

MARCIN BARBURSKI
Instytut Architektury Tekstyliów
Politechnika Łódzka

MODELOWANIE ZMIAN STRUKTURY TKANINY PODDANEJ STATYCZNYM OBCIĄŻENIOM

Promotor: **prof. dr hab. Józef Masajtis**

Recenzenci: **prof. dr hab. inż. Marek Snycerski**
prof. zw. dr hab. inż. Józef Wojnarowski

Praca ma zarysowane, ale splecione ze sobą, dwa nurty. Pierwszy dotyczy opracowania narzędzia do analizy zmian struktury tkaniny poddanej rozciąganiu. Drugi dotyczy badania zmian struktury tkanin poddanych naprężeniom rozciągającym i prób poszukiwania związków między budową tkaniny, z uwzględnieniem warunków wytwarzania, a jej zachowaniem się w procesie rozciągania.

Praca została wykonana w ramach projektu badawczego promotorskiego nr 3 T08E 088 26 oraz 10 miesięcznego stypendium Marie Curie HPMT-CT-2000-00030 na Katolickim Uniwersytecie w Leuven (Belgia) na Wydziale Inżynierii Metalurgii i Materiałoznawstwa w Katedrze Kompozytów.

1. WPROWADZENIE

Tkaniny należą do jednych z najbardziej rozpowszechnionych płaskich wyrobów włókienniczych przeznaczonych do wytwarzania odzieży, wyrobów dekoracyjnych, technicznych i specjalnego przeznaczenia. Wzrastające oczekiwania wobec różnorodności zastosowań tkanin, skłaniają do poszukiwań optymalnych ich własności użytkowych, a co za tym idzie – ich struktury wewnętrznej. Tkanina jako złożony wyrób włókienniczy, zawierający zalety i wady włókien, przędz, sposobu wykonania i wykończenia, stanowi ciekawy obiekt badań, jeszcze nie do końca poznany.

Parametry struktury tkaniny służą do jej identyfikacji, czyli do takiego scharakteryzowania, aby w każdej chwili możliwe było jej dokładne i wierne odtworzenie. Im dokładniejsza charakterystyka parametrów strukturalnych tkaniny wzorcowej, tym tkanina odtwarzana jest bardziej zbliżona do oryginału. Poza tym, prawie wszystkie własności tkaniny dają się kształtować jako funkcje wielu czynników.

W przypadku projektowania tekstyliów dąży się do tego, aby gotowy wyrób był jak najbardziej zbliżony do założonego. Projektant tak musi dobrać parametry włókna, przędzy i struktury tkaniny, aby własności użytkowe gotowego wyrobu były zgodne z wcześniej założonymi.

W niniejszej rozprawie podjęto działania skierowane przede wszystkim na geometryczną oraz eksperymentalną metodę analizy struktury tkaniny.

Na jej podstawie otrzymane wyniki ułatwią projektantowi wybór odpowiednich parametrów włókien, przędz oraz nastawień krosna, aby uzyskać wyrób o konkretnych własnościach mechanicznych. Dla uzyskania tego celu zostanie przeanalizowane zachowanie się tkanin poddanych obciążeniom ścinającym, zginającym, jedno- i dwukierunkowym w aspekcie zmian struktury geometrycznej wyrobu. Postawiono następująco brzmiącą tezę pracy: „Nomogram Paintera stanowi podstawę do efektywnej procedury modelowania tkanin poddanych obciążeniom statycznym”.

W celu zweryfikowania słuszności postawionej tezy przeprowadzono analizę geometrycznego modelu tkaniny o splocie płóciennym opublikowanego w 1937 roku przez Peirce'a [1,7] oraz zbudowanego na jego bazie nomogramu Paintera, rozpowszechnionego w 1952 roku [2,7]. Po analizie zmian struktury wybranych, uprzednio wytkanych tkanin, które poddano rozciąganiu, stwierdzono, że błąd modelu Peirce'a w odwzorowaniu zmian struktury rozciąganej tkaniny na nomogramie Paintera może dochodzić do 60%.

W oparciu o wyniki tych analiz sformułowano trzy propozycje modyfikacji modelu Peirce'a umownie określone jako typ „A”, typ „B” i typ „C”.

