

УДК 621.01

DOI 10.21661/r-118315

З.М. Умарова

МАШИННЫЙ АГРЕГАТ С НОВЫМ МЕХАНИЗМОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА В ШВЕЙНЫХ МАШИНАХ

Аннотация: в статье приведена динамическая модель машинного агрегата с рекомендуемым механизмом перемещения материала и определением закона движения рейки при различных параметрах системы. Предложено решение системой дифференциальных уравнений, осуществленного численным методом на ПК, и системой, описывающей движение машинного агрегата, а также получены рекомендуемые значения параметров упругих связей механизма перемещения материала. Разработаны методики кинематического и динамического анализа механизма перемещения материалов с упругими элементами швейной машины, обоснованы параметры и создание конструкции.

Ключевые слова: рычажный механизм, пружина сжатия, упругая втулка, кинематический анализ, динамика, перемещение материала, главный вал, рейка, траектория, нагруженность, производительность.

Z.M. Umarova

MACHINE ASSEMBLY WITH A NEW MATERIAL HANDLING MECHANISM IN THE SEWING MACHINE

Abstract: the paper presents the dynamic model of the machine assembly with a recommended mechanism for moving material and the definition of the law of rails motion under various system parameters. The author has suggested the solution implemented by the system of differential equations numerically on the PC and the system describing the motion of the machine set. Recommended values of the parameters of elastic links of material transfer mechanism have been obtained. The researcher has developed the methods of kinematic and dynamic analysis of the material transfer mechanism with elastic elements of the sewing machine and has approved the parameters and development of the design.

Keywords: lever mechanism, spring of compression, resilient box, kinematics analysis, dynamics, moving of material, main billow, rail, trajectory, burden, productivity.

Динамическая модель машинного агрегата с рекомендуемым механизмом перемещения материала представлена на рис. 1. При этом привод швейной машины привели к валу кривошипа механизма и учитывали как одну массу, а массой шатуна не учли ввиду ее малости относительно масс кривошипа и коромысла.

Система дифференциальных уравнений описывающей движение машинного агрегата имеет вид:

$$\begin{aligned} 1 - \frac{\dot{\varphi}_1}{\omega_0} &= \frac{S_k M_g}{2M_k} + \frac{1}{2\omega_c M_k} \cdot \dot{M}_g; \quad J_1 \ddot{\varphi}_1 = M_g - u_{21} M_{21} - M_{np}; \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 &= M_{21} - b_1 \left[\dot{\varphi}_2 - u_{32}(\varphi_2) \dot{\varphi}_3 \right] - c_1 \left[\varphi_2 - u_{32}(\varphi_2) \varphi_3 \right]; \\ J_3 \ddot{\varphi}_3 &= u_{32}(\varphi_2) \cdot \left\{ b_1 \left[\dot{\varphi}_2 - u_{32}(\varphi_2) \dot{\varphi}_3 \right] + c_1 \left[\varphi_2 - u_{32}(\varphi_2) \varphi_3 \right] \right\} - c_2 \varphi_3 - b_2 \dot{\varphi}_3 - M_{cm} \end{aligned}$$

где, $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ - угловые перемещения вала приведения, кривошипа, коромысла механизма перемещения материала;

J_1, J_2, J_3 – приведенные моменты инерций масс к валу привода, кривошипа и коромысла;

M_g, M_{21} – движущий момент привода и взаимодействующий момент между валами 1 и 2;

$u_{21}, u_{32}(\varphi_2)$ – передаточные отношения между массами системы;

c_1, c_2, b_1, b_2 – коэффициенты жесткости и диссипаций упругой опоры и упругой связи, механизма перемещения материала швейной машины;

M_{np} – приведенный момент сопротивления системы к массе 1;

M_k, ω_c – критический момент двигателя и угловая частота сети;

ω_0 – угловая скорость идеального холостого хода;

S_k – критическое скольжение электродвигателя; M_{cm} – сопротивление материала перемещению.

