

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА ПРИЖИМНОЙ ЛАПКИ ВЫШИВАЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА

Д.В. Грот, Б.С. Сункуев, А.Г. Кириллов

УДК 687.053.1/5

РЕФЕРАТ

ВЫШИВАЛЬНЫЙ ПОЛУАВТОМАТ, КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ПРИЖИМНАЯ ЛАПКА

Цель работы – аналитическое исследование механизма прижимной лапки полуавтомата многоцветной вышивки. Предметом исследования является механизм подвижной лапки полуавтомата с упругой связью между звеньями.

Составлены уравнения кинематики подвижной лапки с учетом влияния упругой связи. Для уравнений кинематики разработан алгоритм программного расчета, в соответствии с которым в среде Delphi составлена программа кинематического анализа механизма.

По разработанной программе выполнены кинематические исследования движения подвижной лапки полуавтомата многоцветной вышивки, разработанного кафедрой машин и аппаратов легкой промышленности УО «ВГТУ» совместно с ОАО «НП ОКБМ» г. Витебска. Установлено, что в ходе шитья обнаруживается незначительный отрыв подвижной лапки от источника движения, что не создает ухудшающих условий для процесса шитья.

Предложенные методика расчета и программное обеспечение рекомендуются к применению при оценке работы механизмов подвижных лапок вышивальных полуавтоматов.

ABSTRACT

SEMI-AUTOMATIC, MULTICOLOR, MACHINE EMBROIDERY, PRESSER FOOT, KINEMATIC ANALYSIS

In semiautomatic mechanism used mobile presser foot with elastic coupling between the links. This paper presents the results of the kinematic analysis of a mechanism to assess the impact of elastic coupling on the law of motion of the driven member.

El staff «VSTU» and OPC «NP OKBM» designed semiautomatic multicolor embroidery on leather.

Compiled equations kinematics mobile foot with the influence of elastic coupling.

On the developed program of research carried out kinematic motion of the moving foot semiautomatic multicolor embroidery developed by the Department of machines and apparatus of light industry EI «VSTU» in conjunction with «NP OKBM» Vitebsk.

It was established that during the sewing detected light mobile take off foot traffic from the source that does not create worsening conditions for the sewing process.

Сотрудниками УО «ВГТУ» и ОАО «НП ОКБМ» разработан полуавтомат многоцветной вышивки на изделиях из кожи [1]. В полуавтомате использован механизм подвижной прижимной лапки изменяемой структуры с упругой связью между звеньями. Вопросы анализа и синтеза подобных механизмов в специальной литературе практически не рассматривались. Известные работы [2] посвящены, главным образом, исследованию кинематики волновых передач и механизмов схватов роботов и манипуляторов. В настоящей работе рассмотрена методика численного анализа

кинематики механизма подвижной прижимной лапки с использованием известных положений теории механизмов и теории колебаний. Цель работы – оценить влияние упругой связи на выполняемую прижимной лапкой технологическую функцию.

Схема механизма показана на рисунке 1. Ползун 2 получает движение от кривошипа АВ через шатун ВС. Прижимная лапка 3 прижимается к ползуну пружиной 1. Представим механизм в виде системы, состоящей из двух звеньев – ползуна 2, совершающего движение по закону,