2. TEORETYCZNA ANALIZA ZAGADNIENIA

Modelowanie struktury wewnętrznej tkaniny

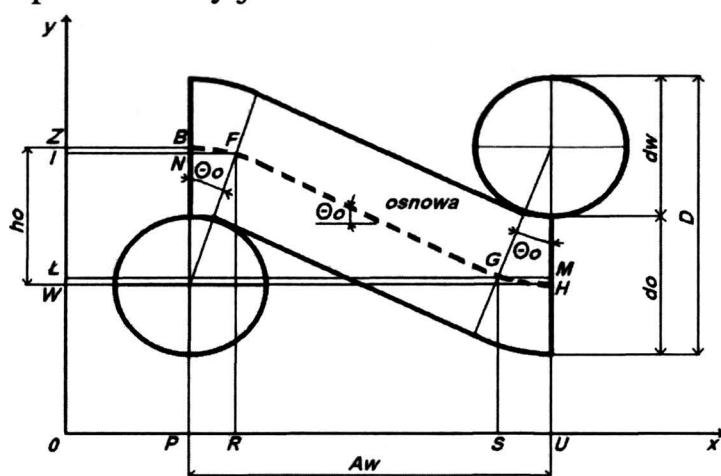
Przy rozpatrywaniu własności tkanin można posługiwać się pewnymi modelami ich budowy. Istnieją dwa podstawowe rodzaje tych modeli:

- modele mechaniczne (np. według Olofsson'a [14], Noska [13]), opierające się na analizie warunków tworzenia tkaniny i własnościach nitek wchodzących w jej skład,
- modele geometryczne (np. Peirce'a [1], Kempa [7, 4]), nie wnikające w stany napięć nitek, ani nie uwzględniające działających sił zewnętrznych, ale w miarę najwierniej oddające obraz rzeczywistej struktury tkaniny.

Popularny model geometryczny tkaniny wraz z zależnościami między parametrami jego struktury przedstawił w roku 1937 F.T. Peirce [1] (rys. 1).

Badacz ten przyjął następujące założenia:

- przekroje nitek są kołowe i nieodkształcalne,
- w procesie rozciągania tkaniny nitki nie zmieniają swojej długości,
- nitki są idealnie wiotkie,
- punkty kontaktu dwóch wzajemnie krzyżujących się nitek są niezmiennie,
- splot tkaniny jest płócienny,
- powierzchnia oporu tkaniny jest dwuukładowa.



Rys. 1. Model Peirce'a przekroju poprzecznego tkaniny

Dzięki powstałemu modelowi zostały opracowane następujące parametry charakteryzujące tkaninę: A – podziałka nitek, h – strzałka ugięcia, d – średnica nitek, D – suma średnic osnowy i wątku, Θ – połowa kąta opasania nitką, l – długość elementu nitki oraz w – wrobienie układu.

Po piętnastu latach od publikacji studium Peirce'a, E.V. Painter [2], wprowadzając pewne modyfikacje równań, opracował nomogram umożliwiający otrzymanie w szybki sposób wartości poszczególnych parametrów tkaniny. Modyfikacje równań Peirce'a polegały na :

- zamianie parametrów l i h na ich względne wartości $\frac{l}{D}$, $\frac{h}{D}$,
- przekształceniu otrzymanych przez Peirce'a równań, tak że powstały równania rodzin $\frac{l}{D}$, $\frac{h}{D}$ i Θ przy zmiennym wrobieniu (w) i wypełnieniu układem prostopadłym do rozważanego (E_{\perp}).

We wszystkich rzeczywistych tkaninach występuje odkształcenie kołowego przekroju poprzecznego nitek osnowy i wątku. Stopień tego odkształcenia zależy od rodzaju nitki, surowca, sposobu przędzenia, splotu, sił jakie występują podczas tkania i podatności nitki na odkształcenia poprzeczne. Można jedynie przybliżać kształt przekroju poprzecznego nitek w tkaninie różnego rodzaju płaskimi figurami geometrycznymi, jakimi są np. okrąg (Peirce) [1, 6, 7, 8],

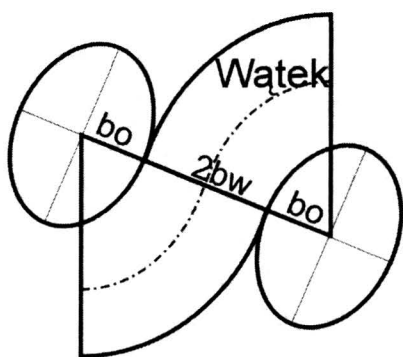
elipsa, kształt hipodromu (Kemp) [5, 6, 7], soczewka wypukła (Milasius) [11]. W rzeczywistych tkaninach występuje zróżnicowany kształt ich przekroju poprzecznego, wynikający z działania sił ściskających i zginających w miejscach kontaktu krzyżujących się nitek osnowy i wątku [9, 10, 12].

Najważniejszymi wymiarami tego przekroju są: krótsza oś przekroju nitki, która odpowiada grubości nitki mierzonej w kierunku działania siły ściskającej oraz dłuższa oś przekroju nitki, która odpowiada kierunkowi jej rozplaszczenia, w wyniku działania siły ściskającej [3, 4].

