

**Maciej Kuchar\***

## **MODELOWANIE OPORU MIJANIA GAŁĘZI PRZESMYKU**

### **MODELLING OF THE CROSSING RESISTANCE OF WARP THREADS IN SHED FORMATION**

#### **Słowa kluczowe:**

formowanie przesmyku, nicielnice, szczepność nitek osnowy, siły technologicznego tłumienia, energia tłumienia

#### **Key words:**

shed formation, harness, clinging of warp thread, technological damping forces, damping energy

#### **Streszczenie**

W nowoczesnych mechanizmach nicielnicowych siła oporu generowana przez mijające się nitki osnowy podczas zmiany przesmyku jest istotna nie tylko z uwagi na ich niszczenie. Siła ma istotny udział w nakładzie pracy łożonej na tworzenie przesmyku. W referacie przedstawia się metodę pomiaru tej siły, stanowisko badawcze, uwarunkowania pomiarowe. Prezentuje się przykładowe przebiegi siły w dziedzinie czasu i drogi i dokonuje ich analizy pod kątem wydobycia charakterystycznych cech; określa się i bada pracę mijania osnowy czyli energię dyssypowaną w tej czynności; określa się charakter tłumienia ruchu osnowy. Na

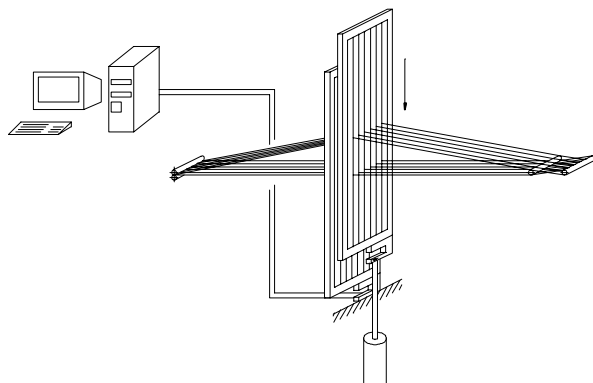
---

\* Politechnika Łódzka, Instytut Konstrukcji Maszyn

podstawie analizy jakościowej charakterystyk siłowych rozkłada się opór mijania na tarcie między gałęziami nitek i tarcie o struny nicielnic współpracujących. W oparciu o dokonane empiryczne ustalenia dokonuje się weryfikacji opisanych w literaturze modeli otwierania przesmyku. Proponuje się własny empiryczny model. Prezentuje się porównanie przebiegów siły tłumiącej oraz ruchu nicielnic z przebiegami pomiarowymi. W konsekwencji dokonuje się oceny proponowanego modelu pod kątem jego charakteru i wpływu na zaburzenie ruchu nicielnic oraz energii dyssypowanej za jej pośrednictwem.

Jednym z czynników stanowiących o oporach ruchu mechanizmu nicielnicowego jest czynnik technologiczny. Nicielnice tworząc przesmyk pokonują siłę oddziaływania napiętej osnowy, która ma charakter zasadniczo sprężysty. W pewnych mechanizmach nicielnicowych oddziaływanie to może być wykorzystywane przy zamykaniu przesmyku do częściowego odzyskania energii łożonej na pracę mechanizmu. Innym czynnikiem technologicznym, nieodzyskiwalnym jest opór mijania gałęzi przesmyku. Jest to siła zależna od liczności i szcepliwości osnowy, wywołująca podczas otwierania przesmyku dyssypację energii. Szczególnie znaczącą wartość przybiera na początku otwierania hamując ruch nicielnic, zaburzając czystość przesmyku, zwiększając napinanie, zginanie i ścieranie nitek, ścinając i wrywając ich włókna, a więc pod każdym względem działając szkodliwie [4]. Siłę tą nazwano technologicznym tłumieniem ruchu nicielnic.

