

УДК 677.024

**О ВЛИЯНИИ ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НИТЕЙ
ПРИ ИЗГИБЕ И РАСТЯЖЕНИИ
НА ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТКАНИ***

С.Г.СТЕПАНОВ, И.И.ВОЛКОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Исследование влияния жесткостных характеристик нитей – жесткостей при изгибе и модуля продольной упругости утка на параметры формирования ткани бязь арт. 222 проводилось на основе численного решения с помощью пакета MathCAD11 конечно-разностного аналога [1(2)...(12)] математической модели взаимодействия основных и уточных нитей в зоне формирования ткани (ЗФТ) [2] при различных значениях этих жесткостных характеристик, установленном количестве скользящих уточин $m=1$ и других исходных данных, характеризующих бязь арт. 222 и условия ее формирования [1].

При этом необходимые для расчетов значения шагов конечно-разностных сеток основы для каждого нового значения жесткостных характеристик нитей подсчитывались по методике [1] с использованием результатов расчета по программам на базе пакета MathCAD11, в основу которых положена математическая модель строения ткани в зоне, близкой к ее опушке, в момент заступа (в [1] принято, что при пренебрежении малым скольжением уточин по основе и малой деформацией растяжения основы длина осевой линии последней в ЗФТ в элементе ткани при прибое в первом приближении равна этой же величине до прибоя в момент заступа). Натяжения в прибываемой уточине и в основе у опушки подсчитывались по выражениям соответственно [1(14), (16)].

При исследовании влияния жесткости основы при изгибе на параметры форми-

рования ткани ее значения изменялись в пределах от 0,0025 до 0,01 Н·мм².

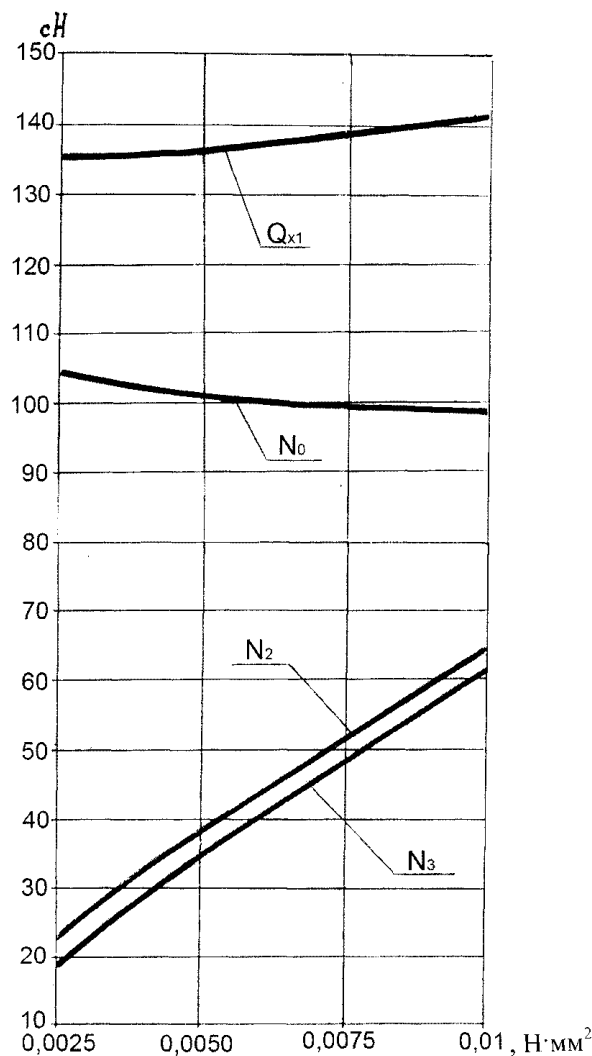


Рис. 1

* Научный консультант – проф., докт. техн. наук Г.И. Чистобородов.