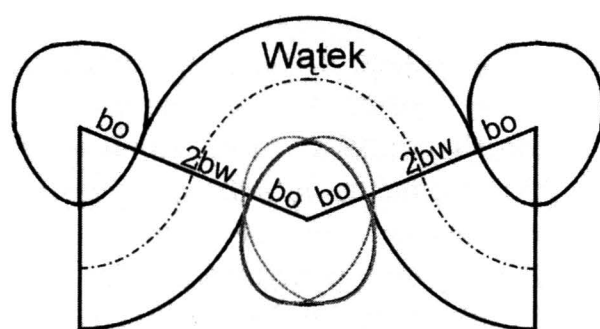
Za punkt wyjściowy w modelowaniu struktury wewnętrznej tkaniny posłużył model geometryczny Peirce'a [1] oraz nomogram Paintera [2]. Poniżej podjęto próby wyeliminowania podstawowych założeń i uproszczeń wykorzystywanych w modelowaniu tkanin przeprowadzanych ponad 60 lat temu.

Modyfikacja nomogramu „A”

Najprostszą, ale w pełni uzasadnioną, modyfikacją nomogramu Paintera jest zastąpienie sumy średnic $D = d_o + d_w$, sumą najmniejszych wymiarów poprzecznych przędzy, czyli $2b_o + 2b_w$. Wprowadzenie tej zależności jest zasadne z powodu deformacji przekroju poprzecznego nitki podczas tkania. W miejscach działania największych sił ściskających, oś przekroju maleje do wielkości $2b$ (rys. 2).



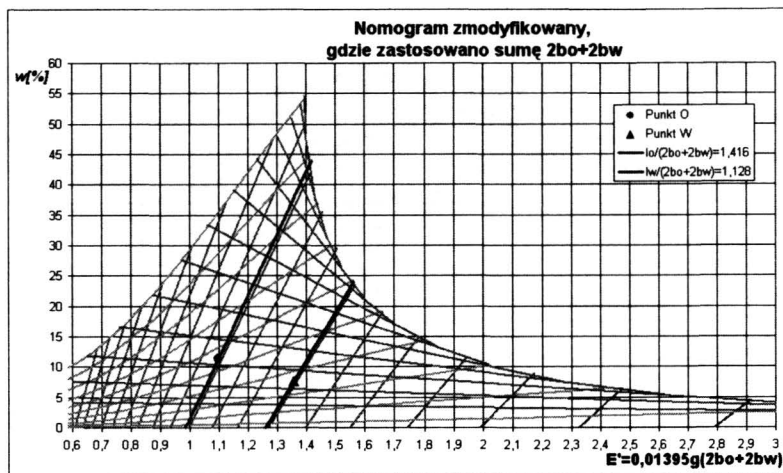
Rys. 2. Przekrój poprzeczny raportu tkaniny o minimalnej odległości między osiami przędz



Rys. 3. Rzeczywisty przekrój poprzeczny tkaniny o minimalnej odległości między osiami przędz

Podchodząc w ten sposób do tego zagadnienia, należy zdać sobie sprawę, że jest to pewne uproszczenie, konieczne do przeprowadzenia analizy matematycznej. W rzeczywistości działające siły ściskające deformują przędzę, tworząc jak gdyby nałożenia dwóch elips na siebie w obrazie przekroju poprzecznego jednej przędzy, a jest to spowodowane działaniem sił ściskających z obu stron podczas zagęszczenia tkaniny (rys. 3).

Mając powyższe na uwadze, wykreślono zmodyfikowany nomogram „A” i dla przykładowej tkaniny, naniesiono punkty charakterystyczne O i W (rys. 4).



Rys. 4. Zmodyfikowany nomogram „A”

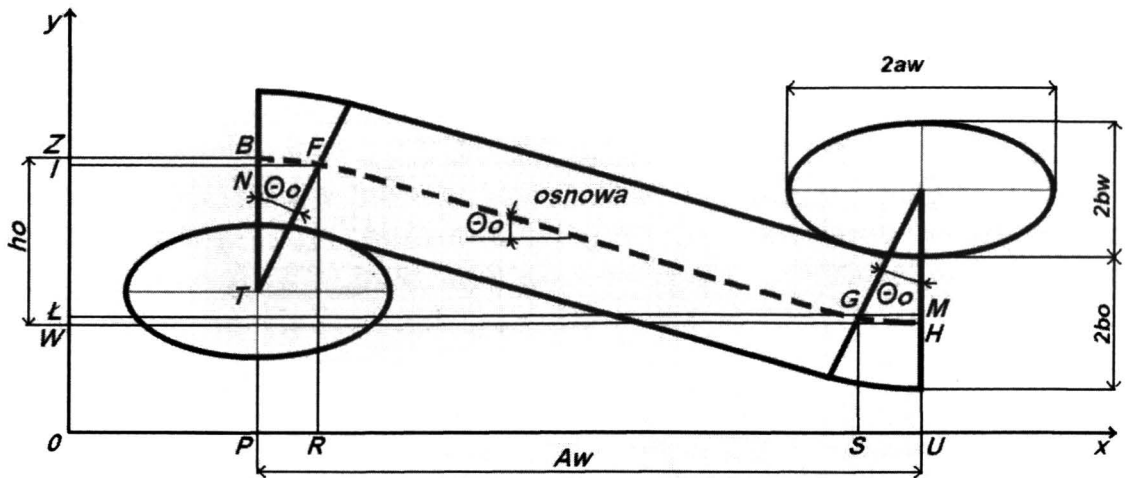
W porównaniu do nomogramu Paintera zmieniło się położenie punktów charakterystycznych O i W oraz przebieg prostych, po których przesuwac się będą te punkty podczas jednokierunkowego rozciągania tkaniny.

