

**Jerzy SŁODOWY**  
Politechnika Łódzka, Łódź

## **BIDŁOWY MECHANIZM AKUMULACYJNY KROSNA**

### **Słowa kluczowe**

Tkanie, krosno, mechanizm bidłowy, dobicie wątku, rezonans.

### **Streszczenie**

Analiza działania bidła krosna tkackiego ujawnia jego wady. Przedstawiono nowe rozwiązanie napędu bidła. Wykazano analitycznie i doświadczalnie, w oparciu o zbudowany model fizyczny, korzystniejsze warunki pracy rezonansowego bidła akumulacyjnego wobec dotychczas stosowanego. Opracowano wskaźniki skuteczności dobicia dowodzące jej trzykrotnej poprawy w rozwiązaniu nowym.

### **Wprowadzenie**

Poza nielicznymi zastosowaniami w krosnach tkackich mechanizmów bidłowych korbowo-wodzikowych powszechne zastosowanie mają mechanizmy wahaczowe. Napęd wahacza – fragmentu bidła będącego jego wspornikiem – spotyka się w wersji korbowej lub krzywkowej.

Użycie napędu krzywkowego niesie większe możliwości programowania ruchu bidła, stąd jego częstsze zastosowanie w nowoczesnych, zwłaszcza szerokich, krosnach, wymagających wystoju bidła na czas wprowadzania wątku. Tymczasem element napędzany mechanizmem korbowym ma tylko chwilowe wystoje w punktach zwrotnych. Dlatego, z punktu widzenia doboru czasu wystoju, stosuje się krzywki. Krzywka daje też pewną możliwość kształtowania dynamiki dobicia.

Jednak napęd korbowy ma zalety: 1) pracę z większymi prędkościami, 2) większe powierzchnie współpracy w łożysku (mniejsze naciski jednostkowe!) z mniejszymi prędkościami przesuwu ich po sobie oraz 3) przenoszenie większych obciążeń.

W dotychczasowej postaci mechanizm korbowy przemieszcza płoche z wymuszeniem kinematycznym, co prowadzi do jej hamowania i bardzo znacznej utraty szybkości w chwili spotkania z krawędzią tkaniny, kiedy to pożądana jest duża szybkość uderzenia w wątek dla rozwinięcia dużej siły dobicia. Z punktu widzenia energetycznego spostrzega się również, że skutek rozmija się z zamiarem, gdyż dochodzi w wyniku tego hamowania do zmniejszenia energii kinetycznej bidła potrzebnej na przekształcenie jej w pracę dobicia. Niewłaściwie więc wykorzystuje się energię bidła (o znacznym masowym momencie bezwładności) w chwili dobijania, gdy powinno się tę energię maksymalizować, a nie programowo zmniejszać. (Tej wady nie jest pozbawiony i napęd krzywkowy, podobnie hamujący bidło w czasie przed jego uderzeniem w tkaninę.)

Zagadnienie jest istotne dla procesu dobijania wątku. Ważne jest oddawanie (choćby z dużą sprawnością) energii hamowanego bidła do układu napędowego i do innych, mechanicznie sprzęgniętych ogniwi krosna, która będzie odzyskiwana i wykorzystywana do ponownego rozpędzania bidła po przekroczeniu jego punktu zwrotnego. Bidło nie powinno wymuszać przepływu energii kinetycznej między mechanizmami i ogniwami krosna, gdyż wywołuje to skutki niepożądane z punktu widzenia eksploatacji maszyny. Są nimi: luzy w węzłach, wibracje, hałas, zwiększone zużycie części itd. Energia kinetyczna rozpędzonego bidła kierowana być powinna na dobijanie wątku, a nie przepływać w maszynie, nie tylko bezproduktywnie, ale i szkodliwie. Z punktu widzenia technologii włókienniczej mechanizm bidłowy powinien zapewniać potencjalnie dużą siłę dobicia. Należy więc dążyć do tego, by rozpędzone bidło w chwili dobicia taką siłę generowało. Tymczasem rozbieżność miejsca i czasu między stanem maksymalnej energii kinetycznej wahacza a stanem dobicia przy minimalnej jego energii kinetycznej dowodzi, że zagadnienie w obecnie stosowanym mechanizmie nie jest poprawnie rozwiązane. By właściwie je rozwiązać, trzeba w mechanizmie – w jego nowej, rezonansowej formie – użyć akumulatora energii, który zebrawszy ją w postaci potencjalnej, wyzwoli we właściwym miejscu i chwili. Akumulatorem takim może być sprężyna; układ kinematycznego wymuszenia ruchu bidła przekształca się wtedy w oscylator, a mechanizm bidłowy staje się oscylacyjno-akumulacyjnym.

