

JERZY ANTONIAK, STANISŁAW DEMBNICKI

BADANIA UGIĘĆ PROMIENIOWYCH PŁASZCZA
MODELU BĘBNA

Streszczenie: Badania przeprowadzono na modelu zaprojektowanym przez Katedrę Maszyn Górniczych według pomysłu Prof. Popowicza a wykonanym przez ZUT "Zgoda". W pracy podano wyniki badań i obserwacji przeprowadzonych w skali laboratoryjnej i półtechnicznej. Wyniki badań dotyczą powłoki zamkniętej poddanej statycznemu obciążeniu promieniowemu na łuku opasania π i 2π . Dla danego modelu obliczono wartości ugięć promieniowych wg metody Prof. Popowicza i porównano z wynikami badań.

1. WSTĘP

Punktem wyjścia rozważań przeprowadzonych w artykule jest metoda obliczania powłok prof. Popowicza [1, 3], która ma zastosowanie w konstruowaniu bębnow wielolinowych i kół pędnych. Dla potwierdzenia teoretycznej analizy wytrzymałościowej kół pędnych i bębnow, przeprowadzono badania na modelu ugięć promieniowych płaszcz bębna.

Bębny i koła pędne nowoczesnych wyciągów szybowych wykonuje się jako blachowe konstrukcje spawane. Płaszcz bębna, względnie wieniec koła pędnego wsparty jest na ścianach bocznych, które są płaskimi tarczami. Obciążenie płaszcz maszyn bębnowej jest kołowo-symetryczne i wynika głównie z nacisku promieniowego liny o naciągu Z . Na kołach pędnych lina nawija się na wykładzinę ścierną, lina opasuje wieniec na części obwodu odpowiadającej kątowi środkowemu $180^\circ - 200^\circ$. Płaszcz stanowi tu powłokę zginaną, ściany boczne wykazują dużą sztywność w kierunku promieniowym. Można przyjmować, że ugięcia promieniowe na złączeniach ze ścianami bocznymi są równe zeru. Ze względu na małą grubość blachy nie przenosi ona momentów utwierdzenia, które zakłada się równe zeru.

Sztywność ścian czołowych w kierunku osiowym zależy od ich konstrukcji. Z tego też powodu rozważania były przeprowadzone w dwu wariantach, dla ścian sztywnych, które przenoszą siły osiowe i ścian podatnych, których siły osiowe są równe zeru [2].

Na podstawie powyższych rozważań ustalono następujące formuły:

- a) przy opasaniu o 360° dla obciążeń kołowo-symetrycznych przy opasaniu jednym zwojem w środku płaszcza, ugięcie promieniowe wynosi:

$$w\left(\frac{1}{2}\right) = 0,66 \cdot \frac{Z}{E \cdot g} \cdot \sqrt{\frac{R}{g}}$$

- b) przy opasaniu o 180° ogólne wzory dla powłok zginanych opierają się na przyjęciu szeregu Fouriera dla obciążeń antysymetrycznych

$$w_a\left(\frac{1}{2}, \varphi\right) = 1,32 \frac{Z}{Eg} \left(\frac{R}{g}\right)^{3/2} \cdot \left[0,0085 \cdot 1^3 \cdot \left(\frac{g}{R}\right)^{3/2} - \frac{\cos 3\varphi}{22,62} \Phi_3\left(\frac{1}{2}\right) + \frac{\cos 5\varphi}{117,58} \cdot \Phi_5\left(\frac{1}{2}\right) - \frac{\cos 7\varphi}{332,53} \Phi_7\left(\frac{1}{2}\right) + \frac{\cos 9\varphi}{715,48} - \frac{\cos 11\varphi}{1313} + \dots \right]$$

i ugięć pod wpływem obciążeń symetrycznych:

$$w_s\left(\frac{1}{2}\right) = 1,32 \frac{Z}{Eg} \left(\frac{R}{g}\right)^{3/2} \cdot \left[0,0085 \cdot 1^3 \cdot \left(\frac{g}{R}\right)^{3/2} - \frac{\Phi_3\left(\frac{1}{2}\right)}{22,62} + \frac{\Phi_5\left(\frac{1}{2}\right)}{117,58} - \frac{\Phi_7\left(\frac{1}{2}\right)}{332,53} + \frac{1}{715,48} - \frac{1}{1313} + \frac{1}{2178} - \frac{1}{3355} + \dots \right]$$

ugięcie wypadkowe w każdym punkcie przekroju wyniesie:

$$w\left(\frac{1}{2}, \varphi\right) = w_a\left(\frac{1}{2}, \varphi\right) + w_s\left(\frac{1}{2}, 0\right)$$

Fala ugięcia wywołana siłą skupioną jest krótka i zanika bardzo szybko w miarę oddalania się od miejsca przyłożenia siły. Według teorii belki na sprężystym podłożu jest

$$L = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{4 EJ}{k}} = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{4 J R^2}{g}}$$