На рис. 1 (изгибная жесткость основы, $\text{Н}\cdot\text{мм}^2$) представлены, построенные по результатам расчета, графики зависимостей натяжений в основной нити у опушки ткани N_0 , в прибываемой уточине Q_{X1} , во второй N_2 и третьей N_3 уточинах в зоне формирования ткани (ЗФТ) при крайнем переднем положении берда от изгибной жесткости основы.

Анализ графиков показывает, что с увеличением изгибной жесткости основы имеет место снижение ее натяжения у опушки N_0 и возрастание натяжения в прибываемой уточине Q_{X1} . Увеличение натяжения в прибываемой уточине и особенно ощутимый рост натяжений в двух последующих уточинах N_2 , N_3 с возрастанием жесткости основы при изгибе объясняется тем, что увеличение изгибной жесткости основы приводит к уменьшению ее прогибов, а следовательно, и ее высот волн изгиба в точках контакта с уточинами.

Математические модели равновесия основной и уточных нитей связаны между собой через соотношения [1(4)...(8)], которые представляют собой преобразованные геометрические соотношения [3(12)] – суммы высот волн изгиба основы и утка равны сумме диаметров нитей с учетом вертикального смятия. Вследствие этого уменьшение высот волн изгиба основы, обусловленное увеличением ее изгибной жесткости, для сохранения равенств между правой и левой частью указанных геометрических соотношений должно привести к увеличению высот волн изгиба уточин, а значит и к увеличению перемещений точек осевых линий уточных нитей.

В [3] показано, что перемещения точек осевой линии уточной нити в основном обусловлены ее растяжением под действием усилий от основной нити, а также и от зубьев берда, если речь идет о прибываемой уточине. Следовательно, увеличение высот волн изгиба уточин приведет к увеличению в них натяжения.

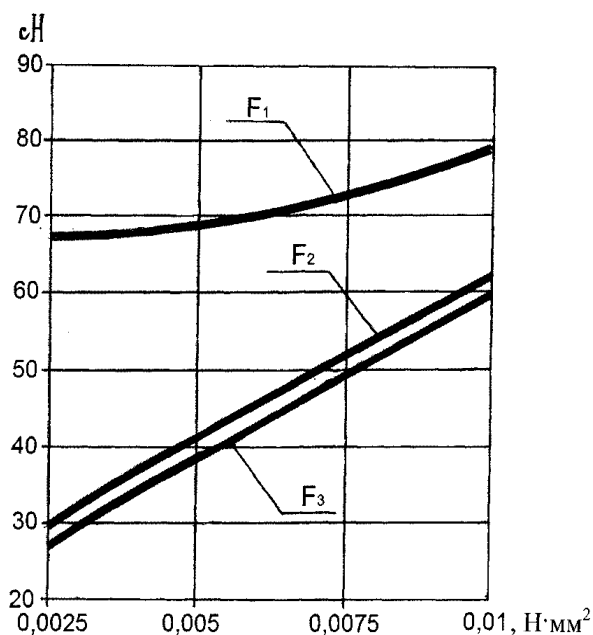


Рис. 2

На рис. 2 (изгибная жесткость основы, $\text{Н}\cdot\text{мм}^2$) показаны графики зависимости сил взаимного давления между основой и прибываемой F_1 , второй F_2 и третьей F_3 уточинами в вертикальной плоскости в ЗФТ при крайнем переднем положении берда от жесткости основы при изгибе. Имеет место возрастание сил взаимного давления между нитями с увеличением изгибной жесткости основы.

При исследовании влияния жесткости уточных нитей при изгибе на параметры формирования ткани ее значения изменялись в пределах от 0,00275 до 0,011 $\text{Н}\cdot\text{мм}^2$.

На рис. 3 (изгибная жесткость утка, $\text{Н}\cdot\text{мм}^2$) представлены графики зависимостей параметров N_0 , Q_{X1} , N_2 , N_3 , F_1 , F_2 , F_3 в ЗФТ при крайнем переднем положении берда от жесткости уточных нитей при изгибе. С возрастанием изгибной жесткости утка имеет место существенное снижение натяжений в прибываемой Q_{X1} , второй N_2 и третьей N_3 уточинах.