Modyfikacja, uwzględniająca założenia, że zamiast średnicy stosuje się najmniejszą wartość osi przekroju poprzecznego przędzy, jest prawdziwa tylko w skrajnych przypadkach, czyli w momencie zakleszczenia nitki jednego układu przez drugi. Jednakże wytkanie takiej tkaniny, w której wypełnienie nitkami byłoby stuprocentowe, jest założeniem czysto teoretycznym.

Dlatego też postanowiono wyprowadzić wzory na rodziny linii, gdzie przekroje poprzeczne nitki mają kształt eliptyczny – powszechnie stosowany. Ma to oczywiście korzystny wpływ, gdyż zmniejsza wielkość błędu w stosunku do przypadku, w którym kształt przekroju poprzecznego nitki jest kołowy.

Modyfikacja nomogramu „B”

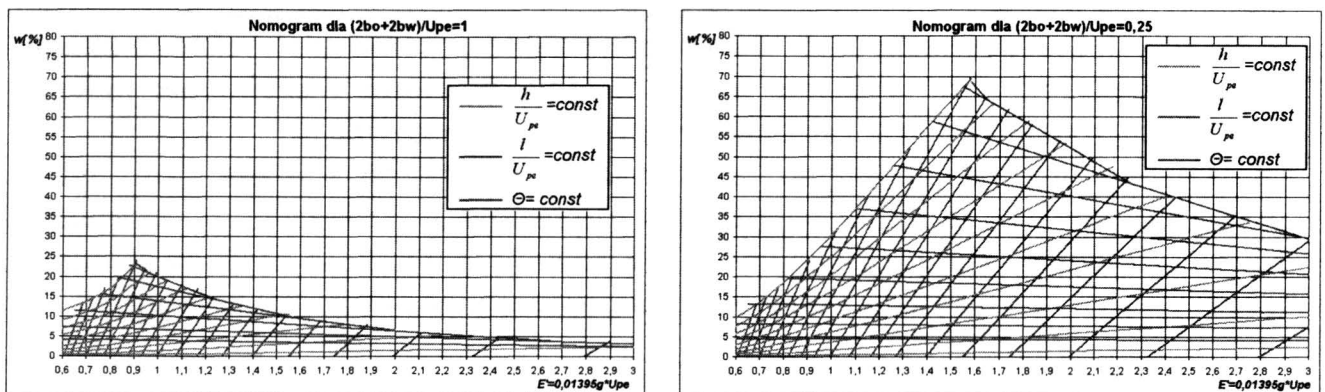
W rzeczywistych tkaninach kształt przekroju poprzecznego nitki odbiega od kołowego. Jest on bardziej zbliżony do eliptycznego (rys. 5).



Rys. 5. Przekrój tkaniny o eliptycznych przekrojach przędzy

Wprowadzono założenie, że deformacja kształtu przekroju poprzecznego nitki z kołowego do eliptycznego nie pociąga za sobą zmiany wielkości powierzchni przekroju.

Zgodnie z myślą Paintera wyprowadzono równania trzech rodzin linii, i nanosząc je na jeden układ współrzędnych, zbudowano zmodyfikowaną postać nomogramu „B”. W zależności od surowca i własności mechanicznych przędzy, nomogram będzie przyjmował różny kształt (rys. 6).