Tak więc wykorzystanie dużej prędkości bidła rozpędzanego od tylnego skrajnego położenia i dużej energii kinetycznej narastającej wraz z nią jest możliwe poprzez przebudowę mechanizmu.

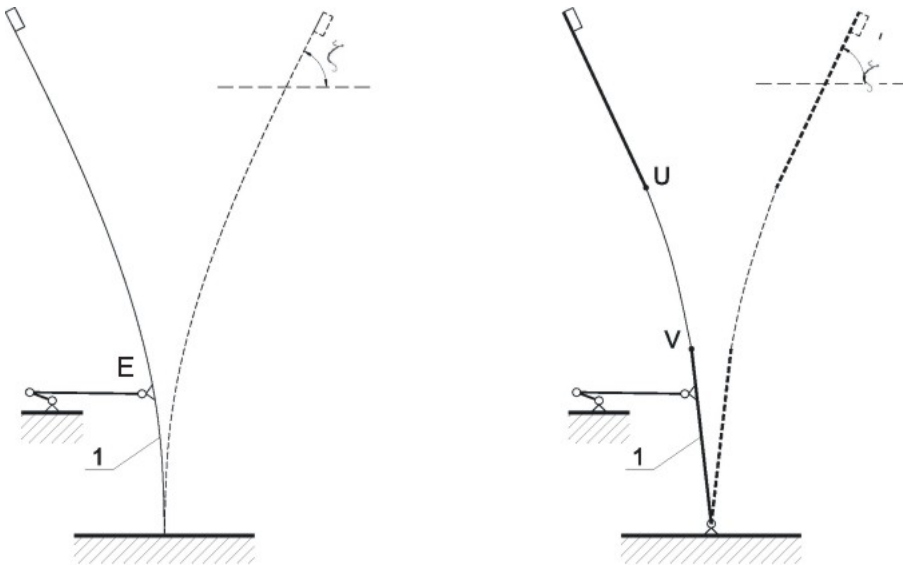
Istnieją teorie tłumaczące zagadnienie dobijania, które wyjaśniają jego technologiczną skuteczność (czyli zdolność zagęszczania tkaniny) przede wszystkim wielkością i czasową charakterystyką siły dobicia [4]. Wśród nich

jest tzw. teoria szybkości, interpretująca zdolność dobijania wątku przez bidło wykorzystaniem jego energii kinetycznej, zależnej od jego prędkości podczas tego procesu. Przedstawiana niżej koncepcja poprawy dynamiki dobicia zmierza do takiej przebudowy mechanizmu bidłowego, by zwiększyć prędkość bidła i jego energię kinetyczną w chwili dochodzenia do krawędzi tkaniny.

### 1. Budowa rezonansowego bidła akumulacyjnego

Przekształcić bidło konwencjonalne w akumulacyjne można przez zastąpienie jego sztywnych wsporników wspornikami cechującymi się sprężystą podatnością w płaszczyźnie wahań bidła i sprzęgając z nim generator wymuszeń o częstości równej lub bliskiej częstości rezonansowej powstałego układu.

Jak pokazuje rys. 1, może to być rozwiązanie z wstawką sprężystą (sprężyna płaska między punktami U i V), zastępującą tylko część sztywnego fragmentu wspornika. Prostszy sposób jest wykonanie całego wspornika *l* w postaci sprężyny płaskiej, mocowanej dolnym końcem sztywno w ostoi. Jeśli w punkcie *E* wspornika przyłożona zostanie okresowo zmienna siła wymuszająca, zacznie on drgać wychylając się o kąt  $\varphi$ . Wymuszenie może pochodzić od korby (mimośrod), ale interesujące jest rozwiązanie z wymuszeniem elektromagnetycznym, przy którym powstaje układ drgający samowzбудny o stabilnych warunkach pracy, powodowanych wewnętrznym sprzężeniem zwrotnym.



