

Seria: TRANSPORT z.1

Nr kol. 756

Sylwester MARKUSIK

Instytut Transportu Samochodowego
Politechniki ŚląskiejBADANIA DYNAMIKI ROZRUCHU W PRZENOŚNIKACH TAŚMOWYCH Z NAPĘDEM JEDNO-
BĘBENOWYM CZOŁOWYM

Streszczenie. W artykule przedstawiono analizę modelu matematycznego przenośnika taśmowego oraz porównanie wyników uzyskanych z rozwiązania cyfrowego tego modelu z wynikami pomiarów dokonanych na przenośniku rzeczywistym.

Równocześnie określono także parametry modelu matematycznego badanego przenośnika, jak: model reologiczny taśmy oraz charakterystykę sprzęgła. Artykuł jest podsumowaniem wiadomości podanych z zakresu modelowania stanów niustalonych przenośników taśmowych przedstawionych w [L.1].

Wstęp

Metody matematyczne modelowania ze względu na trudności z określaniem parametrów pracy maszyn na drodze eksperymentalnej nabierają coraz większego znaczenia. Aby sformułować kryteria poprawności modelowania, należy zdać sobie sprawę, że model nie jest bezpośrednim odzwierciedleniem rzeczywistości, a jedynie przedstawia stopień naszej wiedzy o tej rzeczywistości. A więc model można uznać za poprawny, jeżeli w dostatecznie wierny sposób będzie odtwarzał badany obiekt rzeczywisty, a jednocześnie będzie możliwie prosty i łatwy w badaniu. To kryterium należy rozumieć jako konieczność dostatecznej zgodności rezultatów badań modelu matematycznego i obiektu rzeczywistego, dla określonej ścisłości tych badań. W złożonych układach mechanicznych maszyn (tzw. megaukłady), do których niewątpliwie przypisuje się przenośniki taśmowe, należy wpierv odpowiedzieć na pytanie, czy traktować układ jako dyskretny, czy jako ciągły. Pomocny tutaj może być cel i zadanie, jakie postawiono przed modelem. Jeżeli celem tym jest wnikliwe badanie zjawisk zachodzących w maszynie, np. procesów falowych, to korzystna wydaje się komplikacja modelu, która może prowadzić do modelu ciągłego. Modele dyskretnie są na ogół prostsze od ciągłych, jednak wyniki ich badania są trudniejsze w analizie i interpretacji. Są one jednak korzystniejsze od ciągłych w przypadku badań maszyn rzeczywistych (o dużej złożoności), przy konieczności wyznaczenia wielu parametrów maszyny w czasie jej stanu niustalonego [L.2]. Ważnym zagadnieniem jest również problem identyfikacji parametrów badanego modelu, ponieważ model matematyczny maszyny zawiera pewne

parametry liczbowe lub funkcjonalne, których wartości trzeba ustalić. O ile parametry te ustala się w odrębnych badaniach, należy prowadzić je w warunkach zbliżonych do pracy obiektu rzeczywistego.

W artykule w syntetyczny sposób przedstawiono metodę weryfikacji modelu matematycznego przenośnika taśmowego oraz identyfikacji parametrów jego podstawowych zespołów: sprzęgła i taśmy przenośnikowej, w oparciu o wiadomości z zakresu modelowania stanów niestabilnych maszyn przedstawionych w [L.1]. Należało również potwierdzić, czy wystąpi i w tym przypadku jak w [L.1] zgodność wyników obliczeń modelu matematycznego z pomiarami przeprowadzonymi na obiekcie rzeczywistym. Badania rozruchu prowadzono na przenośniku taśmowym o numerze 201515 pracującym w układzie nawęłania (przenośnik w tzw. "galerii"/ Elektrociepłowni "Chorzów". Charakterystykę sprzęgła przeponowego (typ SP-55) zastosowanego w napędzie tego przenośnika oraz taśmę przenośnikową (oznaczenie Z3P-630) badano na stoisku badawczym w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Dźwignic i Urządzeń Transportowych "DETRANS" w Bytomiu. Obliczeń numerycznych na modelu matematycznym przenośnika dokonano na maszynie cyfrowej Odra 1204, przy użyciu języka MOL 1204 w "DETRANS" w Bytomiu w oparciu o zasady modelowania przedstawione w [L.1].

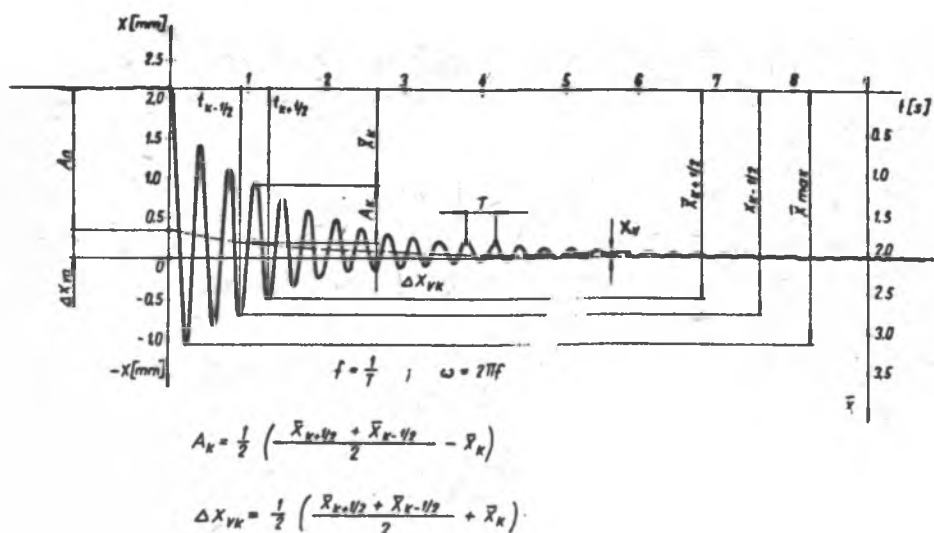
Badania laboratoryjne taśm

Badania cech sprężystych i tłumiących dokonano przez wywołanie w próbce drgań swobodnych, a następnie obserwowano proces zanikania tych drgań. Metoda badań własności taśm przenośnikowych na podstawie analizy oscylogramów drgań swobodnych układu próbka taśmy - masa stanowiska pozwala rozpatrywać własności taśm przy prędkościach jej odkształcenia zbliżonych do wartości rzeczywistych [L.1].

