

АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КООРДИНАТ МЕХАТРОННОГО ПРОФИЛОГРАФА ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ОКРУЖНОСТИ

Федорова А.А., Баландаев Д.Г., Захаров Н.В., Захаров Я.С.

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Чебоксары

Ключевые слова: мехатронный профилограф, кинематический анализ, движение по окружности, скорость, траектория, измерение.

Аннотация. В настоящей работе приведен анализ кинематических координат мехатронного профилографа при движении датчика измерения по окружности, предназначенного для измерения профилей поверхностей изделий. В работе рассмотрены возможные траектории движения мехатронного профилографа и приведен кинематический анализ для одной из траекторий – движению датчика по окружности. В ходе работы получены зависимости кинематических характеристик датчика от характеристик двигателей при движении по окружности с обеспечением постоянства абсолютной скорости выходного звена.

ANALYSIS OF THE KINEMATIC CHARACTERISTICS OF THE COORDINATES OF A MECHATRONIC PROFILER WHEN MOVING ALONG A CIRCLE

Fedorova A.A., Balandaev D.G., Zaharov N.V., Zaharov Ya.S.

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary

Keywords: mechatronic profilograph, kinematic analysis, circular motion, speed, trajectory, measurement.

Abstract. Paper presents an analysis of the kinematic coordinates of a mechatronic profiler when the measuring sensor moves in a circle, designed to measure the surface profiles of products. The paper considers possible trajectories of the mechatronic profiler and presents a kinematic analysis for one of the trajectories – the sensor's circular motion. In the course of the work, the dependences of the kinematic characteristics of the sensor on the characteristics of the motors were obtained when moving in a circle while ensuring the constancy of the absolute speed of the output link.

В работе рассмотрены возможные траектории движения мехатронного профилографа [1, 2], используемого для измерения профилей поверхностей изделий (рис. 1).

Входными параметрами для реализации измерения по траекториям являются контролируемые параметры: Минимальный $r_{\min}$ и максимальный $r_{\max}$ радиусы измерения профилографа, которые зависят от конструкции профилографа; тип траектории, координаты начальной и конечной точек K, N .

Координаты точек K и N лежат в области:

$$y_{k(n)} \in [-\sqrt{r_{\max}^2 - x_i^2}; \sqrt{r_{\max}^2 - x_i^2}], \quad (1)$$

Кроме этого, если абцисса точек x_i лежит в заданных пределах:

$$x_{k(n)} \in [-r_{\min}; r_{\min}], \quad (2)$$

то y_i не может принимать значения в следующей области:

$$y_{k(n)} \notin [-\sqrt{r_{\min}^2 - x_i^2}; \sqrt{r_{\min}^2 - x_i^2}]. \quad (3)$$

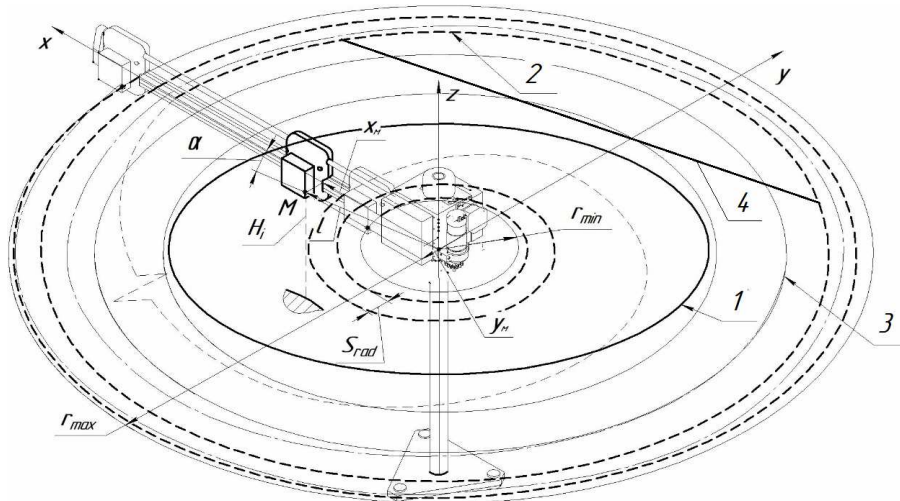


Рис. 1. Возможные траектории перемещения датчика: 1 – окружность; 2, 3 – спирали; 4 – прямая

Принято допущение о том, что измерение реализуется против часовой стрелки и точки K и N задаются таким образом, что полярный угол до точки M φ_k меньше полярного угла до точки N φ_n , а также, что датчик движется от периферии к центру вращения. Для уменьшения инерционных нагрузок обеспечено постоянство скорости датчика по траектории.

