УДК 514.16

МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОГІДРОЦИКЛОНА З УРАХУВАННЯМ КВАЗІГВИНТОВОЇ ПОВЕРХНІ

Подкоритов А.М., д.т.н.
Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького (Україна),
Ісмаілова Н.П., к.т.н.,
Маковкіна Т.С.
Одеська державна академія будівництва та архітектури (Україна)

В роботі розглядається питання геометричного моделювання поверхні потоку і його аналітична інтерпретація, для створення точного високопродуктивного мікрогіроциклона.

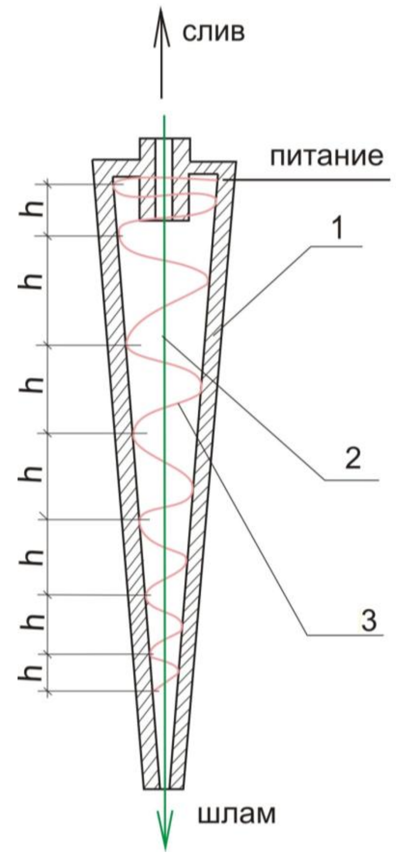
Ключові слова: геометричне моделювання, квазігвинтова поверхня, мікрогідроциклон, аналітична інтерпретація.

Постановка проблеми. Питанням формування спряжених квазігвинтових поверхонь присвячена робота [1], з формуванню геометричної, математичної і комп'ютерної моделей. Поява в індустріальній промисловості складних квазігвинтових поверхонь поставило завдання розробки принципово нових методів і алгоритмів формування квазігвинтових конічних поверхонь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У основі утворення спряжених поверхонь лежить теорема [1] з якої виходить, що поверхні Σ_A і Σ_B будуть спряженими, якщо кожна з них утворена відповідним відносним рухом Φ_A/Σ_A і Φ_B/Σ_B конгруентних посередників $\Phi_A \equiv \Phi_B$. Поверхня Σ_A і поверхня посередника Φ_A є взаїмоогибаємимі з лінійним контактом $\ell^1(\ell^1_2)$.

Формулювання цілей статті. Метою є розробка геометричного моделювання поверхні потоку і його аналітична інтерпретація, для конструювання мікрогідроциклонів кінематичним методом.

Основна частина. Розглянемо геометричне моделювання квазігвинтової конічної поверхні Σ криволінійною твірною $r(\tau)$, вісью m і змінним кроком $h(\alpha, t)$ гвинтовим перетворенням відносно осі m кожної точки заданої конічної поверхні $T(s, r)$ (Рис. 1).



1) мікрогідроциклон; 2) повітряний стовп;
3) траєкторія низхідного потоку

Рис. 1. Схема мікрогідроциклона

Конічна поверхня Т задається вершиною S і криволінійною створюючою $r(\tau)$. При обертанні конічної поверхні Т навколо вісі m лінії $\ell_1^1, \ell_2^2, \dots, \ell_n^n$ утворюють сімейство направляючих (базових) конусів.

Квазігвинтова конічна поверхня Σ визначається як геометричне місце точок, що знаходяться в початковий момент $t = 0$ на заданій створюючою $r(\tau)$ і що одночасно беруть участь в двох рухах: обертальному – відносно осі m і поступальному – по прямій, яка проходить через твірну $r(\tau)$ і вершину S конуса так, що в момент часу $t = 1$ всі точки виявляться твірними у вершині конуса S.