Badania były prowadzone na taśmie trójprzekładekowej o parametrach:

- oznaczenie próbki - C,
- wymiary próbki $B_p \times L_p = 125 \times 400$ (mm),
- oznaczenie taśmy,
wg PN-74/C-94143 Z3P-630,
- symbol tkaniny przekładek - PT-83/S/,
- wytrzymałość na rozciąganie $R_{\text{m}ar} = 650$ (kN/m),
- wydłużenie przy obciążeniu $0,1 R_m$ - 5%,
- wydłużenie przy zerwaniu - 27%
- wydłużenie trwałe przy obciążeniu $0,1 R_m$ - 1%

Charakterystyczne dla oscylogramów uzyskanych na badanych w opisany sposób próbkach "C" jest to, że oscylacje odbywają się wokół wartości średniej wolno zmieniającej się, odpowiadającej pełzaniu próbki obciążonej od $S + \Delta S$ do S (rys. 1). Przebieg $X(t)$ dla układu próbka masa, obciążonego skokowo o ΔS , wyrażają następujące wzory [L.1]:



Rys. 1 Oscylogram drgań swobodnych mas $m_g = 5114$ kg obciążającej próbkę taśmy pobudzonej siłą $\Delta S = 3,2$ kN

a) jeżeli próbkę taśmy można przedstawić modelem dwuparametrowym, tzn. sprężyną o sztywności C i tłumikiem oniewielkim współczynnikiem tłumienia $C\eta$ - zależnościami (rys. 1 i tabl. 1):

$$C = 12\pi f^2 \cdot m$$

$$C\eta = \frac{2m}{\zeta_x}$$

$$\zeta_x = \frac{T}{\ln \frac{A_k}{A_{k+1}}}$$

b) jeżeli próbkę taśmy można przedstawić modelem trójparametrowym, to po pewnych uproszczeniach - wzorami (rys. 1 i tabl. 1):

$$\zeta_a = \frac{T}{\ln \frac{A_k}{A_{k+1}}}$$

$$C = C_a = 12\pi f^2 m$$

$$C_v = \frac{S}{\zeta_v}$$

$$C_{\gamma v} = \frac{1}{2} \tau_a \cdot C_a$$

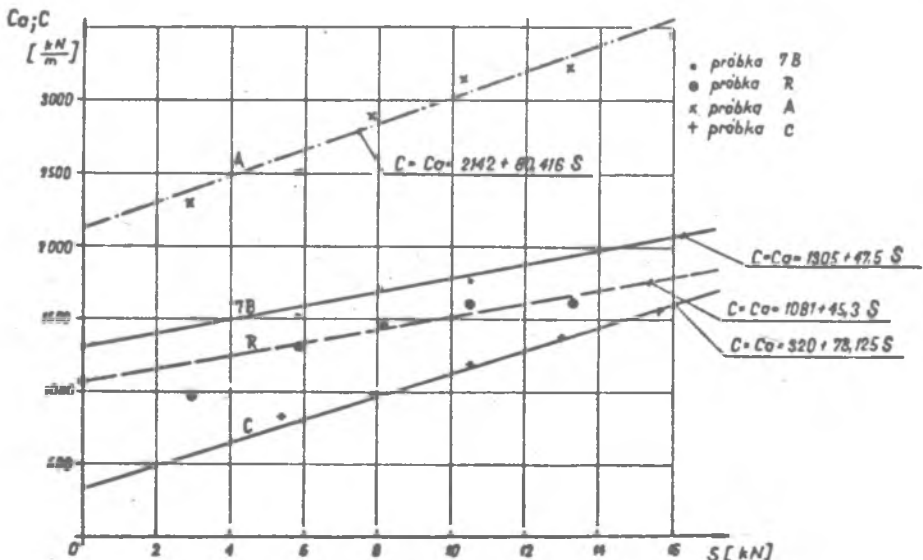
Z oscylogramów drgań próbek taśmy "C", wykonywanych przy różnych wielkościach napięć S , uzyskiwano następujące informacje:

- okres drgań T , który wyznaczono dla 8 - 10 oscylacji,
- amplitudy drgań A_k ,
- wartości średnie tłumienia poszczególnych oscylacji $\Delta \bar{I}_{vk}$, które po ok. 12 godz. od chwili wywołania drgań w próbce określono jako odkształcenie trwałe I_v ,
- stałą czasową gaśnięcia oscylacji (logarytmiczny dekrement tłumienia) wyznaczoną dla 6 - 8 oscylacji z pominięciem 2 - 3 pierwszych

$$\tau_a = \tau_x = \frac{T}{\ln \frac{A_k}{A_{k+1}}}$$

Wartości te po odpowiednich przekształceniach przedstawiono w tabelicy 1 w postaci modułów sprężystości i tłumienia taśmy opisanej modelem reologicznym dwuparametrowym bądź trójparametrowym.

Na rys. 2 - 5 przedstawiono parametry sprężystości i tłumienia badanej taśmy "C" (wspólnie z taśmami badanymi w [L. 1]) dla obydwu analizowanych modeli reologicznych taśmy prznośnikowej.



Rys. 2. Sztywność $C = C_a$ jako funkcja poziomu obciążenia S .