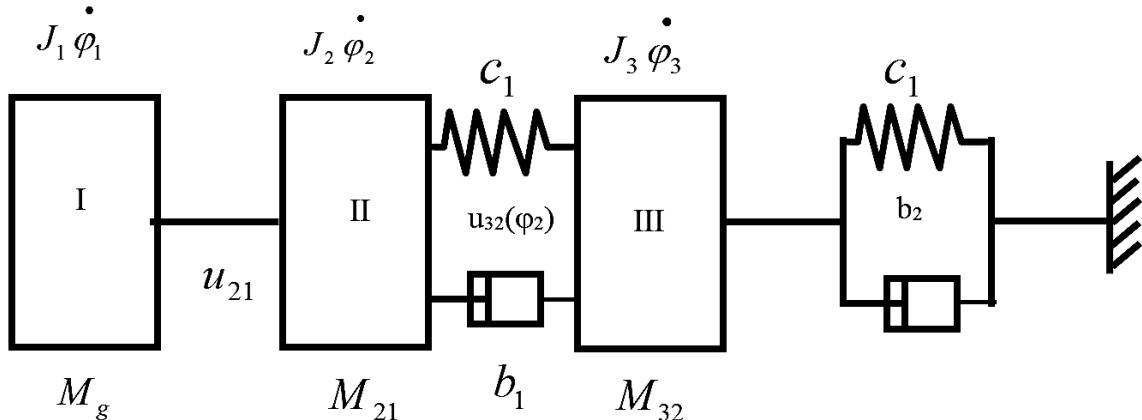


Рис. 1. Динамическая модель машинного агрегата с механизмом перемещения материала швейной машины

Основной задачей динамических исследований механизма перемещения материала является определение закона движения рейки при различных параметрах системы, особенно характеристик упругих элементов механизма.

Исследования проводили при следующих значениях параметров:

$$\begin{aligned}
 P_g &= 0,4 \text{ кВт}; n = 2900 \frac{\text{об}}{\text{мин}}; \omega_c = 314 \frac{1}{\text{с}}; \omega_0 = 102,6 \frac{1}{\text{с}}; J_1 = 0,109 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \\
 J_2 &= 0,49 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2; J_3 = 0,23 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2; c_1 = 0,855 \cdot 10^3 \frac{\text{Нм}}{\text{рад}}; b_1 = 0,611 \frac{\text{Нм} \cdot \text{с}}{\text{рад}}; \\
 c_2 &= 1,12 \cdot 10^3 \frac{\text{Нм}}{\text{рад}}; b_2 = 0,732 \frac{\text{Нм} \cdot \text{с}}{\text{рад}}; u_{21} = 1,0; f = 50 \text{ Гц}.
 \end{aligned}$$

Переменное передаточное отношение U_{32} между второй и третьей массами определяются с учетом $\dot{\phi}_2$ и $\dot{\phi}_3$. Решение системы дифференциальных уравнений осуществляли численным методом на ПК.

На основе вариации параметров системы были получены законы движения масс машинного агрегата. Для обеспечения необходимого перемещения материала целесообразным считается необходимые ускорения (скорости) рабочего органа механизма перемещения. При этом следует отметить, что эти ускорения необходимы в основном при подъёме и в горизонтальном перемещении рабочего органа. Фактически система перемещения материала состоит из двух механизмов возвратно-колебательного движения в вертикальном и в горизонтальном

направлении. Предложенный механизм обеспечивает комбинированные движения рабочего органа – рейки при перемещении материала. В рассматриваемом механизме фактически осуществляется только одномерные движения. Поэтому для получения эллиптического закона движения рабочего органа – рейки необходимо сложить движения двух плоских четырехзвенных механизмов с упругими связями.

В предлагаемом механизме в двух местах используются упругие связи. Упругая связь между коромыслом и корпусом обеспечивает некоторое ускоренное движение при перемещении материала, а упругая связь в шарнире между коромыслом и шатуном, обеспечивает получение некоторой искаженной траектории движения рабочего органа-рейки приближенной в продольном направлении соответствующему размеру строчки сшиваемых материалов. Следует отметить, что упругая связь в опоре коромысла фактически не влияет на характер угловых перемещений коромысла, но изменяет скоростные режимы движения.

