

*Mariusz Szot*

## **WPLYW NIERÓWNOŚCI SZTYWNEGO PROWADZENIA NACZYŃ NA ZMIANĘ OBCIĄŻEŃ LIN WYCIĄGOWYCH – METODYKA BADAŃ, WYPOSAŻENIE APARATUROWE**

### **Streszczenie**

W praktyce kontrola i diagnostyka wyciągów szybowych polega przede wszystkim na badaniu prostoliniowości torów prowadzenia naczyń, w celu określenia miejsc w szybach, w których występują nierówności tych torów. Badania zmian obciążeń lin wyciągowych prowadzone są w ograniczony sposób z uwagi na brak dostępnej aparatury badawczej. Nie wykonywano dotychczas równoczesnych badań prostoliniowości torów prowadzenia naczyń i zmian obciążeń lin wyciągowych nośnych, które umożliwiałyby ustalenie współzależności między tymi zmianami.

W artykule przedstawiono dotychczas stosowane sposoby obliczania zmiany obciążeń lin wyciągowych, przyczyny powstawania nierówności torów prowadzenia naczyń i metodę kontroli tych nierówności.

Stosowane dotychczas układy do pomiaru obciążeń lin wyciągowych są układami stacjonarnymi przystosowanymi do badań w konkretnym wyciągu szybowym. Zaprezentowane urządzenie do pomiaru obciążeń lin wyciągowych opracowano w GIG i będzie ono wykorzystane do badań przemysłowych. Opracowana metodyka pomiarów umożliwi weryfikację teoretycznych zależności, co będzie stanowiło następny etap prac badawczych.

### **Influence of irregularities of stiff guidance of shaft conveyances on the change of hoisting rope loading – methodology of testing, measuring equipment**

#### **Abstract**

In practice, the control and diagnosis of mine hoists relies, first of all, on checking the rectilinearity of conveyance guiding tracks, with the aim to find the locations in the shafts, in which the irregularities of these tracks are present. The examination of changes of hoisting rope loading is performed to limited extent because of the lack of availability of measuring equipment. So far the simultaneous examination of rectilinearity of conveyance guiding tracks, and of the changes of hoisting rope loading, with the aim to determine the interrelation between these changes, has not been performed. The paper presents the methods used until now in computing the changes of hoisting rope loading, the causes of origination of irregularities of conveyance guiding tracks, and the method to control these irregularities. The systems used up to now in measurements of loading of hoisting ropes are stationary ones, adapted to testing in a specified shaft hoisting machine.

The presented measuring apparatus for measuring the loads of hoisting ropes was developed at the Central Mining Institute, and it is to be used in measurements in industrial conditions. The developed measuring methodology will make possible to verify the theoretical relationships, which is to be the next phase of research.

## **1. WSTĘP**

Do ważnych elementów górniczych wyciągów szybowych zalicza się prowadzenie naczyń i liny wyciągowe. Prowadzenie naczyń, podobnie jak inne elementy,

w miarę upływu czasu eksploatacji ulega zużyciu; następuje zmiana geometrycznych parametrów takich, jak nieliniowość ciągów i zmiany odstępów między naprzeciwległymi przewodnikami. Zmiany te oddziałują na układ naczynie – zbrojenie, powodując losowo zmienne obciążenia elementów wyciągu, w tym również na obciążenia lin wyciągowych. Ma to więc bezpośredni wpływ na warunki pracy lin, ich trwałość i niezawodność. Z badań przeprowadzonych w RPA wynika, że niekorzystny dla trwałości lin jest zakres zmienności siły (statycznej i dynamicznej) w linie, przekraczający 15% nominalnej siły zrywającej linę.

Przyczyny różnej trwałości lin, wykonanych przez tego samego producenta i pracujących w tym samym wyciągu szybowym, można wyjaśnić na podstawie określenia wpływu stanu prowadzenia naczyni na wielkość i charakter zmian obciążeń lin wyciągowych.

Na naczynie wyciągowe poruszające się wzdłuż ciągów przewodniczych działa w każdej chwili układ sił, którego wypadkowa zależy od fazy ruchu wyciągu szybowego.

W celu całościowego przedstawienia zjawisk występujących w czasie ruchu naczynia wyciągowego należy uwzględnić kolejne fazy jego pracy, tzn: rozruch, jazdę ustaloną, hamowanie, załadunek, rozładunek.

Pierwszą fazą jest opuszczanie naczynia wyciągowego, które początkowo zwiększa swoją prędkość, następnie porusza się ze stałą prędkością, by w końcu zmniejszyć prędkość do zera. Druga faza ruchu naczynia to postój, w czasie którego następuje załadunek naczynia. W trzeciej fazie pracy, tak jak w przypadku opuszczania naczynia, następuje ruch jednostajnie przyspieszony, następnie ustalony ze stałą prędkością, a w końcu hamowanie naczynia ze stałą wartością opóźnienia.