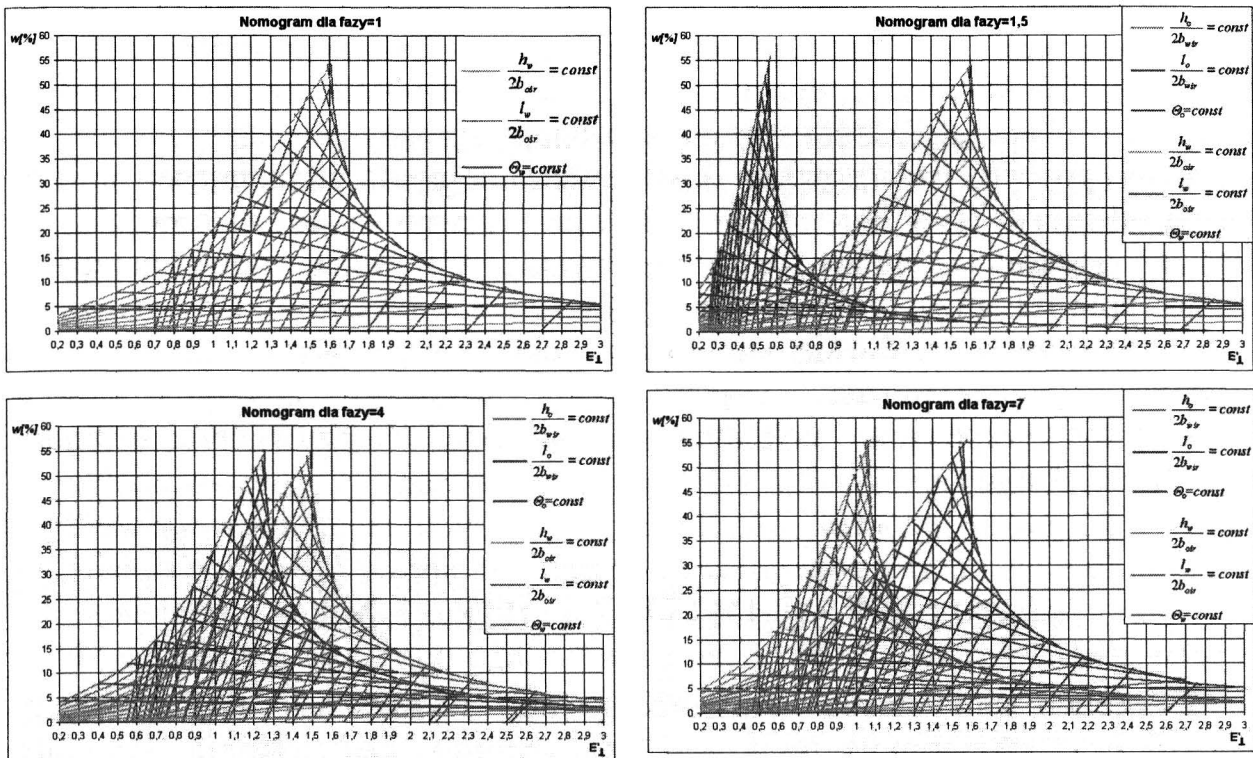
Rys. 6. Przykładowe zmodyfikowane nomogramy „B”

Modyfikacja nomogramu „C”

W zmodyfikowanym nomogramie „B” struktura wewnętrzna tkaniny jest ograniczona założeniem kształtu przekroju poprzecznego nitek osnowy i wątku jako eliptycznego. Nie ukazuje nam osiągalnych teoretycznych maksymalnych wypełnień, gdy deformacja przekroju poprzecznego ma możliwość uzyskania minimalnej odległości między osiami nitek równej $2b_o+2b_w$ jak to jest w przypadku nomogramu „A”.

Poza tym w obu zmodyfikowanych nomogramach stosowany jest wzór na wypełnienie $E = g \cdot D$, który jest prawdziwy tylko dla tkaniny o dwuukładowej

powierzchni oporu. W rzeczywistości taki stan zachodzi bardzo rzadko, zatem powyższe modelowania struktury wewnętrznej tkaniny nie stają się uniwersalne i opisują strukturę tkanin ze znacznym błędem. Aby wykluczyć te błędy wyprowadzono kolejne wzory na rodzinę linii, uwzględniając ogólnie stosowany wzór na wypełnienie nitkami jednego układu, jako procentowy stosunek faktycznej liczności nitek do liczności maksymalnej. Biorąc pod uwagę wielkość fazy struktury tkaniny, można nakreślić różne postacie nomogramów „C” (rys. 7).



Rys. 7. Zmodyfikowany nomogram dla $\Phi = 1$, $\Phi = 1,5$, $\Phi = 4$, $\Phi = 7$

Wnioski z teoretycznej analizy zagadnienia

Porównując modelowanie struktury tkanin za pomocą nomogramu Paintera oraz trzech nowych nomogramów, można wnioskować, iż w zależności od sposobu podejścia i oczekiwań projektanta, mogą powstać różnorodne postacie kształtu wewnętrznej struktury tkanin. Dodatkowo w odmienny sposób można modelować również zmiany wewnętrznej geometrii tkaniny, poddanej statycznym obciążeniom. Zatem za pomocą tych nomogramów, każdy projektant ma sposobność uzyskania realizacji swych założeń dotyczących struktury wewnętrznej tkanin.

Modelując najbardziej ogólną postać tkaniny, można stosować nomogram Paintera o kołowych przekrojach nitek, jednakże trzeba mieć świadomość o wyidealizowaniu tego modelu i wiążącym się z tym niedokładnym odwzorowaniem rzeczywistego kształtu wewnętrznej geometrii tkaniny.

Uwzględniając eliptyczny przekrój przędzy, można modelować z większą dokładnością strukturę wewnętrzną tkaniny oraz proces przechodzenia przez różne etapy jej zmian podczas działania sił deformujących.

