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.

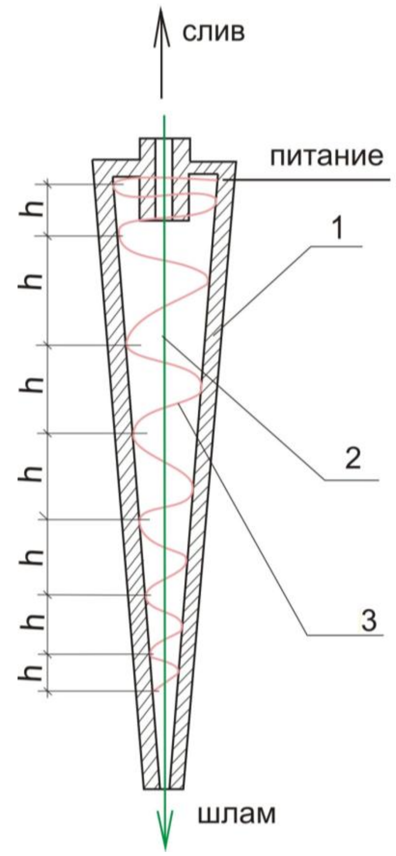
Ключові слова: геометричне моделювання, квазігвинтова поверхня, мікрогідроциклон, аналітична інтерпретація.

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 T задається вершиною S і криволінійною створюючою $r(\tau)$. При обертанні конічної поверхні T 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 $\bar{\ell}(\tau)$ дорівнює: $\bar{\ell}(\tau) = \bar{\upsilon} - \bar{r}(\tau)$.

Визначимо радіус вектор $\bar{\mathrm{g}}(\tau, t)$:

$$\bar{\mathrm{g}}(\tau, t) = \bar{r}(\tau) + \bar{\ell} \cdot t = \bar{r}(\tau)(1-t) + \bar{\upsilon} \cdot t, \qquad 0 \le t \le 1.$$

Радіус-вектор $\bar{r}_0$ дорівнює:

$$\bar{r}_0 = \bar{\upsilon} - (\bar{\upsilon} \cdot \bar{\rho}) \cdot \bar{\rho}.$$

де $(\bar{\upsilon} \cdot \bar{\rho}) \cdot \bar{\rho}$ - проекція вектора $\bar{\upsilon}$ на вісь m.

Визначимо радіус вектор $\bar{\rho}$ (рис. 2).

$$\bar{\rho} = \bar{\mathrm{g}}(\tau, t) - \big(\bar{\mathrm{g}}(\tau, t)\big)\bar{\rho} - \bar{r}_0 = \bar{r}(\tau)(1-t) + \bar{\upsilon}\bar{t} - [(\bar{r}(\tau)\bar{\rho})(1-t) + \bar{\upsilon} \cdot \bar{\rho} \cdot t]\bar{\rho} - \bar{\upsilon} + (\overline{\upsilon\rho})\bar{\rho} = \bar{r}(\tau)(1-t) - \bar{\upsilon}(1-t) - [(\bar{r}(\tau)\bar{\rho})(1-t)]\bar{\rho} = (\bar{r}(\tau) - \bar{\upsilon})(1-t) - [(\bar{r}(\tau)\bar{\rho})(1-t)]\bar{\rho} = [(\bar{r}(\tau) - \bar{\upsilon}) - (\bar{r}(\tau)\bar{\rho})\bar{\rho}](1-t),$$