## STANOWISKO BADAWCZE



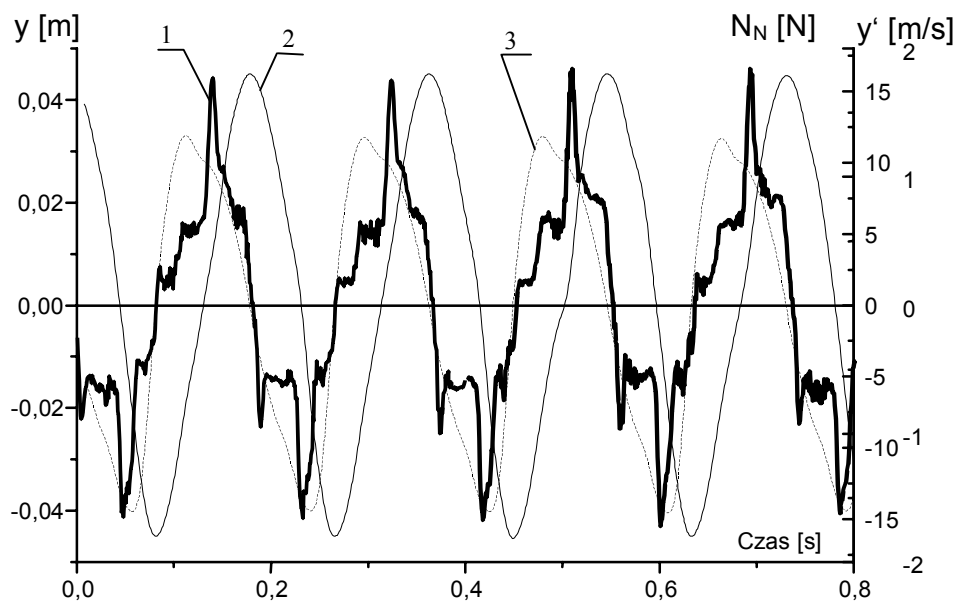
**Rys. 1. Sposób pomiaru sił technologicznego tłumienia ruchu nicielnic**

Fig.1. Method of measuring technological damping forces of harness

Pomiaru siły oporu mijania nitek osnowy dokonano na stanowisku badawczym pokazanym na rys. 1. Jedna z nicielnic (lewa) jest unieruchomiona za pośrednictwem czujnika tensometrycznego wskazującego pionowe siły jej oddziaływania na podłoże; jest więc nicielnicą pomiarową. Nicielnica ruchoma (prawa) wykonuje drgania, rejestrowane pod postacią jak na rysunkach: 2, 3, 10. Siła rejestrowana przez czujnik jest siłą przenoszoną (za pośrednictwem nitek osnowy) na lewą nicielnicę z prawej, ruchomej i jest odzwierciedleniem technologicznego tłumienia ruchu nicielnic.

## POMIAR

Dokonano szeregu rejestracji siły technologicznego tłumienia takich jak na rysunku 2, w których parametrem zmiennym była obok amplitudy ruchu częstotliwość drgań nicielnicy (prędkość mijania nicielnic).



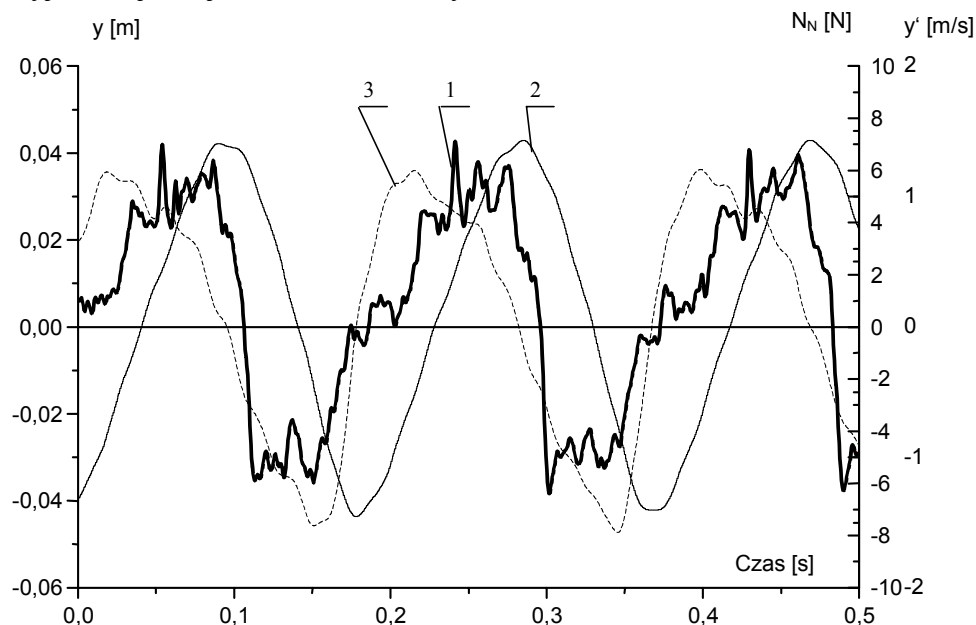
**Rys. 2. Przebiegi: siły technologicznego tłumienia -1, przemieszczenia- 2 i prędkości-3 nicielnicy w funkcji czasu**