Кожна лінія $\ell^1, \ell^2, \dots, \ell^n$ криволінійним перетворенням переходить у конічну квазігвинтову лінію $\ell^{1^*}, \ell^{2^*}, \dots, \ell^{n^*}$ із змінним кроком (рис.2). Сімейство конічних квазігвинтових ліній $\ell^{1^*}, \ell^{2^*}, \dots, \ell^{n^*}$ із загальною віссю m формує конусну криволінійну квазігвинтову поверхню Σ.

Для формування математичної моделі конічної криволінійної квазігвинтової поверхні задаємо вихідну конічну поверхню $T(S, \tau)$ з вершиною S і криволінійною створюючої $r(\tau) c \leq \tau \leq b$ (рис.2).

Радіус-вектор $\ell\ \tau$ дорівнює: $\ell\ \tau\ = \upsilon - r\ \tau$.

Визначимо радіус вектор $g\ \tau, t$:

$$g\ \tau, t\ = r\ \tau\ + \ell \cdot t = r\ \tau\ \ 1 - t\ + \upsilon \cdot t, \qquad 0 \leq t \leq 1.$$

Радіус-вектор r_0 дорівнює:

$$r_0 = \upsilon - (\upsilon \cdot \rho) \cdot \rho.$$

де $(\upsilon \cdot \rho) \cdot \rho$ - проекція вектора υ на вісь m.

Визначимо радіус вектор ρ (рис. 2).

$$\rho = g\ \tau, t\ -\ g\ \tau, t\ \ \rho - r_0 = r\ \tau\ \ 1 - t\ + \upsilon t -\ \ r\ \tau\ \rho\ \ 1 - t\ + \upsilon \cdot \rho \cdot t\ \rho - \upsilon +\ \upsilon\rho\ \rho = r\ \tau\ \ 1 - t\ - \upsilon\ 1 - t\ -\ \ r\ \tau\ \rho\ \ 1 - t\ \rho =\ r\ \tau\ - \upsilon\ \ 1 - t\ -\ \ r\ \tau\ \rho\ \ 1 - t\ \rho =\ \ r\ \tau\ - \upsilon\ - (r\ \tau\ \rho)\rho\ \ 1 - t\ ,$$

де $(\rho\ \tau, t\ \rho)\rho$ - проекція вектора $\rho\ \tau, t$ на вісь m.

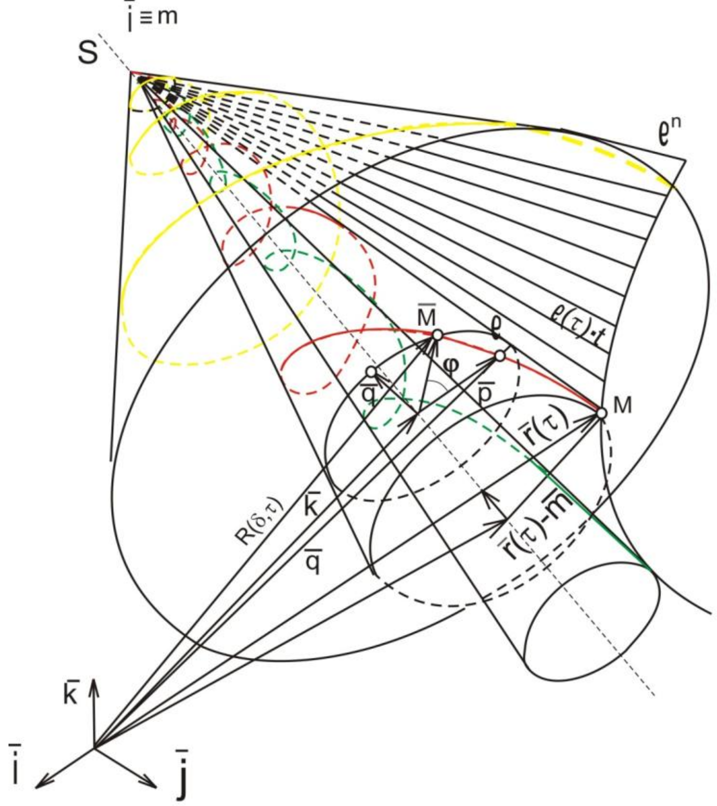


Рис. 2. Сімейство конічних квазігвинтових ліній

Вектор q визначається з вектора р поворотом його в позитивному напрямі на кут $\varphi\ \tau, t$ у плоскості перпендикулярної осі m.

