

УДК 621.941.21/28

к.т.н. Зелинский А.Н.,
к.э.н. Зинченко А.М.,
к.т.н. Денисова Н.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ПРИВОДА РЕВОЛЬВЕРНОГО СУППОРТА ОДНОШПИНДЕЛЬНОГО ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО АВТОМАТА

Проведен анализ кинематических связей деталей привода револьверного суппорта одношпиндельного токарно-револьверного автомата. Установлено влияние конструкции деталей привода на погрешности длины перемещения суппорта.

Ключевые слова: привод, револьверный суппорт, кинематические связи, кулачки.

Проблема и связь с научными и практическими задачами.

Основной задачей стоящей перед станкостроительной и инструментальной промышленностью является увеличение выпуска оборудования высокой и особо высокой точности, а также повышение уровня автоматизации производства изделий машиностроения. Важная роль в росте производительности труда, эффективности выпуска продукции предприятий, в высвобождении квалифицированных рабочих-станочников отводится станкам с полностью автоматизированным циклом обработки деталей.

Решению указанных задач способствует дальнейшее расширение применения и совершенствование конструкций станков-автоматов. В частности, серийные модели одношпиндельных прутковых токарно-револьверных автоматов (ОТРА) предназначенные для обработки деталей средней сложности, обладают широкими технологическими возможностями. Однако они не гарантируют стабильности получения линейных размеров 7~9 квалитетов, уступая по этому параметру станкам зарубежных фирм «Index» и «Traub».

С целью повышения точности и стабильности линейных размеров поверхностей деталей, обрабатываемых инструментами револьверного суппорта (РС), в конструкциях базовых моделей станков, например, 1Д118 и 1М116 были внесены изменения. В част-

ности, в результате модернизации традиционного привода РС «кулачек- ролик- рычаг- сектор- зубчатая рейка- суппорт» в станке повышенной точности модели 1В116П конструкция передачи упрощена и заменена на «кулачек- ролик- рычаг- упор- суппорт». Анализ кинематических связей деталей модернизированного привода для выявления возможных причин появления погрешностей обработки деталей, является предметом исследований.

Постановка задачи. Задачей данной работы является исследование кинематических связей деталей привода РС автомата повышенной точности модели 1В116П и определение причин влияния конструкции привода на погрешности длины перемещения суппорта.

Изложение материала и его результаты. Для анализа кинематических связей деталей привода револьверного суппорта рассматривается идеальный случай, когда все детали привода выполнены строго по номинальным размерам, без отклонений. Предполагается, что ролик привода с начала и до конца рабочего хода касается рабочей поверхности кулачка, образующая которой имеет вид архимедовой спирали. Анализ работы привода приводится для контрольного образца, у которого, согласно технологической карты, ход револьверного суппорта составляет 53,5 мм, архимедова спираль рабочего хода на кулачке расположена между ра-

диусами $r_n = 31,5$ мм и $r_k = 85$ мм. На рисунке 1 показано перемещение ролика относительно кулачка при различных положениях рычага. Пунктиром показано положение рычага в момент, когда точка касания рычага и упора находится на вертикальной оси, проходящей через центр качания рычага O . В

начальном положении ролик касается профиля кулачка в точке B_n расположенной на начальном радиусе r_n , в конечном положении – в точке B_k . За начало отсчета углов качания рычага была принята линия OO_1 , расположенная под углом γ_0 к оси OO_3 .

