

А.В. МАРКОВЕЦ, Л.С. МАЗИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРИЖИМНОЙ ЛАПКИ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ТКАНИ

Исследована динамика дифференциальных реечных механизмов транспортирования ткани швейных машин. Получены динамическая и математическая модели движения прижимной лапки с учетом взаимодействия прижимной лапки с тканью и рейками. Разработано алгоритмическое и программное обеспечение и выполнено моделирование на ЭВМ динамики исследуемой системы в зависимости от изменения параметров системы.

Ключевые слова: швейная машина, транспортирование ткани, прижимная лапка, рейка, динамическая модель, математическая модель.

На швейных машинах при пошиве материалов малой жесткости, например трикотажа, ткань в процессе транспортирования зубчатой рейкой может приобретать волнистость и складки. Для устранения этих дефектов в ряде швейных машин применяется рычажный реечный дифференциальный механизм [1]. В таком механизме транспортирование ткани осуществляется основной и дополнительной зубчатыми рейками (рис 1), которые дискретно перемещают ткани на величину одного стежка за каждый оборот главного вала. На рабочем ходу механизма транспортирования зубчатые рейки 3 вместе с тканями движутся над игольной пластиной по эллипсообразным шатунным кривым. Ткани в этот период удерживаются на зубчатых рейках с помощью подпружиненной прижимной лапки. На холостом ходу зубчатые рейки, продолжая движение по эллипсообразной кривой,

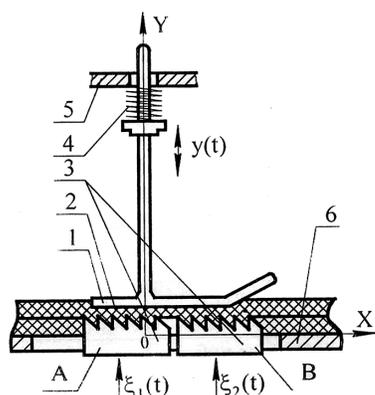


Рис. 1

опускаются под игольную пластину, а ткани неподвижны и удерживаются на игольной пластине прижимной лапкой. Основная зубчатая рейка А перемещает материал 2 на длину стежка T_1 , дополнительная В – на длину стежка T_2 . Тем самым осуществляется управление деформацией материалов под лапкой.

Конструкция прижимной лапки в упрощенном виде приведена на рис. 1, где 1 – прижимная лапка вместе со стержнем, 2 – стачиваемые ткани, 3 – зубчатые рейки (А – основная, В – дополнительная), 4 – пружина, 5 – направляющие стержня прижимной лапки в корпусе машины, 6 – игольная пластина. Связь между зубчатыми рейками, стачиваемыми тканями и прижимной лапкой

односторонняя (неудерживающая). В период транспортирования зубчатые рейки вместе со стачиваемыми тканями поднимаются над игольной пластиной, тем самым заставляя прижимную лапку вместе со стержнем перемещаться в направляющих относительно игольной пластины. С увеличением числа оборотов главного вала швейной машины из-за неудерживающего характера связи зубчатых реек через ткани с прижимной лапкой возможно появление отрывов прижимной лапки от тканей. Последнее может привести к проскальзыванию зубчатых реек относительно тканей в момент их транспортирования, смещению слоев стачиваемых тканей друг относительно друга (посадке) и т.д.

В дифференциальном реечном механизме транспортирования ткани швейной машины перемещение прижимной лапки вместе со стержнем относительно направляющих корпуса зависит от перемещений в вертикальной плоскости двух (основной и дополнительной) зубчатых реек. Из-за особенностей конструкции механизма транспортирования перемещения основной и дополнительной зубчатых реек в период их движения над игольной пластиной могут иметь различия в величинах подъема над игольной пластиной и в фазах начала и окончания транспортирования тканей.

Рассмотрим более подробно прижимную лапку, конструкция которой приведена на рис. 1. Введем неподвижную систему координат OXY , ось OX которой расположена на игольной пластине, а ось OY совпадает с осью стержня прижимной лапки. Обозначим через $\xi_1(t)$, $\xi_2(t)$ - перемещение основной и дополнительной зубчатых реек вдоль оси OY соответственно; $y(t)$ - перемещение стержня вместе с прижимной лапкой вдоль оси OY . Будем считать, что стержень вместе с прижимной лапкой (далее “лапка”) является абсолютно твердым телом массы m , которое может перемещаться в направлении оси OY на величину $y(t)$. Представим динамическую модель прижимной лапки в виде, приведенном на рис. 2.

