wykorzystaniu zrywarki do lin przez zastosowanie wzdłużnego łożyska kulkowego, poprzez które jeden



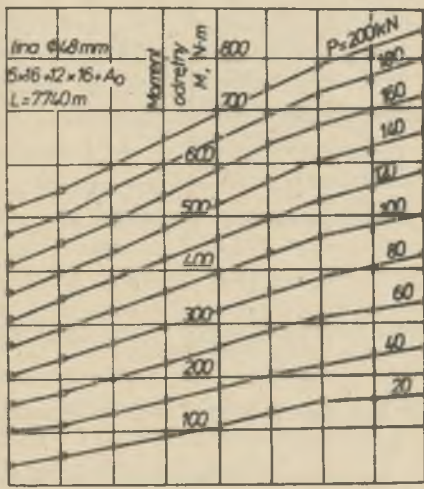
Rys. 3. Doświadczalne zależności momentu odkrętnego liny typu GIG $\phi 51$ mm od jej obciążenia P przy różnym stopniu dokręcenia i rozkręcenia liny w zrywarcie



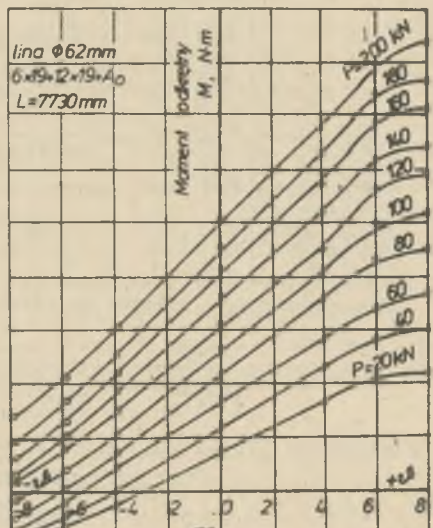
$-\theta^{\circ}/\text{m}$ rozkręcenie liny dokręcenie liny, $+\theta^{\circ}/\text{m}$



$-\theta^{\circ}/\text{m}$ rozkręcenie liny dokręcenie liny, $+\theta^{\circ}/\text{m}$



$-\theta^{\circ}/\text{m}$, rozkręcenie liny dokręcenie liny, $+\theta^{\circ}/\text{m}$



$-\theta^{\circ}/\text{m}$, rozkręcenie liny dokręcenie liny, $+\theta^{\circ}/\text{m}$

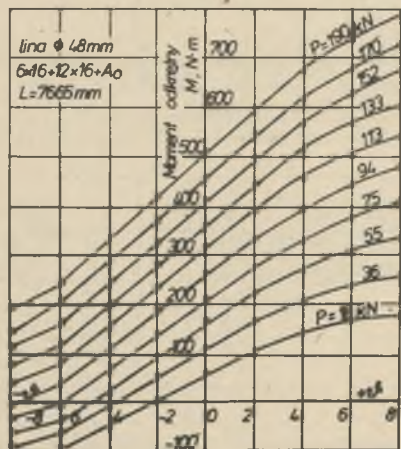
Rys. 4. Doświadczalne zależności momentu odkrętnego lin typu GIG od ich obciążenia i stopnie skręcenia liny w zrywarce

koniec liny mocowany jest w uchwycie zrywarki. Podczas rozciągania liny koniec ten dąży do rozkręcania się. Uchwycenie tego końca dynamometrem zamocowanym do ramienia pozwala na bezpośredni pomiar momentu odkrętnego liny w zależności od siły rozciągającej.