Przyspieszenie i opóźnienie ruchu zależy od ustalonego cyklu pracy układu wyciągowego i osoby obsługującej. Wartości tych przyspieszeń i opóźnień są rygorystycznie określone w obowiązujących przepisach.

W chwili, gdy koło napędowe zaczyna pracować następuje rozciąganie liny wyciągowej. Przyspieszenie naczynia wyciągowego wzrasta wolniej niż przyspieszenie koła pędnego. Różnica zaczyna się powoli wyrównywać, siła w linie maleje do wartości niezbędnej do rozpoczęcia ruchu z założonym przyspieszeniem. Występują wzdłużne oscylacje powodujące zmiany wartości siły i momentu odkrętu liny.

W czasie załadunku naczynia wyciągowego powstają również zjawiska dynamicznego oddziaływania na linę spowodowane napełnianiem naczynia ładunkiem.

W czasie jazdy naczynia, sztywne przewodniki, elastyczne prowadnice i konieczne luzy między nimi wpływają na poziome ruchy naczynia, powodujące wystąpienie dodatkowych sił w układzie. Przypadkowe nierówności przewodników pobudzają naczynie do drgań poziomych z amplitudą o rozkładzie losowym. Mogą to być powtarzające się cyklicznie nierówności na złączach przewodników, przypadkowe duże nierówności przewodników lub długie nierówności, powodujące wzrost wartości prześwitów i zmianę położenia środka ciężkości naczynia wyciągowego.

W miejscach zwiększonych prześwitów następuje zwiększenie amplitudy drgań poziomych naczynia i związane z tym większe przemieszczenie boczne zawiesia, powodujące zmiany obciążenia lin wyciągowych nośnych.

Dodatkowy wpływ na powstanie zmiany obciążeń lin wyciągowych ma:

- mimośrodowość i eliptyczność koła linowego,
- mimośrodowość zamocowania koła linowego.

Gwałtowną zmianę obciążenia liny wyciągowej powoduje wjazd naczynia w urządzenia hamujące zarówno w położeniu górnym, jak i dolnym naczynia, a także uderzenia naczynia o belki odbojowe.

Przy zmianie parametrów toru prowadzenia naczyń może nastąpić:

- zmniejszenie prześwitu między torami prowadzenia naczyń aż do zakleszczenia naczynia między prowadnikami,
- zwiększenie prześwitu grożące wypadnięciem naczynia z torów prowadzenia naczyń.

Przy zakleszczeniu naczynia podczas jazdy w dół, odciążona lina wyciągowa zaczyna się układać na głowicy naczynia, zwiększając jego ciężar. Dotyczy to zwłaszcza maszyn bębnowych. Po przekroczeniu pewnej granicznej wartości, naczynie może ruszyć gwałtownie w dół, powodując nagłe dynamiczne obciążenie liny wyciągowej.

Podczas jazdy w górę w przypadku zakleszczenia naczynia mogą wystąpić nagłe dynamiczne wzrosty wartości siły w linie wyciągowej. Przy wypadnięciu naczynia wyciągowego z torów prowadzenia naczyń może nastąpić zahaczenie o element szybu, co spowoduje dynamiczny wzrost siły w linie wyciągowej aż do jej zerwania.

Z danych zebranych przez autora wynika, że dotychczas zaistniał jeden taki przypadek w polskim górnictwie [11]. Do wydarzenia tego doszło w 1961 roku w nieistniejącej już kopalni „Zabrze”.

Z omówionych wyżej przykładów wynika, że stan prowadzenia naczynia oraz inne czynniki ruchowe mają istotny wpływ na zmianę obciążenia lin nośnych.

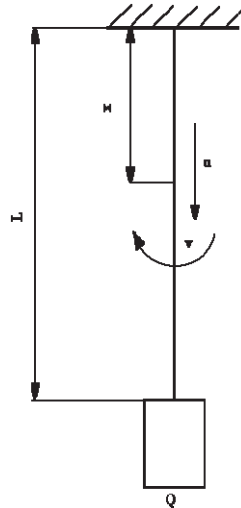
## 2. ROZKŁAD SIŁ W LINIE WYCIĄGOWEJ NOŚNEJ

W linie wyciągowej obciążonej ciężarem  $Q$  powstaje siła osiowa  $P$ , wzdłużne przemieszczenie  $u$ , przemieszczenie skrętne  $v$  i stały moment odkrętu  $M$ . Traktując linę wyciągową jako pręt jednorodny o określonej stałej sztywności [4, 5] obciążenie w dowolnym punkcie liny możemy określić ze wzoru

$$P(x) = Q + q(L - x) \quad (1)$$

gdzie:

- $Q$  – obciążenie końca liny,
- $q$  – ciężar 1 m liny,
- $L, x$  – długości odcinka liny (rys. 1).