Fig.2. Curves: 1-technological damping forces  $N_N$ ; 2-harness travel, 3-speed of harness, as a function of time

W dokonanej wstępnej analizie jakościowej siły technologicznego tłumienia wykazano, że przebieg  $N_N(t)$  jest superpozycją siły  $N_{N1}(t)$  oporu mijania się nitek osnowy między sobą i siły tarcia  $N_{N2}(t)$  pomiędzy osnową a strunami drugiej nicielnicy.

$$N_N(t) = N_{N1}(t) + N_{N2}(t). \quad (1)$$

Na potwierdzenie powyższego przedstawiono przebieg składowej siły technologicznego tłumienia  $N_{N2}(t)$  (rys. 3). Przebieg ten zrealizowano w podobny sposób, co pozostałe – różnica polegała na wyjęciu z jednej z nicielnic osnowy.



**Rys. 3. Przebiegi: siły technologicznego tłumienia  $N_{N2}$ –1, przemieszczenia-2 i prędkości-3 nicielnicy w funkcji czasu**

Fig.3. Curves: 1–components of forces of technological damping  $N_{N2}$ ; 2-harness travel, 3-speed of harness, as a function of time

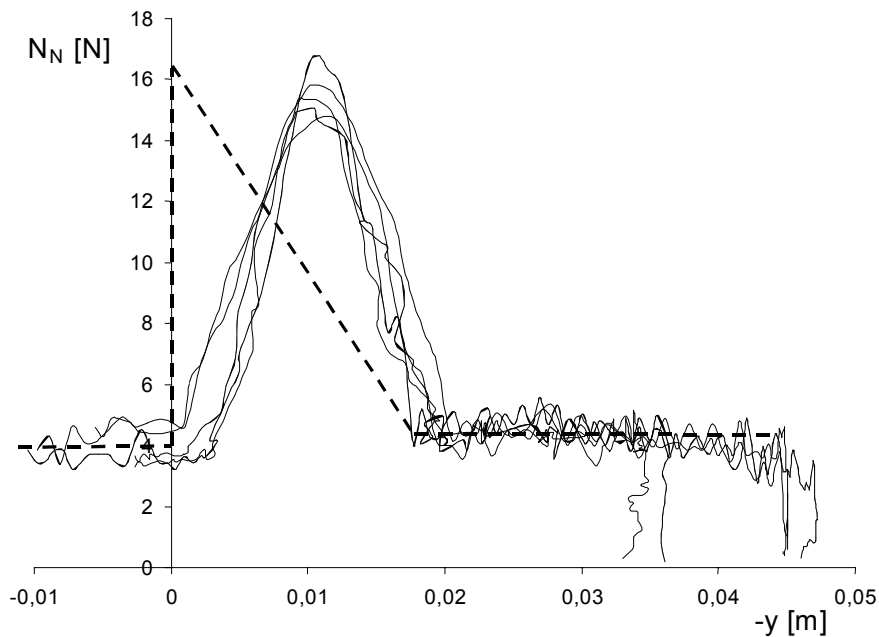
Brak osnowy pozwolił uniknąć mijania się nitek (a co za tym idzie i oddziaływań siłowych mijania  $N_{N1}$ ) pozostawiając jednocześnie opór osnowy o struny drugiej nicielnicy. Widać wyraźnie, że charakter przebiegu przedstawionego na rysunku 3 jest zbliżony do przebiegu siły technologicznego tłumienia  $N_N(t)$

z rysunku 2, ale z pominięciem składowej związanej z oporem mijania nitek  $N_{N1}(t)$  (brak charakterystycznych pików siły  $N_{N1}$ ). Pewna różnica rejestrowanej siły  $N_{N2}(t)$  na przebiegu z rysunku 3, w porównaniu z siłą  $N_{N2}$  z przebiegu z rysunku 2, wynika ze zjawisk towarzyszącym brakowi połowy osnowy. Pomiedzy strunami nicielnicy w tych warunkach zrobiło się luźniej. W związku z czym wzajemne dociski nitek osnowy do strun są mniejsze. Nie zmienia to jednak istoty zagadnienia, potwierdzając jednocześnie prawidłowość przeprowadzonej analizy.