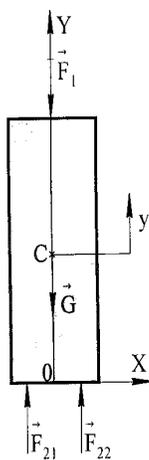


Рис. 2

Примем за обобщенную координату величину y . Будем считать, что на “лапку” действуют: F_1 - сила со стороны пружины 4 (рис. 1); F_{21} - равнодействующая распределенных сил, действующих на “лапку” в направлении оси OY со стороны основной зубчатой рейки; F_{22} - сила, физический смысл которой аналогичен F_{21} , но вызываемая дополнительной зубчатой рейкой; G - сила тяжести “лапки” ($G = mg$, m - масса “лапки”, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

Обозначим через Δ_1 , Δ_2 - деформации стачиваемых материалов соответственно под основной и дополнительной зубчатыми рейками в направлении оси OY , причем

$$\Delta_1 = \xi_1 - y, \quad \Delta_2 = \xi_2 - y, \quad (1)$$

Отметим, что при $\Delta_1 \leq 0$ имеет место отрыв “лапки” от основной зубчатой рейки, а при $\Delta_2 \leq 0$ - от дополнительной зубчатой рейки.

Запишем аналитические выражения сил F_1 , F_{21} и F_{22} . Имея в виду малость y , приближенно можно записать

$$F_1 \approx F_{10} + c_1 y + b_1 \dot{y}, \quad (2)$$

где F_{10} – сила, соответствующая начальному поджатию пружины 4 (рис. 1) в установочном положении (под установочным будем понимать положение, при котором стачиваемые материалы свободно без деформации лежат на игольной пластине, а прижимная лапка лишь касается стачиваемых материалов); c_1 , b_1 – соответственно приведенные жесткость и коэффициент сопротивления.

Силы F_{2i} , $i = 1, 2$ приближенно могут быть записаны в виде

$$F_{2i} \approx \begin{cases} 0 & \text{при } \Delta_i \leq 0 \text{ или } c_2 \Delta_i + b_2 \dot{\Delta}_i \leq 0, \\ c_2 \Delta_i + b_2 \dot{\Delta}_i & \text{при } 0 < \Delta_i \leq \lambda, \quad i = 1, 2, \\ c_2 \lambda + c_{21} (\Delta_i - \lambda) + b_{21} \dot{\Delta}_i & \text{при } \Delta_i > \lambda, \end{cases} \quad (3)$$

где c_2 , b_2 – соответственно приведенные жесткость и коэффициент сопротивления тканей и зубчатых реек (с приводом) при $0 < \Delta_i \leq \lambda$, $i = 1, 2$; λ – приближенная величина деформации тканей и зубчатых реек (с приводом), при которой податливость тканей существенна и ее следует учитывать; c_{21} , b_{21} – соответственно приведенные жесткость и коэффициент сопротивления тканей и зубчатых реек (с приводом) при $\Delta_i > \lambda$, $i = 1, 2$.

В аналитические выражения сил F_{2i} входят (1) величины $\xi_i(t)$, $i = 1, 2$ перемещений вдоль оси ОУ основной и дополнительной зубчатых реек при их движении над игольной пластиной. На основании кинематического исследования механизмов транспортирования ткани [2] в первом приближении можно принять, что траектория движения среднего зуба основной и дополнительной зубчатых реек представляет собой эллипс. С учетом того, что взаимодействие зубчатых реек с тканью и прижимной лапкой происходит только на рабочем ходу, зависимости $\xi_i(t)$, $i = 1, 2$ при сделанном предположении можно представить в виде

$$\xi_i(t) = \begin{cases} \xi_{0i} + d_i \sin(\omega t + \varphi_{0i}) & \text{при } (j-1)t_{pi} \leq t < jt_{pi}, \\ 0 & \text{при } jt_{pi} < t < jt_k, \end{cases} \quad (4)$$

$$j = \overline{1, n}, \quad i = 1, 2,$$

где ξ_{0i} , d_i , φ_{0i} , $i = 1, 2$ – параметры вертикальной составляющей траектории движения среднего зуба основной и дополнительной зубчатых реек; ω – частота вращения главного вала швейной машины; t – время; t_{pi} , $i = 1, 2$ – время

рабочего хода основной и дополнительной зубчатых реек; $t_k = 2\pi/\omega$ - время одного оборота главного вала швейной машины; j , n - соответственно номер и общее количество оборотов главного вала швейной машины ($\xi_i = 0$ - соответствует уровню игольной пластины). Величины ξ_{0i} , d_i , φ_{0i} , $i=1,2$ могут быть определены исходя из технологических требований к перемещению зубчатой рейки вдоль оси ОУ при движении ее во время рабочего хода.