Dla modelu wyliczona długość L wynosi:

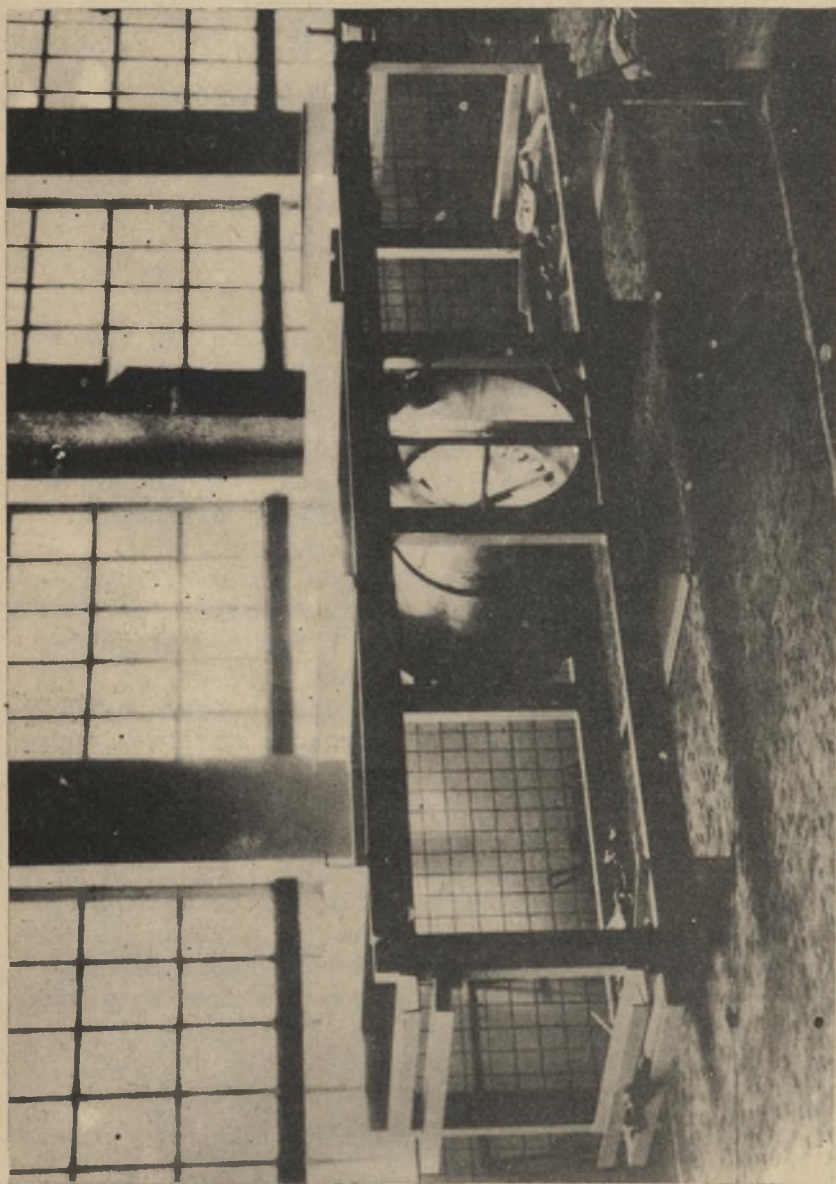
$$L \approx 10,6 \text{ cm.}$$

2. Badania

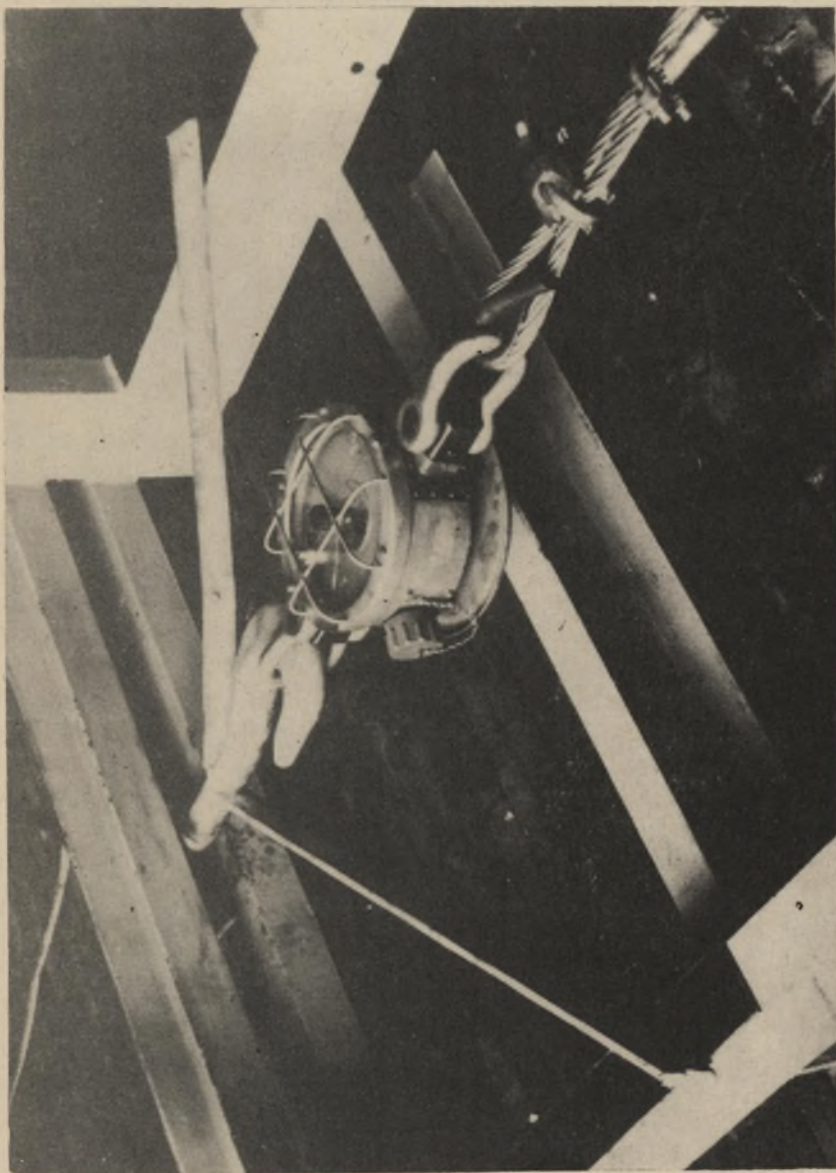
Przedmiotem badań był model bębna maszyny wyciągowej rys.1. Zaprojektowany przez Katedrę Maszyn Górniczych i wykonany przez ZUT "Zgoda". Dane modelu: blacha płaszcza grubości $g = 5$ mm, średnica bębna $D = 800$ mm, długość $L = 1000$ mm z jednym szwem spawu wzdłuż tworzącej o brzegach sztywno utwierdzonych do ramy z ceowników.

Celem badań było sprawdzenie metody obliczeń wytrzymałościowych, prowadzonych wg teorii Prof. Popowicza przez pomiar rzeczywistych ugięć promieniowych bębna występujących przy obciążeniu znaną siłą statyczną Z .

Sposób przeprowadzania badań był następujący. Bęben unocowany brzegami sztywnie do masywnej konstrukcji stalowej, opasywano liną stalową o średnicy $d_l = 12$ mm na łuku o kącie środkowym 180° względnie 360° . Konce liny opasującej naciągano zaczepami z gwintem, mierząc przy tym siłę naciągu dynamometrem mechanicznym o zakresie do $3,5$ T rys.2. W celu zapobieżenia obracaniu się zaczepu i liny do boków uchwytu przyspawano wąsy z blachy. Zarówno lina jak i bęben na długości łuku opasania były wysmarowane w celu zmniejszenia tarcia, które mogłoby zakłócać zamierzony