Rys. 1. Akumulacyjny mechanizm bidłowy: z lewej ze wspornikiem elastycznym, z prawej z elastyczną wstawką (między punktami U i V) we wsporniku sztywnym

Wymuszenie elektromagnetyczne, stwarzające możliwość elektronicznego sterowania nim, ma przynajmniej dwie dodatkowe, z technologicznego punktu widzenia ważne zalety: 1) może silnym impulsem prądowym pobudzić układ do drgań przy rozruchu maszyny (dla uniknięcia, a przynajmniej minimalizowania tzw. niedobitć wątku), a następnie pracować z mniejszą, nominalną mocą; 2) może programowo dostosowywać wielkość siły dobicia do przewidywanych (np. na podstawie splotu lub założonych efektów specjalnych, jak grupowe dobijanie wątku) warunków każdego pojedynczego dobicia. Nadto sam fakt wyposażenia mechanizmu krosna w układ napędowy o potencjalnej możliwości elektronicznego sterowania czyni ten układ kompatybilnym wobec nowoczesnej maszyny, której inne mechanizmy są takim sposobem napędzane.

Rozwiązanie konstrukcji elastycznego wspornika sztywno zamocowanego w ostoi (rys. 1a) ma dwie wady.

Pierwszą z nich jest duże pochylenie płochy w zwrotnych położeniach bidła, aż o kąt  $\zeta$  wobec płaszczyzny tkaniny; duże pochylenie stwarza niedogodności w obu zwrotnych położeniach: w przednim – z uwagi na niewłaściwe warunki dobicia pochyłą płochą, w tylnym – z powodu konieczności dodatkowego odsunięcia nicielnicy od krawędzi tkaniny, czyli wydłużenia przedniej części przesmyku. Sztywny wspornik konwencjonalnego bidła mocowany obrotowo na wale podbidłowym mniej pochyla płochę przy identycznej wartości jej skoku.

Drugą wadą jest niemożność równoczesnego uzyskania: odpowiednio dużego skoku, krótkiego wspornika i dużej częstości pracy. Szybkość pracy krosna wymusza krótkość wspornika dla zmniejszenia dużych momentów bezwładności pracującego ruchem nawrotnym bidła. Wymiar ten w nowoczesnych maszynach wynosi 250÷300 mm. Skok płochy jest rzędu połowy długości wspornika; potrzebny kąt wychylenia  $\beta$  wynosi ok.  $\frac{1}{2}$  rad, jest więc względnie duży i jego uzyskanie dla wspornika elastycznego wymaga małej sztywności tegoż. Jednak duża częstotliwość pracy krosna (do 30 Hz) wymusza dużą sztywność wspornika, warunkującą jego nadążność i pracę w rezonansie z tą częstotliwością.

Rozwiązanie z rys. 1a, ze sztywnym osadzeniem w ostoi, jest więc wykluczone sprzecznością tych dwóch przesłanek. Wspornik bidła rezonansowego wymaga obrotowego osadzenia, pozwalającego na uzyskanie wychylenia o kąt  $\gamma$  (rys. 2), który dzięki elastyczności wspornika zostanie powiększony w warunkach pracy rezonansowej do całkowitego kąta pracy  $\beta$ . Obrotowe osadzenie wspornika redukuje też – i jest to następny argument na jego rzecz – wyżej dyskutowany kąt pochylenia płochy  $\zeta$  w skrajnych położeniach ruchu drgającego.

Stosunek udziału kąta  $\gamma$  w ramach wypełnienia przez niego kąta  $\beta$  wymaga odrębnych badań, prowadzonych wg kryterium minimalnego nakładu energetycznego, pozwalającego uzyskać założoną siłę dobicia.

## 2. Warunki pracy elastycznego bidła rezonansowego

Jeśli rozważyć tradycyjny, sztywny wspornik, jego prędkość kątowną wynosi:

$$\omega_B = \frac{r}{R} \omega_K \left( \sin \alpha + \frac{r}{2l} \sin 2\alpha \right),$$

gdzie:  $\omega_K$  – kątowa prędkość korby;  $\alpha$  – kąt obrotu korby.