Rys. 1. Uproszczony schemat obciążenia liny wyciągowej

Fig. 1. Simplified scheme of hoisting rope loading

Zakładając, że lina jest układem sprężystym o dwóch stopniach swobody, siłę w linie można określić jako związek między odkształceniami [2]

$$\begin{aligned} A \frac{du}{dx} + C \frac{dv}{dx} &= P(x) \\ C \frac{du}{dx} + B \frac{dv}{dx} &= M(x) \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie:

$P(x)$  – uogólniona siła rozciągająca,

$M(x)$  – uogólniony moment skręcający,

$\frac{du}{dx}, \frac{dv}{dx}$  – względne odkształcenie wzdłużne i skrętne przekroju liny,

$A, B, C$  – uogólnione współczynniki sztywności liny określające:

$A$  – sztywność liny przy czystym rozciąganiu,

$B$  – sztywność liny przy czystym skręcaniu,

$C$  – współczynnik wpływu, równy momentowi skręcającemu w linie przy jednostkowym względnym jej wydłużeniu  $\frac{du}{dx} = 1$  i skręceniu  $v = 0$ .

Siłę bezpośrednio nad zawiesiem naczynia wyciągowego można wyznaczyć z zależności przedstawionych w publikacji [3].

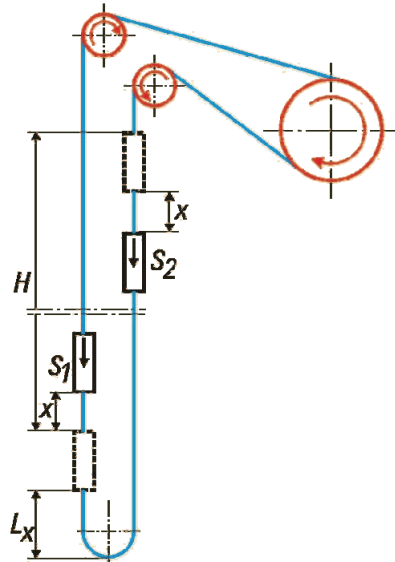
Wartości sił  $S_1$  i  $S_2$ , zgodnie z oznaczeniami na rysunku 2, można opisać następującymi zależnościami:

$$S_1 = [Q_m + Q_u + q_w(x + l_w)](1 + \frac{a}{g}) + Y_1 \quad (3)$$

$$S_2 = [Q_m + q_w(H - x + l_w)](1 - \frac{a}{g}) + Y_2 \quad (4)$$

gdzie:

- $S_1$  – siła w miejscu mocowania do naczynia podnoszonej gałęzi liny,
- $S_2$  – siła w miejscu mocowania do naczynia opuszczanej gałęzi liny,
- $H$  – głębokość ciągnięcia,
- $l_w$  – długość liny wyrównawczej, od naczynia do miejsca nawrotu przy dolnym położeniu naczynia,
- $x$  – droga ruchu naczyń liczona od skrajnego ich położenia,
- $Q_m$  – masa martwa,
- $Q_u$  – masa użyteczna urobku,
- $q_w$  – masa 1 m liny wyrównawczej,
- $Y_1, Y_2$  – szybowe opory ruchu naczyń podnoszonej i opuszczanej gałęzi liny,
- $a$  – przyspieszenie,
- $g$  – przyspieszenie ziemskie.



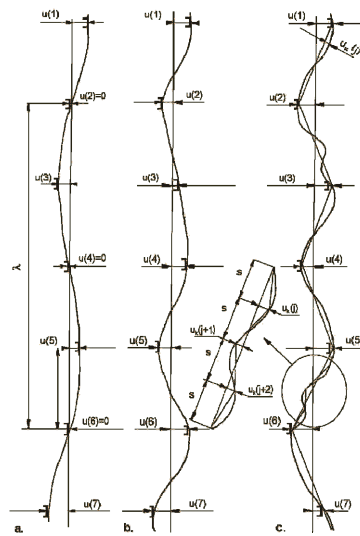
Rys. 2. Schemat jednolinowego urządzenia wyciągowego

Fig. 2. Scheme of a single-rope hoisting machine

Zależności te pozwalają na określenie teoretycznej wartości sił dla różnych warunków pracy urządzenia wyciągowego.

### 3. NIERÓWNOŚCI TORU PROWADZENIA NACZYŃ

Naczynie poruszające się w szybie jest w nim prowadzone wzdłuż przewodników za pomocą prowadnic toczących się po przewodnikach. Prowadniki mocowane są do poziomych belek zwanych dźwigarami szybowymi lub do wsporników kotwionych bezpośrednio do obmurza szybowego. Prowadniki zabudowane są do pionu z pewną dokładnością, co powoduje przesunięcie jednego przewodnika względem drugiego o pewną wartość mierzoną od linii pionowej, w odniesieniu do której miały być montowane prowadniki. Dodatkowo na styku następujących po sobie przewodników mogą wystąpić przesunięcia ich czołowych płaszczyzn. Wskutek źle wykonanego spawania lub niewłaściwego pokrycia galwanicznego, prowadniki mogą także ulec skręceniu, które w pewnym stopniu udaje się zlikwidować podczas ich montażu w szybie. Przesadnie zdeformowany tor przedstawiono na rysunku 3. Drogę, wzdłuż której jest prowadzone naczynie wyciągowe można przyjąć jako linię łamaną, z uskokami na załamaniach, gdzie wielkości  $p_n$  i  $u_n$  są nieskorelowanymi ze sobą zmiennymi losowymi, o dowolnych rozkładach prawdopodobieństwa.