### **SYNTEZA MODELU Z DANYCH EMPIRYCZNYCH**

Kształtowanie się siły technologicznego tłumienia w funkcji przemieszczenia nicielnicy widać na przykładzie kilku reprezentatywnych prób stanowiskowych (rys. 4). Jak widać, składowa z tytułu szczepności pojawia się zaraz po przejściu nicielnicy ruchomej przez położenie przesmyku zamkniętego, narasta gwałtownie osiągając pewną szczytową wartość, poczym zaczyna spadać przyjmując postać charakterystyczną zbliżoną do trójkątnej. Taką stałą fazę maksimum siły od położenia przesmyku zamkniętego tłumaczyć należy istnieniem pewnej początkowej głębokości przesmyku nieszczepionego [1]. Przypuszcza się, że głębokość tę narzucają struny nicielnice rozpychające między sobą nitki gęstej osnowy, przez co nie pozwalają w pobliżu nicielnicy wejść im ze sobą w styczność, warunkującą szczepność.

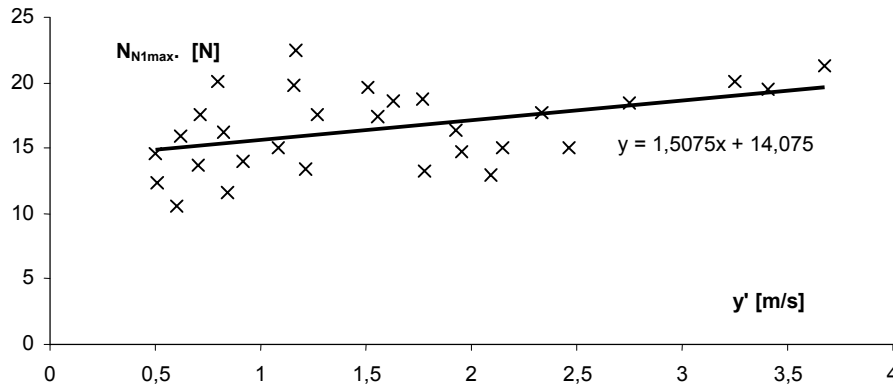
Siła technologicznego tłumienia zanika gwałtownie w momencie zmiany kierunku ruchu nicielnicy z uwagi na fakt zmiany kierunku składowej z tytułu tarcia nitki - struny. Różne długości tej składowej widoczne na wykresach świadczą o zróżnicowanych amplitudach ruchu nicielnicy podczas prób.



**Rys. 4. Zmierzone siły technologicznego tłumienia w funkcji przemieszczenia nicielnicy (linia przerywana – proponowany model empiryczny technologicznego tłumienia)**

Fig.4. Technological damping forces measured as a function of harness travel-full lines, suggested empirical model of technological damping forces-broken line

Jak widać, maksymalna wysokość charakterystycznego trójkąta składowej  $N_{N1}$  oraz jego szerokość jest względnie powtarzalna. Modelując przebiegi można mówić o pewnych wartościach reprezentatywnych tych parametrów jako o wartościach stałych, z lekką tendencją do narastania (w przypadku  $N_{N1max}$ ) wraz ze zwiększaniem się prędkości mijania nicielnic (rys. 5). Porównanie szeregu zarejestrowanych przebiegów dowodzi niewielkiego, acz istotnego w dokładnej analizie, wpływu czynnika wiskotycznego w omawianym zagadnieniu.



**Rys. 5. Wpływ prędkości wzajemnego mijania nicielnic na szczytową wartość siły  $N_{N1}$**

Fig.5. Effect of harness crossing speed on peak value of force  $N_{N1}$

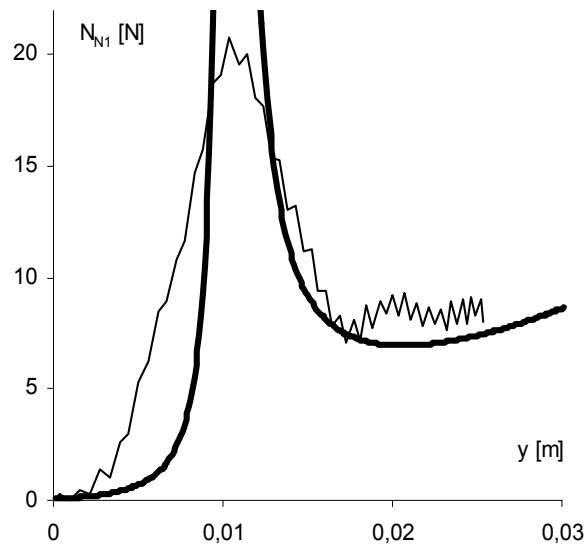
Porównanie zarejestrowanych przebiegów siły technologicznego tłumienia w funkcji przemieszczenia nicielnicy (rys. 4) stało się punktem wyjścia do budowy modelu empirycznego przebiegu tej siły w którym:

- przebieg oporów szczepności osnowy -  $N_{N1}$  przybliża się przebiegiem liniowo malejącym w funkcji przemieszczenia  $y$  (charakterystycznym trójkątem o zadanej wysokości  $N_{N1max}$  oraz szerokości),
- przebieg siły tarcia pomiędzy nitkami osnowy a strunami nicielnicy współpracującej -  $N_{N2}$  przybliża się przebiegiem stałym

Proponowany model empiryczny pomija stałą fazę maksymalnej wartości siły  $N_{N1}$ .

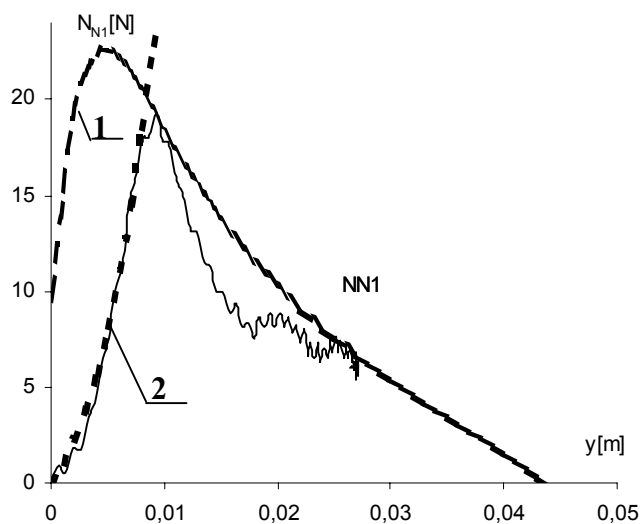
## MODELE TECHNOLOGICZNEGO TŁUMIENIA

Przesłanki do tworzenia analitycznych modeli otwierania przesmyku zaczerpnięto z opracowań Jurasza [2] i [3]. Bazując na opisanej tam geometrii zaburzonego przesmyku symulowano przebieg siły technologicznego tłumienia w funkcji przemieszczenia nicielnicy. Następnie symulowany przebieg nałożono na przebieg zarejestrowany. Na podstawie szeregu takich porównań, których przykłady pokazane są na rysunkach 6 i 7, opisane modele poddano dyskusji.



**Rys. 6. Technologiczne tłumienie jako siła tarcia pomiędzy nitkami w funkcji przemieszczenia nicielnicy**

Fig.6. Technological damping forces as friction forces between threads versus harness travel



**Rys. 7. Technologiczne tłumienie jako siła szepności nitek osnowy w funkcji przemieszczenia nicielnicy (1-krzywa modelowa, 2-krzywa uwzględniająca początkową głębokość przesmyku nieszczepionego)**



Fig.7. Technological damping forces as clinging forces of threads versus harness travel.  
1-model curve, 2-model curve drawn with taking into consideration an initial  
“no-cling” shedding depth

W najwcześniejszym z opisanych modeli [2] przyjmuje się że opory technologicznego tłumienia generuje tarcie pomiędzy nitkami osnowy. Przy tak przyjętym modelu intensywność zaburzenia przesmyku zależy więc głównie od wygenerowanych sił docisku wzajemnego przędzy osnowowej i chwilowej wartości współczynnika tarcia. Uwzględnienie jedynie siły tarcia pomiędzy nitkami osnowy zaowocowało uzyskaniem w przebiegu siły technologicznego tłumienia punktu nieciągłości (rys. 6). Kwestią otwartą pozostaje maksymalna wartość siły tłumiącej.

Inny ze znanych modeli otwierania przesmyku zasadza się na analogii z wózkiem poruszającym się na osnowie po torze prostoliniowym [3]. Dyskusja nad tak modelowanym rozrywaniem wzajemnej włókiennie-ciernej więzi nitek osnowy sprowadziła i tutaj zagadnienie do modelu tarcia. W modelu tym uznano, że opór postępu rozszczepiania przesmyku jest siłą zależną od jego prędkości i przeciwną do jego kierunku. Docisk wózka do swojego toru generuje zaburzona geometria przesmyku. Na podstawie porównania przebiegów tak modelowanej siły technologicznego tłumienia stwierdzono pewną zgodność z rejestracją (rys. 7).