Запишем математическую модель “лапки” (рис. 2), движущейся под действием системы сил F_1 , F_{21} , F_{22} , G . Для этого в рассматриваемом случае удобно воспользоваться [3] методом кинестатики:

$$m\ddot{y} = -F_1 - G + F_{21} + F_{22}. \quad (5)$$

Математическая модель (5) представляет собой нелинейное обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка. В случае $F_{2i} = 0$ при $\Delta_i > 0$, $i=1,2$ к (5) следует добавить уравнение $c_2\Delta_i^* + b_2\dot{\Delta}_i^* = 0$ и решать их совместно до тех пор, пока $\Delta_i^* < \Delta_i$, $i=1,2$. Так как математическая модель “лапки” записана относительно установочного положения, будем считать, что при $t=0$ $y_{|t=0} = 0$, $\dot{y}_{|t=0} = 0$.

Для решения математической модели рассматриваемой системы на ЭВМ была разработана программа численного интегрирования дифференциального уравнения (5) с учетом (1) – (4) методом Рунге-Кутты. С ее помощью можно вычислять и строить графики: $F_1(t)$, $F_{2i}(t)$, $\xi_i(t)$, $\dot{\xi}_i(t)$, $\ddot{\xi}_i(t)$, $\Delta_i(t)$, $\dot{\Delta}_i(t)$, $\ddot{\Delta}_i(t)$, $i=1,2$. С помощью разработанной программы на ЭВМ исследовалось влияние кинематического внешнего воздействия со стороны двух нижних зубчатых реек на колебания прижимной лапки со стержнем при следующих значениях исходных данных: $m = 0,063$ кг, $F_{10} = 30,0$ Н, $c_1 = 3,9 \cdot 10^3$ Н/м, $b_1 = 0,108$ Н/(м/с), $c_2 = 1,94 \cdot 10^5$ Н/м, $b_2 = 74,24$ Н/(м/с), $c_{21} = 5,00 \cdot 10^6$ Н/м, $b_{21} = 44,36$ Н/(м/с), $\lambda = 0,15 \cdot 10^{-3}$ м. Для получения режима установившихся колебаний прижимной лапки были подвергнуты анализу десять последовательных циклов транспортирования ткани одновременно, для чего в (4) принималось $n=10$. Графики исследуемых зависимостей строились на последнем (десятом) шаге транспортирования. Моделирование динамики прижимной лапки производилось в диапазоне изменения частоты вращения главного вала ω от 100 до 500 c^{-1} .

Прижимная лапка в рассматриваемой системе испытывает кинематические внешние воздействия со стороны двух (основной и дополнительной) зубчатых реек, законы $\xi_1(t)$ и $\xi_2(t)$ движения которых могут различаться. При моделировании на ЭВМ в программе для каждой из зубчатых реек устанавливались разные величины максимального подъема основной p_{11} и

дополнительной p_{12} зубчатых реек, а также углы рабочего хода основной φ_{p1} и дополнительной φ_{p2} зубчатых реек.

Полученные результаты сравнивались со случаем одинакового кинематического воздействия со стороны обеих зубчатых реек, т.е. $p_{12} = p_{11}$ и $\varphi_{p1} = \varphi_{p2}$.

На рис. 3 приведены графики зависимостей $\Delta_1(t)$ и $\Delta_2(t)$, полученные при $\omega = 100 \text{ с}^{-1}$ для указанных выше случаев на десятом шаге транспортирования. Как видно из графиков, при $p_{12} = p_{11}$ и $\varphi_{p1} = \varphi_{p2}$ в период начала ($t \approx 0,000 \dots 0,001 \text{ с}$) и окончания ($t \approx 0,020 \dots 0,024 \text{ с}$) транспортирования тканей наблюдаются колебания деформаций $\Delta_1(t)$ и $\Delta_2(t)$, вызванные сначала ударом реек о прижимную лапку в начале транспортирования, а затем ударом лапки об игольную пластину в конце транспортирования. После окончания транспортирования тканей (холостой ход) колебания быстро затухают до величины статической деформации $\Delta_{1ст} = \Delta_{2ст} \approx 1,27 \cdot 10^{-4} \text{ м}$.