rozkład nacisków. Naciąganie przeprowadzano stopniowo na obu końcach liny, zwracając uwagę na wskazania dynamometrów, aby otrzymać możliwie jednostajny wzrost naciągu liny. Ugięcia promieniowe mierzono czujnikami zegarowymi "Zeissa" o dokładności wskazań $0,01$ mm i $0,001$ mm. Czujniki te były zamocowane na specjalnej ramie rys.3. Zawieszenie ramy wewnątrz bębna było niezależne od przesunięć względnych bębna a specjalne podkładki gumowe ograniczały ujemny wpływ nieprzewidzianych wstrząsów. Ramę z czujnikami ustalano na wewnętrznym równo-



Rys. 1. Model bębna



Rys.2. Zaczep z gwintem i dynamometrem

leźniku bębna dokładnie pod osią przebiegającej z zewnętrznej strony liny. Odstęp czujników co 15° .

Nieco innej konstrukcji jest rama dla zamocowania czujników zegarowych do pomiaru wielkości ugięć promieniowych fali poprzecznej. Pomiar dokonywano wzdłuż tworzącej bębna rys.4. Maksymalna siła naciągu liny wynosiła we wszystkich próbach 3000 kg. Ustawienie zerowe czujników ustalano dla naciągu wstępnego 100 kg. Celem zmniejszenia przypadkowych błędów, pomiary i odczyty powtarzano wielokrotnie. Odchyłki w poszczególnych odczytach były znikome. Dla ułatwienia opracowań wyników pomiaru całość konstrukcji podzielono na prawą i lewą stronę, oznaczając je literami P i L.