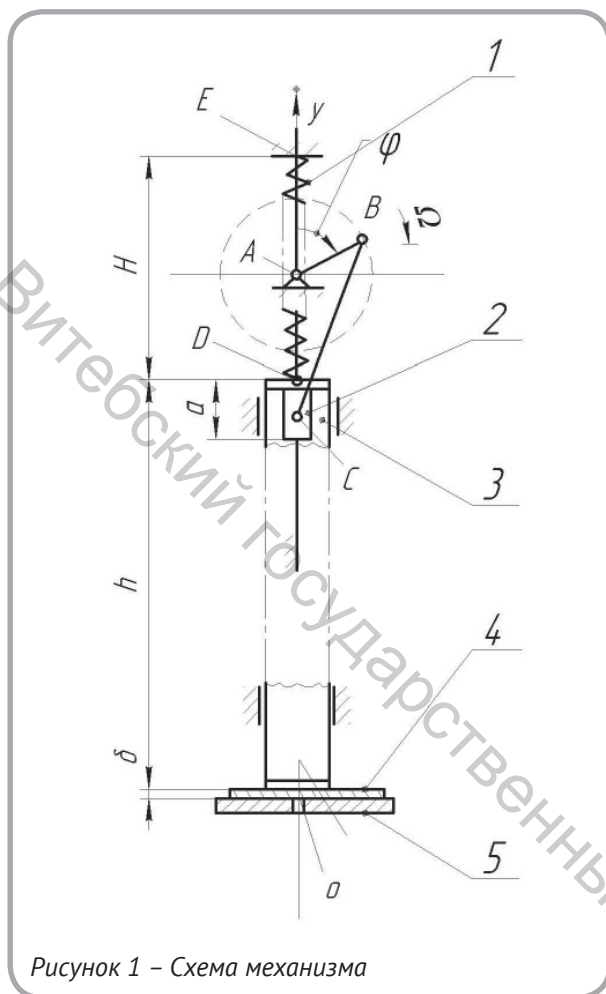


Рисунок 1 – Схема механизма

определяемому размерами кривошипно-ползунного механизма ABC и прижимной лапки 3, совершающей движение под действием ползуна 2, пружины 1 и поверхности сшиваемого материала 4, играющей роль ограничителя. Угловую координату φ кривошипа AB будем отсчитывать по часовой стрелке от оси Oy с началом 0, расположенным на поверхности игльной пластины 5.

Положение ползуна 2 будем определять координатой y_1 точки, совпадающей с точкой D контакта пружины 1 с поверхностью прижимной лапки. Координата y_1 определяется из формулы

$$y_1 = y_A + r \cdot \cos \varphi \sqrt{L^2 - (r \cdot \sin \varphi)^2} + a, \quad (1)$$

где a – расстояние между центром шарнира C и D, $r = AB$, $L = BC$.

Положение прижимной лапки 3 будем определять координатой y_2 точки D контакта с пружиной 1.

Без учёта динамики системы графики зависимостей y_1 и y_2 от φ могут быть представлены соответственно в виде кривых I и II (рисунок 2 а). На участках ab и da кривые I и II совпадают: прижимная лапка 3 и ползун 1 движутся совместно. На участке bd прижимная лапка неподвижна и прижимает сшиваемый материал 4 к игльной пластине 5, а ползун 3 движется вниз до точки c и возвращается в положение с координатой $y_1 = h$, где h – высота прижимной лапки 3 (рис. 1).

На рисунке 2 б представлены графики зависимостей скоростей V_1 и V_2 ползуна 2 и прижимной лапки 3 соответственно в виде кривых I и II.

Рассмотрим закон движения прижимной лапки 3 на участке da (рис. 2 а). В начале участка ползун 2 движется со скоростью

$$V_2 = (-r \cdot \sin \varphi + \frac{r^2 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi}{\sqrt{L^2 - (r \cdot \sin \varphi)^2}}) \cdot \Omega, \quad (2)$$

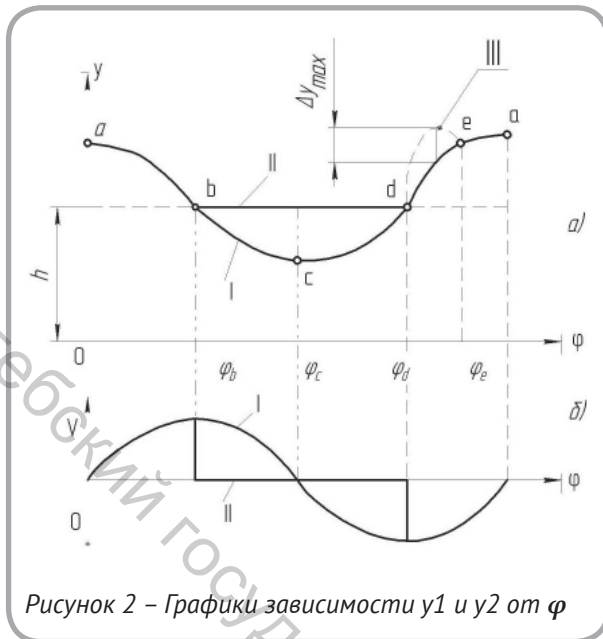
где Ω – угловая скорость кривошипа AB, $\varphi = \varphi_a$.