Tablica 1

S	m	f	Ca=C	$\left(\ln \frac{A_k}{A_{k+1}}\right)_{\text{śr}}$	$T_x = T_a$	$C_{\rho v}$	C_v	X_v	C_{ρ}
kN	kg	Hz	kN/m		s	kNs/m	kN/m	mm	kNs/m
5,4	2504	2,86	807	0,352 ÷ 0,714	3,69 ÷ 1,301	525	81,82	0,066	3,849
7,95	3804	2,57	989	0,225 ÷ 0,684	6,32 ÷ 1,42	704	101,00	0,0787	5,346
10,50	5114	2,42	1187	0,154 ÷ 0,527	11,728 ÷ 1,716	1018	303,4	0,0346	5,811
19,00	6392	2,33	1975	0,138 ÷ 0,522	1,985	1365	660,8	0,0197	6,112
15,60	7680	2,24	1519	0,124 ÷ 0,518	2,370	1800	823,2	0,01895	6,478

Próbka C

S - napięcie próbki

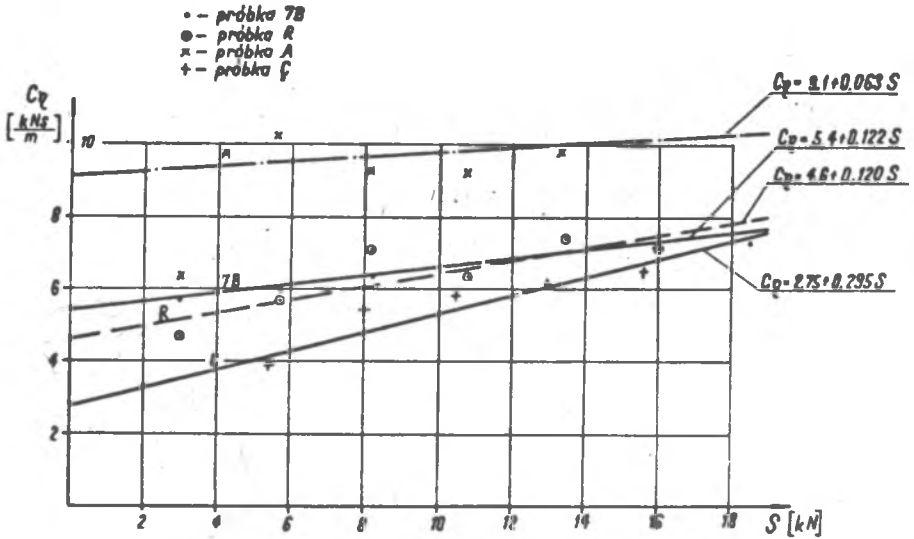
m - masa sprawdzona na osi próbki

f - częstotliwość drgań

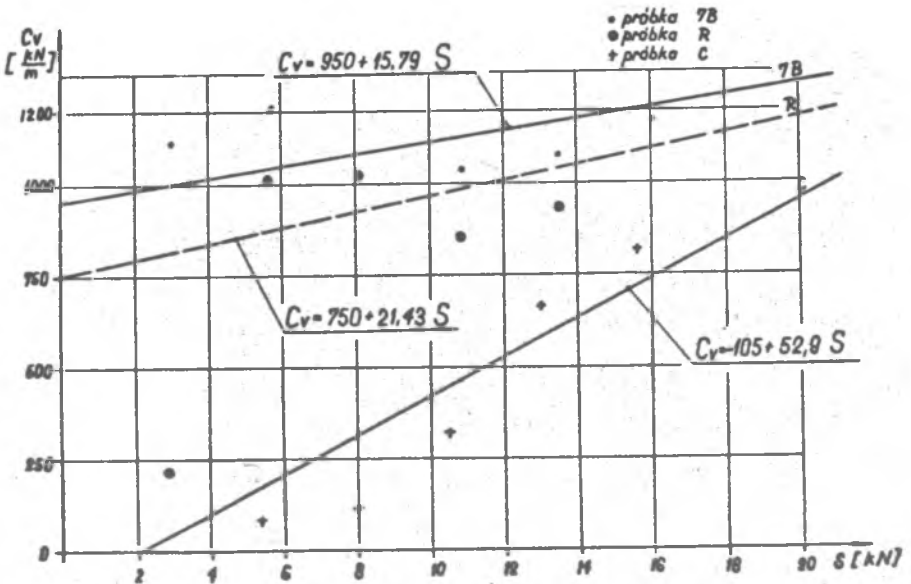
C - sztywność próbki w modelu 2-parametr

Ca - sztywność, nalychnościowa w modelu 3-param.

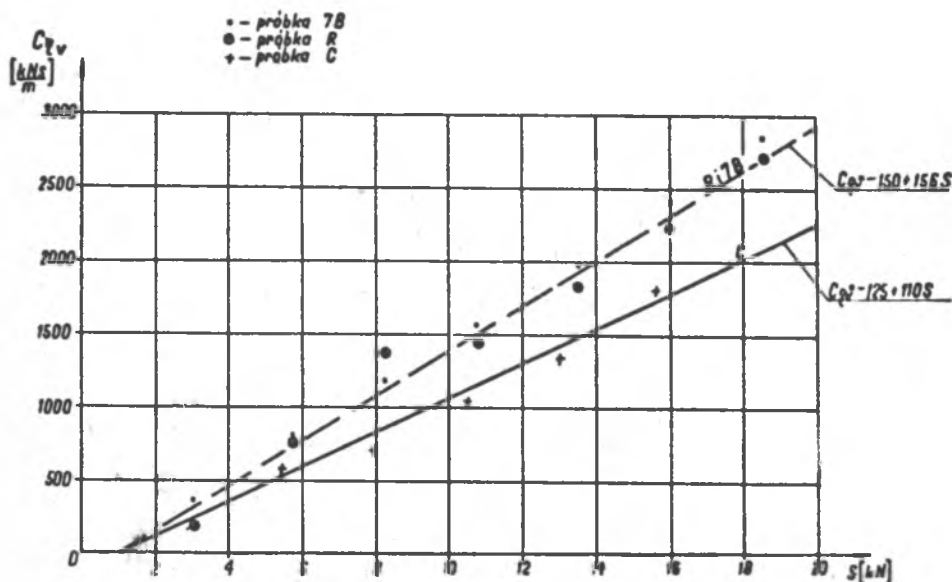
 $\left(\ln \frac{A_k}{A_{k+1}}\right)_{\text{śr}}$ - logarytmiczny dekrment tłumienia T_x - stała tłumienia oscylacji w modelu 2-parametr T_a - stała tłumienia oscylacji w modelu 3-parametr C_{ρ} - współczynnik tłumienia w modelu 2-parametr $C_{\rho v}$ - współczynnik tłumienia w modelu 3-parametr X_v - odkształcenie trwałe próbki C_v - sztywność i opóźniona w modelu 3-parametr



Rys.3. Współczynnik tłumienia C_v w modelu dwuparametrowym taśmy jako funkcja poziomu obciążenia S .