Rys. 3. Zdeformowany tor przewodników

Fig. 3. Deformed guiding track

#### 3.1. Przyczyny powstawania nierówności przewodników

Nowo powstałe oraz zmodernizowane w ostatnich latach szyby charakteryzują się dużą głębokością i dużą średnicą. Miało to na celu zwiększenie wydobycia oraz udostępnienie głębszych pokładów.

Podczas wykonywania szybów najistotniejsze jest poprawne wykonanie obudowy, dotyczy to przede wszystkim jej pionowości, a także poprawności, zgodnie

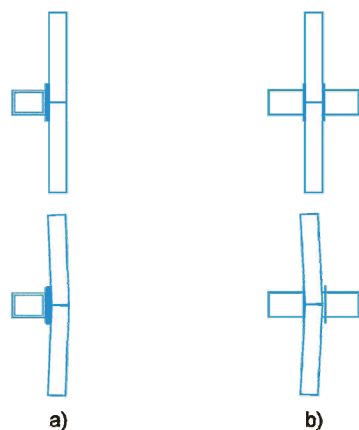
z obowiązującymi przepisami [1] oraz wykonania tarczy szybowej (wymiarów geometrycznych).

Zbyt duże odchyłki w wykonaniu obudowy szybowej utrudniają poprawne zabudowanie zbrojenia szybowego zgodnie z obowiązującymi przepisami. Czasami w celu zapewnienia poprawnej eksploatacji wyciągu szybowego wykonuje się tak zwane „szablony” obmurza, aby uzyskać właściwe odstępy ruchowe. Jest to jednak nie zawsze wykonalne i zgodne z obowiązującymi przepisami (należy zachować właściwą grubość obudowy szybowej). Dlatego czasami wykonuje się montaż zbrojenia szybowego, stosując dopuszczalne odchyłki montażowe tak, aby zapewnić właściwą geometrię toru prowadzenia naczyń i odstępów ruchowych.

Prowadzenie eksploatacji w pobliżu szybów oraz zmniejszanie ich filarów ochronnych powoduje lokalne deformacje obudowy szybowej, jej pochylanie, a co za tym idzie zmianę parametrów geometrii prowadzenia naczyń.

Ważnym zagadnieniem jest wodoszczelność obudowy szybowej. Pierwsze próby doszczelnienia obudowy szybowej były wykonywane już na początku poprzedniego stulecia, kiedy to jako materiał uszczelniający stosowano słoninę. W następnych latach wraz z rozwojem przemysłu chemicznego zaczęto stosować różnego rodzaju folie, środki iniekcyjne oraz polepszające szczelność betonu. Stosowano także obudowy wielowarstwowe i tubingowe.

Woda dostająca się do szybu, jak i jej skład chemiczny (duża zawartość różnego rodzaju soli), powoduje przyspieszenie korozji zbrojenia szybowego, jak i innych elementów wyciągu szybowego. Na przykład prowadnik szybowy jest mocowany do dźwigara szybowego za pomocą złącza śrubowego. W celu zapewnienia odpowiedniego prześwitu między naprzeciwległymi prowadnikami stosuje się podkładki (rys. 4a). Podkładki te pod wpływem wody zawierającej sole, korodują (dolna część rysunku 4a) pęcznią i powstaje nierówność toru prowadzenia naczyń. Dlatego zaleca się stosowanie maksymalnie trzech podkładek, co ograniczy powstanie zbyt dużych nierówności prowadników w punktach mocowania i pochylenia prowadników między ich punktami podparcia [13].



Rys. 4. Schemat mocowania prowadnika do dźwigara

Fig. 4. Scheme of fastening the guide to the girder

W przypadku ograniczników zabezpieczających prowadniki przed przesunięciem w bok, korozja powoduje powstanie szczeliny między prowadnikiem a ogranicznikiem. Powoduje to przesunięcie prowadnika w bok i załamanie jego bocznej płaszczyzny (rys. 4b). Ponadto, następuje przyspieszona korozja płaszczyzn roboczych prowadników. Powoduje to szybsze ścieranie prowadników i zwiększenie rozstawu naprzeciwległych ciągów prowadniczych. Należy wziąć pod uwagę także złącza śrubowe łączące prowadnik z dźwigarem szybowym. Gdy śruby nie są dokręcone z właściwym momentem określonym w [10], może dojść do poluzowania złącza, co wpłynie na zmianę ustawienia prowadnika względem dźwigara szybowego.

Najbardziej podatne na uszkodzenia i powstawanie nierówności są prowadniki drewniane. Prowadniki te w przypadku źle wyregulowanych prowadnic tocnych ulegają szybszemu ścieraniu niż prowadniki stalowe. Powstawanie nierówności torów prowadzenia naczyń powoduje także pęknięcie drewna i murszenie prowadników.