В статье приведен анализ кинематических характеристик координат мехатронного профилографа при движении по окружности с учетом [3]. Схема траектории измерения по окружности приведена на рисунке 2.

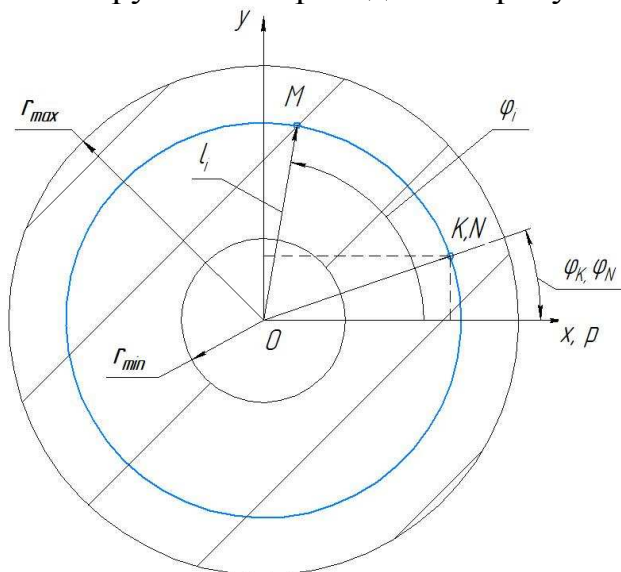


Рис. 2. Траектория измерения по окружности

Уравнение окружности в полярных координатах:

$$l_i = R_i = \text{const}. \quad (4)$$

Скорость выходного звена мехатронного профилографа (датчика) состоит из только из одной составляющей: вращательного перемещения:

$$\begin{cases} V_i = V_{\text{окр}} = R_i \cdot \omega_i, \\ V_{\text{рад}} = 0. \end{cases} \quad (5)$$

При этом частота вращения двигателя 2 равна нулю.

Построена зависимость линейной координаты l_i от координаты φ_i на рисунке 3.

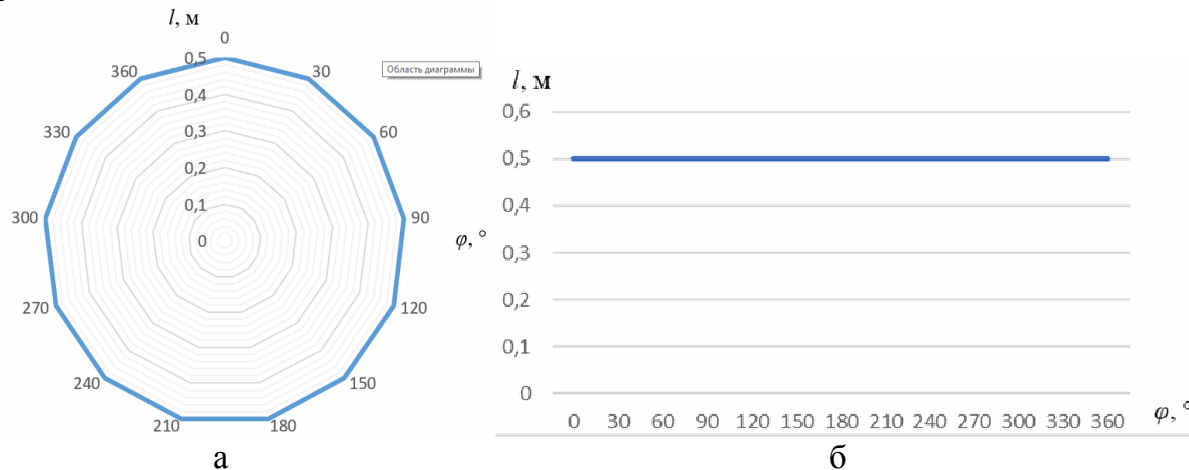


Рис. 3. График зависимости l_i от φ_i при $\varphi_i \in (0; 2\pi)$ и $R_i = 0,5$ м: а) в полярных координатах, б) в развертке

Получена зависимость изменения линейной скорости V_i от угловой ω_i (аналог скорости) и от времени t (рис. 4), а также изменения линейной V_{rad} и угловой ω_i скоростей и от времени t (рис. 5).