Rys.4. Współczynnik sztywności C_v w modelu trójparametrowym taśmy jako funkcja poziomu obciążenia S .



Rys.5. Współczynnik tłumienia $C_{\eta V}$ w modelu trójparametrowym taśmy jako funkcja obciążenia S .

Uzyskane z pomiarów cechy taśmy (dla 2-parametrowego modelu C i C_{η} oraz dla trójparametrowego: C_a , C_v i $C_{\eta V}$) są sztywnościami i lepkością badanej próbki. Uwzględniając wymiary próbek B_p i L_p oraz wymiary standardowego odcinka taśmy o szerokości $B_s = 1$ m i długości $L_s = 1$ m, otrzyma się moduł sprężystości E oraz współczynnik tłumienia taśmy η . Dla modelu dwuparametrowego taśmy otrzymuje się:

$$E = C \cdot \frac{B_s}{B_p} \cdot \frac{L_p}{L_s} \quad \text{oraz} \quad \eta = C_{\eta} \cdot \frac{B_s}{B_p} \cdot \frac{L_p}{L_s}$$

gdzie: C i C_{η} - sztywność i współczynnik tłumienia próbki,
 B_p i L_p - szerokość i czynna długość próbki.

Dla modelu trójparametrowego taśmy otrzymuje się:

$$E_v = C_v \cdot \frac{B_s}{B_p} \cdot \frac{L_p}{L_s}$$

$$K_a = G_a \cdot \frac{B_p}{B_p} \cdot \frac{L_p}{L_s}$$

$$\eta_V = C_{\eta_V} \cdot \frac{B_p}{B_p} \cdot \frac{L_p}{L_s}$$

Dla badanej taśmy Z3R-630 wielkości te wyniosą (dla taśmy o rzeczywistych wymiarach B i L):

- dla modelu dwuparametrowego:

$$C_t = 3,2 \cdot \frac{B}{L} \cdot (320 + 78,125 \cdot s) \quad \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}} \right]$$

$$C_{\eta_t} = 3,2 \cdot \frac{B}{L} \cdot (2,75 + 0,259 \cdot s) \quad \left[\frac{\text{kNs}}{\text{m}} \right]$$

- dla modelu trójparametrowego:

$$C_{at} = 3,2 \cdot \frac{B}{L} \cdot (320 + 78,125 \cdot s) \quad \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}} \right]$$

$$C_{\eta_t} = 3,2 \cdot \frac{B}{L} \cdot (-105 + 52,9 \cdot s) \quad \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}} \right]$$

$$C_{\eta_{vt}} = 3,2 \cdot \frac{B}{L} \cdot (-125 + 110 \cdot s) \quad \left[\frac{\text{kNs}}{\text{m}} \right]$$

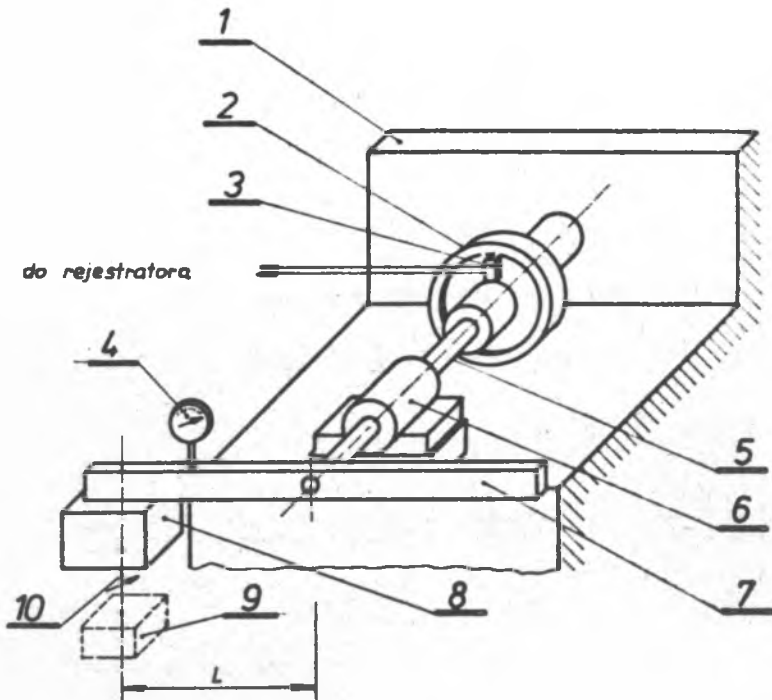
Badanie laboratoryjne sprzęgła

Aby opracować prawidłowy model matematyczny rozruchu badanego przenośnika taśmowego nr 201515, okazało się konieczne wyznaczenie charakterystyki sprzęgła przeponowego, zastosowanego w napędzie przenośnika. Sprzęgło to posiada następujące parametry:

- oznaczenie SP-55,
- średnica zewnętrzna $D_z = 225 \text{ mm}$,
- nominalny moment obrotowy $M_n = 400 \text{ Nm}$.

Sprzęgło przeponowe ze względu na budowę łącznika (o budowie podobnej do taśmy przenośnikowej) cechuje się również własnościami sprężystymi i tłumieniem w czasie jego odkształcania.