Zdarzają się przypadki uszkodzenia prowadników wtedy, gdy między prowadnicę ślizgową a płaszczyznę roboczą prowadnika dostają się przedmioty (kawałki skały, kawałki metalu).

Inną przyczyną powstawania nierówności w przypadku prowadników drewnianych jest zmiana warunków klimatycznych i wentylacyjnych w szybie (może nastąpić nadmierne spleźnienie lub ich wysuszenie).

#### 4. WPLYW NIERÓWNOŚCI TORU PROWADZENIA NACZYŃ NA ZMIANĘ OBCIĄŻEŃ LIN WYCIĄGOWYCH

W celu określenia wpływu nierówności toru prowadzenia naczyń na obciążenie lin wyciągowych wprowadzono współczynnik skrzywienia toru prowadzenia naczyń [2], przy przekroczeniu którego następuje pobudzenie do powstania drgań w układzie naczynie – zbrojenie. Współczynnik ten ma postać

$$D = \frac{\Delta}{\alpha} \quad (5)$$

gdzie:

$\Delta$  – wartość oczekiwana amplitudy skrzywienia prowadników,

$\alpha$  – średnia matematyczna wartości luzów między płaszczyzną roboczą prowadników a prowadnicami ślizgowymi.

Autorzy [2], wykorzystując równania ruchu drgań poprzecznych z działającym wymuszeniem od nierównych prowadników, opisane powyżej, wykonali obliczenia, określając „dynamiczne oddziaływanie” na linę naczynia wyciągowego poruszającego się wzdłuż nierównego toru.

Zależności zostały wyznaczone dla poszczególnych faz ruchu naczynia wyciągowego, czyli:

- rozruchu naczynia wyciągowego,



- jazdy ustalonej,
- hamowania naczynia wyciągowego.

Odpowiednio:

- w chwili rozruchu maszyny wyciągowej ze stałym przyspieszeniem wartość amplitudy dynamicznego oddziaływania na linę zależy od wartości przyspieszenia  $a$  i praktycznie nie zależy od nierówności przewodników, zgodnie ze wzorem

$$P_D \approx 2Q \frac{a}{g} \quad (6)$$

gdzie:

- $Q$  – ciężar naczynia,
- $a$  – przyspieszenie naczynia,
- $g$  – przyspieszenie ziemskie,

- w czasie równomiernego ruchu maszyny wyciągowej, w fazie jazdy ustalonej, wartość amplitudy dynamicznego oddziaływania na linę wynosi:

$$P_D \approx Q \left( \frac{a}{g} + 0,25 \right) \text{ dla } 2 < \frac{\Delta}{\delta} < 3 \quad (7)$$

$$P_D \approx Q \left( \frac{a}{g} + 0,50 \right) \text{ dla } \frac{\Delta}{\delta} \geq 3 \quad (8)$$

Wielkość  $P_D$  określa dynamiczne oddziaływanie i nie była dotychczas weryfikowana w praktyce.

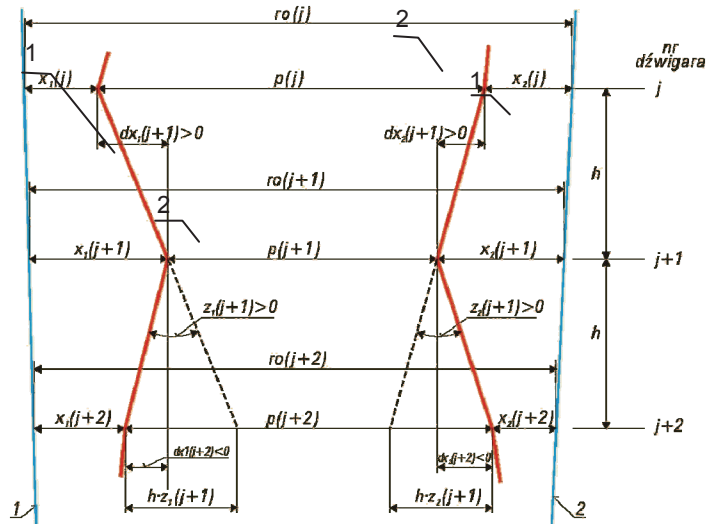
## 5. METODY POMIAROWE I ZASTOSOWANA APARATURA

W celu wykazania słuszności przedstawionych rozważań należało przeprowadzić równoczesne pomiary nierówności torów prowadzenia naczyń i zmian obciążeń lin nośnych wyciągów szybowych. Aby wykonać takie badania w warunkach przemysłowych zastosowana aparatura badawcza powinna charakteryzować się odpowiednią dokładnością i uniwersalnością zastosowania.

### 5.1. Pomiary nierówności torów prowadzenia naczyń

Do wyznaczenia nierówności torów prowadzenia naczyń wykorzystano metodę, która została opracowana w GIG i wdrożona w latach pięćdziesiątych XX wieku. Do chwili obecnej wykonano pomiary w ponad 200 wyciągach szybowych, co pozwoliło na udoskonalenie metody i przyjęcie definicji nierówności toru prowadzenia naczyń.