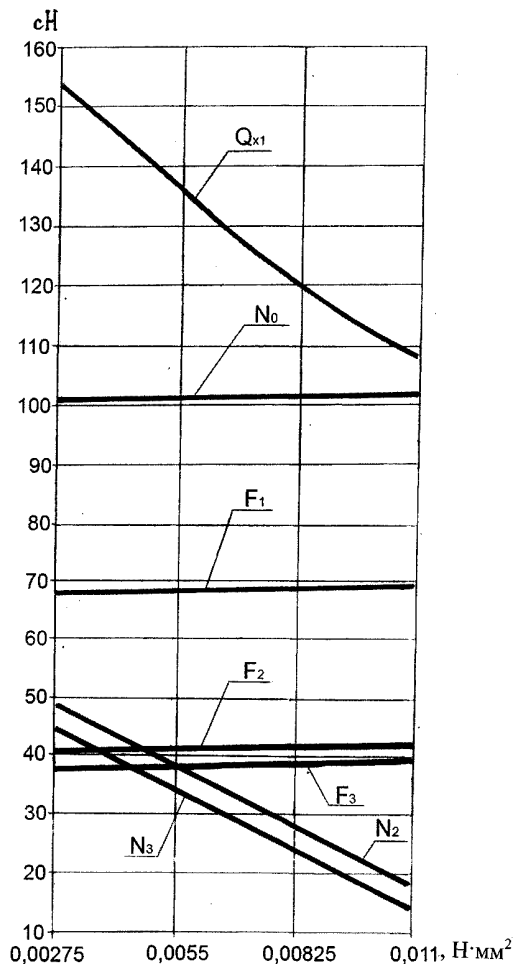


Рис. 3

Это, по нашему мнению, объясняется совместным действием сразу двух причин. Во-первых тем, что при увеличении жесткости уточины при изгибе растет и та часть энергии батана, которая уходит при прибое на преодоление сопротивления изгибу уточных нитей (по данным В.Н. Васильченко [4] при выработке ткани из капроновых монопнитей, обладающих существенно большей изгибной жесткостью по сравнению с комплексными нитями, работа по преодолению изгиба является основной составляющей работы прибора уточной нити). Следовательно, меньшая часть энергии батана остается на преодоление сил трения между нитями, смятие последних и т.д., в том числе и на растяжение уточин при прибое, вследствие чего натяжение в последних уменьшается. Во-вторых, увеличение изгибной жесткости уточных нитей приводит к уменьшению их прогибов, обусловленных в основном деформацией растяжения, а следовательно, и

к уменьшению натяжения уточин. Этой же причиной объясняется снижение натяжения в двух последующих уточинах в ЗФТ при увеличении их изгибной жесткости.

С возрастанием жесткости уточин при изгибе (рис. 3) увеличиваются, хотя и не существенно, натяжение в основе у опушки N_0 и силы взаимного давления между основой и прибываемой F_1 , второй F_2 и третьей F_3 уточинами в вертикальной плоскости в ЗФТ при крайнем переднем положении берда.

При исследовании влияния модуля продольной упругости утка на параметры формирования ткани его значения изменялись в пределах от 300 Н/мм² до 1500 Н/мм².