Badania jego charakterystyki dokonano metodą analogiczną, jak badano parametry sprężystości i tłumienia taśm przenośnikowych (ryc. 6). Sprzęgło napinano wstępnie momentem skręcającym $M + \Delta M$, przez okres 12 godzin. Następnie napięcie zmniejszono skokowo o ΔM , przecinając ciągną



- 1 - rama stanowiska
- 2 - badane sprężęto przeponowe o tarczy zamocowanej do ramy
- 3 - indukcyjny czujnik przemieszczenia względem tarczy
- 4 - czujnik zegarowy obrotu dźwigni
- 5 - wał
- 6 - podwójne łożysko promieniowe
- 7 - dźwignia dwuramienna nie obciążająca sprężęta momentem statycznym
- 8 - obciążnik o masie m_0 wywołujący statyczne obciążenie sprężęta $M = m_0 g L$
- 9 - obciążnik dodatkowy o masie m_d , który po odcięciu cięgna 10 pobudzał układ momentem $\Delta M = -m_d g L \mathbb{1}(t)$
- 10 - cięgno obciążnika dodatkowego

Rys. 6. Schemat stanowiska badań sprężętel przeponowych

dotatkowego obciążnika. Przebieg względnego przemieszczania członów odciążonego o ΔM sprzęgła w pierwszej fazie rejestrowano, stosując indukcyjny czujnik przemieszczeń wraz z zestawem aparatury firmy Hottinger, jak w przypadku taśm przenośnikowych. Po zaniknięciu zaburzenia, przemieszczenie mierzono czujnikiem zegarowym co 20 - 60 minut. Całkowite odprężenie sprzęgła następowało po 12 godzinach. Po odprężeniu sprzęgło obciążono ponownie większym momentem $M_1 + \Delta M$ i po kolejnych 12 godzinach przeprowadzono ponowny pomiar. Każde sprzęgło badano przy obciążeniu $M = 0 - 25\% - 50\% - 75\%$ i 100% momentu nominalnego sprzęgła. Oscylogramy przemieszczeń $x(t)$ obciążonego sprzęgła były podobne do oscylogramów drgań swobodnych próbek taśm przenośnikowych (rys. 1). Z oscylogramów tych odczytywano, a następnie wyliczano parametry modelu dwuparametrowego łącznika sprzęgła.

Funkcję odkształcenia modelu dwuparametrowego można opisać zależnością [L.1] :

$$x/t \cong \frac{\Delta M}{c} \cdot e^{-\frac{t}{T_x}} \cdot \cos \omega t$$

Sztywność sprzęgła C wyznaczono z wartości pierwszej amplitudy A_0 :

$$C = \frac{\Delta M}{A_0}$$

Sztywność C można wyznaczyć również z częstości oscylacji przebiegów stosując zależność:

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{C}{I_{zr}}$$

gdzie:

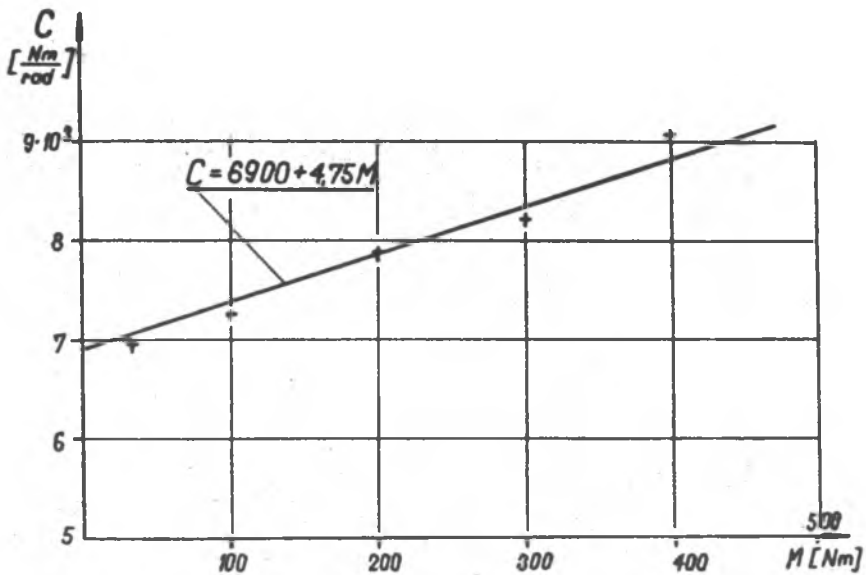
I_{zr} - zredukowany na oś sprzęgła moment bezwładności mas obciążników i dźwigni stanowiska.

Tłumienie sprzęgła $C\eta$ określono korzystając z następującej zależności dla modelu dwuparametrowego [L.1] :

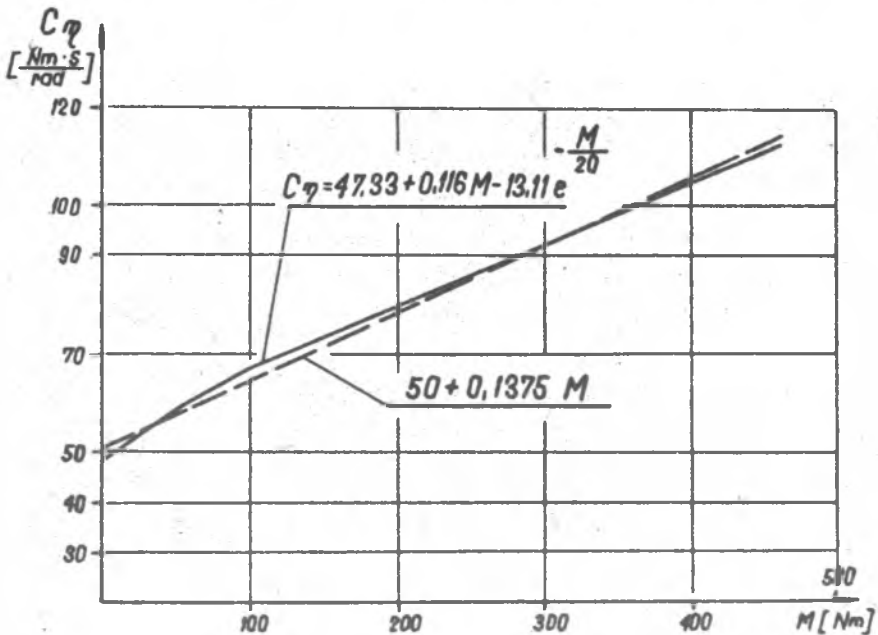
$$T_x = \frac{2\Delta M}{C\eta} \quad , \quad \text{z tego wynika} \quad C\eta = \frac{20}{T_x}$$

Stałą czasową T_x wyznaczono z oscylogramów drgań sprzęgła, stosując metodę statystyczną do zbioru wartości A_k/A_{k+1} .

Wartości sztywności C i tłumienia $C\eta$ sprzęgła S3-55 przedstawiają rys. 7 i 8.