Zmontowany ciąg przewodniczy (zgodnie z obowiązującymi aktami prawnymi) stanowi tor złożony z odcinków prostych (rys. 5) o załamaniach na wysokości dźwigarów.



Rys. 5. Schemat fragmentu zarysów naprzeciwległych ciągów prowadniczych:  
1 – linie odniesienia, 2 – linie zarysów ciągów prowadniczych

Fig. 5. Scheme of the fragment of the contours of opposite guide trains:  
1 – reference lines, 2 – contour lines of trains of guides

Równanie określające sprzężenie kątów załamania [1] naprzeciwległych ciągów prowadników z luzami sumarycznymi ma postać

$$l_s(j+1) + \frac{h}{2}z_1(j+1) + \frac{h}{2}z_2(j+1) = s/s(j+1) \quad (9)$$

gdzie  $s/s$  – średni luz sumaryczny na poziomach sąsiednich dźwigarów,

$$s/s(j+1) = \frac{1}{2}[l_s(j) + l_s(j+2)] \quad (10)$$

W czasie wykonywanych badań postanowiono zdefiniować pojęcie nierówności toru sztywnego prowadzenia naczyń.

Wiadomo, że naczynie wyciągowe w czasie ruchu jest prowadzone między dwoma ciągami prowadzenia naczyń. Ciągi te są zabudowane w szybie z pewną dokładnością. Zmiana kąta załamania czołowych płaszczyzn poszczególnych ciągów prowadniczych między punktami podparcia  $j$  i  $j+1$  prowadnika powoduje zmianę odciętej poziomej. Elementem łączącym obydwie ciągi prowadnicze jest odległość między czołowymi płaszczyznami tych ciągów. Dla każdego wyciągu szybowego jest określona wartość projektowa tej odległości, która w warunkach eksploatacyjnych może się zmieniać w pewnych określonych przedziałach.

Zmiana któregokolwiek z kątów pochylenia lub ich równoczesna zmiana, powoduje zmianę odległości między czołowymi płaszczyznami ciągów przewodniczych. Dlatego miarę nierówności toru prowadzenia naczyń można zdefiniować jako

$$\Delta P = P_{rzecz} - P_{nom} \quad (11)$$

gdzie:

- $\Delta P$  – przyrost odległości między czołowymi płaszczyznami przewodników,
- $P_{rzecz}$  – rzeczywista odległość między czołowymi płaszczyznami przewodników,
- $P_{nom}$  – nominalna odległość między czołowymi płaszczyznami przewodników zgodna z dokumentacją, z uwzględnieniem dopuszczalnych wartości przyjętych dla obowiązujących przepisów.

Aby uzyskać dane do wyznaczenia zarysów torów prowadzenia naczyń i wyznaczenia nierówności przewodników, należy wykonać badanie ich prostoliniowości metodą GIG (urządzenie TS).

Do wyznaczenia nierówności ciągów przewodniczych i zmiany odległości między czołowymi płaszczyznami ciągów przewodników wykorzystuje się dane pomiarowe kątów pochylenia czołowych i bocznych płaszczyzn przewodników. Obliczenia wykonuje się za pomocą opracowanego wcześniej oprogramowania „TOR” napisanego w języku Pascal. Dokładność wskazań urządzenia została omówiona w pracy [9].

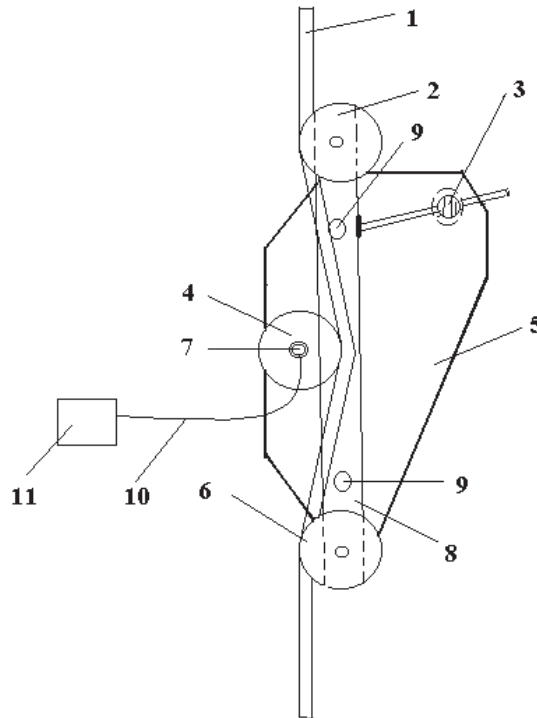
## 5.2. Pomiar sił w linach wyciągowych

Układ pomiarowy rejestrujący zmiany obciążeń lin wyciągowych nośnych, musi odpowiadać wymaganiom, jakimi są:

- możliwość zastosowania układu w różnych typach wyciągów szybowych,
- łatwość zabudowy i demontażu, aby ograniczyć czas prac przygotowawczych i ograniczyć zaangażowanie pracowników kopalni,
- odpowiednia dokładność taka, aby wartość niepewności nie przekraczała spodziewanych zmian siły w linie,
- możliwość wykorzystania układu w ewentualnych późniejszych badaniach przemysłowych.