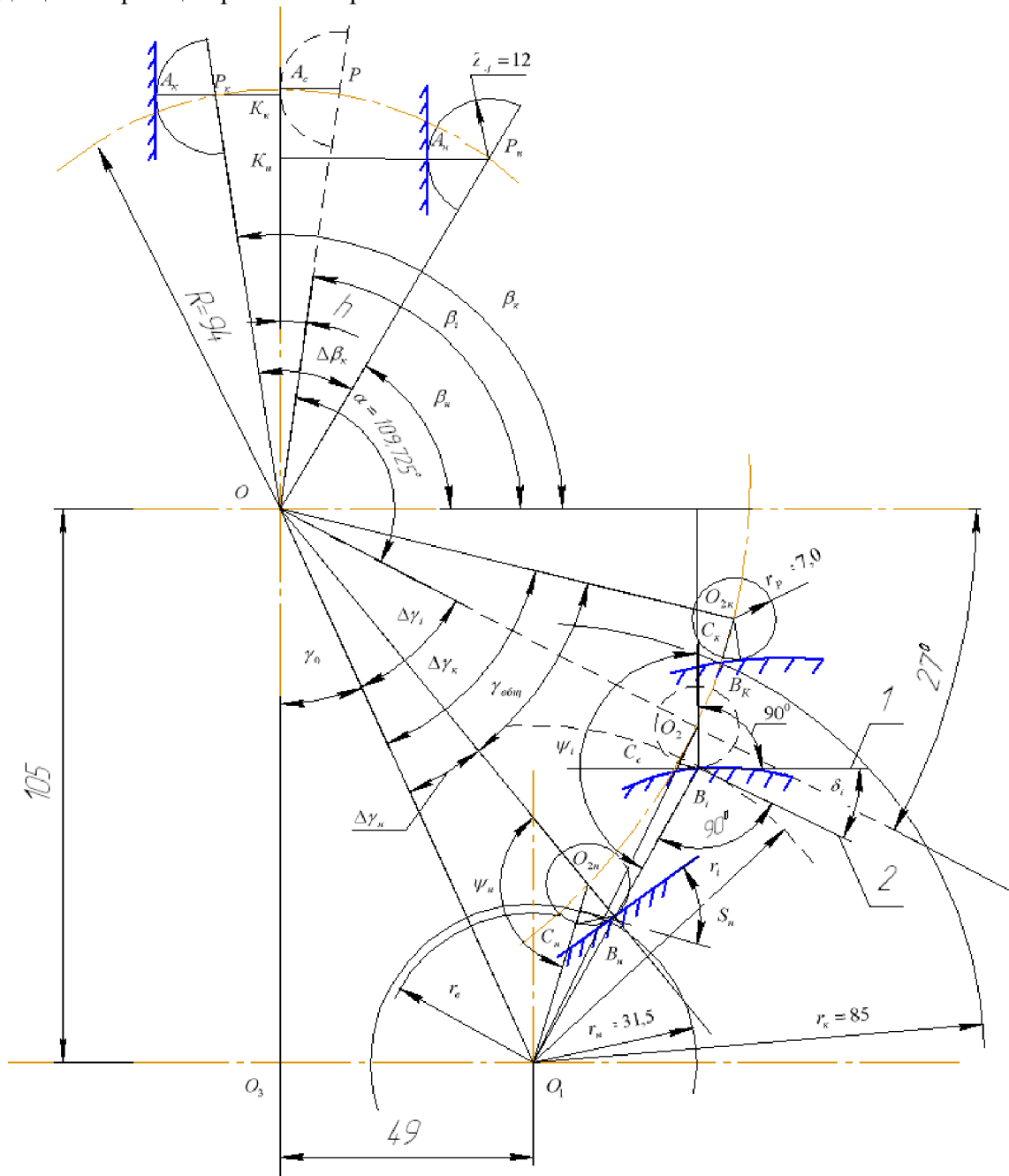


Рисунок 1 – Перемещение ролика относительно кулачка при различных положениях рычага

Угол равен:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma_0 &= \frac{49}{105} = 0,4667 \\ \gamma_0 &= 25,0169^\circ \end{aligned} \quad (1)$$

В общем случае угол поворота рычага $\Delta \gamma_i$ можно определить в любой промежуточной точке контакта B_i ролика и рабочего профиля, если задать радиус в данной точке. Учитывая, что образующая рабочего профиля кулачка имеет вид архимедовой спирали, следовательно, его рабочий профиль будет описываться уравнением архимедовой спирали в полярной системе координат:

$$\rho = a + b\varphi, \quad (2)$$

где ρ – радиус-вектор (в нашем случае радиус в любой промежуточной точке контакта);

a, b – параметры архимедовой спирали;

φ – угол поворота радиус-вектора от начального до i -того положения.