Rys. 7. Sztywność sprzęgła SP-55 jako funkcja momentu obciążenia M



Rys. 8. Współczynnik tłumienia sprzęgła SP-55 jako funkcja poziomu obciążenia M

Badanie przenośnika w warunkach eksploatacji


Badanie przeprowadzono na przenośniku taśmowym (wg dokumentacji "DETRANS" - Bytom nr 201515), pracującym w układzie nawęglania Elektrocieplowni "Chorzów", o następujących parametrach technicznych:

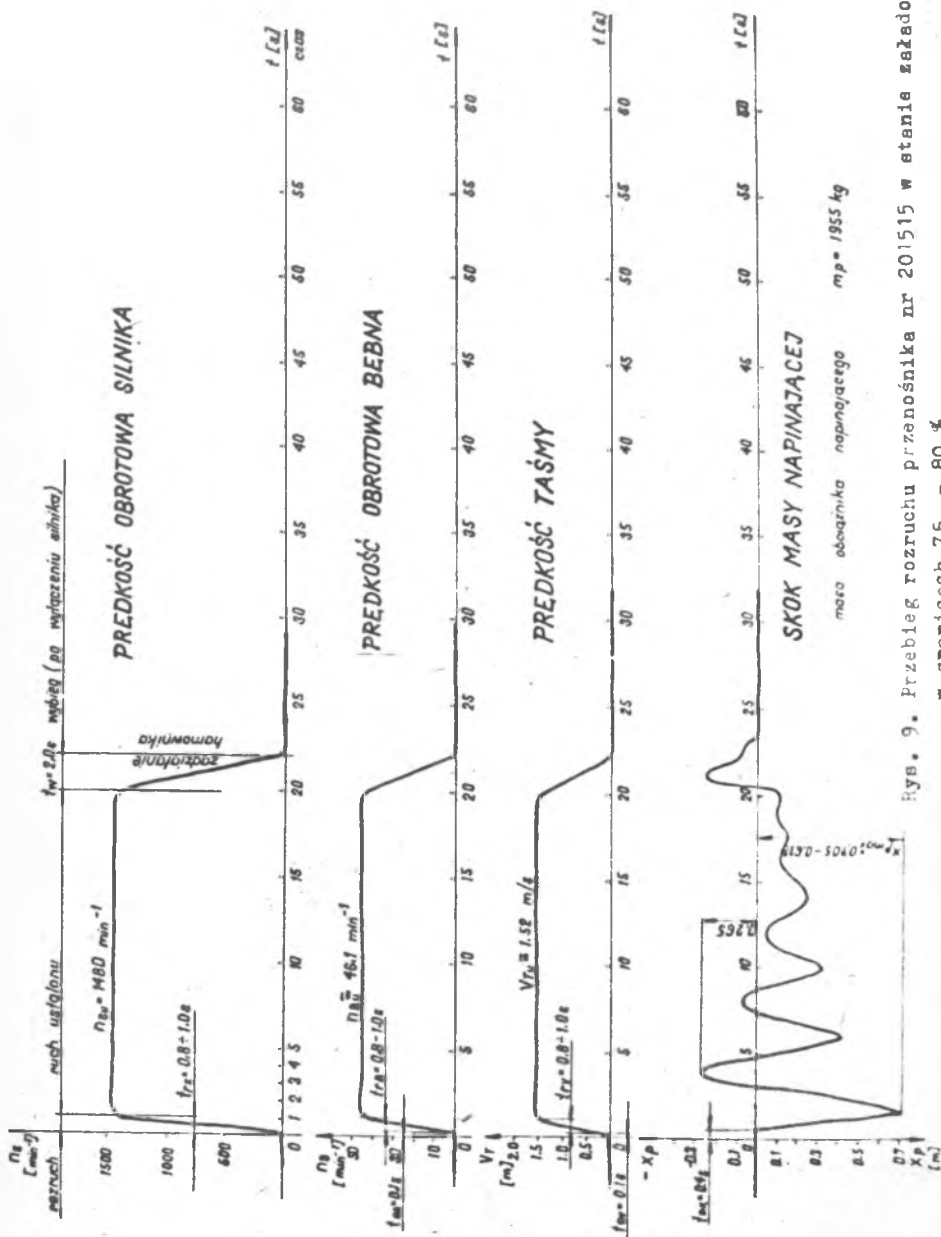
- wydajność $Q = 200$ t/godz.
- szerokość taśmy $B_t = 800$ mm,
- typ taśmy Z3P-630,
- prędkość taśmy $V_t = \text{ok. } 1,5$ m/s,
- długość trasy pochyłej $L = 225,493$ m,
- średnica bębna napędowego $D_B = 630$ mm,
- masa obciążników napinających taśmę (wg identyfikacji)
 $m_p = 1955$ kg,
- przełożenie przekładni między silnikiem i bębem $i_p = 32,1$,
- kąt pochylenia trasy przenośnika $\alpha = 9^\circ 10'$,
- wysokość podnoszenia nosiwa $H_p = 36,1$ m,
- silnik elektryczny w napędzie:
typ: Se 250 M4,
moc: 55 kW przy prędkości obrotowej 1470 obr/min.

Przenośnik badano w stanie nieobciążonym (taśma pusta) oraz w stanie obciążonym (taśma załadowana węglem). Stopień załadowania przenośnika określono na 75 - 80 % jego nominalnej wydajności poprzez pomiar pryzmy nosiwa rozłożonej równomiernie na długości trasy przenośnika. Tak dla przenośnika obciążonego, jak i pustego wykonano 3 pomiary.

Rejestrowane były przebiegi w funkcji czasu (okres rozruchu, okres stanu ustalonego i okres wybiegu, tj. swobodnego zatrzymania przenośnika) niżej wymienionych wielkości:

- prędkość obrotowa silnika napędowego,
- prędkość obrotowa bębna napędowego i prędkość taśmy w pobliżu wejścia na bęben,
- przemieszczenie pionowe obciążnika napinającego taśmę.

