

РАСЧЁТ СКОРОСТЕЙ ШИТЬЯ ВЫШИВАЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

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

УДК 687.053.68-52

РЕФЕРАТ

ПОЛУАВТОМАТ МНОГОЦВЕТНОЙ ВЫШИВКИ, СКОРОСТЬ ШИТЬЯ, ПРИЖИМНАЯ ЛАПКА

Предметом исследования является скорости шитья вышивального полуавтомата с различными прижимными лапками, подвижной и неподвижной. Цель этой статьи заключается в подборе скорости шитья для подвижной и неподвижной прижимных лапок.

В статье приведена методика расчета скоростей шитья для полуавтоматов многоцветной вышивки с использованием различных способов прижима материала: подвижной и неподвижной лапок. Используемая методика ведет учет интеграции узла прижима в циклограмму работы петлеобразующих органов полуавтомата.

Приведенная методика применена для расчета скоростей шитья полуавтомата ПВ-1-5М многоцветной вышивки, разработанного в 2008 году кафедрой машин и аппаратов легкой промышленности УО «ВГТУ» совместно с ОАО «НП ОКБМ».

В результате расчета установлено, что скорость шитья при использовании неподвижной прижимной лапки на 18 – 25 % выше, чем с подвижной прижимной лапкой.

УО «ВГТУ» совместно с ОАО «НП ОКБ машиностроения» (г. Витебск) разработан полуавтомат ПВ-1-5М многоцветной вышивки на изделиях из кожи. В состав полуавтомата входит пятиигольная головка [1] и координатный механизм с числовым программным управлением (ЧПУ) для сообщения материалу старт-стопного перемещения, заимствованный из серийно выпускаемого полуавтомата ПВ-1-1 [2]. В полуавтомате предусмотрена возможность установки двух вариантов лапки: подвижной и неподвижной.

Цель этой статьи заключается в подборе скорости шитья для подвижной и неподвижной прижимных лапок. Подбор оптимальных скоростных режимов шитья ведется с целью увели-

ABSTRACT

SEMI-AUTOMATIC, MULTICOLOR, MACHINE EMBROIDERY, PRESSER FOOT, SEWING SPEED

The aim of this article is to select the sewing speed for fixed and movable presser foot.

For semiautomatic multicolor embroidery PV-1-5-M developed in 2008, calculated these speed sewing developed by using different presser feet: mobile and stationary.

The disadvantage of mobile presser foot is noise at work. The advantage of fixed presser foot is the lack of noise at work.

The calculation revealed that the sewing speed when using fixed presser foot is 18 – 25 % higher than with moving the presser foot. Velocities sewing enable operations to assess the complexity of machine embroidery.

чения производительности труда.

Подвижная прижимная лапка совершает вертикальное движение и прижимает материал только в периоды прокола материала иглой. Достоинством подвижной прижимной лапки является возможность вышивки на заготовках, имеющих разную толщину в поле вышивания, а также возможность базирования кассеты с заготовкой относительно иглы по метке, нанесённой на кассету. Недостатком подвижной прижимной лапки является шум при работе.

Кинематическая схема механизмов иглы и подвижной прижимной лапки показана на рисунке 1. Прижимная лапка 10 получает движение от ползуна 11 кривошипно-ползунного механиз-

ма иглы ABC. Лапка 10 прижимается к ползуну 11 пружиной 12. Игла 6 получает движение от пальца 9 ползуна 11 через поводок 8, игловодитель 7 и иглодержатель 5. При движении ползуна 11 из крайнего верхнего положения вниз подошва 3 прижимной лапки достигает поверхности материала 2 и останавливается, при этом пружина 12 прижимает лапку к материалу. Игла 6 продолжает движение вниз, достигает крайнего нижнего положения и двигается вверх. В определённый момент ползун 11 сообщает движение прижимной лапке 10, преодолевая действие пружины 12.

Подошва 3 (рисунок 1) неподвижной прижимной лапки устанавливается с зазором не менее 0,5 мм над поверхностью материала. Неподвижная прижимная лапка применяется при вышивании на заготовке постоянной толщины. При этом требуется, чтобы в базовом положении кассеты игла находилась в поле вышивания, а метку, с которой совмещается игла, в базовом положении кассеты приходится наносить на материал при каждом цикле вышивания. Преимуществом неподвижной прижимной лапки является отсутствие шума при работе. При неподвижной прижимной лапке время перемещения материала на длину стежка лимитируется временем нахождения иглы в материале, а при подвижной – временем прижатия материала прижимной лапкой.