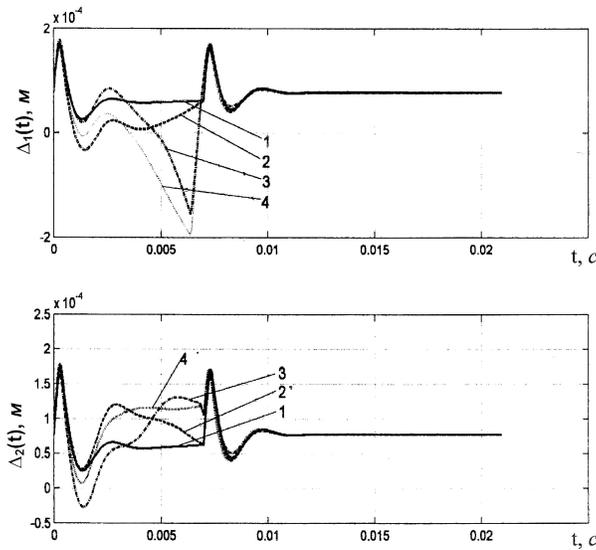


Рис. 3

Превышение в процессе транспортирования тканей величины подъема дополнительной зубчатой рейки над основной (случай $p_{12} > p_{11}$, $\varphi_{p1} = \varphi_{p2}$) приводит к тому, что деформация $\Delta_1(t)$ под основной зубчатой рейкой уменьшается, а деформация $\Delta_2(t)$ под дополнительной зубчатой рейкой возрастает, т.е. основная нагрузка при транспортировании тканей переключается на

дополнительную зубчатую рейку. В случае неравенства углов рабочего хода зубчатых реек, т.е. $\varphi_{p1} < \varphi_{p2}$ при $p_{12} = p_{11}$, ввиду того, что основная зубчатая рейка заканчивает транспортирование тканей раньше, чем дополнительная, происходит перераспределение нагрузки на дополнительную зубчатую рейку, что приводит к дополнительным колебаниям. В случае $p_{12} > p_{11}$ и $\varphi_{p1} < \varphi_{p2}$, т.е. одновременного действия на прижимную лапку исследуемых факторов, наблюдается перераспределение нагрузки в сторону увеличения амплитуды и длительности колебаний деформации $\Delta_2(t)$ под дополнительной зубчатой рейкой.

Как показали исследования, при увеличении частоты ω амплитуда колебаний возрастает, и при $\omega > 400 \text{ с}^{-1}$ начинаются отрывы прижимной лапки одновременно от обеих зубчатых реек. При дальнейшем увеличении частоты ω количество и длительность отрывов прижимной лапки от зубчатых реек возрастают настолько, что влияние разности величин подъема зубчатых реек и углов их рабочего хода оказывается уже несущественным. Исходя из сказанного, видно, что исследование динамики прижимной лапки является необходимой стадией процесса проектирования дифференциальных реечных механизмов транспортирования ткани швейных машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Полухин В.П., Рейбарх Л.Б.** Швейные машины цепного стежка. – М.: Легкая индустрия, 1976. - 352 с.
2. **Мазин Л.С., Марковец А.В., Луганцева Т.А., Новоселов Г.А.** Анализ и оптимальный синтез параметров механизмов транспортирования ткани швейных машин: Учебное пособие / Под ред. Л.С. Мазина, СПГУТД. – СПб, 2000. – 188 с.
3. **Бабаков И.М.** Теория колебаний. 2-изд. - М.: Наука, Глав. ред. физ.-мат. лит-ы, 1965. - 560 с. Санкт-Петербургский гос. ун-т технологии и дизайна. Материал поступил в редакцию 10.07.2004.

Ա.Վ. ՄԱՐԿՈՎԵՑ, Լ.Ս. ՄԱԶԻՆ

ԿՏՈՂԻ ՏԵՂԱՓՈՆԻՄԱՆ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ՄԵԽԱՆԻԶՄՈՎ ԿԱՐԻ ՄԵՔԵՆԱՅԻ ՄԵՂՍՈՂ ԹԱԹԻԿԻ ԴԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Հետազոտվում է կարող մեքենայի՝ կտորի տեղափոխման դիֆերենցիալ ատամնաքանոնային մեխանիզմի դինամիկան: Ստացված են մեխանիզմի սեղմող թաթիկի շարժման դինամիկական և մաթեմատիկական մոդելները, որտեղ հաշվի է առնված սեղմող թաթիկի փոխազդեցությունը կտորի և ատամնաքանոնի հետ: Մշակված են էՀՄ-ի վրա համակարգի պարամետրերի փոփոխությունից կախված գործընթացի մոդելավորման ալգորիթմը և ծրագրային ապահովումը:

A.V. MARKOVETS, L.S. MAZIN

DYNAMICS RESEARCH OF SEWING MACHINE PRESSER FOOT WITH DIFFERENTIAL MECHANISM FOR FABRIC TRANSPORTATION

The dynamics of differential rack mechanisms for fabric transportation of sewing machines is studied. Dynamic and mathematical models of presser foot motion with fabric and racks are obtained. Algorithm and software are developed, and computerized modeling of system dynamics to be studied depending on system parameter change is performed.