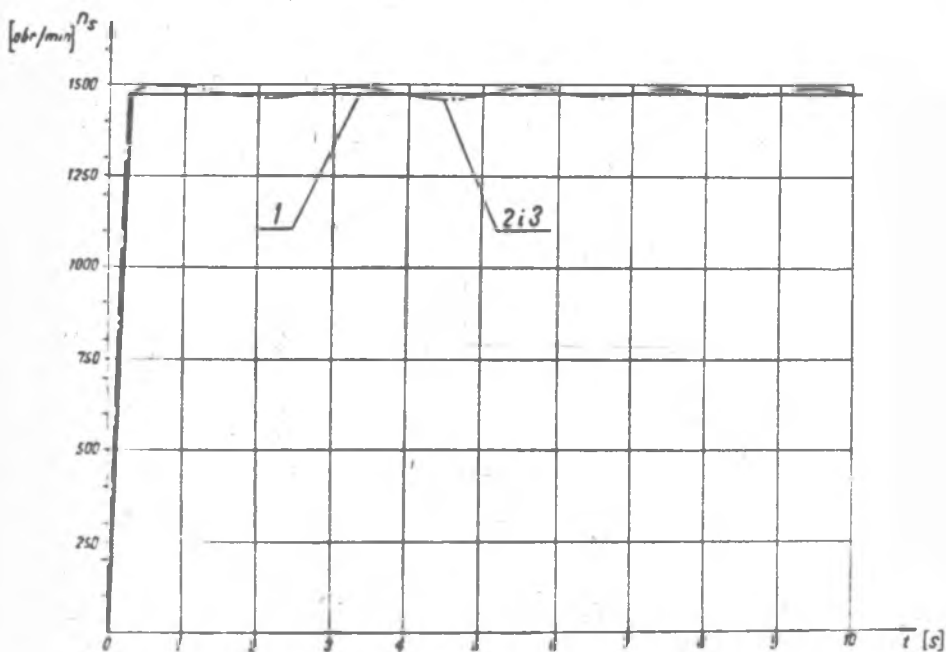
Wyżej wymienione wielkości mierzone w sposób ciągły (rejestrowano) metodami opisanymi w [L.1]. Na rysunku 9 przedstawiono przebieg rozruchu załadowanego przenośnika nr 201515. Na  rysunku naniesiono skrajne wartości wyznaczone z poszczególnych oscylogramów.



rys. 9. Przebieg rozruchu przenośnika nr 201515 w stanie załadowanym w granicach 75 - 80 %

Porównanie wyników pomiarów przenośnika z obliczeniami

Obliczeń na modelu matematycznym przenośnika 201515 dokonano przyjmując kolejno model reologiczny taśmy dwuparametrowy (Kelvina - Voigta) oraz trójparametrowy (standardowy). Porównywano wyniki obliczeń z pomiarami wykonanymi na pustym przenośniku oraz w przypadku skoku masy napinającej I_p na pustym i załadowanym przenośniku. Narastanie prędkości obrotowych silnika elektrycznego n_s , bębna napędowego n_b , w przenośniku badanym oraz w przenośniku modelowym, w którym taśmę opisano modelem reologicznym dwu- i trójparametrowym, przedstawiono na rysunku 10 i 11. Czas rzucchu silnika tak z pomiarów, jak i obliczeń kształtuje się w granicach 0,4 do 0,5 s.

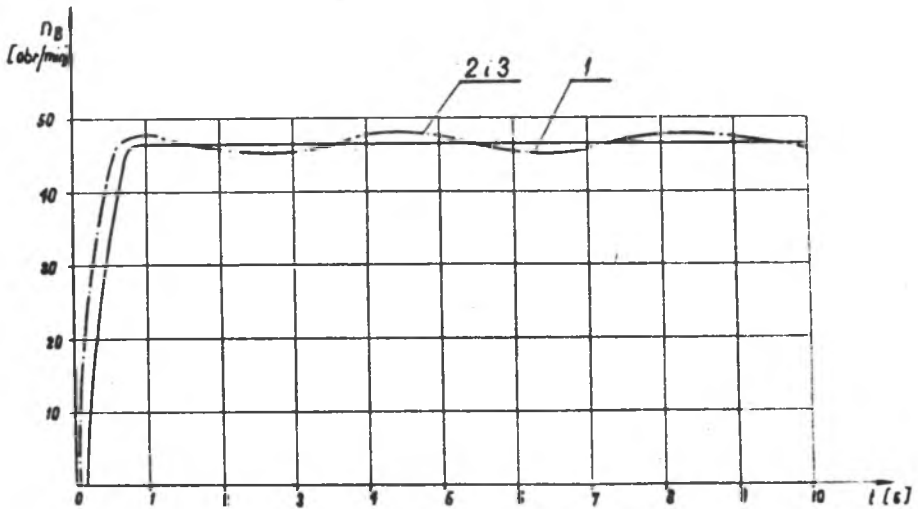


Rys. 10. Narastanie prędkości obrotowej silnika Se 250M4 w przenośniku nieobciążonym nr 201515:

- 1 - wyniki uzyskane z pomiarów,
- 2 - wyniki uzyskane z obliczeń wg modelu 2-parametrowego taśmy,
- 3 - wyniki uzyskane z obliczeń wg modelu 3-parametrowego taśmy.

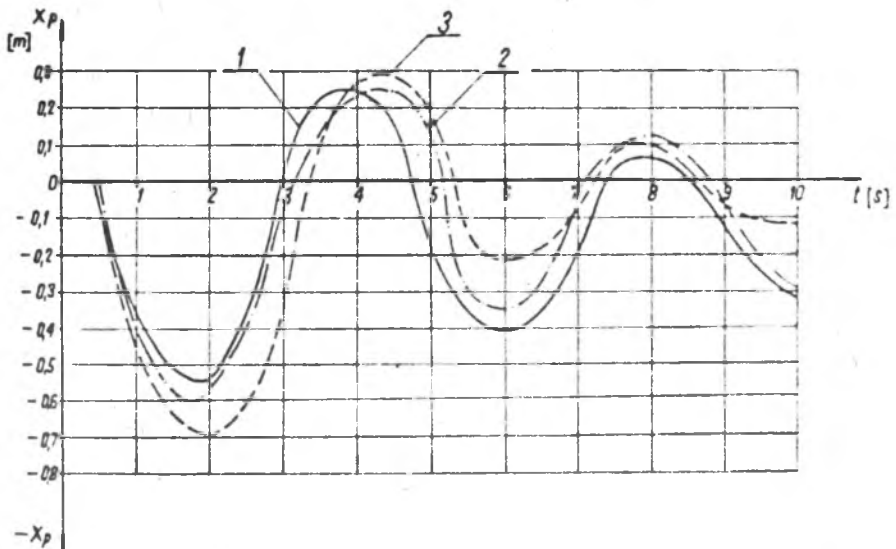
W przypadku prędkości obrotowej bębna napędowego (rys. 11) widać, że czas zwłoki w narastaniu prędkości obrotowej waha się od, 0,2 s (z obliczeń) do 0,3 s (z pomiarów).