Для цього потрібно помножити одиничний вектор ρ осі m на вектор ρ тобто.

$$q = \rho \cdot \mathrm{p} =\ \rho \cdot (r\ \tau\ - \upsilon)\ \cdot\ 1 - t\ =\ \rho \cdot (r\ \tau\ - \upsilon)\ \cdot\ 1 - t\ .$$

Використовуючи радіуси-вектори $r\ \tau, t\ , \rho, \mathrm{p}, \mathrm{q}$ шуканий вектор R:

$$R = \mathrm{p} \cdot cos\varphi + \mathrm{q} \cdot sin\varphi + (r_0 + (q\ \tau, t\ \rho)\rho) = \upsilon - (\upsilon \cdot \rho)\rho + (q\ \tau, t\ \rho)\rho + \ r\ \tau\ - \upsilon\ - (r\ \tau\ \rho)\rho)\ \ 1 - t\ \ \cdot cos\varphi + r\ \tau\ - \upsilon\ \cdot \rho\ 1 - t\ \cdot sin\varphi\ = \upsilon + (\ r\ \tau\ - \upsilon\ \rho)\rho)\ 1 - t\ + r\ \tau\ - \upsilon\ - (r\ \tau\ \rho)\rho)\ \ 1 - t\ \cdot cos\varphi + \ r\ \tau\ - \upsilon\ \cdot \rho\ 1 - t\ \cdot sin\varphi. \quad (1)$$

Таким чином, отримуємо рівняння конічної контактної поверхні

$$R = \upsilon + \ I - t\ \ \ r\ \tau\ - \upsilon\ \rho\ \rho + \ r\ \tau\ - \upsilon\ - \ r\ \tau\ \rho\ \rho\ \cdot \cdot cos\varphi + \ r\ \tau\ - \upsilon\ \rho\ \cdot sin\varphi\ . \quad (2)$$

При $\alpha = 0$ отримуємо з рівняння (1) конічну поверхню. При $\alpha = \infty, t = \varphi/\alpha$ отримуємо з рівняння (2) циліндрову поверхню:

$$R = \upsilon + \ 1 - \frac{\varphi}{\alpha}\ \ \ r\ \tau\ - \upsilon\ \rho\ \rho + \ r\ \tau\ - \upsilon\ - \ r\ \tau\ \rho\ \rho\ \cdot \cdot cos\varphi + \ r\ \tau\ - \upsilon \cdot \rho\ \cdot sin\varphi\ . \quad (3)$$

$$R = \upsilon\ (\ r - \upsilon\ \rho)\rho + \ r\ \tau\ - \upsilon\ - \ r\ \tau\ \rho\ \rho\ \cdot cos\varphi + \ r\ \tau\ - \upsilon \cdot \rho \cdot sin\varphi\ .$$

Так як: $r\ \tau\ = \mathrm{x}\ \tau\ \cdot \imath + y\ \tau\ \cdot \jmath + z\ \tau\ \cdot k;$

$$\upsilon = \mathrm{a}\imath + b\jmath + ck;$$
$$\rho = \lambda\imath + \mu\jmath + \nu k;$$
$$r\ \tau\ \rho = \lambda \mathrm{x}\ \tau\ + \mu y\ \tau\ + \nu z\ \tau\ ;$$
$$r\ \tau\ - \upsilon = \mathrm{x}\ \tau\ - \mathrm{a}, y\ \tau\ - b, z\ \tau\ - c\ ;$$
$$r\ \tau\ - \upsilon)\rho = \lambda\ \mathrm{x}\ \tau\ - \mathrm{a}\ + \mu\ y\ \tau\ - b\ + \nu(z\ \tau\ - c\ ;$$