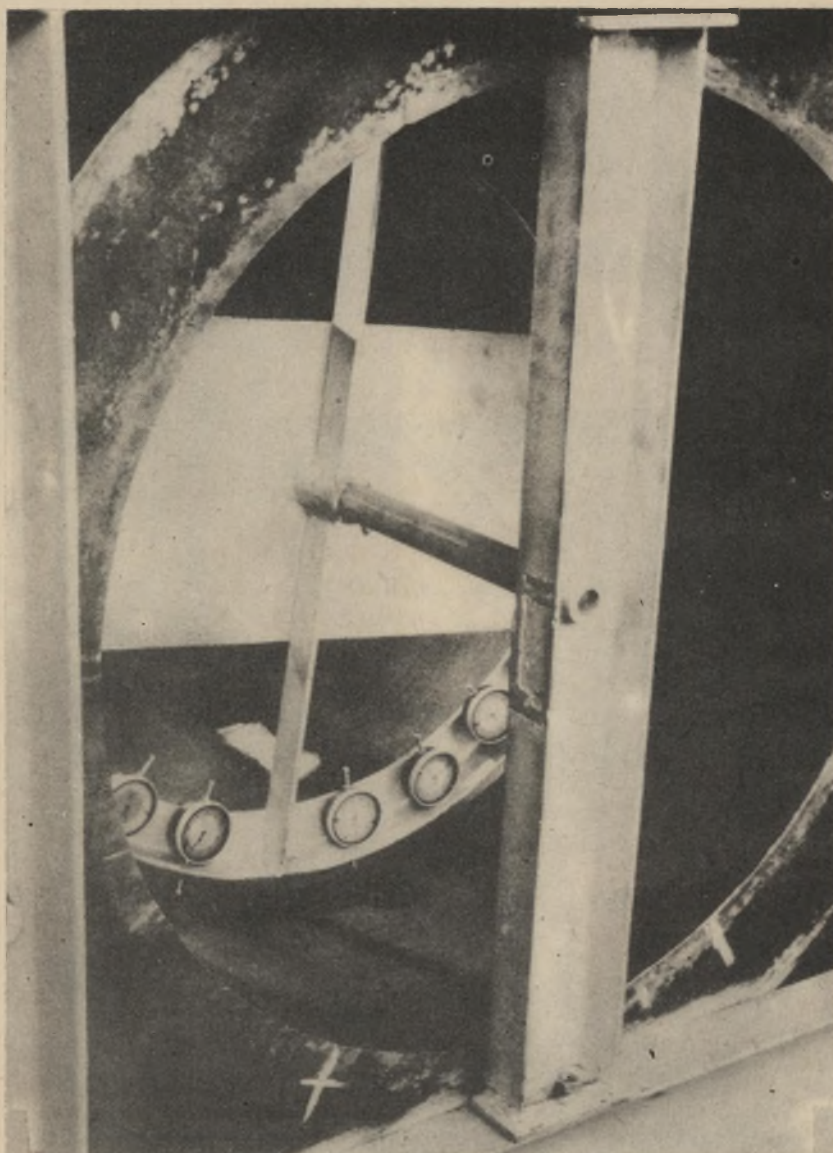
3. Wyniki pomiarów i obserwacji

Wyniki średnich wartości z pomiarów i obliczeń dla modelu podane są na rys.5, 6, 7 i 8.

