

УДК 677.055.82

DOI 10.47367/0021-3497_2024_2_159

**ОБ УСЛОВИЯХ РАВНОВЕСИЯ ТРИКОТАЖНОЙ ИГЛЫ
В ИГОЛЬНОМ ПАЗУ****ABOUT THE STABILITY OF A KNITTING NEEDLE
IN A NEEDLE CHANNEL**В.В. КАПРАЛОВ¹, Е.Н. НИКИФОРОВА², Н.А. ГРУЗИНЦЕВА²V.V. KAPRALOV¹, E.N. NIKIFOROVA², N.A. GRUZINTSEVA²¹АО «ИВАНОВОИСКОЖ, ИВКОР»,²Ивановский государственный политехнический университет)¹АО «IVCORE»,²Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: kapralow@mail.ru, nen07@rambler.ru, gruzincevan@mail.ru

В статье авторы рассматривают взаимодействие трикотажной иглы с участком пятки увеличенной высоты, по которому движется кулирный клин, расположенный ближе к игольнице, с замками игольной системы. Для более легкого перемещения трикотажной иглы в игольном пазе предложена новая конструкция иглы с пяткой переменной высоты, у которой кулирный клин расположен ближе к игольнице за счет разницы высот областей пятки для кулирного и заключающего клиньев. Новая игла имеет более «щадящие» условия перемещения в игольном пазе, выражающиеся в более легком ходе иглы, что позволит снизить сопротивление движения иглы в игольном пазе и уменьшить торсионный момент иглы. Основываясь на общих методах исследования динамики машин и силового анализа механизмов, авторы провели расчеты реакций и сил, действующих на стержень иглы в зоне пятки. На основании проведенных расчетов сделан вывод, что новая конструкция снижает боковые реакции на стержень иглы до 30...50% и силу кулирования до 30%. Следует отметить, что новую конструкцию иглы можно использовать в кулирных трикотажных машинах для производства полотен из нитей с высоким модулем упругости (стеклонити, металлические нити, нити из углеродного волокна), которые трудно поддаются вязанию, а узел вязания испытывает большие динамические нагрузки.

In the article, the authors consider the influence of a knitting needle with an increased heel area, along which the culinary wedge moves, located closer to the needle holder, taking into account the influence of various forces in the knitting machine on it. For smooth movement of the knitting needle in the needle channel,

a new needle design with a heel of variable height, in which the cooking wedge is located closer to the needle holder, is proposed. The new needle has more "soft" conditions of movement in the needle channel, expressed in a lighter needle stroke, which reduces the resistance to movement of the needle in the needle channel and reduces the torque of the needle. Based on general methods for studying machine dynamics and dynamic analysis of mechanisms, the authors calculated the reaction force to the needle channel from the spring-loaded belt in the needle holder and the needle holder in the area of the needle shank, as well as a needle holder in the area of the needle rod and in the area of the needle heel. Based on the calculations carried out, it was concluded that the new design, which ensures a smooth needle stroke and causes a minimal reaction of the needle channel at high dynamic loads, reduces lateral reactions to the needle channel by up to 50% and bending forces by up to 30%. It should be noted that the new needle design can be used in culinary knitting machines for the production of fabrics from yarns with a high modulus of elasticity (fiberglass, metal yarns, carbon fiber yarns), which are difficult to knit and the knitting knot is subjected to heavy loads.

Ключевые слова: трикотажная машина, трикотажная игла, игольный паз, равновесие иглы, трикотажное полотно, трикотажное изделие.

Keywords: weft knitting machine, knitting needle, smooth movement, needle channel, needle balancing, knitted fabric, knitted product.