Уравнение (2) получено дифференцированием уравнения (1) по времени t . Лапка 3 в этот момент неподвижна. Таким образом, имеет место ударное взаимодействие ползуна 2 и прижимной лапки 3. Начиная с этого момента движение прижимной лапки 3 может быть представлено в виде уравнения

$$y_2 = \begin{cases} A \cdot e^{-ct} \cdot \sin(\omega \cdot t + a) + h_0, & \text{если } y_2 > y_1; \\ y_1, & \text{если } y_2 \leq y_1. \end{cases} \quad (3)$$

Верхняя часть правой части уравнения (3) выражает свободные колебания прижимной лапки, где A – амплитуда свободных колебаний, м; $c = 0,012 \omega_0$, с⁻¹; $\omega_0 = \sqrt{1/m \cdot \lambda_n}$, с⁻¹; m – масса прижимной лапки, 3 кг; λ_n – осевая податливость пружины 1, м/Н; ω_0 – круговая частота собственных колебаний прижимной лапки 3, с⁻¹; $\omega_0 = \sqrt{\omega_0^2 - c^2}$; a – начальная фаза свободных колебаний прижимной лапки 3, рад; h_0 – координата точки D пружины 1, находящейся в свободном состоянии, м; $h_0 = y_e - H_0$; H_0 – длина пружины 1 в свободном состоянии.

Величину V_0 определим из следующих соображений. При $t = 0$ имеет место ударное взаимодействие ползуна 3 и прижимной лапки 2. Согласно [3, с. 392], если движущееся тело (ползун


 Рисунок 2 – Графики зависимости y_1 и y_2 от φ

3) имеющее массу m_2 и скорость V_2 , ударяет в неподвижное тело (прижимную лапку 2) массы m , то конечная скорость после удара V_0 (общая для обоих тел) может быть определена из соотношения

$$V_0 = V_1 \cdot \frac{m + m_2}{m_2}.$$

За массу m_2 примем сумму приведенных к ползуну 2 масс: ползуна m_{II} , шатуна m_{III} , кривошипа m_K и связанных с ним главного вала и звеньев привода: $m_2 = m_{II} + m_{III} + m_K$. Так как m_2 значительно больше m , то $V_0 \approx V_2$ (формула 2).

Для определения постоянных A и α в уравнении (3) рассмотрим начальные условия: $t = 0$; $y_2 = y_0 = y_1 - h_0$; $d \cdot y_1 / d \cdot t = V_0$. Подставив эти условия в (3), определим:

$$y_0 = A \cdot \sin \alpha; \quad (4)$$

$$V_0 = c \cdot A \cdot \sin \alpha + A \cdot \omega \cdot \cos \alpha. \quad (5)$$

Решая приведённую систему уравнений, определим:

$$A = \frac{y_0}{\sin \alpha}; \quad (6)$$

$$\alpha = \arctg \frac{\omega}{\frac{V_0}{y_0} + c}. \quad (7)$$

Нижняя часть уравнения (3) выражает совместное движение прижимной лапки 3 и ползуна 2. С учётом изложенного анализ движения прижимной лапки 3 может быть выполнен численным методом. Ниже предоставлена блок-схема алгоритма.