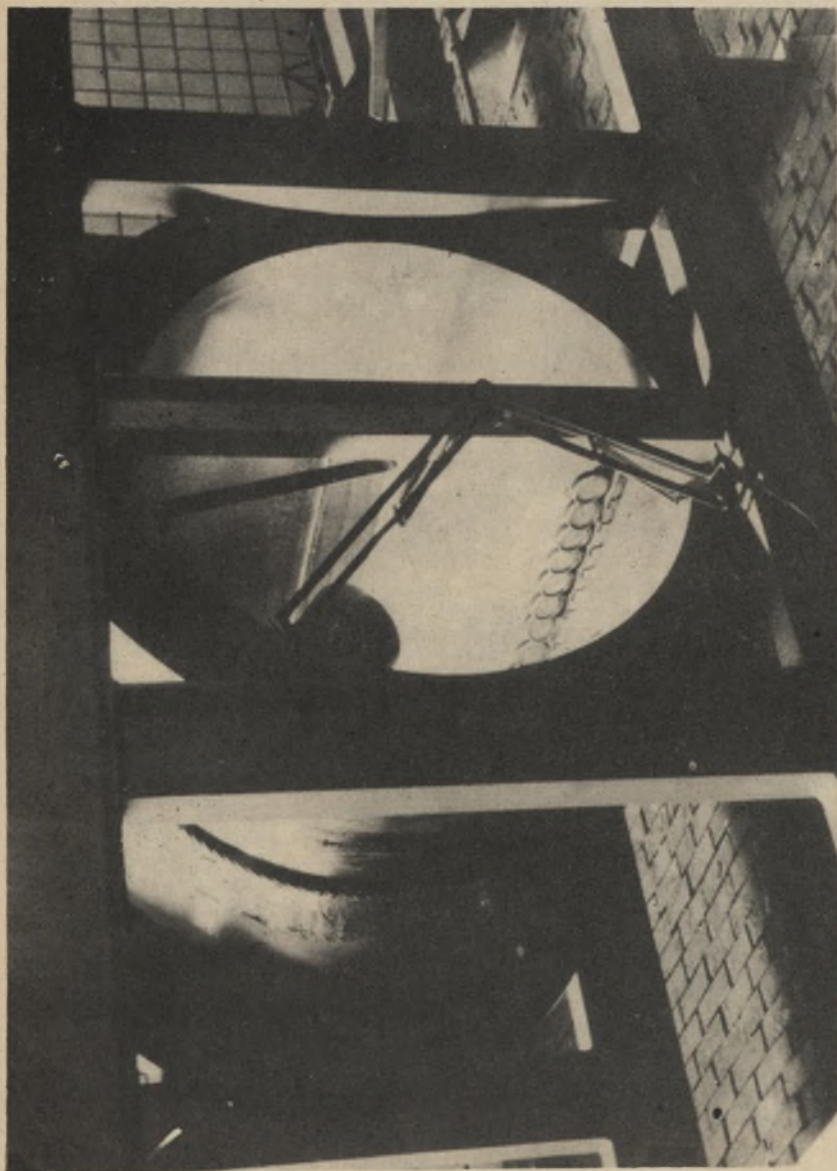
Przy opasaniu o 180° kierunek krzywizny linii ugięcia zmienia się w danym przypadku 10-krotnie na obwodzie. Tego nie ma przy opasaniu o 360° , natomiast w miejscu zejścia obu końców liny wartości ugięć są prawie dwukrotnie większe niż na pozostałych punktach obwodu. Obecność spawu nie wykazywała żadnych zaburzeń. Kształt krzywej ugięcia płaszcza według wartości mierzonych posiada łagodniejsze przejścia z jednego kierunku krzywizny na drugi w porównaniu z linią ugięcia według wartości wyliczonych. Wydaje się, że w szybkim ruchu bębna kształt linii ugięcia stałby się jeszcze bardziej łagodny w miejscach charakteryzujących się pod obciążeniem statycznym dużymi zmianami krzywizny. Godnym podkreślenia jest fakt otrzymania zarówno z obliczeń jak i z pomiarów dla kąta 180° jednakowego odsunięcia linii ugięcia od linii okręgu.

Pomiary wykazały rys.8, że fala poprzeczna ugięć promieniowych szybko zanika w miarę oddalania się od miejsca przyłożenia siły. Wynika stąd niezależność rzeczywistych ugięć od sposobu umocowania brzegów powłoki, jeżeli długość powłoki przekracza $L = 3,8 \sqrt{R \cdot g}$, w omawianym przykładzie $L \cong 16,9 \text{ cm} \ll 100 \text{ cm}$. Pomiary dla $\xi = \frac{1}{2}$ i $\xi = \frac{1}{4}$ dały praktycznie te same wyniki.

Porównując otrzymaną z pomiarów falę ugięć z wyliczoną falą ugięć belki na sprężystym podłożu, stwierdza się zadowalającą zgodność przebiegu obu krzywych. Potwierdza to przyjętą metodę liczenia ugięć płaszcza bębna w stanie błonowym w przekrojach południkowych i następnie przeliczanie



Rys.3. Przyrząd do zamocowania czujników zegarowych w celu pomierzenia ugięć promieniowych