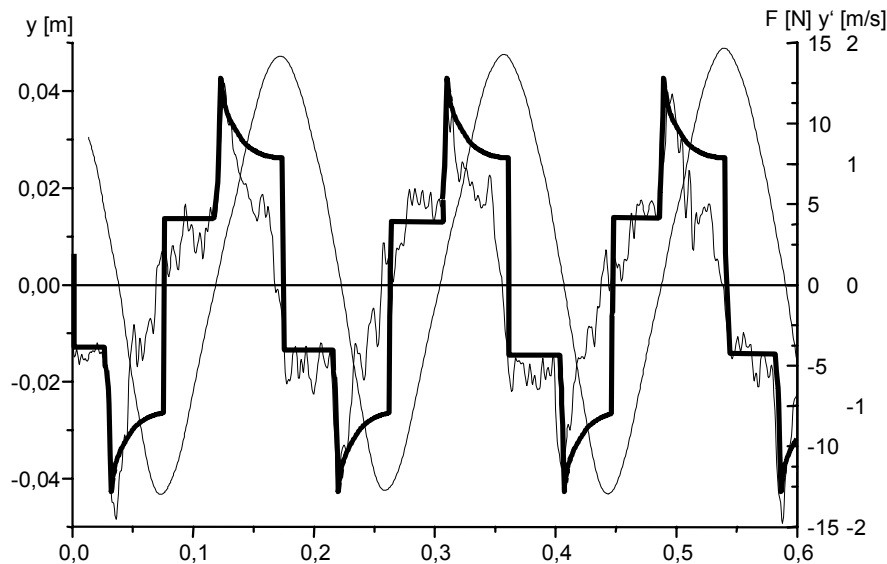
Jak widać dysponując przebiegami pomiarowymi można łatwo ocenić opisane w literaturze modele otwierania przesmyku. Modele nie uwzględniają tłumienia z tytułu tarcia nitek osnowy o struny nicielniczej współpracującej. Technologiczne tłumienie ograniczają do opisu mechanizmu rozszczepiania nitek osnowy  $N_{N1}$ . Tymczasem analiza zarejestrowanych przebiegów wykazała w nim znaczący udział czynnika  $N_{N2}$ . Nie należy tutaj pomijać zasadniczego znaczenia rodzaju i kształtu struny nicielniczej w zjawisku. Wymaga to jednak przeprowadzenia dalszych prac badawczych.

Innym problem to wykazana z pomiarów stała faza maksymalnej wartości siły technologicznego tłumienia. Matematyczna postać zależności przewiduje na krzywej modelowej (rys. 7) pewne przesunięcie maksymalnej wartości od położenia przesmyku zamkniętego. Na podstawie obserwacji wiadomo jednak, że u podstaw zjawiska leży geometria przesmyku w obszarze przechodzenia nicielnic przez położenie przesmyku zamkniętego. Analizując krzywą modelową podejrzewa się, że tylko jej część może mieć praktyczne znaczenie.

Złożoność zapisu matematycznego w znacznym stopniu ogranicza stosowalność metod w analizach pracy mechanizmów nicielnicowych.

### WERYFIKACJA MODELU EMPIRYCZNEGO

Jakościową weryfikację modelu z danych empirycznych pod kątem kształtu przeprowadzono na kilku reprezentatywnych przebiegach takich jak na rysunku 8.