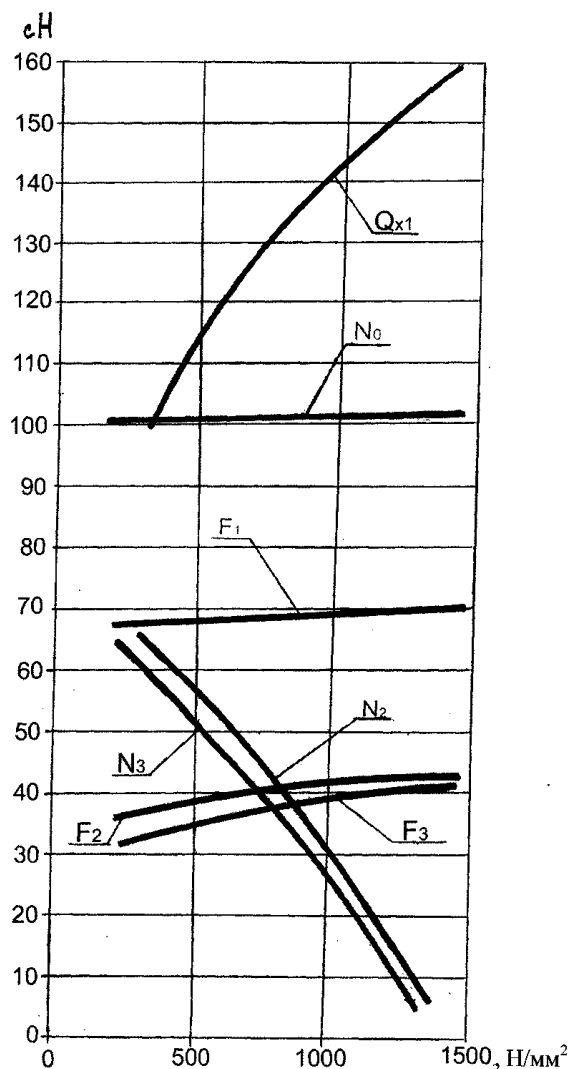


Рис. 4

На рис. 4 (модуль продольной упругости утка, Н/мм²) показаны, построенные по

результатам расчета, графики зависимостей параметров N_0 , Q_{X1} , N_2 , N_3 , F_1 , F_2 , F_3 в ЗФТ при крайнем переднем положении берда от модуля продольной упругости утка. Следует отметить существенное увеличение натяжения в прибываемой уточине Q_{X1} с возрастанием модуля продольной упругости утка. Последнее может быть объяснено тем, что при увеличении модуля продольной упругости утка возрастает и удельная часть энергии батана, затрачиваемая при прибое на преодоление сопротивления прибываемой уточины растяжению, вследствие чего натяжение последней возрастает.

С увеличением модуля продольной упругости утка существенно снижаются натяжения во второй N_2 , третьей N_3 уточинах. Это можно объяснить тем, что увеличение модуля продольной упругости уточин приводит к уменьшению их прогибов, обусловленных в основном деформацией растяжения, а следовательно, и к уменьшению натяжения уточин.

Натяжение в основе у опушки N_0 и силы взаимного давления между нитями в ЗФТ с увеличением модуля продольной упругости утка возрастают (рис.4), хотя и менее значительно по сравнению с возрастанием натяжения в прибываемой уточине.

Представленные выше графики свидетельствуют о существенном влиянии жесткостных характеристик нитей на большинство из рассмотренных параметров формирования ткани.

Пренебрежение влиянием жесткостных характеристик нитей на параметры формирования ткани может привести к существенным ошибкам при определении натяжения в нитях, в частности, в прибываемой уточине. Так, К.Г. Алексеевым [5] предпринята попытка экспериментального определения натяжения уточной нити в опушке ткани при прибое. Для этого вместо нити в зев прокладывался датчик – нихромовая проволока диаметром 0,05 мм. Эту проволоку обматывали несколькими слоями шелковой нити, чтобы получить диаметр, близкий к диаметру уточной нити. Концы датчика включали в цепь усилитель – осциллограф.

При прибое проволока деформировалась, ее сопротивление изменялось пропорционально деформации, а следовательно, и ее растяжению. Все остальные показатели – характеристики основной нити, геометрические плотности по основе и утку, сила прибоа, заправочное натяжение соответствовали показателям, имевшим место при выработке ткани бязь арт. 598 (соответственно – бязь арт. 222). Экспериментально найденное в [5] натяжение в проволочном датчике составило 70,7сН.