Введение

В процессе производства трикотажных полотен и изделий на кулирных трикотажных машинах используют трикотажные иглы различных конструкций. Чаще всего применяются трикотажные иглы, которые потребляют нить крючком со стороны нитевода и провязывают ее в петли, образующие трикотажное полотно [1]. Игла, двигаясь по клиньям замка в пазах игольницы, образует петлеобразующую систему. При потреблении нити иглой последняя движется в игольном канале цилиндра возвратно-поступательно. При движении иглы на нее действуют силы, которые выводят иглу на заключение: заключающая сила и сила, которая опускает иглу в процессе кулирования (изгибания) нити крючком иглы, – сила кулирования. При этом сила кулирования – самая большая по модулю среди всех сил, действующих на иглу в игольном канале [2]. Для снижения усилий движения иглы в игольнице, а также сил трения и нагрева в конструировании игл и игольниц важно снижать усилия сопротивления иглы в игольном пазе (силы заключения, кулирования и реакций стенок игольного паза). Это является приоритетной задачей в про-

ектировании функциональных групп трикотажных машин.

Методы

В процессе проектирования трикотажной машины предложено использовать трикотажную иглу, которая имеет участок пятки увеличенной высоты, по которому движется кулирный клин, расположенный ближе к игольнице, и участок пятки меньшей высоты для заключающего клина. В данной статье предлагаем назвать данную конструкцию «пяткой переменной высоты». Использование такой конструкции позволит снизить сопротивление движения иглы в игольном пазе и уменьшить торсионный момент иглы.

Для определения силы воздействия трикотажной иглы на участок увеличенной пятки воспользуемся методом силового анализа механизма [3]. На рис. 1 представлено действие сил кулирования (N) и натяжения кулируемой нити (P), а также реакции стенок цилиндра для иглы с пяткой переменной высоты, у которой кулирный клин расположен ближе к игольнице, чем заключающий, а пятка имеет конструкцию согласно рис. 2, а.

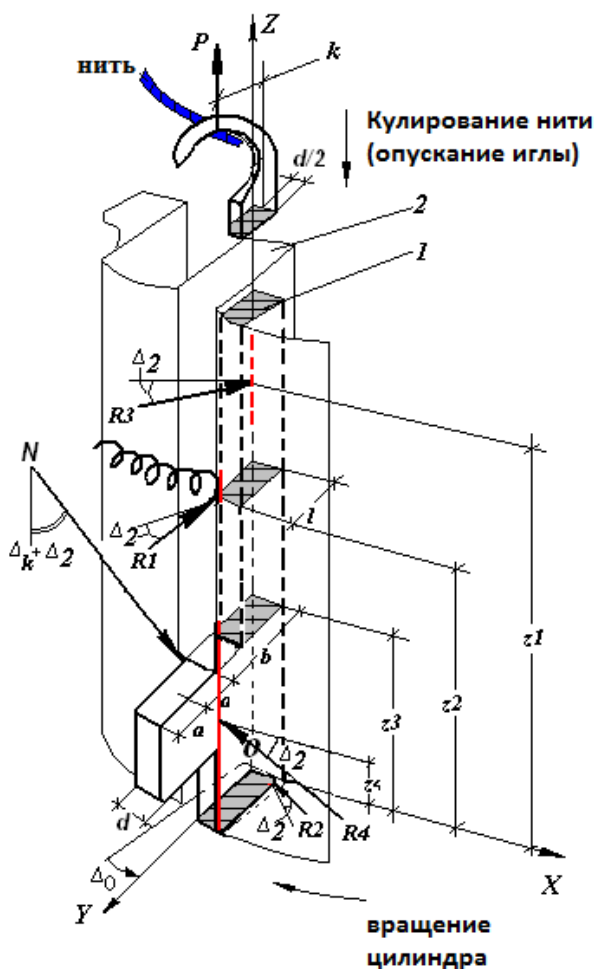


Рис. 1

Силы реакции R_1, R_2, R_3, R_4 стенок игольного пазу, возникающие от контакта с игольным стержнем, и силу кулирования определяем по формулам:

$$R_1 = R_2, \quad (1)$$

где R_1 – реакция на стержень иглы со стороны подпружиненного пояска в игольнице; R_2 – реакция на стержень иглы со стороны игольницы в зоне хвостовика иглы;

$$R_4 = \frac{N(a+b)\sin(\Delta_k + \Delta_2)}{b \cos \Delta_2}, \quad (2)$$

где R_4 – реакция, действующая на стержень иглы со стороны игольницы в зоне пятки иглы; N – сила кулирования, сН; a – высота