Положения иглы 6 и подошвы 3 подвижной прижимной лапки в их поступательных движениях будем представлять соответственно точкой **G** острия иглы и точкой **H**, расположенной в центре отверстия для прохода иглы. Координаты точек **G** и **H** будем отсчитывать по оси **Oy** с началом в точке **O**, лежащей на поверхности игольной пластины 1, в центре отверстия для прохода иглы. За начало отсчёта углов φ , определяющих положения ведущего кривошипа **AB**, принимаем ось **Ay**. Графики зависимости y от φ для точек **G** и **H** приведены на рисунке 2 в виде кривых I и II. Кривая I построена исходя из установки иглы относительно носика челнока: $y_G = 13$ мм при $\varphi = 60^\circ$, соответствующем моменту автоматического останова полуавтомата.

Проведём на графике прямую, параллельную оси y , на расстоянии, равном толщине h пошиваемого материала 2 (рисунок 1), на пересечении этой прямой с кривыми I и II отметим точки 2,

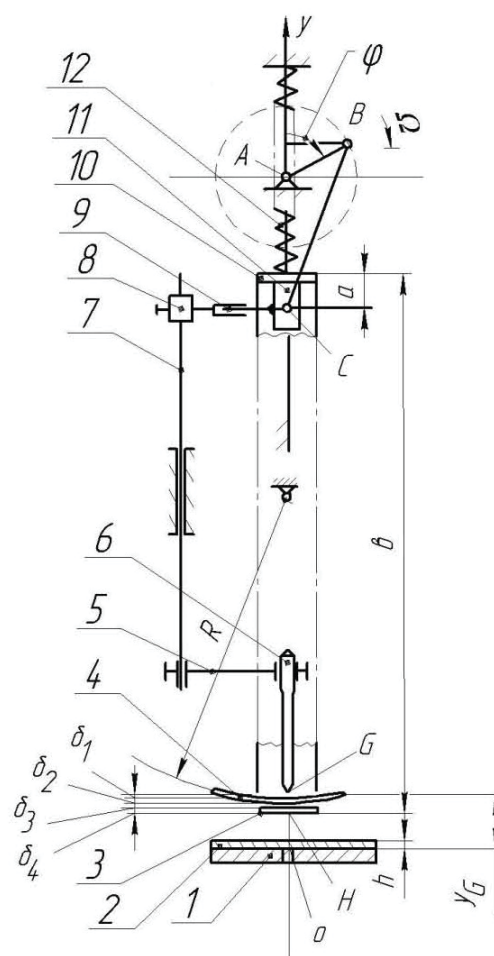


Рисунок 1 – Кинематическая схема механизмов иглы и прижимной лапки

3, 4, 5. Абсциссы φ_2, φ_3 точек 2 и 3 на графике I соответствует началу вхождения острия иглы в материал и выходу его из материала. Абсциссы φ_4, φ_5 точек 4, 5 на графике II соответствуют началу прижима материала подвижной прижимной лапкой и его окончанию.

Отметим также на графике I точку 1 с ординатой $y_G = 13$ мм, соответствующей моменту автоостанова. Абсциссу точки 1 обозначим φ_1 . Начало перемещения материала координатным механизмом с ЧПУ настраивается установкой на главном валу швейной машины диска, входящего в профиль оптопары. При этом кривошип **OA** должен находиться в положении, определяемом координатой y_H . Угол поворота φ_P кривошипа **OA** за время t_{nep} перемещения материала зависит от динамики координатного механизма. Для подвижной прижимной лапки должны удовлетворяться неравенство:

$$\varphi_H \leq \varphi_5, \quad (1)$$

$$\varphi_P = \varphi_{P1} \leq 360^\circ - (\varphi_5 - \varphi_4), \quad (2)$$

для неподвижной прижимной лапки – неравенства

$$\varphi_H \leq \varphi_5, \quad (3)$$

$$\varphi_P = \varphi_{P1} \leq 360^\circ - (\varphi_5 - \varphi_4), \quad (4)$$

Выведем соотношение для определения φ_2 , φ_3 , φ_4 , φ_5 . Сначала определим длину b прижимной лапки. На рисунке 2 механизм иглы показан при $\varphi = \varphi_1$, то есть в момент автоостанова, в том же положении показана игла 6, ловитель игольной нити 4, подошва прижимной лапки 3. При известном y_G расстояние b определяется из равенства (см. рисунок 1)