Przyjmując eliptyczny przekrój poprzeczny przędzy dla tkaniny swobodnej, można analizować strukturę wewnętrzną tkanin zgodnie z nomogramem typu „B”. Jeżeli tkanina ma możliwie maksymalne wypełnienie nitkami, oznacza to, iż nastąpiła deformacja nitek pod wpływem sił ściskających i wówczas należy brać pod uwagę nomogram typu „A”. Jednakże oba nomogramy prawdziwe są tylko dla dwuukładowej powierzchni oporu ze względu na stosowany wzór na wypełnienie tkaniny nitkami. Zatem jeśli mamy tkaninę o jednoukładowej powierzchni oporu, wtedy analizujemy jej strukturę zgodnie z nowo powstałym nomogramem typu „C”, który uwzględnia wielkości fazy. Powstały model jest elastyczny, pozwala badaczowi na dostosowywanie go do zmieniającej się fazy budowy tkaniny, a w ten sposób ułatwia przewidywanie zachowania się przyszłej tkaniny na etapie jej projektowania. Co ważne nowe narzędzie modelowania i analizy struktury tkaniny uwzględnia fakt, że układ osnowowy tkaniny może zachowywać się odmiennie od układu wątkowego.

Podsumowując, można stwierdzić, iż stosowanie zmodyfikowanych nomogramów zapewnia dokładniejszą analizę rzeczywistej struktury wewnętrznej tkaniny.

3. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

W celu sprawdzenia słuszności lub wykazania wad nowych, zmodyfikowanych nomogramów stosowanych do modelowania struktury tkaniny wytkano 16 tkanin na bazie wspólnej osnowy z uwzględnieniem zmiany masy liniowej wątku, zmiany struktury nitek stosowanych na wątek oraz zmiany warunków wytwarzania tkaniny na krośnie, określonych przez chwilę zamknięcia przesmyku wysokości przeważu i napięcie wstępne osnowy.

Wykonano badania pełnej charakterystyki tworzywa i własności mechanicznych na włóknach, przędzach i wyprodukowanych tkaninach. Rozszerzono również zakres badań własności mechanicznych tkanin o pomiary na maszynie Kawabaty, na urządzeniu picture frame oraz Biaxial. W celu zbadania rzeczywistych zmian, zachodzących w budowie wewnętrznej tkaniny, przeanalizowano jej przekroje poprzeczne dokonywane w kolejnych wyznaczonych etapach jednokierunkowego rozciągania. W ten sposób, po raz pierwszy, powstała baza danych, zawierająca tak szerokie informacje o zmianach struktury tkanin, poddanych naprężeniom rozciągającym.

Dzięki zastosowaniu techniki „poklatkowej” do zbierania informacji o strukturze rozciąganej tkaniny można stwierdzić, iż podczas rozciągania jednego układu nitek, nitki w nim stopniowo się rozplaszczają aż do momentu, gdy nastąpi zakleszczenie drugiego układu. Po przekroczeniu tego momentu

następuje stopniowy powrót kształtu do okrągłego. Jednak nitki te pocieniają się w wyniku ich rozciągania, aż do chwili ich zerwania.

Dla tej tkaniny przekroje poprzeczne drugiego układu stopniowo zmieniają swój kształt z eliptycznego na coraz bardziej okrągły. Takie zachowanie może wynikać stąd, iż podczas zwiększania strzałki ugięcia nitek prostopadłych do kierunku rozciągania następuje pęknięcie pojedynczych nitek w zginanych przędzach, powodując jednocześnie zwiększenie obrazu przekroju poprzecznego przędzy.

Poza tym, po przeanalizowaniu zachowań tkanin poddanych różnym obciążeniom statycznym, na podstawie wykonanych eksperymentów, wykazano.