Исследованиями выявлено, что увеличение жесткости упругой связи в опоре коромысла, приводит к увеличению разницы угловых скоростей коромысла в прямом и обратном движении. Причем эта разница становится ощущимой при высоких скоростных режимах сшивания материалов. На рис.2. представлено графические зависимости изменения разницы угловых скоростей при прямом и обратном движении коромысла механизма перемещения материала при различных значениях жесткости упругой связи в опоре коромысла. Так, при $C_2 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ нм/рад}$ и $n_1 = 3000 \text{ об/мин}$ главного вала швейной машины разница угловых скоростей составляет $0,86 \text{ рад/с}$, а при $n_1 = 5000 \text{ об/мин}$ $\Delta \dot{\phi}_3 = 1,58 \text{ рад/с}$. При этом фактически значение $\Delta \dot{\phi}_3$ пропорционально увеличивается с возрастанием n_1 . Это объясняется не только увеличением скоростного режима работы швейной машины, но и инерционностью самой системы. Следует отметить, что с увеличением коэффициента жесткости упругой связи, механизма перемещения материала разница между значениями $\Delta \dot{\phi}_3$ при увеличении n_1 становится ощутимым.

Так, при $C_2 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ нм/рад}$, $n_1 = 3000 \text{ об/мин}$, разница между угловыми скоростями прямого и обратного, хода рабочего органа $2,12 \text{ рад/с}$, а при $n_1 = 5000 \text{ об/мин}$ $\Delta \dot{\phi}_3 = 4,24 \text{ рад/с}$.

мин, $\Delta \dot{\phi}_3 = 4,08$ рад/с, то-есть разница составляет 2,04 рад/с. Это означает, что для увеличения скорости сшивания целесообразным является увеличение жесткости упругой связи механизма перемещения материала швейной машины. При этом важными являются значения времени перемещения и обратного хода рабочего органа механизма.