Pod działaniem korby  $OA$  odchyła się on o kąt równy:

$$\gamma = \frac{r}{R} (1 - \cos \alpha) + \frac{r^2}{2Rl} \sin^2 \alpha.$$

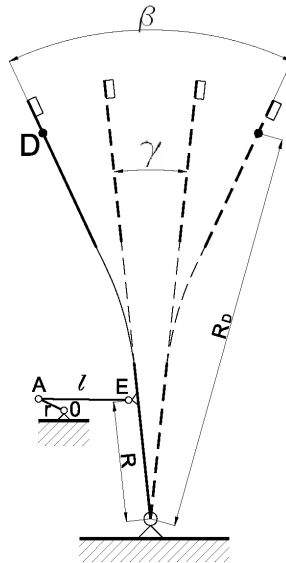
Na promieniu  $R_D$  wspornika bidła znajduje się punkt  $D$  odpowiadający miejscu przykładania siły dobiecia.

Jeśli nad przegubem  $E$ , łączącym bidłowod z bidłem, wstawić – jako fragment wspornika – odcinek elastyczny w postaci sprężyny płaskiej, kąt  $\gamma$  wahań bidła powiększy się do wartości  $\beta$ :

$$\beta = \gamma + \varphi$$

gdzie  $\varphi$  jest kątem drgań wykonywanych przez górną część wspornika bidła w wyniku ugięć elastycznej wstawki:

$$\varphi = \frac{A}{R_D - R} \cdot \cos(\omega_\varphi \cdot t + \varphi_0).$$



Rys. 2. Wspornik bidła z jego napędem

Droga punktu  $D$  w wersji elastycznej powiększona zostaje o podwojoną amplitudę  $2A$  drgań w stosunku do drogi wspornika sztywnego, dla przypadku drgań swobodnych, nie tłumionych tkaniną.

Prędkość kątowna  $\omega_\varphi$  drgań własnych powinna być równa lub bliska  $\omega_B$ , gdyż wtedy wystąpi rezonans. Z powodu harmonicznego wymuszenia  $F(t)$ , stanowiącego o optymalnym w czasie rozkładzie siły doładowującej układ drgający, lepszym napędem jest korbkowy od krzywkowego. Wprawdzie można konstruować krzywkowy (z sinusoidalnym profilem) napęd bidła, aby osiągnąć i dla tej postaci napędu wymuszenie harmoniczne, jednak mniejszy koszt wykonania napędu korbkowego i korzystniejsze warunki jego eksploatacji powinny decydować o jego wyborze.

Wśród „teorii siły dobiecia” jest wyżej wspomniana „teoria szybkości” (wg L. Koryckiego [4]), przypisująca zasadnicze znaczenie kształtowaniu siły dobiecia przez energię kinetyczną bidła. Z takiego punktu widzenia proponowane w niniejszym opracowaniu rozwiązanie sprężystego wspornika bidła będzie miało większą prędkość bidła w chwili spotkania z krawędzią tkaniny niż wspornik sztywny, co zwiększy energię kinetyczną bidła w chwili dobiecia, powiększając jego skuteczność. Zwiększenie prędkości pochodzi stąd, że skok punktu  $D$  dla przypadku sztywnego wspornika, wynoszący:

$$x_D = \frac{R_D}{R} r(1 - \cos \alpha) + \frac{r^2}{2l} \sin^2 \alpha,$$

zostaje powiększony przy wsporniku sprężystym o składową:

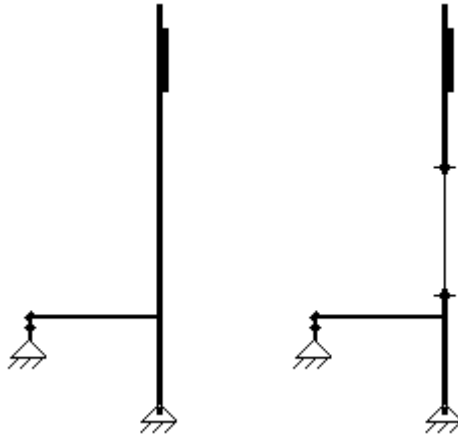
$$x_{dr} = A \cdot \cos(\omega_\varphi \cdot t - \varphi_0).$$

Wzrost skoku bidła oznacza, że w chwili dojścia płochy do miejsca, w którym znajduje się krawędź tkaniny, ma ono większą szybkość przekładającą się (zgodnie z teorią szybkości) na większą siłę dobiecia.