- Wraz ze wzrostem siły rozciągającej wzdłuż jednego układu nitek, wrobienie drugiego układu wraz z kątem opasania także wzrasta, powodując, że powierzchnia kontaktu obu przędz zwiększa się. Tym samym siła ściskająca rozkłada się na coraz większą powierzchnię. Występujące siły poziome przyczyniają się do tego, że przędze rozciągane w tkaninie zbliżają się do siebie, powodując zmniejszenie podziałki.
- Podziałka układu nitek prostopadłych do kierunku rozciągania tkaniny rośnie. Wydłużenie próbki rośnie, więc i odległości między nitkami prostopadłego układu zwiększają się. Wzrost podziałki nierozciąganego układu zwiększa również przestrzeń między nitkami tego układu.
- Podczas rozciągania tkaniny, o powierzchni jednoukładowej w kierunku nitek o większym wrobieniu, następuje wyprostowywanie się tych nitek, co zmniejsza grubość tkaniny. Od momentu, gdy tkanina stanie się dwuukładowa przy dalszym rozciąganiu, grubość tkaniny rośnie poprzez zwiększanie się strzałki ugięcia nitek prostopadłych do kierunku rozciągania. Skutkiem tego powierzchnia oporu tkaniny staje się jednoukładowa.
- Dzięki nomogramowi można określić już podczas projektowania tkaniny możliwość jej wykonania z konkretnej przędzy poprzez wyznaczenie wielkości fazy. Eliminuje się zatem uciążliwe próby przedprodukcyjne przeprowadzane na krosnach, oszczędzając czas, surowiec i energię.
- Gdy wrobienie danego układu jest większe, wówczas jego wydłużenie przy rozciąganiu rośnie. W początkowym etapie przędza rozprostowuje się (zmniejsza się wrobienie), a następnie widoczny jest etap rozciągania samej przędzy. Mocniejsza przędza klasyczna nie zrywa się, gdy siły rozciągania nie działają wzdłuż jej osi. W takim przypadku ma miejsce jedynie jej wyprostowanie. Dopiero wtedy, gdy przędza już ulegnie temu procesowi, siła rozciągająca tkaninę zaczyna działać destrukcyjnie wzdłuż osi przędzy. Stąd na wzrost wydłużenia tkaniny wpływa najpierw struktura tkaniny, a w dalszej kolejności sztywność przędzy.
- Siła zrywająca oraz wydłużenie tkaniny w jednym kierunku maleje przy wzroście przyłożonej siły działającej w drugim kierunku.
- Podziałka układu nitek prostopadłych do kierunku rozciągania tkaniny rośnie. Wydłużenie próbki rośnie, więc i odległości między nitkami prostopa-

- długo układu zwiększają się. Wzrost podziałki nierozciąganego układu zwiększa również przestrzeń między nitkami tego układu.
- Jeżeli tkanina ma dużą sztywność zginania i ścinania, wówczas łatwiej powraca do swojego stanu równowagi, gdy siła przestanie już działać. Objawia się to zwiększeniem szerokości histerezy procesu zginania lub ścinania.
 - Przy zwiększaniu masy liniowej jednego układu o tej samej liczności, sztywność ścinania wzdłuż drugiego układu rośnie.

4. WNIOSKI

W rozprawie doktorskiej zbudowano aktualne, uniwersalne narzędzie do modelowania zachowań zmian struktury tkaniny poddanej obciążeniom statycznym. Pozwala ono uwzględnić zachowanie poszczególnych elementów struktury tkaniny, co ułatwia zrozumienie zjawisk zachodzących w niej podczas użytkowania gotowego wyrobu.

1. Przeprowadzone badania wykazały, iż stosowanie klasycznego nomogramu Painter'a, z jego uproszczeniami, jako diagramu charakteryzującego zachodzące zmiany w strukturze tkaniny podczas rozciągania jednokierunkowego, może prowadzić do 60% błędu. Wynika to z tego, że nie uwzględnia on zachodzących zmian w przekrojach poprzecznych przędz, jednoukładowej powierzchni oporu, sztywności nitek, zmiennej powierzchni kontaktu dwóch wzajemnie krzyżujących się nitek.
2. Rezultatem pracy doktorskiej jest nowy sposób modelowania tkaniny powstały na bazie zmodyfikowanego nomogramu, uwzględniający wielkość fazy, bardziej zbliżony do rzeczywistej tkaniny. Umożliwia on również analizę zachowania się struktur tkanych poddanych obciążeniom statycznym.
3. Dzięki opracowanemu modelowi można określić, już w trakcie projektowania tkaniny, możliwość jej wykonania z konkretnej przędzy oraz przewidzieć jej własności mechaniczne, poprzez wyznaczenie wielkości fazy na podstawie sztywności nitek przy co najmniej czterokrotnym zmniejszeniu poziomu błędu.
4. W wyniku opracowanej techniki, umożliwiającej analizę struktury rzeczywistej tkaniny poddanej siłom deformującym, zostało wykazane, że przy wzroście sił rozciągających, działające coraz większe siły ściskające, powodują, iż przekroje poprzeczne nitek ulegają deformacji, zwiększając powierzchnię kontaktu osnowy i wątku.
5. Eksperyment wykazał, iż podczas rozciągania paska tkaniny działające siły powodują rozrywanie oraz przemieszczanie się włókien w rozciąganej przędzy w kierunku wzdłużnym, co w konsekwencji wpływa na zmniejszanie się wymiarów przekroju poprzecznego rozpatrywanej przędzy.
6. Eksperyment wykazał również, iż podczas rozciągania jednego układu nitek, w trakcie zmniejszania się wymiarów poprzecznych przędz, nitki te stopniowo przybierają kształt coraz bardziej rozplaszczonej elipsy, aż do chwili,

w której nastąpi zakleszczenie drugiego układu. Po przekroczeniu tego momentu następuje stopniowy powrót kształtu do okrągłego.