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

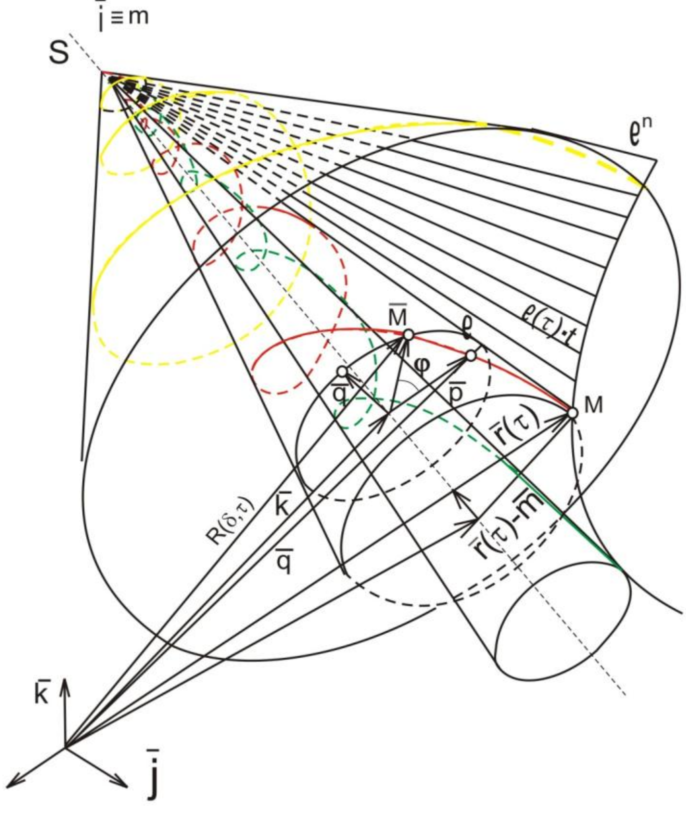


Рис. 2. Сімейство конічних квазігвинтових ліній

Вектор $\bar{q}$ визначається з вектора $\bar{\mathrm{p}}$ поворотом його в позитивному напрямі на кут $\varphi(\tau, t)$ у плоскості перпендикулярної осі m.

Для цього потрібно помножити одиничний вектор $\bar{\rho}$ осі m на вектор $\bar{\rho}$ тобто.

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

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

$$\bar{R} = \bar{\mathrm{p}} \cdot cos\varphi + \bar{\mathrm{q}} \cdot sin\varphi + (\bar{r}_0 + (\bar{q}(\tau,t)\bar{\rho})\bar{\rho}) = \bar{v} - (\bar{v} \cdot \bar{\rho})\bar{\rho} + (\bar{q}(\tau,t)\bar{\rho})\bar{\rho} + [(\bar{r}(\tau) - \bar{v}) - (\bar{r}(\tau)\bar{\rho})\bar{\rho})](1-t) \cdot cos\varphi + (\bar{r}(\tau) - \bar{v}) \cdot \bar{\rho}(1-t) \cdot sin\varphi = \bar{v} + ((\bar{r}(\tau) - \bar{v})\bar{\rho})\bar{\rho})(1-t) + [(\bar{r}(\tau) - \bar{v}) - (\bar{r}(\tau)\bar{\rho})\bar{\rho})](1-t) \cdot cos\varphi + (\bar{r}(\tau) - \bar{v}) \cdot \bar{\rho}(1-t) \cdot sin\varphi. \quad (1)$$

Таким чином, отримуємо рівняння конічної контактної поверхні

$$\bar{R} = \bar{v} + (I-t)\{\big((\bar{r}(\tau) - \bar{v})\bar{\rho}\big)\bar{\rho} + [(\bar{r}(\tau) - \bar{v}) - (\bar{r}(\tau)\bar{\rho})\bar{\rho}] \cdot \cdot\ cos\varphi + [(\bar{r}(\tau) - \bar{v})\bar{\rho}] \cdot sin\varphi\}. \quad (2)$$

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

$$\bar{R} = \bar{v} + \left(1 - \frac{\varphi}{\alpha}\right)\{\big((\bar{r}(\tau) - \bar{v})\bar{\rho}\big)\bar{\rho} + [(\bar{r}(\tau) - \bar{v}) - (\bar{r}(\tau)\bar{\rho})\bar{\rho}] \cdot \cdot cos\varphi + \ [\bar{r}(\tau) - \bar{v} \cdot \bar{\rho}] \cdot sin\varphi\}. \quad (3)$$

$$\bar{R} = \bar{v}\{((\bar{r} - \bar{v})\bar{\rho})\bar{\rho} + [(\bar{r}(\tau) - \bar{v}) - (\bar{r}(\tau)\bar{\rho})\bar{\rho}] \cdot cos\varphi + \ [\bar{r}(\tau) - \bar{v} \cdot \bar{\rho}] \cdot sin\varphi\}.$$

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

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

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

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 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.