Rzeczywisty skok bidła będzie mniejszy od wskazanego wyżej, gdyż wytłumi go uderzenie w tkaninę. To ograniczenie ruchu dobijającego jest możliwe dzięki elastycznej podatności wspornika. Jak wiadomo, w przypadku konwencjonalnego wspornika sztywnego skok bidła jest kinematycznie określony.

### 3. Badania porównawcze bidła sztywnego i elastycznego

Porównanie mechanicznej i technologicznej skuteczności pracy bidła konwencjonalnego z rezonansowym można, jak pokazuje to poniższy przykład, zweryfikować doświadczalnie. W tym celu należy przebadać oba mechanizmy nakładając warunki odpowiedniości: technologicznej (siła dobiecia wątku) i mechanicznej (energetyczny nakładłożony na pracę urządzenia).



Rys. 3. Modele bidła: o wsporniku sztywnym i z wstawką elastyczną

Zbudowano dwa modele bidła (rys. 3), ze sztywnym i podatnym wspornikiem; oba wyposażone w ten sam napęd. Podobieństwo obu modeli przedstawia rys. 3. W obu przypadkach, dla umożliwienia porównania skutków działania, wymiary i masy wsporników były identyczne. Stanowisko badawcze umożliwiała nastawianie prędkości obrotowej korby, jej długości oraz długości bidłowod; także masa skupiona przedstawiająca masę belki bidła, mogła być doбираna, co stanowiło z jednej strony o możliwości kształtowania wartości siły dobiecia, z drugiej zaś o możliwości doboru rezonansowej częstotliwości składnikiem bezwładności. Mierzono siłę uderzania bidła (siłę dobiecia) i moc pobieraną przez pracujący układ.

Doprowadzono do częstości rezonansowej model z elastycznym wspornikiem, dokonywano pomiarów, a następnie z tą samą częstością badano model ze sztywnym wspornikiem. Warunki pracy obu układów ustawiano tak, by wywołać obciążenie silnika o zbliżonej wielkości. Przykładowe dwa przypadki nastaw zestawiono w tabeli 1[13].

Obserwacja przebiegu sił dobiecia dla obu bidła wykazuje ich odmiennosc. Uderzenie kinematyczne bidła sztywnego trwa dłużej, choć jest słabsze od dynamicznego uderzenia bidła elastycznego. Może mieć to znaczenie technologiczne dla różnych asortymentów nitek i tkanin przetwarzanych na krośnie. Zagadnienie nie było jeszcze przedmiotem badań.

Dla oceny porównawczej pracy obu modeli bidła wyznaczano skuteczność bidła rozumianą jako stosunek siły dobiecia  $Q$  do mocy  $P_b$  pobieranej przez bidło:

$$S_b = \frac{Q}{P_b}$$

oraz skuteczność mechanizmu  $S_{mb}$  według następującej zależności:

$$S_{mb} = \frac{Q}{P_c},$$

gdzie:  $P_c$  – łączna moc elektryczna pobierana przez wszystkie człony napędu (silnik + przekładnia reduktora + mechanizm korbowy bidła).

Poniższe zestawienie obrazuje zysk energetyczny otrzymywany wskutek zastąpienia wspornika sztywnego wspornikiem elastycznym. Widać to z porównania obu wskaźników skuteczności, zwłaszcza skuteczności bidła. Jest ono w nowej postaci około trzykrotnie sprawniejsze energetycznie i pozwala uzyskiwać maksymalne wartości siły dobiecia nieosiągalne z danym wydatkiem mocy dla rozwiązania konwencjonalnego.