пятки в точке контакта с кулирным клином, мм; b – высота стержня иглы в зоне пятки, мм; Δ_2 – угол трения, град; Δ_k – угол наклона кулирного клина, град.;

$$R_3 = R_4 - \frac{N \sin(\Delta_k + \Delta_2)}{\cos \Delta_2}, \quad (3)$$

где R_3 – реакция, действующая на стержень иглы со стороны игольницы в зоне стержня иглы;

$$R_1 = \frac{N(a+b)\cos(\Delta_k + \Delta_2) - Pk - R_4 b \sin \Delta_2}{l \sin \Delta_2 + z_2 \cos \Delta_2} \quad (4)$$

где R_1 – реакция, действующая на стержень иглы со стороны подпружиненного пояска в игольнице, сН; P – сила натяжения кулируемой нити, сН; P_k – сила, создаваемая нитью и действующая на крючок иглы, сН; l – высота стержня иглы, мм; k – расстояние от спинки иглы до точки контакта крючка с нитью, мм;

$$N = \frac{P \cos \Delta_2}{\cos(\Delta_k + 2\Delta_2) - \frac{2a}{b} \sin(\Delta_k + \Delta_2) \sin \Delta_2}. \quad (5)$$

Из рис. 1 видно, что игла 1 движется в игольном пазу 2 вниз (кулирование нити). Для наглядного представления свяжем с движущейся вниз иглой координатную систему XYZ так, чтобы плоскость XY совпала с нижним ее основанием, а ось OZ была направлена вверх по левой задней грани стержня иглы (рис. 2). Игла под воздействием сил N и P повернется вокруг координатных осей OX и OZ на угол Δ_0 . Расстояния Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 соответствуют точкам приложения реакций и нагрузки N . Точка приложения силы P – давления кулируемой нити – находится в центре крючка иглы.

Силы N, P, R_1, R_2, R_3, R_4 образуют пространственную систему сил. Полученная система находится в равновесии, и для нее можно записать шесть уравнений статики:

$$\sum X_i = N \sin(\Delta_k + \Delta_2) + R_3 \cos \Delta_2 - R_4 \cos \Delta_2 = 0, \quad (6)$$

$$\Sigma Y_i = -R_1 \cos \Delta_2 + R_2 \cos \Delta_2 = 0, \quad (7)$$

$$\Sigma Z_i = -N \cos(\Delta_k + \Delta_2) + P + R_1 \sin \Delta_2 + R_2 \sin \Delta_2 + R_3 \sin \Delta_2 + R_4 \sin \Delta_2 = 0, \quad (8)$$

$$\Sigma M_{xi} = N(a+b) \cos(\Delta_k + \Delta_2) - Pk - R_1 z_2 \cos \Delta_2 - R_1 l \sin \Delta_2 - R_4 b \sin \Delta_2 = 0, \quad (9)$$

$$\Sigma M_{yi} = -N z_3 \sin(\Delta_k + \Delta_2) + Pk + R_1 d \sin \Delta_2 + R_2 d \sin \Delta_2 - R_3 z_1 \cos \Delta_2 + R_4 z_4 \cos \Delta_2 + R_4 d \sin \Delta_2 = 0, \quad (10)$$

$$\Sigma M_{zi} = N(a+b) \sin(\Delta_k + \Delta_2) + R_1 d \cos \Delta_2 - R_2 d \cos \Delta_2 - R_4 b \cos \Delta_2 = 0. \quad (11)$$

Из вышеприведенных уравнений статики вытекает реакция R_4 :

$$R_4 = \frac{N \sin(\Delta_k + \Delta_2)}{\cos \Delta_2}. \quad (12)$$

Далее следует:

$$R_3 = R_4 - \frac{N \sin(\Delta_k + \Delta_2)}{\cos \Delta_2}, \quad (13)$$

$$R_3 = 0. \quad (14)$$

После проведенных преобразований сила кулирования будет иметь вид (известно из [4]):

$$N = \frac{Pk \cos \Delta_2}{bl \cos(\Delta_k + 2\Delta_2) - bl \sin(\Delta_k + \Delta_2) \cos \Delta_2 \sin \Delta_2}. \quad (15)$$