Натяжение в датчике в момент крайнего переднего положения берда при жесткостных характеристиках, соответствующих проволочному датчику и найденных на основании экспериментальных диаграмм его упругих удлинений [5], и остальных параметрах, характеризующих ткань бязь арт. 222 и условия ее формирования, полученное в результате численного решения математической модели (2)...(12) с помощью пакета программ MathCAD11 составило 67,3 сН, что близко к экспериментальному, найденному в [5]. Погрешность по сравнению с натяжением в проволочном датчике, найденным в результате эксперимента, составила 4,8%. При расчете учитывалась избыточная длина (дозировка) проволочного датчика, прокладываемого в зев, которая превышала выделенный для эксперимента участок ткани шириной 500 мм на 3,0% [5].

Одним из недостатков данного эксперимента является то, что автором при воплощении оригинального решения – замены прибываемой уточины проволочным датчиком, не подобраны жесткостные характеристики последнего для их соответствия жесткостным характеристикам хлопчатобумажной нити линейной плотности 29 текс, которая используется в качестве уточной нити при выработке бязи арт. 222. Без этого, по нашему мнению, нельзя утверждать об определении фактического натяжения в прибываемой хлопчатобумажной уточной нити при выработке бязи данного артикула. Речь в этом случае может идти лишь об определении усилия при прибое в проволочном датчике.

Жесткостные характеристики проволочного датчика существенно (в несколько раз) превышают жесткостные характеристики (жесткости при растяжении и изгибе) хлопчатобумажной нити 29 текс, которая используется в качестве уточной нити при выработке бязи арт. 222. Натяжение в прибываемой уточине при фактических жесткостных характеристиках уточной нити согласно результатам расчетов [1] оказалось почти в два раза выше (136,2 сН), экспериментально найденного в [5] усилия при приборе в проволочном датчике.

Таким образом, вышеизложенный материал, в том числе и представленные выше графики, свидетельствуют о необходимости учета жесткостных характеристик нитей при исследовании взаимодействия основных и уточных нитей при формировании ткани и нахождении натяжений в последних.

ВЫВОДЫ

1. На основе решения математической модели взаимодействия нитей в ЗФТ при различных значениях жесткостей основы и утка при изгибе, модуля продольной упругости утка исследовано влияние этих факторов на параметры формирования ткани.

2. Результаты исследования свидетельствуют о существенном влиянии жесткостных характеристик нити на большинство параметров формирования ткани и подтверждают необходимость их учета, а также указывают на ограниченность использования формулы Эйлера для идеальной нити при исследовании взаимодействия нитей в ЗФТ.

3. Расчетное натяжение в проволочном датчике, проложенном в зев вместо прибываемой уточины, найденное при фактических жесткостных характеристиках датчика, его дозировке и остальных показателях, имевших место при выработке бязи

арт. 222, хорошо согласуется с экспериментально найденным К.Г. Алексеевым натяжением в проволочном датчике при приборе (погрешность составляет 4,8%), что подтверждает достоверность предлагаемой теории формирования ткани [1...3], [6...9], основанной на нелинейной механике гибких нитей и принятой системе допущений.

4. Натяжение в прибываемой уточине в момент крайнего переднего положения берда при ее фактических жесткостных характеристиках согласно результатам расчетов оказалось почти в два раза выше экспериментально найденного в [5] усилия при приборе в проволочном датчике, что объясняется несоответствием жесткостных характеристик последнего жесткостным характеристикам прибываемой уточины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов С.Г., Волков И.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 4. – С.30...35.
2. Степанов С.Г., Волков И.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 1. – С.47...52.
3. Степанов С.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.–2006, №4С. – С.73...76.
4. Васильченко В.Н. Прибой уточной нити. – М.: Легпромбытиздат, 1993.
5. Алексеев К.Г. Исследование процесса формирования хлопчатобумажной ткани полотняного переплетения. – М.: Гизлегпром, 1958.
6. Степанов С.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 2. – С.47...51.
7. Степанов С.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 1. – С.52...55.
8. Степанов С.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 3. – С.44...48.
9. Степанов С.Г., Волков И.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 6. – С.61...65.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 30.03.07.