

Список литературы

- 1 Шрайбер, М. А. Конечно-элементное моделирование тепловых процессов асинхронного тягового электродвигателя / М. А. Шрайбер // Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы : сб. материалов первой Междунар. науч.-техн. конф., Ташкент, 20–23 апреля 2022 г. – 2022. – С. 203–208.
- 2 Шрайбер, М. А. Моделирование термомеханических напряжений в изоляции тягового электродвигателя переменного тока. IV Бетанкуровский международный инженерный форум : электронный сб. тр. – СПб. : ПГУПС, 2022. – С. 410–412.
- 3 Шрайбер, М. А. Влияние термомеханической нагрузки на старение изоляции тяговых электродвигателей тепловозов / М. А. Шрайбер // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2022. – Т. 19, № 2. – С. 242–248.
- 4 Грищенко, М. А. Экспериментальные исследования тепловых процессов в якоре тягового электродвигателя тепловоза / М. А. Грищенко // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – № 3 (24). – С. 78–89.

УДК 669.18

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ЗВЕНЬЕВ МЕХАНИЗМА ПОПЕРЕЧНО-СТРОГАЛЬНОГО СТАНКА

С. З. ЮНУСОВ, Ш. И. МАМАЕВ, А. Н. АВДЕЕВА, Т. М. ТУРСУНОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Среди многих приоритетных направлений развития Узбекистана, принятых указом президента на 2022–2026 годы, ключевой целью является увеличение КППД на душу населения в 1,6 раза за счёт высоких темпов роста экономики, включая горнодобывающую промышленность, сельское хозяйство, а главное – машиностроение. В реализации этой задачи особую роль играет создание современного технологического оборудования. Большую группу этого оборудования составляют долбежные и строгальные станки, которые используются в механических цехах, на всех крупных заводах Узбекистана (включая горно-металлургический комбинат в городе Алмалык, горно-металлургический завод в городе Навои, агрегатный завод сельскохозяйственных машин и механический завод в Ташкенте), а также в мелкосерийном производстве.

На рисунке 1 изображена кинематическая схема поперечно-строгального станка с кулисным механизмом привода. Механизм состоит из стоек θ , кривошипа 1 , шатунов 4 , 6 , коромысла-кулисы 2 и кулис 3 , 5 . Станок работает от электродвигателя, который передает вращение шестисторонней коробки скоростей на вал, оборудованный скользящей шпанкой. Шпанка держит тройной блок шестерен, гарантирующий валу режим из трех скоростей. Следовательно, во время движения блока вдоль оси вала происходит поочередный захват шестерен с шестернями, закрепленными на шпонке на валу [1]. Работа поперечно-строгального станка (рисунок 1) происходит следующим образом. Резец совершает горизонтальное возвратно-поступательное движение со скоростями $v_{p,x}$ (рабочего хода) и $v_{x,x}$ (холостого хода). Это движение характеризуется числом двойных ходов в минуту полуза. Один двойной ход состоит из рабочего хода, при котором резец срезает слой металла сечением $f = ts = ab$, мм², и холостого хода, при котором резец возвращается в исходное положение [1].

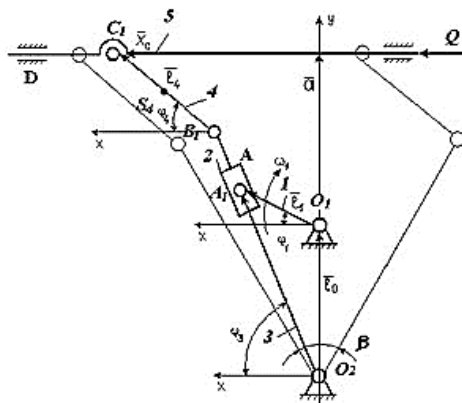


Рисунок 1 – Механизм поперечно-строгального станка

Для составления аналитических зависимостей воспользуемся условием замкнутости контуров их кинематических цепей, так как оно более удобно для плоских механизмов. Составляя уравнения проекции звеньев на соответствующие оси координат, устанавливают функциональную связь между кинематическими параметрами, характеризующими движение входных и выходных звеньев механизмов.

Изображенный на рисунке 1 шестизвенный механизм состоит из кривошипа 1 , кулисного камня 2 , качающейся кулисы 3 , шатуна 4 и ползуна 5 , совершающего возвратно-поступательное движение относительно стойки 6 . Начальным звеном является кривошип, совершающий вращательное движение с угловой скоростью ω_1 . Кривошип является также и ведущим звеном, так как обладает обобщенной координатой – углом φ_1 . Выбираем прямоугольную систему координат XOY , начало которой совпадает с центром шарнира O_1 , ось X проходит через точки O_2 и B , а ось Y проводится