Предположим, что начальное положение (начало отсчета угла поворота φ) совпадет с начальным радиусом r_n архимедовой спирали, тогда $\rho_n = r_n$ при $\varphi = 0$.

Отсюда следует, что:

$$a = \rho - b\varphi = r_n - b \cdot 0 = r_n. \quad (3)$$

Аналогично определяется параметр b из конечного положения, где $\rho_k = r_k$, при этом угол φ будет равен угловой длине участка архимедовой спирали и берется из технологической карты:

$$\varphi = \frac{a_{\text{неп}} \cdot 3,6^\circ}{57,296^\circ}, \quad (4)$$

где φ – угол в радианах;

$a_{\text{неп}}$ – число соток данного перехода.

Таким образом, в общем виде уравнение архимедовой спирали примет вид:

$$\rho_i = r_n + \frac{(r_k - r_n) \cdot 57,296^\circ \cdot \varphi}{a_{\text{неп}} \cdot 3,6^\circ}. \quad (5)$$

При равномерном вращении кулачка неравномерность осевого перемещения РС является следствием изменения относительного расположения центров качания рычага, осей вращения ролика и кулачка, конструкции кинематической пары, передающей движение от рычага к суппорту и, наконец, формы рабочей поверхности кулачка. Схема (рис. 1) показывает, что чем меньше радиус кулачка, тем относительно «круче» участок архимедовой спирали (соответственно больше подача) и больше погрешность из-за отклонения точки контакта ролика с кулачком от линии их центров. Наличие в передаче качающегося рычага ведет к неравномерности подачи и длины хода РС. Положение точки контакта упора с суппортом также зависит от радиуса и профиля кулачка и вносит свою погрешность в перемещение суппорта.

Для анализа влияния величины расчетной подачи на длину перемещения суппорта разработаны пять вариантов технологического процесса обработки экспериментальной детали – валик. Варианты технологического процесса отличаются друг от друга только принятой величиной подачи револьверного суппорта. Исходные данные для расчета уравнения архимедовой спирали при различных значениях подач представлены в таблице 1.

Исходя из схемы, представленной на рисунке 1, путем вычисления получена расчетная зависимость рабочего хода суппорта:

$$L_{\text{р.х.}} = OP_n \cdot (\cos \beta_n - \cos \beta_k)^*, \quad (6)$$

где OP_n – начало отсчета поворота рычага; β_n, β_k – угол начального и конечного положения упора рычага относительно горизонтальной оси, проходящей через центр O .

Результаты расчетов представлены в таблице 2.

* Вывод формулы выполнен с участием И. С. Кушнера.

МЕХАНИКА

Таблица 1 – Исходные данные для расчета уравнения архимедовой спирали

№ п/п	Подача S, мм/об	Число соток $a_{пер}$	φ		Кол-во оборотов на переход	b	Уравнение архимедовой спирали
			град.	радианы			
1.	0,02	37	133,2	2,324778	2675	23,0129	$\rho_z = 31,5 + 23,0129\varphi$
2.	0,03	30	108	1,884955	1783	28,3826	$\rho_z = 31,5 + 28,3826\varphi$
3.	0,04	25	90	1,570796	1338	34,0591	$\rho_z = 31,5 + 34,0591\varphi$
4.	0,06	19	68,4	1,193805	892	44,8147	$\rho_z = 31,5 + 44,8147\varphi$
5.	0,10	13	46,8	0,816814	535	65,4983	$\rho_z = 31,5 + 65,4983\varphi$