Tabela 1. Przykładowe warunki nastaw bidła

Typ bidła	Przypadek	Siła dobiecia Q [N]	Moc całkowita $P_c$ [W]	Moc $P_b$ [W]	$S_{mb}$ [N/W]	$S_b$ [N/W]
sztywne	I	32,7	10,57	3,95	3,10	8,28
elastyczne		73,6	9,77	3,15	7,53	23,36
sztywne	II	40,8	10,79	4,17	3,78	9,78
elastyczne		100,8	9,49	2,87	10,62	35,12

Badania rozpoznawcze pozwalają, zgodnie z przewidywaniami, oczekiwać, że dobór skoku bidła, determinowany poziomym pozycjonowaniem krawędzi tkaniny, pociąga za sobą zmiany siły dobiecia, nakładu mocy i oczywiście okresu wahań. Stwarza to warunki do doskonalenia np. wkładu energetycznego łożonego na pracę mechanizmu. Przykłady zależności podano niżej; skok bidła narasta od 1 do 7 w skali niemianowanej wartości.

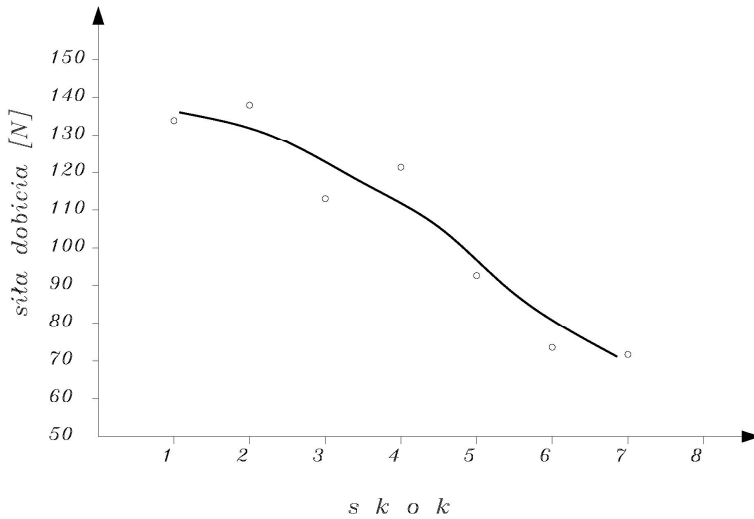
Tabela 2. Rezultaty badań pracy bidła

Typ bidła	Skok bidła	Siła dobiecia Q [N]	Moc całkowita $P_c$ [W]	Moc $P_b$ [W]	$S_{mb}$ [N/W]	$S_b$ [N/W]
E	1	133,9	9,95	3,33	13,46	40,21
E	2	138,0	9,79	3,17	14,10	43,53
E	3	112,9	9,04	2,42	12,49	46,65
E	4	121,3	9,91	3,29	12,24	36,87
E	5	92,7	9,46	2,84	9,8	32,64
E	6	73,6	9,77	3,15	7,53	23,36
E	7	71,7	10,79	4,17	6,64	17,19

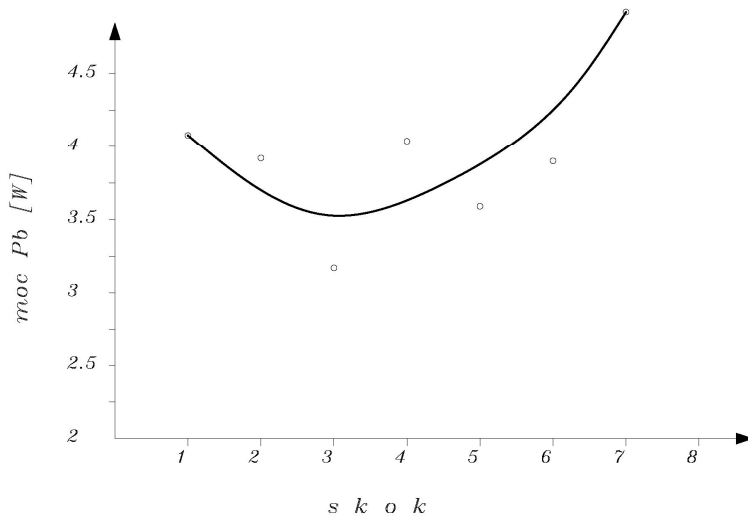
Wyniki z tabeli 2 przedstawiono na poniższych wykresach. Z pierwszego wyniku, że siła dobiecia bidła maleje ze wzrostem jego skoku (przy zachowaniu zbliżonej mocy elektrycznej pobieranej przez mechanizm). Stwarza to możliwo-



ści oszczędnego doboru siły dobiecia wg potrzeb technologicznych. Wykres drugi pokazuje, w jaki sposób moc pobierana przez bidło zależy od jego skoku. Z tabeli 1 wynika natomiast, że skuteczność bidła akumulacyjnego potrafi być trzykrotnie większa niż tradycyjnego, sztywnego. Daje to nadzieję, że proponowane rezonansowe bidło akumulacyjne może okazać się wartościowym rozwiązaniem.