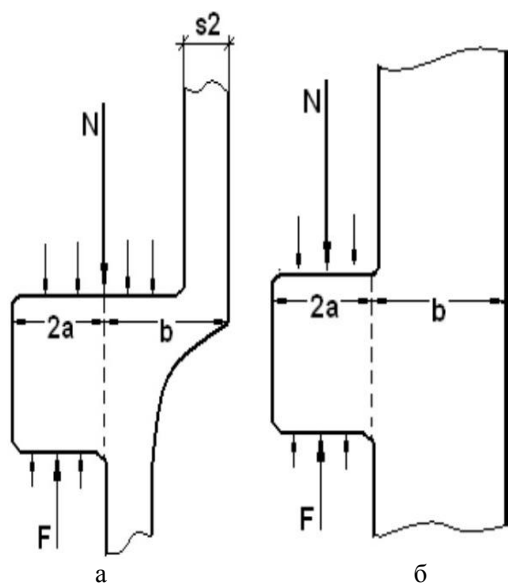


Рис. 2

Согласно рис. 2, а и ранее полученным выражениям для силы кулирования N [4] для иглы с пяткой переменной высоты сила N и реакции изменяются.

Результаты приведенных расчетов конструкции пяток для новой и традиционной игл графически представлены на рис. 2 (а – переменная высота; б – типовая).

Результаты и обсуждения

Используя методы силового анализа механизмов [3], сравним силу кулирования N (формула (5)) и реакций $R_{1,2,3,4}$ для иглы с пяткой переменной высоты (см. формулы (1), (2), (3), (4) для случая рис. 2, а) и те же реакции в типовой игле, а также силу кулирования типовой конструкции (рис. 2, б), рассчитанную по формуле (15) согласно [4], на примере геометрических размеров иглы цилиндра кругловязальной машины Mayer & Cie FV 2.0 18 класса [5].

Линейные замеры и точки приложения сил для расчета нагрузок стандартной иглы кругловязальной машины Mayer & Cie FV 2.0 позиции Vo 91. 75 G 008 18 класса [6] представлены на рис. 3.

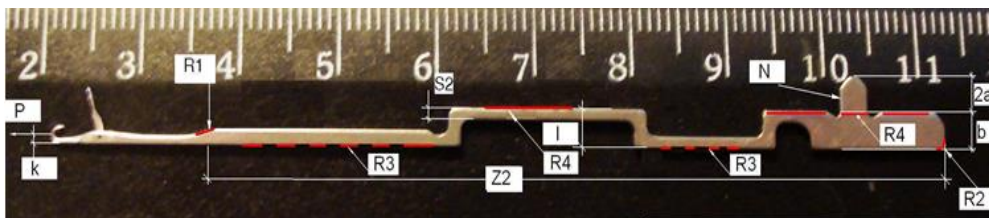


Рис. 3

Приведем сравнительный анализ параметров трикотажных игл типовой и новой конструкции с измененной геометрией стержня и пятки на стадии кулирования (игла в нижней точке кулирования) нити трикотажной машины Mayer & Cie FV 2.0 18 класса (табл. 1) [6].

Т а б л и ц а 1

Параметр	Обычная игла	Новая игла
a	1,5 мм	0 мм
b	2,9 мм	2,9 мм
Δk	590	590
$\Delta 2$ (50-90)	70	70
μ (при 70)	0,13	0,13
k	0,8 мм	0,8 мм
l	3,3 мм	3,3 мм
z2	71 мм	71 мм
P	7 сН	7 сН
S2	1 мм	1 мм

Величины изменения реакций, сил кулирования и заключения при использовании иглы новой конструкции приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Параметр	Обычная игла a=1,5 мм, b=2,9 мм	Новая игла a=0 мм, b=2,9 мм
R1	0,6 сН	0,3 сН
R2	0,6 сН	0,3 сН
R3	17 сН	0 сН
R4	31 сН	22 сН
N	34 сН	24 сН

Как видно из расчетов, реакции R1 и R2 не изменились по сравнению с иглой типовой конструкции, реакция R3 стала нулевой, т.е. влияние этого усилия полностью отсутствует, реакция R4 снизилась на 30%, определяемая сила кулирования также снизилась на 30%.