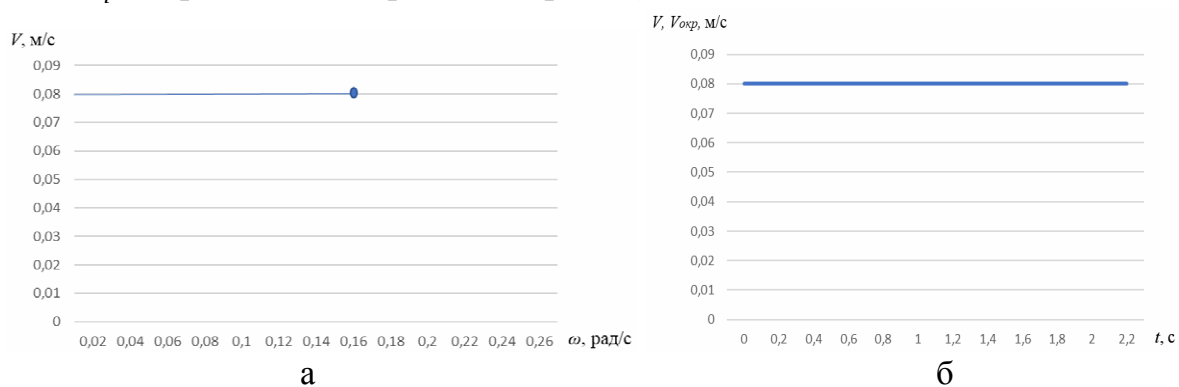


Рис. 4. График зависимости линейной скорости V_i ($V_{окр}$) при $R_i = 0,5$ м: а) от угловой скорости ω_i , б) от времени t

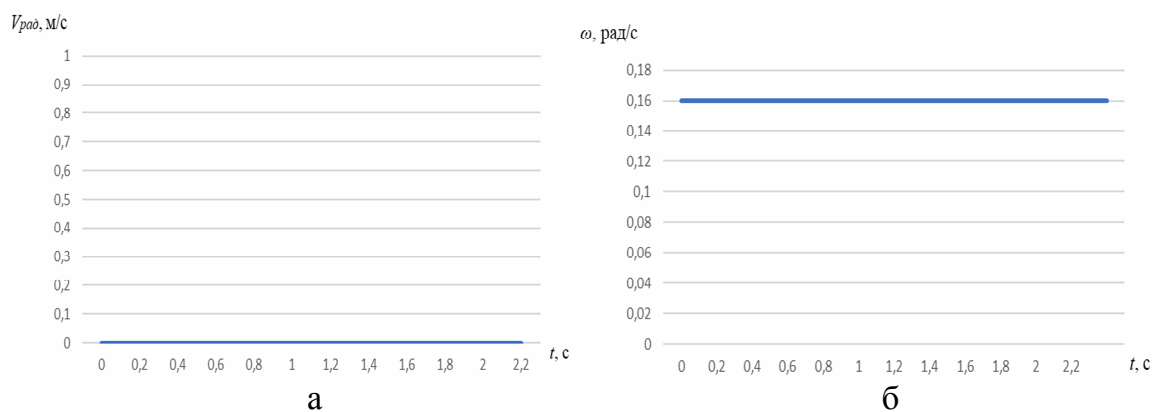


Рис. 5. График зависимости от времени при $R_i = 0,5$ м: а) радиальной скорости V_{rad} и б) угловой скорости ω_i

Анализируя графики, можно сделать выводы, что для обеспечения постоянства скорости при движении датчика по круговой траектории необходимо постоянство угловой координаты ω_i и соответственно постоянство угловой скорости первого двигателя $\omega_{Д1}$, при этом скорость $\omega_{Д2}$ должна быть равна нулю.

Список литературы

1. Патент №2724386 РФ. Мехатронный профилограф / С.А. Васильев, Р.И. Александров, А.А. Федорова, М.В. Васильев, С.А. Мишин, С.Е. Лимонов. – Заявка №2020107081 от 14.02.2020; опубл. 23.06.2020.
2. Патент №2770800 РФ. Полевой мехатронный профилограф / С.А. Васильев, Р.И. Александров, А.А. Федорова, М.В. Васильев, С.А. Мишин, С.Е. Лимонов, В.В. Алексеев, И.Н. Иванов. – Заявка №2021113237 от 06.05.2021; опубл. 21.04.2022.
3. Федорова А.А. Кинематический анализ мехатронного профилографа // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2022. – № 10. – С. 11-13. – DOI 10.26160/2541-8637-2022-10-11-13.

Сведения об авторах:

Федорова Алена Анатольевна – старший преподаватель;

Баландаев Денис Герасимович – студент;

Захаров Николай Владимирович – студент;

Захаров Ярослав Сергеевич – студент.