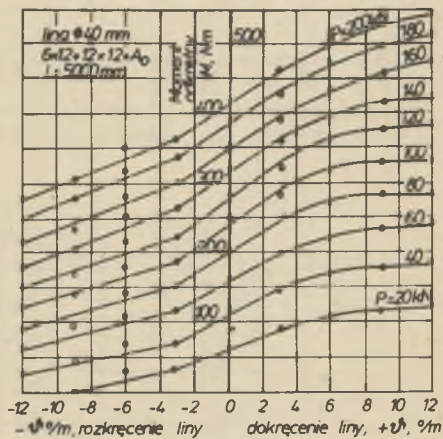
Wpływ stopnia skręcenia liny realizowany jest przez dokręcenie lub odkręcenie liny o pewien kąt w zrywance. Ramiona dynamometru są elementami dwu mechanizmów zapadkowych o przeciwnych kierunkach działania; jedna zapadka służy do dokręcania, a druga do odkręcania liny w zrywance. Brak uchwycenia obrotowego końca liny w zrywance dynamometrem pozwala na pomiar swobodnych obrotów liny w funkcji siły.

Podczas badań lin wyrównawczych okrągłych wyznaczono komplet charakterystyk, które pozwalają na określenie własności liny pod względem jej stopnia odkrętności. Charakterystyki te obejmują zależności [4]:

- a - momentu odkrętnego liny od siły rozciągającej i odciążającej przy różnym stopniu dokręcenia i odkręcenia liny w zrywance $\pm \varphi$ (rys. 3, 4, 5),

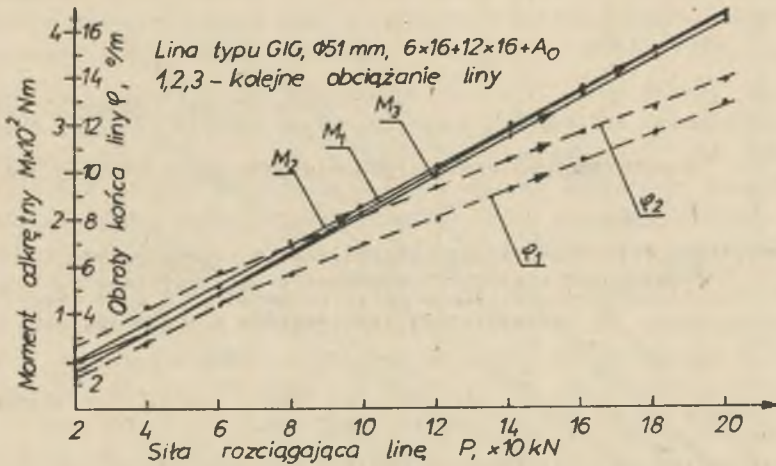


$-\varphi$ %m rozkręcenie liny dokręcenie liny, $+\varphi$ %m



Rys. 5. Doświadczalne zależności momentu odkrętnego lin typu GIG od ich obciążenia i stopnia skręcenia liny w zrywance

- b - momentu odkrętnego liny przy normalnym jej stanie $\varphi = 0^\circ$ i kolejnym jej obciążeniu i odciążeniu (rys. 6),
- c - swobodnych obrotów φ końca liny w zrywance w zależności od obciążenia (rys. 6),
- d - sztywność liny na skręcanie przy unieruchomionych jej końcach,
- e - odkształceń wzdłużnych i modułu sprężystości liny.



Rys. 6. Doświadczalne zależności momentu odkrętnego M oraz swobodnych obrotów φ końca liny w zrywarkę liny typu GIG $\phi 51$ mm podczas jej kolejnych rozciągnięć w zrywarkę

Badania zależności $M = f(P)$ przeprowadzono przy lince założonej do zrywarki w stanie zwicia, jaki miała po zalaniu w tuleje stożkowe, stan ten przyjęto jako zerowy, czyli $\varphi = 0^\circ$. Podczas badań odcinki lin dokręcano do $+60^\circ$ co 15° , następnie liny sprowadzono do stanu skręcenia przyjętego za zero i w dalszej kolejności liny rozkręcano do -60° co 15° . Długość odcinków badanych lin wynosiła średnio $L = 7720$ mm jednego odcinka liny $\phi 40$ mm $L = 5000$ mm.