Duża zgodność wyników obliczeń modelowych przenośnika w porównaniu z wynikami pomierzonymi wystąpiła również w przypadku wyznaczenia skoku masy wywołującej obciążenie wtórne na taśmie (rys. 12).



Rys. 11. Narastanie prędkości obrotowej bębna napędowego w przenośniku nieobciążonym nr 201515:

- 1 - wyniki uzyskane z pomiarów,
- 2 - wyniki uzyskane z obliczeń wg modelu 2-parametrowego taśmy,
- 3 - wyniki uzyskane z obliczeń wg modelu 3-parametrowego taśmy.



Rys. 12. Skok masy napinającej na przenośniku obciążonym nr 201515:

- 1 - wyniki uzyskane z pomiarów,
- 2 - wyniki uzyskane z obliczeń wg modelu 2-parametrowego taśmy,
- 3 - wyniki uzyskane z obliczeń wg modelu 3-parametrowego taśmy.

Z danych uzyskanych z pomiarów przenośnika wynika, że maksymalny skok masy napinającej przenośnika załadowanego jest niewielki i wynosi $X_{pmax} = 0,705$ m oraz że oscylacje obciążnika zanikają praktycznie po 8 - 10 s.

Należy zauważyć, że zgodność obliczeń modelowych z pomierzonymi na przenośniku 201515 jest większa niż w przenośniku taśmowym w Elektrowni Rybnik [L.1].

Również nieznaczne są (jakościowe i ilościowe) różnice uzyskanych wielkości z obliczeń w przypadku modelowania taśmy przenośnikowej modelem dwu- i trójparametrowym.

Wnioski

Badania dynamiki rozruchu na przenośniku nr 201505 w Elektrociepłowni "Chorzów" miały potwierdzić sposób modelowania stanów nieustalonych przenośników taśmowych, zaproponowany w pracy [L. 1]. Pod tym kątem spełniły one w zupełności swoje zadanie.

Mozna więc powtórzyć niektóre wypowiedziane tam ważniejsze wnioski, a mianowicie:

- a) Porównanie parametrów pracy przenośnika badanego w warunkach eksploatacyjnych z parametrami obliczonymi na drodze teoretycznej wskazuje na stosunkowo dużą zbliżność tych wartości. Wartości maksymalne skoku masy napinającej, prędkości obrotowe silnika oraz bębna napędowego, jak i czas rozruchu przenośnika są podobne tak w przenośniku modelowym, jak i rzeczywistym. Natomiast ważniejsza dla naukowych analiz od ilościowego porównania parametrów pomierzonych z obliczeniami wydaje się jakościowa zgodność tych wielkości.
- b) Dobór właściwego modelu do odwzorowania własności reologicznych taśmy oraz sprzęgła podatnego jest problemem kluczowym przy rozpatrywaniu procesów falowych występujących w rozpatrywanych modelach dynamicznych przenośników. Dotychczasowe badania wykazują, że poprawny opis reologiczny zachowania się taśmy w pełnym zakresie obciążeń i czasu można uzyskać jedynie przy zastosowaniu złożonych, wieloparametrowych modeli, nieprzydatnych do modelowania stanów nieustalonych pracy przenośnika dla celów praktycznych. Do dokładnych obliczeń inżynierskich lub w analizach naukowych, np.: procesów falowych zachodzących w taśmie przenośnika w czasie rozruchu, najlepiej nadaje się model trójparametrowy. Jednak parametry tego modelu należy w sposób dokładny określić w oddzielnych szerszych badaniach taśm przenośnikowych. Z przeprowadzonych w niniejszej pracy badań taśm przenośnikowych widać że własności sprężyste oraz tłumienie taśmy najdokładniej oddaje dwuparametrowy model reologiczny /Kelvina-Voigta/. Może on być stosowany

do obliczeń stanów nieustalonych w przenośnikach taśmowych w praktyce inżynierskiej, w biurach konstrukcyjnych lub projektowych.

L I T E R A T U R A

- [1] Markusik S.: Dynamika rozruchu przenośników taśmowych z napędem jedno lub dwubębnowym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej - Górnictwo z. 114/1982.
- [2] Pawandenat D., Matthes B., Leonhardt R.: Zum dynamischen Verhalten von Antriebssystemen beim Anfahren mit Asynchronmotoren - Deutsche Hebe- und Fördertechnik nr 12/1980.

Recensent:

Prof. dr hab. inż. Jerzy ANTONIAK

THE RESEARCHES DYNAMICS OF STARTING CONVEYORS BELTS WITH ONE DRUM FRONTAL DRIVE

Summary

In the article was shown analysis mathematical model of conveyor belt and was compared results obtained from computer with results of measurement that has achieved on the realy conveyor belt. At the same time was definited those parametres: rheological model of the belt and characteristic of coupling. The article is range of modeling the dynamics of conveyors belts that showed in the [L. 1].

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАПУСКА ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ С ОДНОБАРАБАННЫМ ПРИВОДОМ

Резюме

В статье представлен анализ математической модели ленточного конвейера и сравнены результаты цифровых расчетов этой модели с результатами измерений на конвейере действительным. Одновременно определены также параметры математической модели испытанного конвейера, как: реологическая модель ленты и характеристика муфты. Статья является итогом известных поданных из круга моделирования нестационарных процессов ленточных конвейеров представленных в первой позиции литературы L. 1.