Dlatego do realizacji postawionych zadań, opracowano całkowicie nowe urządzenie pomiarowe, którego schemat został przedstawiony na rysunku 6.

Działanie urządzenia polega na wytworzeniu siły naporu liny (1) na rolkę pomiarową (4) osadzoną na sworzniu pomiarowym (7). Do przetworzenia siły w linie na sygnał elektryczny zastosowano tensometry oporowe. Sworzeń pomiarowy z rolką (4) osadzony jest w korpusie (5) urządzenia. Rolki (2) i (6) osadzone na belce napinającej (8) służą do wytworzenia siły poziomej za pomocą układu napinającego (3). Po napięciu liny belka napinająca jest łączona z korpusem dynamometru (5), górną śrubą (9). Układ napinający (3) po połączeniu korpusu (5) z belką napinającą (8) jest demontowany.

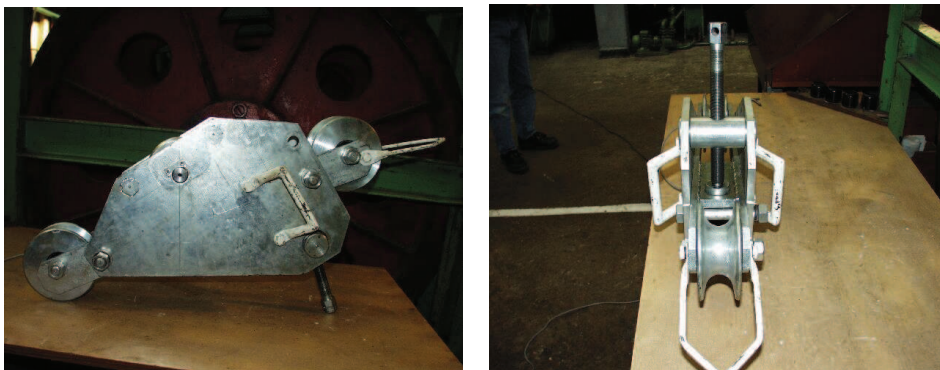


**Rys. 6.** Urządzenie do pomiaru sił w linach: 1 – lina, 2, 4, 6 – rolki, 3 – układ napinający, 5 – korpus, 7 – sworzeń pomiarowy, 8 – belka napinająca, 9 – śruba, 10 – kabel, 11 – rejestrator

**Fig. 6.** Apparatus for measurement of forces in the ropes: 1 – rope, 2, 4, 6 – rollers, 3 – tensioning system, 5 – housing, 7 – measuring pin, 8 – tensioning beam, 9 – bolt, 10 – cable, 11 – recorder

Rolka pomiarowa (4) oraz rolki (2) i (6) są wymienne. Ich parametry konstrukcyjne, jak promień rowka, są dobierane indywidualnie do średnicy liny. Urządzenie jest zabudowane nieruchomo w stosunku do liny, a zasilanie tensometrów i odbiór sygnałów odbywa się przez kabel (10). Wyniki pomiarów są zapisywane w pamięci rejestratora (11), który stanowi równocześnie układ zasilający dla tensometrów. Po zakończeniu pomiarów wyniki są przenoszone za pomocą szeregowego łącza RS – 232 do pamięci komputera klasy PC, z wykorzystaniem którego przeprowadza się analizę wyników badań.

Wartość siły podłużnej w linie otrzymywana jest jako iloczyn wartości siły poprzecznej działającej na rolkę pomiarową i współczynnika skalującego. Urządzenie jest skalowane w warunkach [12] laboratoryjnych z wykorzystaniem legalizowanej maszyny wytrzymałościowej dla różnych średnic liny; szacuje się również niepewność. Urządzenie przedstawiono na zdjęciu 1.



Fot. 1. Urządzenie do pomiaru sił w linach

Photo 1. Apparatus for measuring forces in the ropes

### 5.3. Ocena stanu prowadzenia naczyń w polskim przemyśle wydobywczym

W celu wytypowania obiektów do badań, dokonano analizy stanu prowadzenia naczyń w szybach polskiego przemysłu wydobywczego przeprowadzonych w latach 1996–2001. Stwierdzono, że stan prowadzenia naczyń w poszczególnych szybach przemysłu wydobywczego jest bardzo zróżnicowany. Zależy od rodzaju stosowanych materiałów, roku budowy, intensywności eksploatacji szybów, zmieniających się z biegiem lat przepisów dotyczących budowy i eksploatacji.

Podstawę wstępnej oceny stanowiły wykonane w Laboratorium Lin i Urzędzeń Szybowych w latach 1995–2001 wyniki badań prostoliniowości torów prowadzenia naczyń. Wykonano badania [8] ponad 200 wyciągów szybowych o bardzo zróżnicowanych parametrach technicznych.