Таблица 2 – Результаты расчетов влияния подачи на величину перемещения суппорта

Подача, S мм/об	Длина хода расчетная, мм	Длина хода фактическая, мм	Ошибка длины хода	
			в мм	в %
0,02	53,5	54,046	0,0546	1,02
0,03	53,5	54,373	0,873	1,63
0,04	53,5	54,678	1,178	2,20
0,06	53,5	55,115	1,615	3,02
0,1	53,5	55,511	2,011	3,75

Таким образом, из расчетов видно, что с изменением подачи даже с идеальным профилем архимедовой спирали на рабочей поверхности кулачка и заложенной в конструкцию токарно-револьверных автоматов системе передачи движения суппорту, фактическая длина рабочего хода не равна его расчетному значению. При этом с увеличением подачи ошибка растет.

Расчеты показали, что замена в приводе РС пары «зубчатый сектор-рейка» на «рычаг – упор суппорта» частично компенсирует погрешности качающегося рычага и снижает суммарную погрешность длины перемещения суппорта. Для обеспечения минимальной погрешности длины хода РС можно рекомендовать проектирование ра-

бочего участка кулачка на максимально допустимом наладкой его радиусе.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Выполнен анализ кинематических связей деталей привода револьверного суппорта ОТРА. Выявлены и учтены причины и дана количественная оценка погрешностям длины хода РС. Установлена целесообразность перехода конструкции привода на «рычаг-упор-суппорт» вместо «зубчатый сектор – рейка». Результаты исследований могут быть рекомендованы проектировщикам наладок и кулачков предприятий для корректировки рабочего профиля кулачков с учетом погрешностей от архимедовой спирали [5].

Библиографический список

1. Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные прутковые моделей 1В116, 1В116П. Технические условия на опытный образец ТУ2.1.100.108.179-85. — М. : ВПО «Союзстанкопром», 1985.
2. Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные 1Д118, 1Д112. Руководство по эксплуатации. — М. : Станкоимпорт. — 60 с.
3. Самонастраивающиеся зажимные механизмы: справочник / Ю. Н. Кузнецов, А. А. Вачев, С. П. Сяров, А. Й. Цървенков ; под ред. Ю. Н. Кузнецова. — К. : Техніка, 1979. — 222 с.
4. Пипкин Ю. В. Инновационные перспективы анализа станочных приспособлений как класса технических систем / Ю. В. Пипкин, А. М. Зинченко, Н. А. Денисова // Научный журнал Техниче-

ского университета – Варна. Специальный выпуск. Материалы IV Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», 30 мая–6 июня 2008 г., Варна, Болгария. — 2008. — Т. 1. — С.446–450.

5. Отчет НИР кафедры «Технологии и организации машиностроительного производства» ДонГТУ, 2011.

**Рекомендована к печати к.т.н., проф. ДонГТУ Ульяницким В.Н.,
зам. начальника производственного отдела ОАО «АМК» Щуровым С.В.**

Статья поступила в редакцию 19.11.15.

**к.т.н. Зелінський А.М., к.е.н. Зинченко А.М., к.т.н. Денисова Н.А. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПРИВОДУ РЕВОЛЬВЕРНОГО
СУПОРТА ОДНОШПИНДЕЛЬНОГО ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО АВТОМАТА**

Проведено аналіз кінематичних зв'язків деталей приводу револьверного супорта одношпindelного токарно-револьверного автомата. Встановлено вплив конструкції деталей приводу на похибки довжини переміщення супорта.

Ключові слова: *привод, револьверний супорт, кінематичні зв'язки, кулачки.*

**PhD in Engineering Zelinskiy A.N., PhD in Economics Zinchenko A.M., PhD in Engineering
Denisova N.A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)**

**STUDY OF KINEMATIC CONSTRAINTS OF TURRET DRIVE IN SINGLEX AUTOMATIC
TURRET MACHINE**

Analysis of kinematic constraints of drive parts in singlex automatic turret machine has been carried out. It is determined that the drive parts design influences the errors of turret travel length.

Key words: *drive, turret, kinematic constraints, tappets.*