

**РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ  
МНОГООПОРНОГО ВАЛА ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ  
С УЧЕТОМ ДЕФОРМАЦИЙ РУКАВА**

**CALCULATION OF THE TRANSVERSE VIBRATIONS  
MULTISUPPORTING SHAFT OF THE SEWING MACHINE  
WITH REGARD OF THE DEFORMATIONS OF THE SLEEVE**

*Б.Х. СЕИТОВ, Ж. УСЕНБЕКОВ*  
*B.H. SEITOV, ZH. USENBEKOV*

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
E-mail: Zh.usenbekov@mail.ru

*В статье рассмотрены вопросы возникновения вибрации в швейных машинах и методы борьбы с ними. Разработана динамическая модель многоопорной швейной машины с учетом деформации рукава, и с помощью метода начальных параметров получено уравнение, позволяющее определить частотные характеристики на стадии проектирования швейной машины, выбрать ее оптимальные конструктивные параметры и режимы эксплуатации.*

*In article questions of emergence of vibration in sewing machines and methods of fight against them are considered. The dynamic model of the multibasic sewing machine taking into account deformation of a sleeve is developed and using a method of initial parameters the equation allowing to define frequency characteristics at a design stage of the sewing machine, to choose her optimum design data and the modes of operation is developed.*

**Ключевые слова:** вибрация, амплитуда колебаний, частота колебаний, динамическая модель.

**Keywords:** vibration, vibration amplitude, oscillation frequency, dynamic model.

Швейные машины представляют собой сложные системы, а высокие скоростные режимы и усложнение их конструкций приводит к большому нагружению рабочих узлов и валов и, как следствие, к повышению требований точности динамических расчетов [1]. Решение задач теории колебаний сложных упругих систем на стадии проектирования позволит выработать рекомендации по выбору оптимальных параметров швейных машин. Анализ работ, посвященных швейным машинам, показал, что практически нет исследований, где главный вал рассматривается как многоопорный.

При работе швейных машин амплитуды поперечных колебаний главного вала значительно превосходят амплитуды крутильных колебаний. Следовательно, необходимо при проектировании швейных машин больше внимания уделять расчетам поперечных колебаний систем. В качестве объекта исследования выбрана швейная машина с трехопорным главным валом. Важнейшим технологическим параметром швейной машины является вылет рукава, но чем он больше, тем больше вероятность увеличения амплитуды колебаний машины в горизонтальном и вертикальном направ-

лениях [2]. Основное требование к швейным машинам – это как можно меньшие колебания части рукава, максимально удаленной от колонки. При этом скоростные режимы эксплуатации снижаться не должны. Методом для решения нашей задачи был принят метод начальных параметров Крылова Н.А. [3].

Динамическую модель расчета поперечных колебаний исследуемой швейной машины можно представить в виде рукава, правый конец представлен как заделка (так как опирается на жесткую колонку), и расположенного в нем весомого вала с сосредоточенными массами.

Дифференциальное уравнение свободного колебания  $i$ -го участка рассматриваемой модели имеет следующий вид:

$$\frac{\partial^2 \eta_i}{\partial t^2} + \frac{EI}{\mu} \frac{\partial^4 \eta_i}{\partial x^4} = 0,$$

где  $\eta_i$  – поперечное смещение сечения;  $I_p$  – момент инерции сечения;  $\mu$  – масса единицы длины;  $E$  – модуль упругости материала.

$$(b_5^I + b_1^I b_5^{II})[(U_5 T_5 - V_5 S_5) + \varphi(T_5^2 - V_5^2)] + (C_5^I + b_1^I C_5^{II})[(V_5 T_5 - S_5^2) - \varphi(U_5 S_5 - S_5 V_5)],$$

где вышеперечисленные параметры вошли в  $S_i$ ,  $T_i$ ,  $U_i$ ,  $V_i$  – функции Крылова Н.А. [3]. А коэффициенты  $\varphi$ ,  $b_5^I$ ,  $b_1^I$ ,  $b_5^{II}$ ,  $C_5^I$ ,  $C_5^{II}$  вычисляются через параметры системы и собственную частоту поперечных колебаний. Была составлена программа, в которую были введены все параметры исследуемой системы.

Результаты расчета показали, что низшая резонансная частота поперечных колебаний исследуемой машины находится в диапазоне  $\omega_1=2070$  рад/с, что подтвердили и результаты эксперимента. Система устойчивая, и резонансная частота находится за пределами рабочих скоростей.