параллельно движению ползуна 5. Углы φ_1 , φ_3 и φ_4 отсчитываются от положительного направления оси X в направлении вращения кривошипа 1. Записываем условие замкнутости контура, составленного из векторов l_{AB} , l_{AC} и l_{CB} звеньев 1, б и 3 в виде векторного уравнения:

$$l_{AB} = l_{AC} + l_{CB};$$

$$EB \sin \varphi_3 = l_1 \sin \varphi_1 + l_0; \quad EB \cos \varphi_3 = l_1 \cos \varphi_1 + l_1; \quad l_0 + \varphi = l_4 \sin \varphi_4 + l_3 \sin \varphi_3;$$

$$X_D = l_4 \cos \varphi_4 + l_3 \cos \varphi_3; \quad l_3 \cos \varphi_4 = l_1 \cos \varphi_1 + (l_3 - EB) \cos \varphi_3;$$

$$\cos \varphi_4 = \frac{l_1 \cos \varphi_1}{EB} - EB^2 = l_0^2 + l_1^2 - 2l_1 l_0 \cos(90 + \varphi_1) = l_0^2 + l_1^2 + 2l_1 l_0 \sin \varphi_1; \quad EB = \sqrt{l_0^2 + l_1^2 + 2l_1 l_0 \sin \varphi_1},$$

$$\cos \varphi_3 = \frac{l_1 \cos \varphi_1}{\sqrt{l_0^2 + l_1^2 + 2l_1 l_0 \sin \varphi_1}}, \quad X_D = l_4 \cos \varphi_4 + \frac{l_3 l_1 \cos \varphi_1}{\sqrt{l_0^2 + l_1^2 + 2l_1 l_0 \sin \varphi_1}}; \quad \sin \varphi_3 = \sqrt{1 - \frac{l_1^2 \cos^2 \varphi_1}{l_0^2 + l_1^2 + 2l_1 l_0 \sin \varphi_1}}.$$

Дифференциал уравнения по φ_1 :

$$0 = l_4 \cos \varphi_4 d\varphi_4 + l_3 \cos \varphi_3 d\varphi_3;$$

$$dX_D = -l_4 \sin \varphi_4 d\varphi_4 - l_3 \sin \varphi_3 d\varphi_3;$$

$$0 = U_{43} l_4 \cos \varphi_4 + l_3 \cos \varphi_3;$$

$$\frac{dX_D}{d\varphi_3} = -l_4 U_{43} l_4 \sin \varphi_4 - l_3 \sin \varphi_3 = U_{53}.$$

Представленные тригонометрические уравнения являются основой для аналитического метода кинематического анализа механизма поперечно-строгального станка. Составив алгоритм и программу расчётов в вычисленной среде Mathcad [2], авторы статьи получили математическую модель зависимости изменения промежуточных передаточных отношений от длин звеньев механизма.

Проанализировав график зависимости изменения передаточного отношения «кривошип – кулиса» U_{31} от длины кривошипа (рисунок 2), авторами статьи сделан вывод, что оптимальные значения кривошипа находятся в диапазоне от 250 до 300 миллиметров, так как именно здесь возникают максимальные значения передаточного отношения U_{31} . Расчёты сделаны на один оборот кривошипа.

$$U_{31} = f(l_1) \text{ при } \varphi_1 = 0 \dots 360^\circ.$$

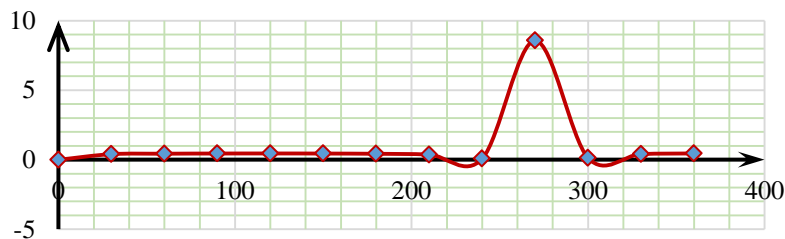


Рисунок 2 – График зависимости изменения передаточного отношения U_{31} от длины кривошипа за один оборот

В результате исследования была разработана математическая модель работы и аналитического исследования кинематического анализа механизма поперечно-строгального станка. В работе получены математические выражения, которые описывают перемещение выходного – рабочего звена, в виде функций углов поворота входных и промежуточных звеньев.

Проведены расчёты оптимальных размеров кривошипа, кулисы и шатуна, механизма поперечно-строгального станка, при заданном значении расстояния между линией движения резца и местом крепления кривошипа к стойке, с использованием прикладной программы MathCAD.

Предложена перспектива совершенствования существующих машин, в состав которых входят кулисные механизмы, аналогичные поперечно-строгальному станку, и изобретения новых.

Список литературы

- 1 Халилов, И. А. Способ синтеза рычажного механизма, обеспечивающего заданный закон движения / И. А. Халилов // Вестник машиностроения. – 2017. – № 3. – С. 3–5.
- 2 Мацюк, И. Н. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов высоких классов в программе MathCAD / И. Н. Мацюк // Теория механизмов и машин. – 2012. – Т. 10., № 1. – С. 65–70.
- 3 Optimization of the operation of the mechanism of the cross planer / S. Mamayev [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 401. – P. 05026. – EDP Sciences.