На рис. 4 графически представлены изменения силовых нагрузок на трикотажные

иглы типовой и новой конструкции кулирных трикотажных машин согласно табл. 2.

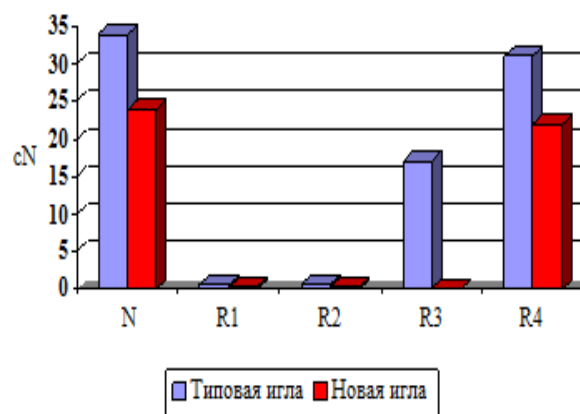


Рис. 4

В Ы В О Д Ы

1. Предложена трикотажная игла новой конструкции с пяткой переменной высоты, у которой кулирный клин расположен ближе к игольнице, чем заключающий.

2. Предложенная трикотажная игла позволяет снизить реакции стенок игольного паза на стержень иглы до 30%, а также силу кулирования до 30% по сравнению с иглой типовой конструкции, что является инновационным подходом в технологии переработки нитей, особенно нитей с высоким модулем упругости (стеклонити, металлические нити, нити из углеродного волокна), которые трудно поддаются вязанию, а узел вязания испытывает большие нагрузки.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Чистобородов Г.И., Капралов В.В., Никифорова Е.Н. Исследование влияния формы крючка иглы на эффект перетяжки кулируемой нити // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2012. № 3 (339). С. 144...148.

2. Капралов В.В., Никифорова Е.Н., Ситникова И.Н., Онипченко Д.А. О снижении гидродинамического сопротивления движению трикотажных игл в пазах игольниц // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2010. № 4 (325). С. 98...101.

3. Белов М.И., Сорокин С.В. Теория механизмов и машин: учеб. пособие. М.: РИОР: ИНФРА-М, 2020. 322 с.

4. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин: учебник для вузов. Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1980. 472 с.

5. Weber M.O., Weber K.P. Wirkerei und Strickerei. Technologien – Bindungen – Produktionsbeispiele // Deutscher Fachverlag Frankfurt 2014, 6. überarbeitete Aufl. – ISBN 978-3-86641-299-6.

6. Официальный сайт компании Groz-Beckert про производству трикотажных игл (Германия). – <https://www.groz-beckert.com>.

REFERENCES

1. Chistoborodov G.I., Kapralov V.V., Nikiforova E.N. Investigation of the influence of the shape of a needle hook on the effect of tightening a cultured thread // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2012. No. 3 (339). P. 144...148.

2. Kapralov V.V., Nikiforova E.N., Sitnikova I.N., Onipchenko D.A. On the reduction of hydrodynamic resistance to the movement of knitted needles in the grooves of needle milling mills // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2010. No. 4 (325). P. 98...101.

3. Belov M.I., Sorokin S.V. Theory of mechanisms and machines: textbook 2nd ed. M.: RIOR: INFRA-M, 2020. 322 p.

4. Garbaruk V.N. Designing knitting machines: textbook for universities. Leningrad: Mashinostroenie: Leningr. ed., 1980. 472 p.

5. Weber M.O., Weber K.P. Wirkerei und Strickerei. Technologien - Bindungen – Produktionsbeispiele // Deutscher Fachverlag Frankfurt 2014, 6. überarbeitete Aufl. – ISBN 978-3-86641-299-6.

6. The official website of Groz-Beckert about the production of knitting needles (Germany). – <https://www.groz-beckert.com>

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии ИВГПУ. Поступила 11.12.23.