Используя исходное уравнение, проверим, как два основных параметра: расположение промежуточной опоры и диаметр главного вала исследуемой швейной машины окажут влияние на ее динамические характеристики. Первый параметр влияет на длину вылета рукава, а диаметр вала – на

Основные параметры исследуемой машины:  $E_p$  – модуль упругости материала рукава;  $I_p$  – момент инерции сечения рукава;  $E_v$  – модуль упругости материала вала;  $I_v$  – момент инерции сечения вала;  $M_1$  – приведенная масса кривошипа и игловодителя;  $M_2$  – приведенная масса механизма отклонения рамки игловодителя;  $M_3$  – приведенная масса приводного шкива;  $L_1$  – расстояние от массы  $M_1$  до первой опоры;  $L_2$  – расстояние между первой и промежуточной опорами;  $L_3$  – расстояние от промежуточной опоры до  $M_2$ ;  $L_4$  – расстояние от массы  $M_2$  до крайней правой опоры;  $L_5$  – расстояние от последней опоры до массы  $M_3$ .

Используя метод начальных параметров, записываем последовательно граничные условия и условия сопряжения участков, переходя от крайне левого положения до крайне правого, и после ряда преобразований имеем уравнение, которое позволило аналитическим путем исследовать поперечные колебания главного вала и изучить влияние основных параметров системы на возможность возникновения резонансных состояний:

ее жесткость. Влияние расположения промежуточной опоры на значение критической скорости главного вала определяли изменением предполагаемого места при неизменных остальных параметрах машины. Из конструктивных соображений место расположения опоры изменяем в интервале от 0,09 до 0,2 м. Смещение вправо на большую величину приведет к необходимости смещения узла механизма отклонения игловодителя, что потребует значительных конструктивных изменений. Смещение влево на большую величину повлечет сокращение вылета рукава машины. Изменения вносили в программу с интервалом 0,02 м. При изменении параметра  $L_2$  в пределах от 0,09 до 0,16 м значение собственной частоты растет интенсивно от 1900 до 2050 рад/с. Дальнейший рост  $\omega_1$  с увеличением расстояния между первой и промежуточной опорами от 0,16 до 0,2 м происходит менее интенсивно. Это объясняется тем,

что промежуточная опора приближается к массе  $M_2$ , длина вала  $L_3$  уменьшается и система становится более жесткой. Следовательно, можно увеличить длину рукава на 15...20%, и это не снизит ее частотных характеристик.

Диаметр вала меняли в пределах 0,01...0,018 м, так как более серьезное уменьшение диаметра ведет к снижению жесткости последнего, что может вызвать значительную его деформацию в процессе работы. Увеличение диаметра на величину, превышающую его размеры, нецелесообразно из конструктивных соображений. Новые значения диаметра, выраженные через  $I_b$  – момент инерции сечения вала – вносили в программу с интервалом 0,002 м. При диаметре вала, равном 0,01 м, значение  $\omega$  равно 1500 рад/с, при увеличении диаметра на размер шага частота интенсивно увеличивается приблизительно до  $\omega = 2200$  рад/с при  $d = 0,016$  м. При дальнейшем увеличении диаметра вала  $\omega$  растет менее интенсивно. А от значения диаметра 0,018 м при  $\omega = 2300$  рад/с рост  $\omega$  практически прекращается. Подобная зависимость объясняется тем, что вместе с ростом поперечного сечения вала растет и масса единицы его длины. Из расчетов видим, что жесткость системы велика и это позволяет снизить собственную частоту поперечных колебаний за счет уменьшения диаметра вала. Уменьшение последнего приводит к экономии материала и снижению его жесткости. Расчеты показали, что уменьшение диаметра на 14%, при неизменных остальных параметрах швейной машины, снизит собственную частоту колебаний  $\approx$  на 15%, что незначительно скажется на динамических характеристиках машины.

## ВЫВОДЫ

1. Для определения частотных характеристик швейных машин с трехопорным валом разработана математическая модель.

2. Теоретический анализ показал, что введение промежуточной опоры увеличило жесткость и частотные характеристики швейной машины. Есть возможность увеличить вылет рукава на 15...20%, что позволит увеличить ее технические возможности; уменьшение диаметра главного вала на 14% не скажется на динамических характеристиках машины, а сделает ее менее металлоемкой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андросов С.П., Теплоухов В.Л. Снижение вибрации и шума швейных машин // Швейная промышленность. – 2005, № 5. С. 19.
2. Чойдон Уранбилгээ. Снижение вибрации и шума исполнительных механизмов швейных машин путем совершенствования их конструкций: Дис.... канд. техн. наук. – Иваново, 2007.
3. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле / Пер. с англ. – 2007.

## REFERENCES

1. Androsov S.P., Teplouhov V.L. Snizhenie vibracii i shuma shvejnyh mashin // Shvejnjaja promyshlennost'. – 2005, № 5. S. 19.
2. Chojdon Uranbilgjeje. Snizhenie vibracii i shuma ispolnitel'nyh mehanizmov shvejnyh mashin putem sovershenstvovanija ih konstrukcij: Dis.... kand. tehn. nauk. – Ivanovo, 2007.
3. Timoshenko S.P. Kolebanija v inzhenernom dele / Per. s angl. – 2007.

Рекомендована кафедрой технологии, конструирования изделий и товаров. Поступила 21.08.17.