7. Analiza modelowych tkanin wykazała, iż zmiany struktury wewnętrznej tkanin zależą od własności przędz, z których zostały wytkane oraz od sposobu ich wytwarzania.
8. Przeprowadzony eksperyment rozciągania dwukierunkowego potwierdził, iż siła zrywająca oraz wydłużenie zrywające tkaniny w jednym kierunku maleje wraz ze zwiększeniem przyłożonej siły, działającej w drugim kierunku.

LITERATURA

- [1] **Peirce F.T.:** Journal Textiles Institute, 21, 1409, 1937.
- [2] **Painter E.V.:** Mechanics of Elastic Performance of Textile Materials –Part VIII: Graphical Analysis of Fabric Geometry Textile Research Journal; Vol. XXII, No. 3, Page153-169, March 1952.
- [3] **Masajtis J.:** Budowa i projektowanie tkanin – cz. I, skrypt Politechniki Łódzkiej, Łódź 1991.
- [4] **Masajtis J.:** Analiza strukturalna tkanin, PAN, ODDZIAŁ w Łodzi, Łódź 1999.
- [5] **Janusz T.:** Tkactwo, część III, WPLiS, Warszawa 1963.
- [6] **Szosland J.:** Laboratorium podstaw budowy i technologii tkanin, praca zbiorowa, skrypt Politechniki Łódzkiej, Łódź 1984.
- [7] **Szosland J.:** Podstawy budowy i technologii tkanin, WNT, Warszawa, 1991.
- [8] **Frontczak-Wasiak I.:** Laboratorium podstaw mechanicznej technologii włókna – tkactwo, skrypt Politechniki Łódzkiej, Łódź, 1987.
- [9] **Damianow G.B., Baciew C.Z., Surnina N.F.:** Strojenije tkani i sowlremennyje metody jeich projektirowania Moskwa, Liegkaja i piściewaja promyszljennost, 1984.
- [10] **Aleksejew K.G.:** Osnowy rascieta paramajetrow strojenija i iformirowanija tkaniej, Moskwa, Ljegkaja industrija 1973.
- [11] **Milašius V.:** Woven Fabric's Cross-Section: Problems, Theory, and Expreimental Data, Fibres and Textiles in Eastern Europe No 4(23)/98, p. 48-50.
- [12] **Skljannikow W.P.:** Strojenije i kaciestwo tkaniej; Moskwa 1984.
- [13] **Masajtis J.:** Statyka tworzenia i autoregulacja struktury tkaniny wg teorii S. Noska, SWP, Łódź, 1978.
- [14] **Oloffson B.:** A general model of a fabric as a geometric mechanical structure, J. Textiles Isnt. Nr 11, 55, 1964, str. 541-557.

MODELLING OF THE CHANGE OF STRUCTURE OF WOVEN FABRIC UNDER MECHANICAL LOADING

Summary

The aim of this work was to study a new way of modelling of structures behaviour of woven fabrics after mechanical loading. As the basis of the beginning of this working a classical Painter nomogram was introduced.

Modelling was done through realization of the following scientific aims:

- the analysis of behaviour of structures of weave fabrics subject to different static load,
- the study of methods of expectation of mechanical property at designing of fabrics,
- the study of techniques enabling the analysis of structure of fabrics, subject to deforming strengths,
- the analysis of property of fabrics referring to basic parameters of fibres and yarns.

The invention of new modified nomograms made it possible to model the change of structure of fabric subject to static load. Thanks to them it is possible to reflect the recreate structure of internal real fabrics eliminating the generalization of Painter nomogram.

Besides 16 cotton plain woven fabrics were produced. There was made a full characteristics of materials and mechanical properties executed on fibres, yarns and fabrics.

There was also widened a range of investigations of property of mechanical fabrics by measurements on Kawabata machine, on picture frame and the Biaxial device.

Gradual setting changes in internal structure of fabric during one-way tension was also analysed. All the process of elongation was divided into parts in which the cross section of woven fabrics was made in order to examine the setting changes in its internal structure.

The experiment showed, that the application of classical Painter nomogram, with generalization, can be up to 60% of mistake.

A new way of modelling of fabric has come into being on the basis of modified nomogram, it enables the analysis of behaviour of real structures of woven fabrics subject to static load. Thanks to it, it is possible to define the process of woven fabrics, still in the design, and expect mechanical properties with 4 time smaller error than in classical Painter nomogram.

During the draft of one way of threads, where cross section of yarn is smaller, and threads become gradually more elliptical to the moment of tightening of the second way of threads. After crossing this moment a gradual return of shape follows to round.

In my doctor's work there has been created a current, universal tool to modelling the behaviour of changes of structure of woven fabric subject to static loads. It permits to consider the behaviour of individual elements of fabrics structure, which facilitate the understanding of the phenomena undergoing during the use of finished product.

Institute of Architecture of Textile
Technical University of Lodz, Poland