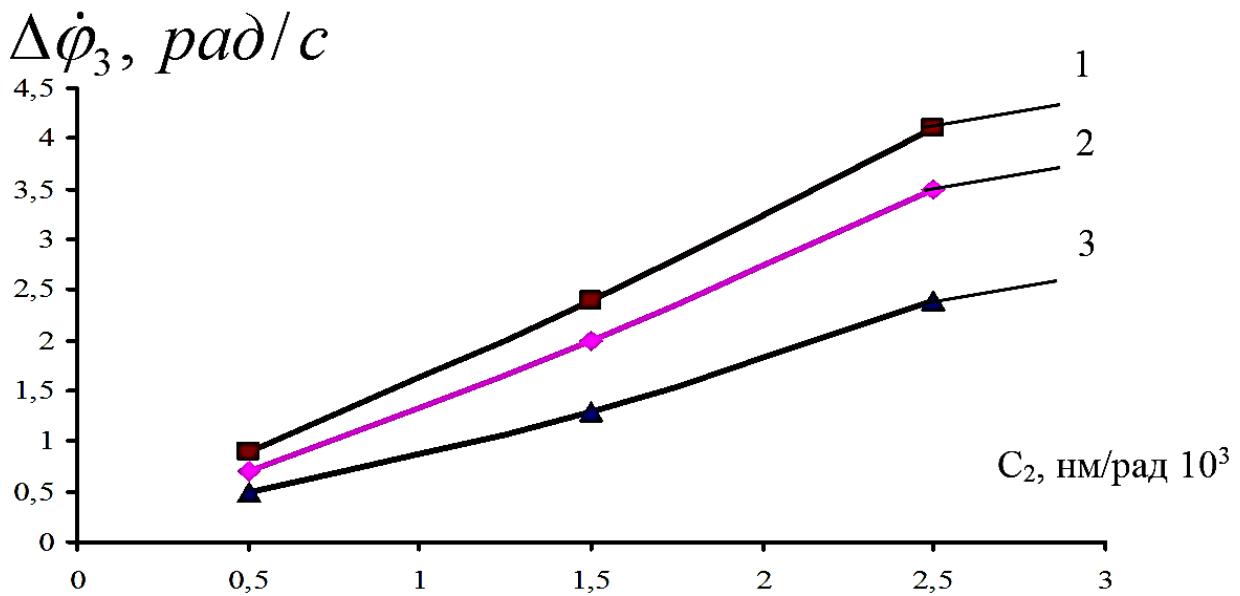


Рис. 2. Зависимости изменения разницы угловых скоростей при прямом и обратном угловых перемещений рабочего органа механизма перемещения сшиваемых материалов от вариации коэффициента жесткости упругой связи,

где, 1 – при $n_1 = 5000$ об/мин. гл. вала, 2 – при $n_1 = 4000$ об/мин,

3 – при $n_1 = 3000$ об/мин.

На рис. 3 представлены графические зависимости изменения, разницы времени углового движения рабочего органа в прямом и обратном направлении от вариации коэффициента жесткости упругой связи с механизмом перемещения материала швейной машины. Из них видно, что увеличение жесткости упругой связи, приводит к увеличению скорости перемещения, тем самым возрастанию разницы времени движения коромысла в прямом и обратном направлении. При отсутствии упругой связи эта разница равняется нулю, $\Delta t = 0$, время перемещения материала и холостого обратного хода практически будут одинаковыми.

Следует отметить, что с увеличением сопротивления материала на механизм может быть такое, что время перемещения материала становится больше чем на движении холостого хода на некоторое значение. При перемещении упругой связи в механизме время перемещения материала всегда будет меньшим, чем на обратный ход. Так, при $0,8 \cdot 10^3$ нм/рад и $n_1 = 3000$ об/мин главного вала разница времени $\Delta t = 0,9 \cdot 10^{-2}$ с, а влияние сопротивления на него незначительное (сравнение графиков 1 на рис 16.), а при $C_2 = 2,85 \cdot 10^3$ нм/рад, $\Delta t = 0,024$ с и влияние сопротивления уменьшает Δt на $10 \div 15\%$. При высоких скоростных режимах сшивания материалов значение Δt доходит до $(0,7 \div 0,8) \cdot 10^{-2}$ с, то есть перемещение и холостой ход осуществляются очень быстро и разница по времени между ними незначительное.

Влияние технологического сопротивления на значение Δt также незначительное (рис. 3). Рекомендуемыми значениями коэффициента жесткости упругой связи, механизма перемещения материала являются $(2,0 \div 2,5) \cdot 10^3$ нм/рад. Эти значения считаются приемлемыми, при которых обеспечиваются достаточные по площади контакт рабочей зоны коромысла с перемещаемым материалом (рис. 4.). Траектория изменяется за счет упругой деформации опоры между коромыслом и шатуном механизма перемещения материала. Эти изменения по траектории (эллипса) достигают до $(6 \div 8)\%$.