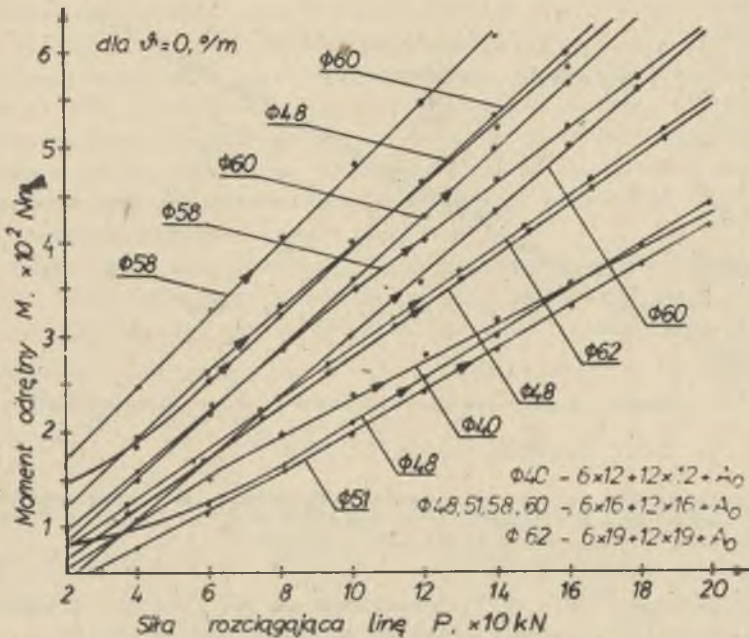
W celu ujednoczenia współrzędnych pomiarowych wielkości dokręceń i odkręceń lin wyrażano wartościami jednostkowego kąta skręcenia liny na metr bieżący φ°/m . Dla każdego stanu skręcenia liny rejestrowano zależności $M = f(P)$ dla danego φ°/m . Po takiej serii badań przeprowadzono pomiary obrotów końca liny w zależności od siły P przy swobodnie obracającym się końcu liny znajdującym się po stronie łożyska kulowego. Z uwagi na obojętność badań graficznie przedstawiono część wyników badań dotyczących tylko punktu a i b dla obciążenia liny jako przypadku najważniejszego. Wyniki badań przedstawiono na rys. 3 do 7.

Na podstawie wykresów można stwierdzić, że dla celów praktycznych można przyjąć liniowe zależności pomiędzy momentem odkrętnym liny M , a siłą rozciągającą P , czyli:

$$M = k_d P, \text{ Nm} \quad \text{skąd} \quad k_d = \frac{M}{P}, \text{ m} \quad (4)$$

gdzie:

k_d - współczynnik odkrętności liny wyznaczony doświadczalnie



Rys. 7. Doświadczalne zależności momentu odśrodkowego lin typu GIG od ich obciążenia dla umownie zerowego stanu skręcenia liny

oraz w pewnym zakresie zależność liniową momentu odśrodkowego M od jednostkowego kąta skręcenia liny ψ , czyli $M = f(\psi)$. Również dla celów praktycznych można przyjąć liniową zależność obrotów swobodnego końca liny od siły P , czyli $\varphi = f(P)$.

Różne nachylenia prostych dla lin tych samych średnic lecz różnych odcinków na rys. 7 wynikają z różnego stanu zwicia lin, jakie otrzymano po ich zalaniu w tuleje stożkowe (nieumyślnie nieznaczne dokręcenie lub odskręcenie końców liny), a który to stan zwicia lin po zalaniu przyjmowano jako stan zerowy skręcenia liny.

4. WNIOSKI

1. Dla lin wyrównawczych okrągłych dwuwarstwowych typu GIG można przyjąć liniową zależność momentu odśrodkowego M oraz swobodnych obrotów φ końca liny od siły rozciągającej P .

Przy kolejnych obciążeniach i odciążeniach tego samego odcinka liny otrzymano wysoką powtarzalność liniowej zależności $M = f(P)$ i $\varphi = f(P)$.

2. Można przyjąć również liniową zależność momentu odkrętnego $M = f(P)$ dla różnego stanu skręcenia liny w zrywarcie w zakresie kątów jednostkowego skręcenia $\varphi^0 = (+7,8 \text{ do } -5,83)^0/\text{m}$.