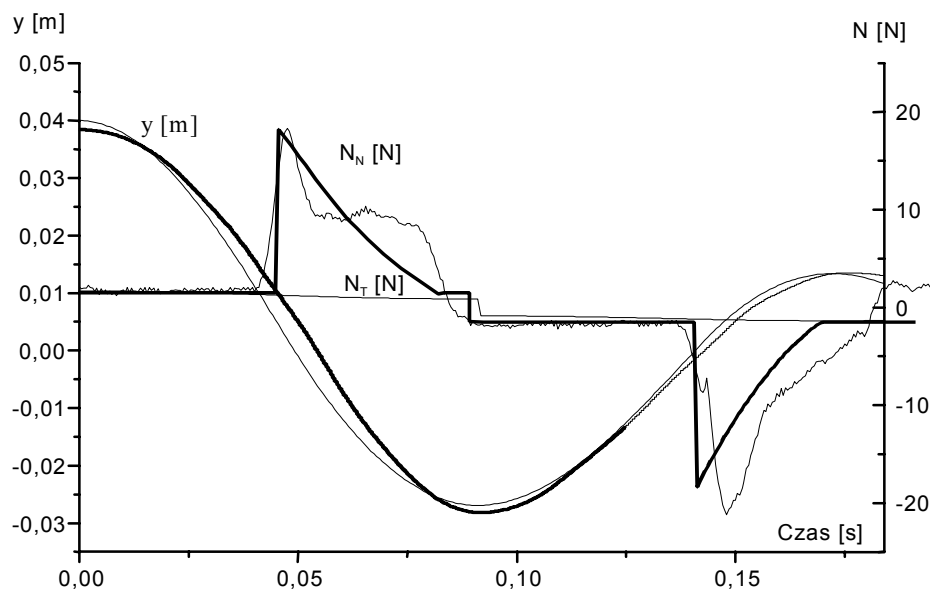


**Rys. 8. Przebieg siły technologicznego tłumienia osnowy symulowany na podstawie modelu empirycznego-linia gruba, zarejestrowany przebieg siły i przebieg ruchu nicielniczy – linie cienkie.**

Fig.8. Empirical model of technological damping forces-heavy line, technological damping forces and harness travel recorded-fine lines, as a function of time

Kształt przebiegu siły technologicznego tłumienia istotny jest do analizy dynamicznych obciążeń elementów kinematycznie wymuszających ruch nicielnic (np. krzywki). Istnieją mechanizmy nicielnicowe które realizują ruch nicielnic na drodze dynamicznej. Z tego punktu widzenia istotnym jest wpływ technologicznego tłumienia na ewentualne zaburzenie ruchu takiej nicielnicy. Wpływ modelowanej w omawiany sposób siły tłumiącej na ruch takiej nicielnicy (zawieszony sprężyscie), został określony analitycznie. Celem weryfikacji modelu

poddano analizie przebiegi drgań swobodnych tej nicielnic. Poprawność modelu empirycznego oceniono nanosząc analitycznie określony przebieg ruchu na przebieg zarejestrowany (rys. 9). Porównano zbieżność ruchu na kilku reprezentatywnych przebiegach w których parametrem zmiennym była głównie prędkość mijania nicielnic.



**Rys. 9** Wpływ siły technologicznego tłumienia na przebieg ruchu swobodnego nicielnicy (linie cienkie- ruch i siła zarejestrowana, linie grube – ruch i siła symulowane na podstawie modelu empirycznego)

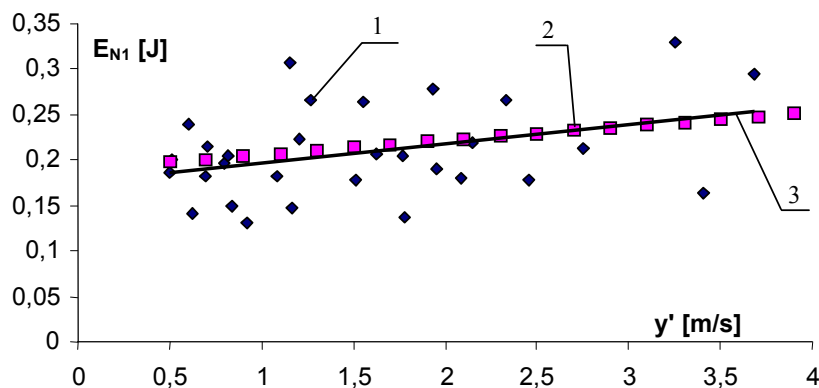
Fig.9. Effect of technological damping forces on harness free motion: calculated travel and force-heavy lines, recorded travel and force -fine lines

Za podstawowe kryterium weryfikacyjne dla modelu uznano kryterium energetyczne. Ponieważ przemieszczenie nicielnicy ruchomej podczas mijania nitek osnowy odbywa się przy udziale siły technologicznego tłumienia można mówić o energii traconej tą siłą w zakresie jednego cyklu otwarcia przesmyku, opisaną ogólnie:

$$E_N = E_{N1} + E_{N2} = \int_{y_N} N_N(y) dy, \quad (2)$$

Energię tą określono na podstawie szeregu rejestracji i przedstawiono w funkcji prędkości mijania nicielnic (rys 10). Ze

względem na ujawniony duży rozrzut wyników funkcję  $E_{N1}(y')$  z rejestracji aproksymowano linią prostą. Energię tłumienia obliczono następnie na podstawie szeregu przebiegów modelowych i przedstawiono na jednym wspólnym wykresie. Porównanie ujawniło dużą zbieżność uzyskanych wyników.