Rys. 4. Wykres zależności siły dobiecia wężka w funkcji drogi bidła



Rys. 5. Wykres zależności mocy bidła w funkcji drogi

#### 4. Podsumowanie

Wyżej przedstawioną doświadczalną weryfikację koncepcji bidła akumulacyjnego i funkcjonowania jego modelu można zrekapitulować następująco:

- przedstawiono badania własne mechanizmu akumulacyjnego dobicia wątku;
- uzyskano dla takiego modelu większe siły dobicia wątku niż dla rozwiązania konwencjonalnego. Wprawdzie czas nacisku siły maksymalnej na krawędź tkaniny jest krótszy niż dla rozwiązania ze sztywnym wspornikiem, jednak technologiczne skutki mogą być określone dopiero po zastosowaniu rezonansowego bidła w krośnie wytwarzającym tkaninę.
- skuteczność energetyczna rezonansowego bidła akumulacyjnego mierzona stosunkiem siły dobicia do mocy napędzającej jest parokrotnie większa dla bidła sprężystego niż sztywnego;
- określono obszar optymalizacji działania bidła i wielkości, którymi można ją realizować.

#### Bibliografia

1. Wrocławski Z., Stodowy J.: Badania nad wykorzystaniem rezonansu do napędu mechanizmu w celu poprawy jego warunków eksploatacji. *Problemy Eksploatacji* nr 3/2001, s. 331–338.
2. Korycki L.: Wybrane zagadnienia z maszyn włókienniczych – mechanizmy korbowe; Stowarzyszenie Włókienników Polskich, Łódź 1973.
3. Korycki L.: Napęd bidła w krośnie, *Technik Włókienniczy*, 1962 nr 10.
4. Korycki L.: Wyznaczenie siły dobicia wątku w krośnie tkackim, *Technik Włókienniczy*, 1961 nr 12.
5. Wsilczenko W.N.: Issledowanije processa priboja utka. *Gizlegprom* 1959.
6. Gordiejew W.A.: Wlijanie odnositielnych wieliczin koeficijenta zestkosti elementov uprugoj sistemy zapravki tkackogo stanaka na wieliczinu pribojnoj poloski, *Tekstilnaja promyslennost* nr 10, 1964.
7. Greenwood K., Mc Loughlin W.T.: The design an operation of the loom with negative beat-up, *Journal of the Textile Institute* V. 56, No. 6, 1965.
8. Greenwood K. i in., The position of the Cloth Fell in Power Looms, *Journ. Text. Inst.* 47(1956) s. T 241÷254, T 255÷265, T 274÷286.
9. Kuza E., Sakai T.: Some experiments on the dynamics of the weaving process, *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, Vol. 1, No. 2 1966.
10. Nosek S.: Dynamics of Fabric Forming on the Loom at High Weaving Rates, *Ind. Journal of Fibre and Textile Research* 19, 1984, 125-138.
11. Nosek S.: Technical Perspectives of Weaving at the end of 20<sup>th</sup> Century, *Vlakna a Textil* No. 3, 1998.

12. Wrocławski Z., Markowski M., Słodowy J.: Możliwości techniczne rozwoju krosna, II Konferencja Naukowa Wydziału Włókienniczego, Łódź, 5–6.03.1999.
13. Synowiec K.: Rezonansowy mechanizm bidłowy, praca dypl., Politechnika Łódzka, 2003.

Recenzent:

**Jan WOJTYSIAK**

### **The accumulatic slay motion of loom**

#### **Key words**

Weaving, loom, slay motion, beat-up, resonance.

#### **Summary**

The analysis of the loom slay action reveals its defects. The new solutions of slay driver were presented. Better work conditions of resonant accumulatic slay were proved, both analytically and experimentally, on the base of a physical model in comparison with the one used so far. The efficiency indicators of beaten show its treble improve in a new solution.