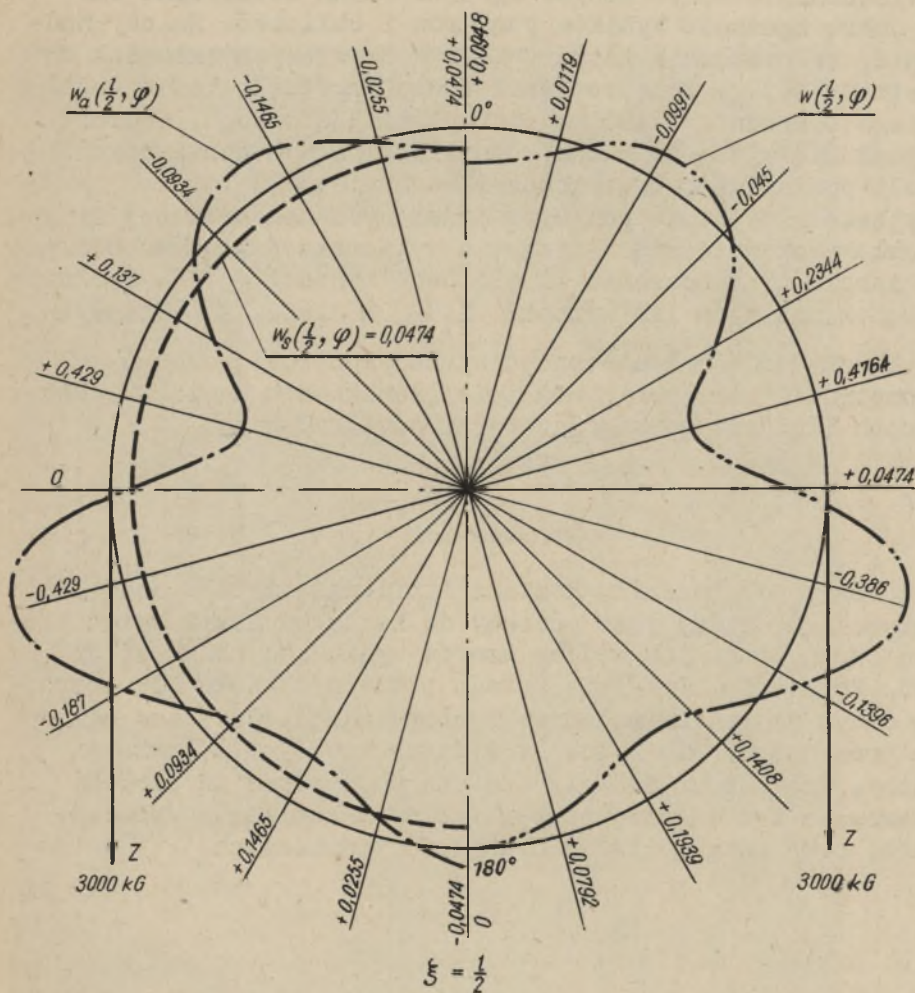
Rys.4. Przyrząd do zamocowania czujników zegarowych w celu pomierzenia ugięć promieniowych fali poprzecznej

na zginanie jako belki na sprężystym podłożu, z wystarczającą dokładnością dla potrzeb praktycznych. Badania dotyczyły tylko powłoki gładkiej, byłoby wskazanym stwierdzić doświadczalnie woływ żebra. Ogólnie można stwierdzić bardzo dobrą zgodność wyników pomiarów i obliczeń. Należy nadmienić, że pracownik Katedry Maszyn Górniczych Antoniak w kwietniu 1963 r. przeprowadził pomiar ugięcia wieńca koła pędnego o średnicy 7480 mm na kopalni "Katowice". Pomiar odbywał się w czasie ruchu koła i pod pełnym obciążeniem. Metoda pomiaru tensometryczna i mechaniczna.

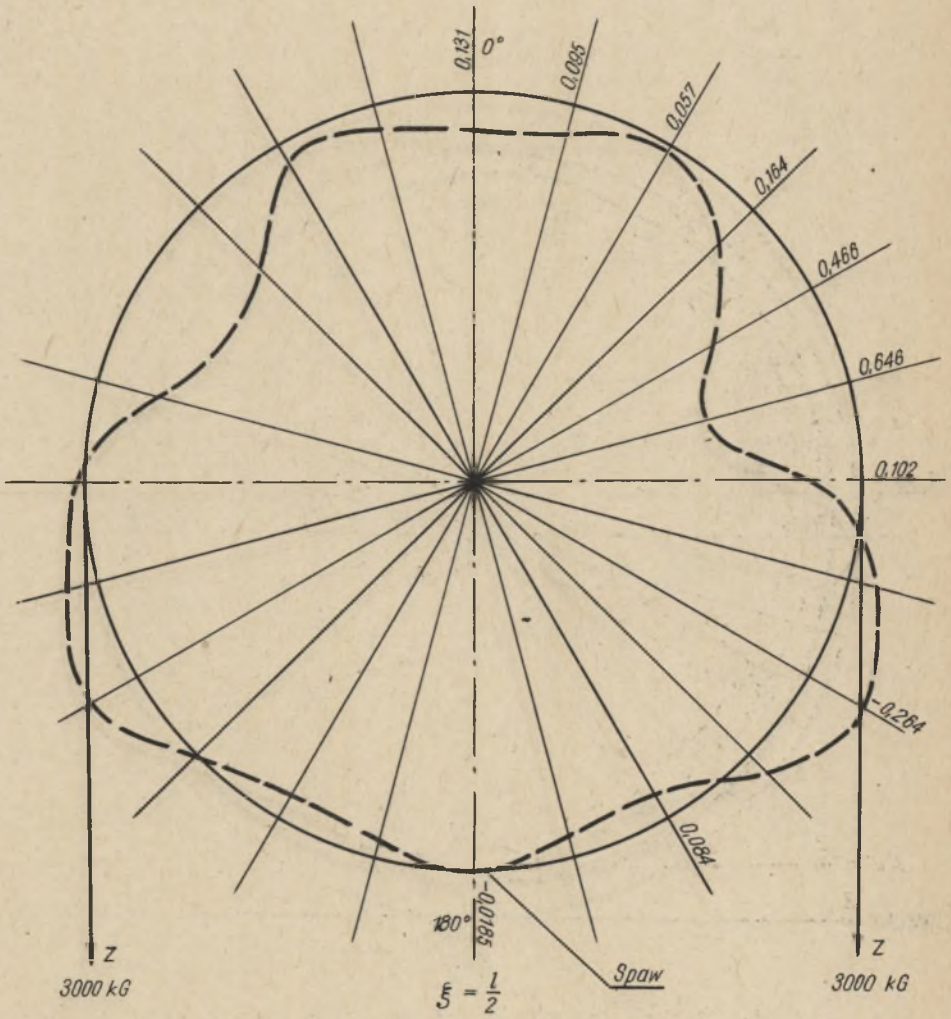
Przyjęcie w metodzie pomiarów modelowych nasmarowanej liny i powłoki okazało się słuszne, a wyliczony średni współczynnik tarcia przy opasaniu liną o 360° wyniósł 0,148. Średni stosunek naciągów lin wynosił $Z_1/Z_2 = 2,602$. Z powyższych wyników widać, że konieczność stałej kontroli wskazań dynamometrów i utrzymania możliwie jednakowego naciągu w obu końcach lin jest gwarancją poprawności badania.