3. Dla zależności momentu odkrętnego $M = f(\varphi^0)$ przy różnej sile rozciągającej linę P liniową zależność można przyjąć dla jednostkowych kątów skręcenia liny $\varphi^0 = (+4 \text{ do } -4)^0/\text{m}$, czyli praktycznie dla możliwych do wystąpienia podczas eksploatacji lin w szybach zmiennych stanów skręcenia spowodowanych zmianą ciężaru własnego liny podczas jej ruchu. Zmiana stanu skręcenia liny w szybie wystąpi szczególnie przy niesprawnym obrocie jej zawieszach, np. zatartych łożyskach kulkowych.

4. Z przeprowadzonych badań lin typu GIG wynika, że współczynnik odkrętności k_d przy zerowym, tzn. podstawowym stanie skręcenia liny wynosi odpowiednio dla lin $\varnothing 48 \text{ mm} - k = 2,0-2,7 \text{ mm}$, $\varnothing 40 \text{ mm} - k = 1,5-2,5 \text{ mm}$, $\varnothing 51 \text{ mm} - k = 2,1-2,3 \text{ mm}$, $\varnothing 58 \text{ mm} - k = 2,8-4,2 \text{ mm}$, $\varnothing 60 \text{ mm} - k = 3,2-3,6 \text{ mm}$, $\varnothing 62 \text{ mm} - k = 2,3-2,7 \text{ mm}$.

5. Z badań wynika, że współczynniki odkrętności lin typu GIG wyznaczone doświadczalnie k_d są znacznie większe od współczynników odkrętności obliczonych teoretycznie k_t i wynoszą $k_d = (1,5-2,5)k_t$, średnio można przyjąć $k_d = 2k_t$.

6. Ogólnie można stwierdzić, że badania laboratoryjne potwierdziły liniowy charakter zależności momentu odkrętnego M od siły rozciągającej linę P , czyli $M = kP$ dla lin wyciągowych dwuwarstwowych, jak to już uprzednio stwierdzono dla lin wyciągowych jednowarstwowych. Zaznacza się, że tę liniową zależność można przyjmować dla zerowego stanu skręcenia lin oraz dla zakresów pewnych wartości jednostkowych kątów skręcenia lin w szybie, np. $(+4 \text{ do } -4)^0/\text{m}$.

LITERATURA

- [1] Carbogno A.: Badanie stopnie odkrętności lin owalnosplotowych $\varnothing 63$ i $\varnothing 62 \text{ mm}$. Politechnika Śląska, Katedra Mechanizacji Górniczo. Sprawozdanie z badań. Gliwice, marzec 1970.
- [2] Carbogno A.: Moment odkrętny liny wyciągowej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górniczo, z. 52, Gliwice 1972.
- [3] Carbogno A., Konieczny S.: Liny wyrównawcze okrągłe nieodkrętnie. Mechanizacja i Automatyzcja Górniczo, 1978 Mr 11 (120).
- [4] Carbogno A., Czaja J.: Badania mechanicznych własności lin wyrównawczych okrągłych. Praca NB-82/RG-2/78, etap II, cz. 2, Instytut Mechanizacji Górniczo Politechniki Śląskiej. Gliwice, listopad 1979.

Recenzent: Doc. dr inż. Karol Reich

Wpłynęło do Redakcji 20.07.1981 r.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОМЕНТА ОТКРУТКИ ДВУХСЛОЕВЫХ ПОДЪЕМНЫХ КАНАТОВ

Р е з ю м е

В работе представлены результаты лабораторных исследований момента открутки уравнительных круглых двухслойных подъемных канатов типа GIG, при определении их коэффициентов отвинчивания. Результаты исследований сопоставляются с теоретическими расчетами.

THE TESTING OF DOUBLE LAYERED HOISTING ROPES UNWINDING MOMENT

S u m m a r y

The paper presents the results of laboratory tests concerning the unwinding moment in round equalizing double layered hoisting ropes of GIG type, simultaneously defining their unwinding index. The tests results have been compared to theoretical calculations.