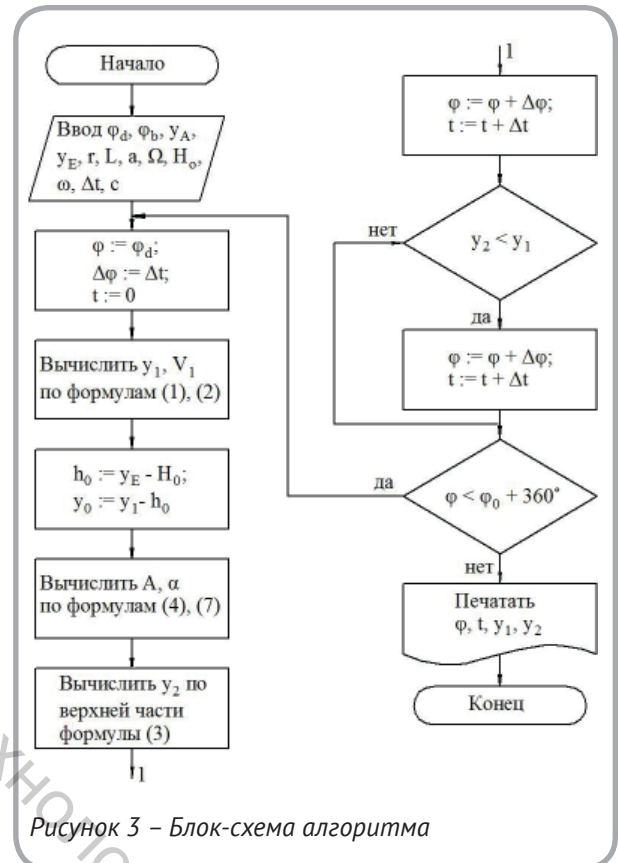


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма

По приведённому алгоритму составлена программа расчёта положений ползуна 2 и прижимной лапки 3 на интервале $[\varphi_a, \varphi_b]$ значений φ по этой программе выполнены расчёты y_1 и y_2 для механизма прижимной лапки полуавтомата многоцветной вышивки на изделиях из кожи при следующих исходных данных: $\varphi_a = 273^\circ$; $\varphi_b = 84^\circ$; $y_A = 160$ мм; $y_E = 187$ мм; $r = 17,5$ мм; $L = 42$ мм; $a = 8$ мм; $\Omega = 100$ рад/с; $c = 0,012 \varphi_0$. Расчёты выполнены для пружин, спроектированных по методике, изложенной в [4] при различных требуемых усилиях прижатия изделий из кожи.

На рисунке 2 а в виде пунктирной линии III показан график пути y_2 прижимной лапки 3, соответствующий $[\varphi_a, \varphi_e]$ углов φ , на котором имеет место нарушение контакта ползуна 2 и прижимной лапки 3. На интервале $[\varphi_a, \varphi_b]$

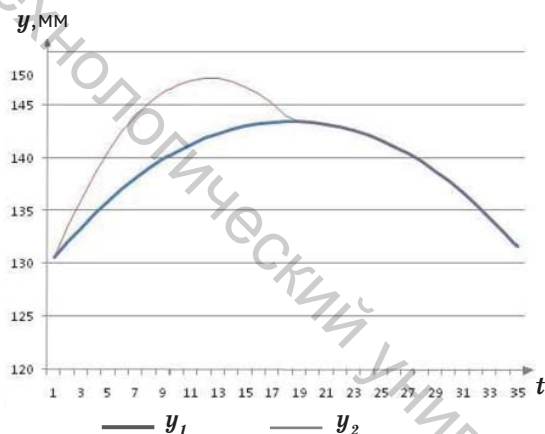
φ	t	y1	y2
273	0.000	130.581	130.581
278	0.001	132.053	133.487
283	0.002	133.448	136.151
288	0.003	134.758	138.546
293	0.003	135.977	140.658
298	0.004	137.104	142.478
303	0.005	138.135	144.008
308	0.006	139.070	145.251
313	0.007	139.910	146.216
318	0.008	140.656	146.914
323	0.008	141.311	147.357
328	0.009	141.876	147.554
333	0.010	142.353	147.515
338	0.011	142.745	147.247
343	0.012	143.054	146.755
348	0.013	143.281	146.040
353	0.013	143.428	145.103
358	0.014	143.495	143.940
363	0.015	143.483	143.483
368	0.016	143.392	143.392
373	0.017	143.221	143.221
378	0.018	142.970	142.970
383	0.018	142.636	142.636
388	0.019	142.219	142.219
394	0.020	141.716	141.716
399	0.021	141.124	141.124
404	0.022	140.442	140.442
409	0.023	139.668	139.668
414	0.023	138.800	138.800
419	0.024	137.836	137.836
424	0.025	136.776	136.776
429	0.026	135.622	135.622
434	0.027	134.374	134.374
439	0.028	133.038	133.038
444	0.028	131.620	131.620

Рисунок 4 – Образец распечатки результатов расчётов y_1 и y_2

нарушение контакта ползуна 2 и прижимной лапки не наблюдается. Величину максимального расхождения графиков y_1 и y_2 на интервале $[\varphi_d, \varphi_e]$ обозначим Δy_{max} .