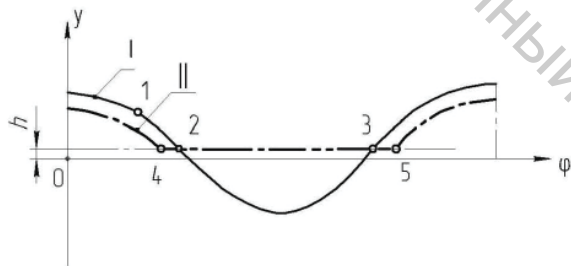


Рисунок 2 – Графики пути иглы (кривая I) и прижимной лапки (кривая II)

$$B = CG + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + a, \quad (5)$$

где δ_1 – зазор между остриём G иглы и ловителем игольной нитки; δ_2 – толщина ловителя нитки 4; δ_3 – зазор между ловителем и подошвой прижимной лапки; δ_4 – толщина подошвы прижимной лапки 3; а a – расстояние между центром шарнира C и верхней плоскостью прижимной лапки; $CG = y_{C1} - y_{G1}$.

Координата y_{C1} при известном $\varphi = \varphi_1 = 60^\circ$ определится из соотношения

$$y_C = y_A + r \cos \varphi - \sqrt{L^2 - (r \sin \varphi)^2}, \quad (6)$$

где y_A – координата неподвижного шарнира A; $r = AB$; $L = BC$.

Для определения углов φ_2 и φ_4 воспользуемся соотношением, полученным из теоремы косинусов, составленной для ΔABC (рисунок 1)

$$\varphi = 180^\circ - \arccos \frac{f^2 + r^2 - L^2}{2f \cdot r}, \quad (7)$$

где $f = AC$.

Для определения φ_2 в (7) следует подставить

$$f = y_A - CG - h, \quad (8)$$

где h – толщина вышиваемого материала.

Для определения φ_4 в (7) подставляется

$$f = y_A - CG - h - \delta_1 - \delta_2 - \delta_3 - \delta_4, \quad (9)$$

Углы φ_3 и φ_5 определяются из равенств:

$$\varphi_3 = 360^\circ - \varphi_2, \quad (10)$$

$$\varphi_5 = 360^\circ - \varphi_4, \quad (11)$$

В таблице 1 приведены результаты расчётов φ_2 , φ_3 , φ_4 , φ_5 , φ_{P1} , φ_{P2} при $h = 1...5$ мм для разработанного полуавтомата при следующих параметрах $\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = 1$ мм; $\delta_4 = 2$ мм; $a = 8$ мм; $\varphi_1 = 60^\circ$; $r = 17,5$ мм; $L = 42$ мм; $y_A = 160$ мм.

Из таблицы 1 следует, что угол рабочего хода механизма перемещения при неподвижной лапке φ_{P1} превышает аналогичную величину φ_{P2} для подвижной лапки на 18...24 % при увеличении толщины материала от 1 до 5 мм, что существенно влияет на скорость шитья.

Влияние толщины материала на φ_{P1} и φ_{P2} столь же существенно, так при изменении h от 1 до 5 мм φ_{P1} уменьшается на 13,7 %, а φ_{P2} на 19,8 %.

Результаты расчётов углов φ_{P1} и φ_{P2} приведены в таблице 1.

В [2] приведена методика определения ско-

Таблица 1 – Результаты расчётов углов φ_{P1} и φ_{P2}

h, мм	Неподвижная лапка			Подвижная лапка		
	φ_2 , град	φ_3 , град	φ_{P1} , град	φ_4 , град	φ_5 , град	φ_{P2} , град
1	103,3	256,7	206,6	87,5	272,5	175
2	100,2	259,8	200,5	84,1	275,9	168,2
3	97,1	262,9	194,3	80,6	279,4	161,1
4	94,0	266,0	188,0	76,9	283,1	153,8
5	90,8	269,2	181,6	73,1	286,9	146,1

рости шитья для координатного устройства при известных φ_P . Согласно этой методике сначала минимизируется целевая функция:

$$t_{неp} = \frac{\varphi_{cm}}{\omega_m} + \frac{\omega_m}{\varepsilon_m}, \quad (12)$$

при ограничениях

$$M_d \geq I_{np} \cdot \varepsilon_m + M_{CПP}, \quad (13)$$

$$\omega_{min} \leq \omega_m \leq \omega_{max}, \quad (14)$$

$$\varepsilon_{min} \leq \varepsilon_m \leq \varepsilon_{max}, \quad (15)$$

где $\varphi_{CT} = S_{CT} \cdot U_{общ}$; S_{CT} – шаг стежка, м; $U_{общ}$ – общее передаточное число координатного механизма для ПВ-1-1, $U_{общ} = 628,42$ РАД/М; $I_{ПР}$ – приведённый к валу шагового электродвигателя момент инерции звеньев координатного механизма; $I_{ПР} = 34,7 \cdot 10^{-6}$ Кг·м²; ω_m – максимальная угловая скорость ротора шагового электродвигателя при выбранном трапецеидальном законе изменения скорости ротора; ε_m – максимальное угловое ускорение ротора при выбранном законе движения; $M_{CПP}$ – приведённый к валу шагового электродвигателя момент сил сопротивления, $M_{CПP} = 0,028$ Н·м.