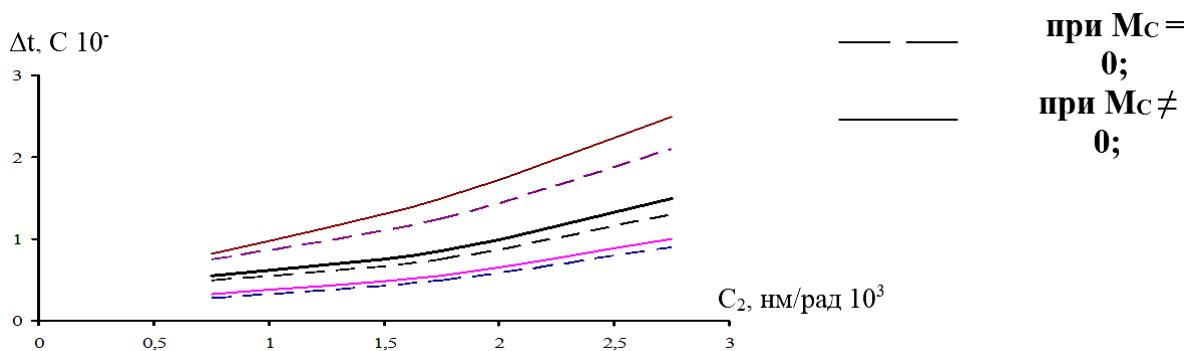


Рис. 3. Графические зависимости изменения разницы времени углового движения рабочего органа в прямом и обратном направлениях в функции материалов, где $1-n_1 = 3000$ об/мин, $2-n_1 = 4000$ об/мин, $3-n_1 = 5000$ об/мин

Угловая скорость при прямом движении доходит до $(3,8 \div 4,1) \cdot 10^2$ рад/с. (рис. 4.а.). Это объясняется тем, что упругая связь при холостом ходе сжимается, накапливает некоторую энергию, а в прямом ходе, движение рабочего органа ускоряется, увеличивается угловая скорость.

С увеличением момента инерции коромысла, влияние жесткости на размах угловых скоростей прямого и обратного хода становится незначительным. При небольших значениях J_3 разница $\Delta \dot{\phi}_3$ достигает до $(3,5 \div 3,7)$ рад/с. С технологической точки зрения увеличение момента инерции коромысла приводит к увеличению нагрузки, снижению эффекта влияния упругой связи на режимы движения механизма, а также возрастанию размеров коромысла. Расчетные значения и вариации моментов инерции звеньев в швейной машине рассчитывались с учетом длин звеньев ($l_{kp} = 2,5 \div 5,0$ мм; $l_{ш} = 6,2 \div 8,4$ мм; $l_{кор} = 9,6 \div 15,1$ мм). Поэтому увеличение момента инерции коромысла считается нежелательным, а рекомендуемыми значениями являются $J_3 = (0,8 \div 1,25) \cdot 10^{-4}$ кгм², при которых обеспечивается необходимые условия для нормального перемещения материала в швейной машине. Применение упругой связи в опоре (шарнире) между шатуном и коромыслом механизма перемещения материала, обусловлено обеспечением некоторого изменения траектории движения рабочего органа. Следует отметить, что упругая опора деформируются не только в угловом перемещении коромысла, но и в радиальном направлении, приводящего к некоторому изменению длины коромысла. В исследованиях нами фактически не изучены эти продольные деформации. Поэтому мы довольствовались только обоснованием параметров упругой опоры исходя только из угловых деформаций.