На рисунке 4 приведен образец распечатки результатов расчётов y_1 и y_2 , а на рисунке 5 – графики зависимостей $y_1 = f(t)$ и $y_2 = f(t)$, полученные на ЭВМ для пружины с диаметром проволоки $d = 0,68$ мм. Результаты расчётов для пружины с другими параметрами, спроектированных по методике, изложенной в [4], сведены в таблицу.

Из таблицы следует, что для всех пружин интервалы значений φ , в которых имеется нарушение контакта прижимной лапки 3 и ползуна 2, находятся в пределах $\varphi = 278^\circ \dots 358^\circ$, а величина расхождения $\Delta y_{max} \leq 6,3$ мм. Подобный закон движения прижимной лапки 3 не вызывает нарушения процесса шитья, так как на участке bd (рисунок 2 а) прижимная лапка контролирует сшиваемый материал.

Рисунок 5 – Графики зависимостей $y_1 = f(t)$ и $y_2 = f(t)$

ВЫВОДЫ

Предложена методика и алгоритм численного анализа кинематики механизма прижимной лапки.

С использованием этой методики проведен

Таблица 1 – Результаты расчётов для пружины с другими параметрами

№	$d, \text{мм}$	$\varphi_d, ^\circ$	$\varphi_e, ^\circ$	$\Delta y_{\max}, \text{мм}$
1	0,32	278	353	6,010
2	0,41	278	358	6,190
3	0,47	278	358	6,231
4	0,52	278	358	6,244
5	0,56	278	358	6,251
6	0,59	278	358	6,254
7	0,63	278	358	6,256
8	0,65	278	358	6,257
9	0,68	278	358	6,306
10	0,71	278	358	6,259
11	0,73	278	358	6,260
12	0,75	278	358	6,260
13	0,77	278	358	6,260
14	0,79	278	358	6,261
15	0,81	278	358	6,261
16	0,83	278	358	6,261
17	0,85	278	358	6,261
18	0,87	278	358	6,050
19	0,88	278	358	6,262

анализ кинематики механизма прижимной лапки вышивального полуавтомата для различных пружин.

Установлено, что имеет место нарушение контакта ведомого звена механизма с ползуном кривошипно–ползунного механизма, которое не приводит к нарушению выполняемой технологической функции. Предложенная методика может быть использована при проектировании аналогичных механизмов переменной структуры с упругой связью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сункуев, Б.С., Буюевич, А.Э., Буюевич, Т.В., Грот, Д.В., Раков, В.А., Шнейвайс, И.Л., Ткачёв, Ю.Л., (2011), Новое в технике и технологии текстильной и лёгкой промышленности, *Материалы международной научной конференции*, Витебск, 2011, С 290.
2. Добролюбов, А.И., (1984), *Механизмы на гибких и упругих элементах*, Минск, 117 с.
3. Тимошенко, С.П., (1959), *Колебания в инженерном деле*, Москва, 439 с.
4. Грот, Д.В., Кириллов, А.Г., Сункуев, Б.С. (2013), Проектный расчёт пружины механизма подвижной прижимной лапки многоигольного вышивального полуавтомата, *Вестник Киевского национального университета технологий та дизайну*, 2013, № 3, С 192.

REFERENCES

1. Sunkuev, B.S. Semi-automatic multi-color embroidery on leather / B.S. Sunkuev, A.E. Buevich, T.V. Buevich, D.V. Grot, V.A. Rakov, I.L. Shneyvays, J.L. Tkachev / New in equipment and technology for textile and light industry: proceedings of the international scientific conference. Vitebsk, in November 2011. In 24.4.2 / UO "VSTU." – Vitebsk, 2011 – 290 p.
2. Dobrolybov, A.I. Mechanisms for flexible and elastic elements / Ed., E.A. Starodetko. – Mn.: Science and Technology, 1984 -117 p., il.
3. Timoshenko, S.P. Fluctuations in engineering: a tutorial / S.P. Timoshenko. - Moscow: Fizmatchiz, 1959. – 439 p.
4. Grot, D.V. Project calculation of the spring mechanism of the mobile multi-needle embroidery presser foot semiautomatic / D.V. Grot, A.G. Kirillov, B.S. Sunkuev // Bulletin of Kiev National University of Technology and Design. Number 3, 2013. / KNUTD - Kiev, 2013 – 192 p.

Статья поступила в редакцию 24. 04. 2014 г.