4. Wnioski

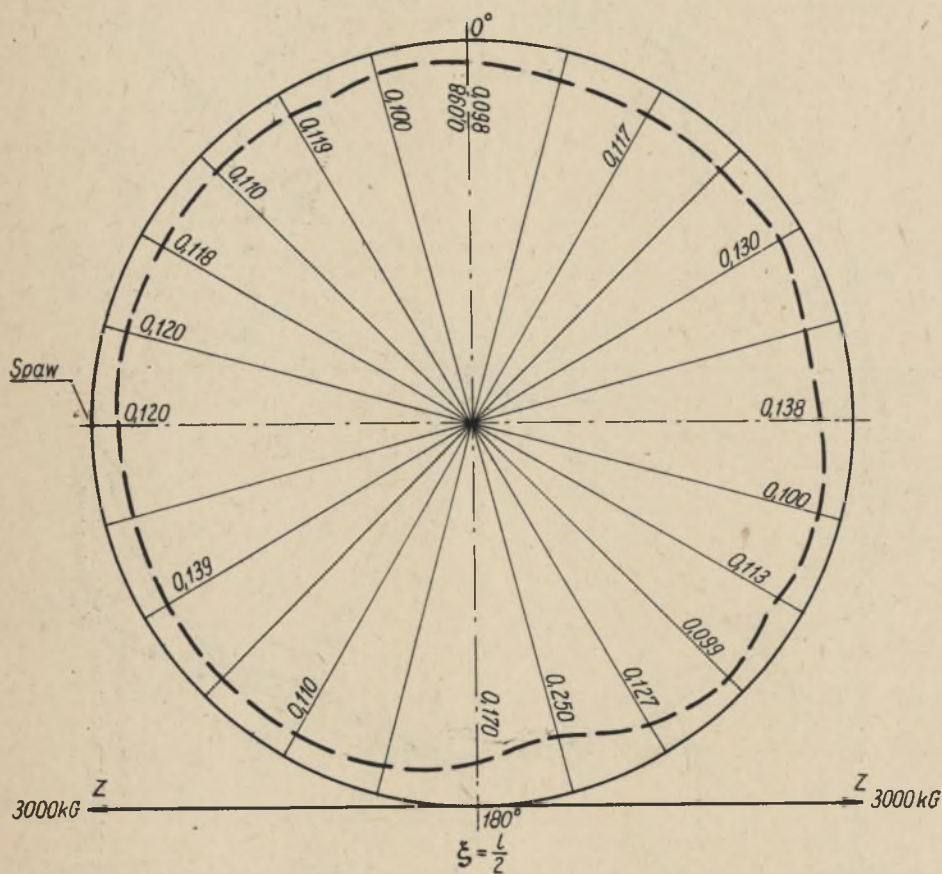
Pomiary potwierdziły kształt linii ugięcia dla obciążenia statycznego, który jest podobny do kształtu linii ugięć promieniowych liczonych według wzorów wynikających z metody Prof. Popowicza. Przyjęta metoda pomiaru okazała się dobra i w danym przypadku zupełnie wystarczająca. Uzyskane ugięcia promieniowe nie wywołały żadnych trwałych deformacji blachy. Prowadzone badania zostaną poszerzone na powłoki uźebrowane i w dalszej perspektywie na koła pędne rzeczywiste, przy uwzględnieniu obciążeń dynamicznych.