**Rys. 10. Energia siły technologicznego tłumienia  $E_{N1}$  w funkcji prędkości mijania nicielnic (1-energia obliczona na podstawie rejestracji, 2-energia obliczona na podstawie modelu empirycznego, 3-aproksymacja energii rejestrowanych linią prostą)**

Fig.10. Effect of harness crossing speed on damping energy value  $E_{N1}$ . 1-value of the energy calculated from curves of recorded technological damping forces, 2-approximation of recorded energies-straight line, 3-value of energy calculated basing on empirical model

## PODSUMOWANIE

Prezentowane badania dotyczą materiałów które mogą wchodzić w skład zbrojenia nowoczesnych materiałów kompozytowych. Znajomość elementarnych wskaźników takich jak tłumienność i sprężystość jest więc potrzebą chwili. Badania empiryczne zachowania się kompozytów ze zbrojeniem polimerowym (jakim jest osnowa), w układzie przesmyku tkackiego, dotyczą szerokiego pola badawczego nad zagadnieniem tarcia w kompozytach.

Zarysowana w niniejszym opracowaniu możliwość pomiaru, analizy i modelowania siły technologicznego tłumienia ruchu nicielnic jest ważna z dwóch powodów:

Pierwszy z nich leży w zakresie technologii włókienniczej i dotyczy poznania sił oddziaływania międzynitkowego i nitkowo-strunowego determinujących warunki niszczenia osnowy podczas tworzenia przesmyku, a także wywołujących szczepność nitek zaburzającą geometrię przesmyku.

Drugi leży w zakresie eksploatacji mechanizmu nicielniczego i dotyczy impulsowego obciążenia mechanizmu nicielniczego, przekładające się na zużycie energii, hałas, degradacja ogniów łańcucha napędowego a także na inne warunki eksploatacyjne [5].

## WNIOSKI

1. Na podstawie analizy jakościowej przebiegu siły technologicznego tłumienia wykazuje się, że jest ona superpozycją oporów mijania nitek osnowy w trakcie przechodzenia przez położenie przesmyku zamkniętego i tarcia nitek osnowy o struny nicielnicowe współpracującej nicielnicy. Analiza ilościowa pozwala wyodrębnić i badać te składowe.
2. Przebieg siły oporu mijania nitek cechuje się charakterystycznym trójkątnym kształtem, z względnie stałą wartością maksymalną, w niewielkim stopniu zależną od prędkości mijania się nicielnic. Co staje się punktem wyjścia do opracowania modelu empirycznego.
3. Zebrany materiał badawczy pozwala na ilościową analizę wpływu czynnika wiskotycznego na przebieg zjawiska technologicznego tłumienia.
4. Weryfikacja wcześniejszych modeli otwierania przesmyku potwierdza ich słuszność w określonym zakresie.
5. Weryfikacja proponowanego empirycznego modelu siły technologicznego tłumienia pod kątem efektu zaburzenia ruchu nicielnicy oraz dyssypacji energii tą siłą dała zadowalający rezultat.

## BIBLIOGRAFIA

1. Kuchar M.: Wykorzystanie rezonansu w mechanizmie tworzącym przesmyk do poprawy jego kinetyki, Praca doktorska, Politechnika Łódzka, Łódź, 2001.
2. Jurasz J.: Szczepność nitek osnowy w trakcie tworzenia przesmyku, Praca doktorska, Politechnika Łódzka, Łódź 1977.
3. Jurasz J.: Rozszczepianie nitek osnowy w trakcie tworzenia przesmyku, rozprawa habilitacyjna, Politechnika Łódzka, Łódź, 1995.

4. Szosland J.: Optymalizacja kinetyki tkania, wyd. SWP, Łódź, 1982.
5. Snycerski M.: Bilans energii – podstawa do oceny rozwiązań i technicznego stanu krosna, Przegląd Włókienniczy, 1977/7.

**Recenzent:**  
**Marek WIŚNIEWSKI**

### Summary

The resistance that has to be overcome by the warp threads in shedding is important because of the degree of destruction of threads and the amount of work expended on shed formation. A method of measuring the resisting force together with the relevant test arrangement and test conditions is presented. There are also presented some curves of force variation with time and distance, and the curves are analysed with the objective to reveal their characteristic features. The work involved with the crossing of warp in shedding and the amount of energy dissipated in this operation are determined and analysed. Also the character of damping of the warp motion is determined. Upon qualitative analysis of the curves of forces the crossing resistance of warp threads in shedding is decomposed into friction between the crossing threads and friction between the threads and their respective healds. The accurately established empirical data are used for verification of the shedding models described in the relevant literature. The new empirical shedding model determined on the base of their characteristic features is presented and verified.