При решении задачи минимизации $t_{неp}$ использовались аппроксимированные механические характеристики шагового электродвигателя ШД-200-0,5 [2]. Минимизация $t_{неp}$ выполнялось для $S_{cm} = (1...6)$ мм и $h = (1...5)$ мм для n_P скорость шитья при подвижной прижимной лапки и для n_2 скорость шитья при неподвижной прижимной лапки по специально разработанной программе. После определения $t_{неp}$, ω_m и ε_m скорость шитья определялась из соотношения:

$$n = \frac{60 \cdot k_{неp}}{t_{неp}}, \quad (16)$$

где $k_{неp} = \varphi_P / 360^\circ$;

Результаты вычислений представлены в таблице 2. Из таблицы следует, что скорость шитья при использовании неподвижной прижимной лапки на 18 - 25 % выше, чем с подвижной прижимной лапкой. Таблица 2 может быть использована для подбора скорости шитья при заданных S_{cm} и n .

Выводы: из таблицы 1 следует, что угол рабочего хода механизма перемещения при неподвижной лапке φ_{P1} превышает аналогичную величину φ_{P2} для подвижной лапки на 18...24 % при увеличении толщины материала от 1 до 5 мм, что существенно влияет на скорость шитья. Из таблицы 2 следует, что скорость шитья при использовании неподвижной прижимной лапки на 18 - 25 % выше, чем с подвижной прижимной лапкой.

Таблица 2 – Результаты вычислений

h , мм	S_{cm} , мм	n_1 , об/мин, подв. лапка	n_2 , об/мин, неподв. лапка
1,0	1,0	1362,8	1609,3
1,0	2,0	821	969,5
1,0	3,0	587,4	693,7
1,0	4,0	457,3	540,1
1,0	5,0	374,4	442,1
1,0	6,0	317	374,3
2,0	1,0	1309,9	1561,6
2,0	2,0	789,1	940,8
2,0	3,0	564,6	673,1
2,0	4,0	439,6	524,1
2,0	5,0	359,9	429
2,0	6,0	304,6	363,2
3,0	1,0	1255	1513,3
3,0	2,0	756,1	911,7
3,0	3,0	541	652,3
3,0	4,0	421,2	507,9
3,0	5,0	344,8	415,8
3,0	6,0	291,9	352
4,0	1,0	1197,9	1464,3
4,0	2,0	721,7	882,1
4,0	3,0	516,4	631,2
4,0	4,0	402	491,4
4,0	5,0	329,1	402,3
4,0	6,0	278,6	340,6
5,0	1,0	1138,1	1414,2
5,0	2,0	685,6	851,9
5,0	3,0	490,6	609,6
5,0	4,0	381,9	474,6
5,0	5,0	312,7	388,5
5,0	6,0	264,7	328,9

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дервоед, О.В. Структура одноголовочного полуавтомата многоцветной вышивки на изделиях из кожи / О. В. Дервоед, Б. С. Сункуев, Д. В. Грот // Новое в технике и технологии текстильной и лёгкой промышленности: материалы международной научно-технической конференции. Витебск, ноябрь 2013 г. / УО «ВГТУ»– Витебск 2013 – 420 с.
2. Сункуев, Б.С. Проектирование систем управления машин-автоматов лёгкой промышленности: учебное пособие/ Б.С. Сункуев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2008. – 146 с.

REFERENCES

1. Dervoed O.V, Sunkuev B. S., Grot D.V. (2013), Structure semiautomatic multicolor singlehead embroidery on leather [Struktura odnogolovochnogo poluavtomata mnogocvetnoj vyshivki na izdelijah iz kozhi], New techniques and technologies in the textile and light industry, *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Vitebsk, November 2013*, VSTU, Vitebsk, 420 p.
2. Sunkuev B.S. (2008), *Proektirovanie sistem upravlenija mashin-avtomatov ljogkoj promyshlennosti* [Designing control systems of automatic machines light industry], VSTU, Vitebsk, 146 p.

Статья поступила в редакцию 30. 12. 2013 г.