Na ogół prowadzenie naczyń w szybach z drewnianym prowadzeniem naczyń jest gorsze niż wyposażone w przewodniki stalowe.

Im większy pionowy odstęp między dźwigarami, tym na ogół lepszy stan prowadzenia naczyń. Korzystny wpływ zwiększenia odstępów między dźwigarami na spokój jazdy naczynia był stwierdzany wielokrotnie [4, 5].

## 6. PODSUMOWANIE

W zależnościach opisujących siły, w miejscu mocowania do naczynia podnoszonej i opuszczanej gałęzi liny (3) i (4), nie został uwzględniony wpływ stanu prowadzenia naczyń na zmianę obciążeń lin wyciągowych nośnych. Wzory (7) i (8) natomiast, określające dynamiczne oddziaływanie na linę nie zostały dotychczas zweryfikowane w praktyce. Stwierdzono, że w celu wykazania związku między nierównościami toru prowadzenia naczyń a zmianą obciążeń lin wyciągowych nośnych, należy wykonać badania umożliwiające równoczesne określenie nierówności toru prowadzenia naczyń i zmiany obciążeń lin wyciągowych nośnych. Dotychczas takich badań nie wykonano. Badania te należy wykonać w szybach wyposażonych

w przewodniki stalowe o zwiększonym pionowym rozstępie podparcia przewodników oraz wyposażonych w przewodniki drewniane. Będą one polegały na modelowaniu nierówności ciągów przewodniczych bądź przeprowadzeniu regulacji przewodników, co spowoduje usunięcie nierówności ciągów przewodniczych. Wyniki badań umożliwią weryfikację wielkości tych zmian w odniesieniu do obliczonych teoretycznie. Zaproponowane wyposażenie aparaturowe pozwoli na zebranie danych, które zostaną wykorzystane do wykonania obliczeń, a następnie na uzupełnienie zależności (3) i (4).

### Literatura

1. Bura L., Kawulok St.: *Określanie korekt nierówności i rozstawu torów prowadzenia naczyń wyciągowych w szybie*. Prace Naukowe GIG 1994 Nr 788.
2. Garkuszka N.G., Dwornikow W.I.: *Wliwanie wzajemności padajomnowo sasuda s iskriwliennymi przewodnikami na naprzejnoje sastajanije gołownowo kanata*. Stalnyje kanaty 1972 Tom 9 nr 9.
3. Hankus J.: *Budowa i własności mechaniczne lin stalowych*. Katowice, GIG 2000.
4. Hankus J., Szotłysik P.: *Pomiary obciążeń ruchowych lin nośnych urządzeń wyciągowych*. Prace GIG, Komunikat nr 731. Katowice 1983.
5. Kawulok St.: *Wpływ zwiększenia odstępów między dźwigarami szybowymi na obciążenie zbrojenia szybowego*. Prace GIG. Komunikat nr 550. Katowice 1972.
6. Kawulok St.: *Wpływ zwiększenia odstępów pomiędzy dźwigarami szybowymi na obciążenie zbrojenia szybowego*. Praca doktorska. Katowice 1969.
7. Kawulok St., Hankus J., Szot M.: *Doskonalenie metodyki i urządzenia do pomiaru odległości między naczyniem a przewodnikami oraz prostoliniowości prowadzenia naczyń w oparciu o wyniki badań i obserwacji ruchowych w szybach prowadzonych w okresie 1996–1998*. Praca realizowana w ramach działalności statutowej GIG 1998.
8. Kawulok S., Hankus J.: *Uzupełniające badania atestacyjne urządzenia TS-3 dotyczące dokładności, powtarzalności wskazań i jego funkcjonalności*. Dokumentacja pracy wykonywanej w ramach działalności statutowej. Symbol planistyczny I.1.10.2. 1997 rok. Praca niepublikowana.
9. PN-81/M-82056 Połączenia gwintowe stalowe. Dopuszczalne momenty dokręceń.
10. Protokół zgłoszenia wypadku w KWK Zabrze w 1961 roku.
11. Szot M., Hankus J.: *Wykonanie urządzenia do pomiaru zmian obciążeń w linach szybowych*. Dokumentacja pracy wykonywanej w ramach działalności statutowej. Symbol planistyczny II.1.2 2002 rok (praca niepublikowana).
12. Szot M.: *Wpływ nierówności sztywnego prowadzenia naczyń na zmianę obciążeń lin nośnych górniczych wyciągów szybowych*. Praca doktorska. Katowice 2003.
13. Wytyczne Ministerstwa Górnictwa i Energetyki z 28.12.1964 ustalające ogólne warunki techniczne wykonania zbrojenia szybowego z szybowymi przewodnikami stalowymi i drewnianymi. Departament Energo-Mechaniczny MM – 2/274/4603/64. Katowice 1964.

**Recenzent:** prof. dr hab. inż. Jan Hankus