$$r\ \tau\ - \upsilon)\rho = \begin{matrix} i & j & k \\ \mathrm{x}\ \tau\ - \mathrm{a} & y\ \tau\ - b & z\ \tau\ - c \\ \lambda & \mu & \nu \end{matrix}\ \imath\ y\ \tau\ - b\nu - z\ \tau\ \mu - \jmath\ \ \mathrm{x}\ \tau\ - \mathrm{a}\ \nu - \ z\ \tau\ - c\ \lambda + k\ \ \mathrm{x}\ \tau\ - \mathrm{a}\ \mu - \ y\ \tau\ - b\ \lambda\ .$$

то з попереднього рівняння знаходимо координати X, Y, Z конічної контактної поверхні із змінним кроком h:

$$X = a + \ 1 - t\ \ \lambda^2\ x\ \tau\ - a\ + \lambda\mu\ y\ \tau\ - b\ + \lambda\nu\ z\ \tau\ - c + \ x\ \tau\ - a\ - \lambda^2 x\ \tau\ - \lambda\mu y\ \tau\ - \lambda\nu z\ \tau\ \cdot \cos\ \alpha t + \ y\ \tau\ - b\ \nu - \ z\ \tau\ - c\ \mu\ \cdot \sin\ \alpha t\ ;$$

$$Y = b + \ 1 - t\ \ \mu^2\ y\ \tau\ - b\ + \nu\mu\ z\ \tau\ - c\ + \lambda\mu\ x\ \tau\ - a\ + y\ \tau\ - b\ - \mu^2 z\ \tau\ - \mu\nu y\ \tau\ - \mu\lambda z\ \tau\ \cdot \cos\ \alpha t\ + \ z\ \tau\ - c\ \lambda - x\ \tau\ - a\ \nu\ \cdot \sin\ \alpha t\ ;$$

$$Z = c + \ 1 - t\ \ \nu^2\ z\ \tau\ - c\ + \nu\lambda\ x\ \tau\ - a\ + \lambda\nu\ y\ \tau\ - b\ + z\ \tau\ - c\ - \nu^2 x\ \tau\ - \lambda\nu z\ \tau\ - \mu\nu x\ \tau\ \cdot \cos\ \alpha t\ + \ x\ \tau\ - a\ \mu - y\ \tau\ - b\ \lambda\ \cdot \sin\ \alpha t\ .$$

Висновки. Моделювання вихідної квазігвинтової конічної поверхні дозволяє отримувати геометричну і аналітичну модель стосовно сучасних технологій по виготовленню мікрогідроциклонів.

Література

1. Подкоритов А.М. Теоретичні основи спряжених квазігвинтових поверхонь, що виключають інтерференцію / А.М. Подкоритов, Ісмаілова Н.П. – Херсон: ФОП Грінь Д. С., 2016. – 228 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОГИДРОЦИКЛОНА С УЧЕТОМ КВАЗИВИНТОВОИ ПОВЕРХНОСТИ

Подкорытов А.Н., Исмаилова Н.П., Маковкина Т.С.

В работе рассматривается вопрос геометрического моделирования поверхности потока и его аналитическая интерпретация, для создания точного высокопроизводительного микрогироциклона.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, квазивинтовая поверхность, микрогидроциклон, аналитическая интерпретация.

SIMULATION OF MICROHYDROCYCLE C ACCOUNTABILITY OF QUASIVINE SURFACE

Podkorytov A., Ismailova N., Makovkina T.

The paper deals with the geometric modeling of the flow surface and its analytical interpretation to create an accurate high-performance micro-cyclone.

Key words: geometric modeling, quasi-screw surface, microhydrocyclone, analytical interpretation.