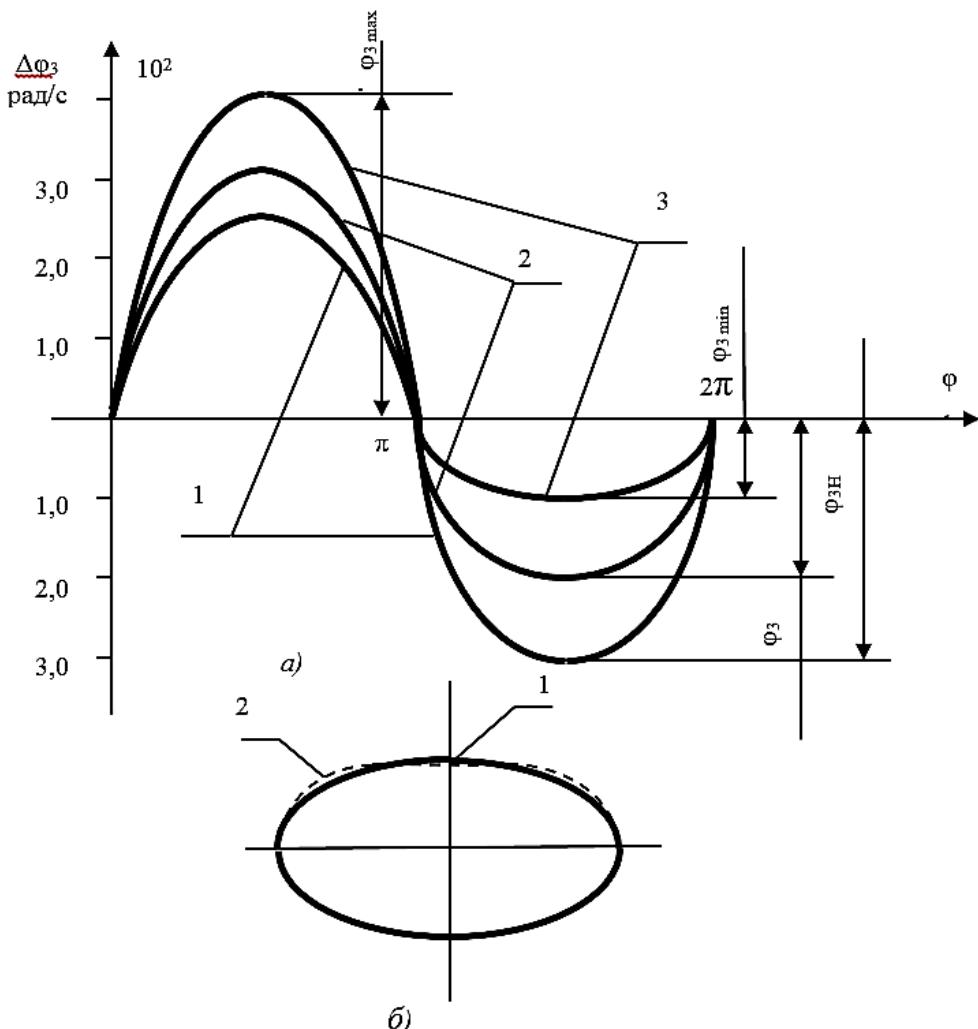


Рис. 4. а – изменения функции $\Delta\dot{\phi}_3 = f(\phi_1)$ при вариации коэффициента жесткости упругой связи, где $1-C_2 = 1,0 \cdot 10^3$ нм/рад; $2-C_2 = 1,5 \cdot 10^3$ нм/рад; $C_2 = 2,5 \cdot 10^3$ нм/рад;
 б – траектория движения конца рабочего органа механизма перемещения материала швейной машины, где 1 – без упругих связей;
 2 – с учетом упругих связей

Диссипативные свойства упругих связей механизма перемещения материалов в швейной машине мало влияет на законы движения рабочего органа. Значения коэффициентов диссипации упругих связей выбраны из условия, что в переходных режимах движения коромысла обеспечивается быстрое гашение высокочастотных угловых колебаний коромысла возникающих из-за технологической нагрузки от их перемещения, а также гашение от собственных колебаний. При

этом фактически сглаживается движение рабочего органа (коромысла) механизма перемещения материала. Поэтому, исходя из выше изложенного, рекомендуемыми значениями параметрами упругих связей механизма перемещения материала считаются: $C_1 = (1,9 \div 2,3) \cdot 10^3$ нм/рад; $C_2 = (2,0 \div 2,5) \cdot 10^3$ нм/рад; $b_1 = (0,8 \div 1,1)$ нмс/рад; $b_2 = (1,8 \div 2,2)$ нмс/рад.

Список литературы

1. Коваленко В.В. Механизм двигателя ткани / В.В. Коваленко, И.В. Лопандин. Авторское свидетельство №924196-БИ. – 1982. – №13.
2. Умарова З.М. Механизм перемещения материала швейной машины / З.М. Умарова [и др.] Малый патент 1500909, Бюлл. № TJ 679. – 2015.

Умарова Зухрохон Мирзотурабовна – канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры дизайна и архитектуры Политехнического института Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими, Республика Таджикистан, Худжанд.

Umarova Zuhrohon Mirzoturabovna – candidate of technical sciences, senior lecturer of the Department of Design and Architecture at the Polytechnic Institute of Tajik Technical University named after academic M. Osimi, the Republic of Tajikistan, Khujand.