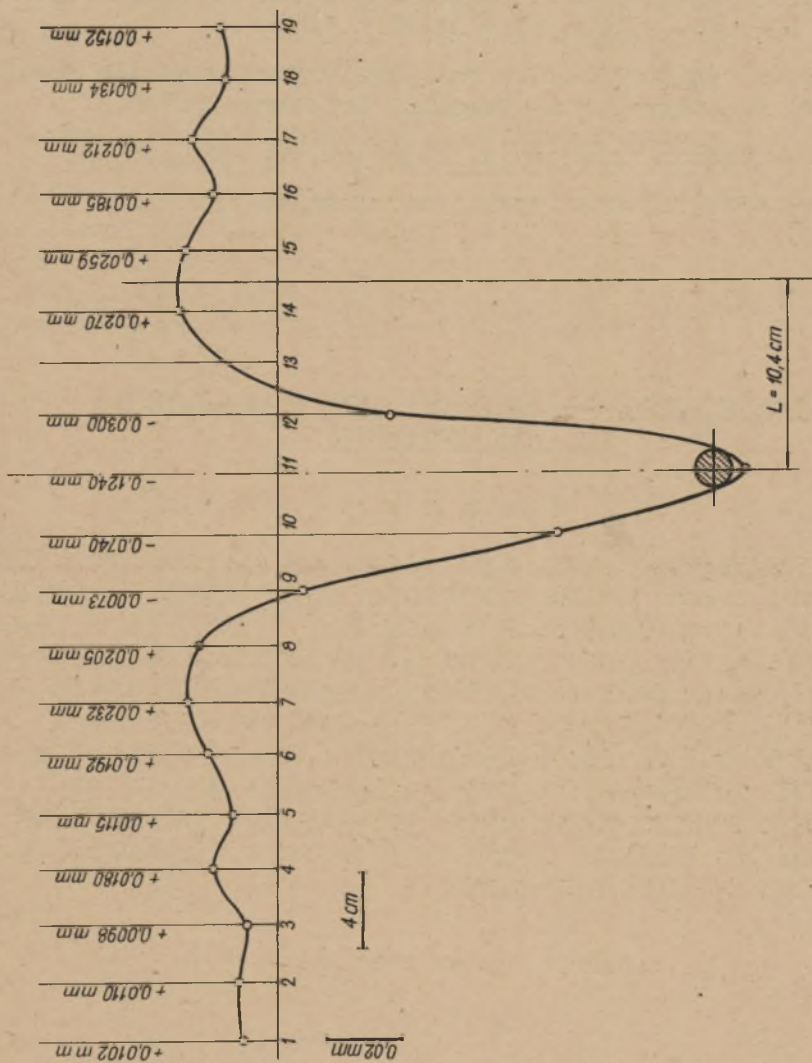
Rys.5. Linia ugięcia płaszcza według wartości wyliczonych



Rys.6. Linia ugięcia płaszczu według wartości mierzonych



Rys.7. Wyniki pomiarów ugięcia przy opasaniu o 360°



Rys. 8. Wyniki pomiarów fali poprzecznej

LITERATURA

- [1] Popowicz: Analiza wytrzymałości czterolinowego koła pędnego. Oddane do wykorzystania ZUT "Zgoda" 1962 r.
- [2] Popowicz: Wytrzymałość bębnow i kół pędnych wielolinowych wyciągów szybowych - Gliwice 1960 r.
- [3] Popowicz: Beitrag zu den Festigkeitsproblemen der Trommeln und Seilträger im Bergbau. Freiberg 1961 r.
- [4] Własow: Obszczaja teorija obołoczek. Moskwa 1949 r.
- [5] Flugge - Statik und Dynamik der Schalen 1957 r.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЛЬНЫХ ПРОГИБОВ КОЖУХА
МОДЕЛИ БАРАБАНА

Р е з ю м е

Исследования были проведены на модели проекта Кафедры Горных Машин согласно идеи проф. Поповича. Модель выполнена заводом ЗУТ "Згода". В работе приведены результаты исследований и наблюдений проведенных в опытном и полутехническом масштабе. Результаты исследований относятся к замкнутой оболочке подвергнутой статической радиальной нагрузке на дуге опоясания в π и 2π . Для данной модели рассчитали величины радиальных прогибов по теории проф. Поповича и сравнили с результатами исследований.

RADIAL DEFFLECTIONS TESTING IN THE MODEL OF A DRUM

S u m m a r y

The studies on the model designed in Mining Machinery Division of Politechnika Śląska (Poland) of device of Professor O. Popowicz and constructed by the "Zgoda" Works was led. In the paper the results of the studies and of the observations processed at laboratorial size and half-technical size were given. The results of the studies dealt with round-closed shell loaded by the statical radial force on the angle of contact π and 2π . The values of radial deflections were calculated for this model accordingly with Prof. Popowicz's theory and were compared with the results of the studies.