

2. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. – М. : Мир, 1990. – 206 с.
3. Саркисян С.А. Теория прогнозирования и принятия решений / С.А. Саркисян. – М. : Наука, 1977. – 352 с.

Рассмотрены методы решения многокритериальных задач оптимизации, особое внимание уделено концептуальным проблемам, которые возникают при этом. Приведены различные способы учета приоритета локальных критериев, входящих в векторный критерий.

Оптимизация, многокритериальная задача, показатели эффективности, принципы компромисса.

The methods for solving multiobjective optimization problems, it focuses on the conceptual problems that arise in this case. Are various ways to address local priority criteria included in the vector criterion.

Optimization, multicriteria problem, performance indicators, the principles of compromise.

УДК 536.2.536.7

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЗАТРАТ У РОТОРНО – ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ

***В.Г. Горобець, доктор технічних наук
Д.В. Гескін, аспірант****

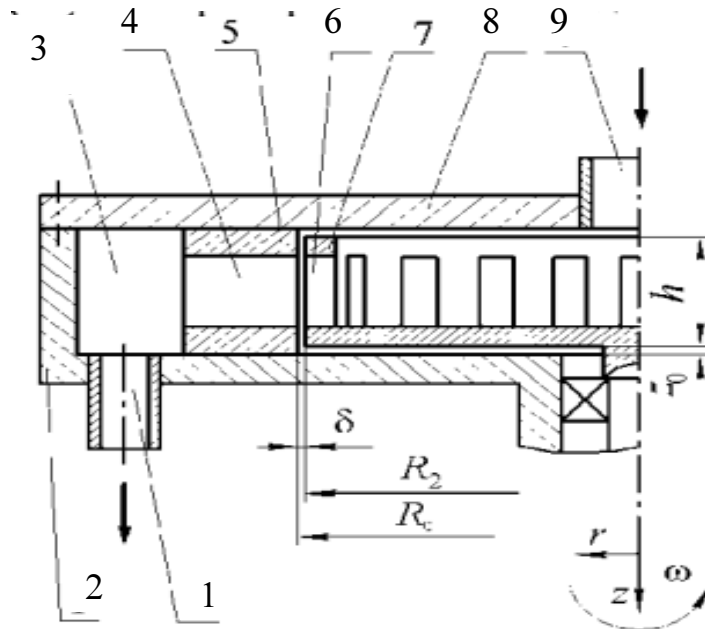
Наведено методіку визначення енергозатрат у роторно-пульсаційному апараті. Обґрунтовано оптимальні залежності для розрахунку конструкції апарата.

Енергія, роторно-пульсаційний апарат, енерговитрати..

Конструктивно роторний апарат являє собою два коаксіальних циліндри - нерухомого статора і рухомого ротора з радіальними каналами в бокових стінках різного поперечного перерізу (рисунок). Оброблювана речовина зазвичай подається в порожнину ротора, через канали проходить у камеру озвучування і виводиться з апарата. У радіальному зазорі між ротором і статором, осьовому зазорі між торцем ротора і корпусом апарата виникають значні зсувні напруги, викликають дисипацію енергії і призводять до нагрівання потоку рідини, що дозволяє знизити енерговитрати на нагрівання середовища, якщо це необхідно для проведення хіміко-технологічних процесів (ХТП). Ефективність застосовуваного устаткування визначається величиною питомих енерговитрат на проведення ХТП.

* Науковий керівник – доктор технічних наук В.Г. Горобець

© В.Г. Горобець, Д.В. Гескін, 2012



Конструктивна схема роторного апарата:

1 – вихідний патрубок; 2 – корпус; 3 – камера озвучування; 4 – канали в статорі; 5 – статор; 6 – канали в роторі; 7 – ротор; 8 – кришка; 9 – вхідний патрубок

Мета досліджень – отримання методу розрахунку потужності, споживаної роторним апаратом, яка в свою чергу є одним із основних факторів при обґрунтуванні доцільності використання роторних апаратів.

Матеріали і методика досліджень. Важливе значення для вибору необхідного обладнання при проведенні конкретного ХТП має наявність методики визначення питомих енерговитрат, що містить мінімальну кількість конструктивних розмірів без емпіричних коефіцієнтів.

Розрахунок енерговитрат заснований на загальних фізичних уявленнях про закономірності гідромеханічних процесів, що відбуваються в роторних апаратах. Основне положення – кінетична енергія N_k , що накопичується потоком рідини в обертovому роторі, потім розсіюється в радіальному зазорі між ротором і статором N_{T1} , в осьовому зазорі між торцем ротора і корпусом N_{T2} , втрачається в механізмі апарата N_M . Акустичною потужністю нехтуємо. Енергетичний баланс для визначення потужності має вигляд:

$$N = N_k + N_{T1} + N_{T2} + N_M. \quad (1)$$

Кінетичну енергію N_k знаходимо з виразу:

$$N_k = 0,5 \rho Q (\omega^2 R_2^2 + u^2), \quad (2)$$

де ρ – густина середовища, кг/м^3 ; Q – об'ємна витрата речовини через апарат, $\text{м}^3/\text{с}$; ω – кутова швидкість обертання ротора, с^{-1} ; R_2 – зовнішній радіус циліндричного ротора, м; u – швидкість у каналі ротора, м/с.

В існуючих конструкціях апаратів $\omega^2 R_2^2 \gg u^2$, тому вираз (2) набуває вигляду:

$$N_k = 0,5 \rho Q \omega^2 R_2^2. \quad (3)$$

У радіальному зазорі між ротором і статором значна частина енергії в основному переходить у тепло. Потужність, що витрачається на подолання тертя в зазорі, визначається так. Сила внутрішнього тертя T в радіальному зазорі відповідно до закону Ньютона буде:

$$T = \mu S \left| \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} \right|_{r=R_2}, \quad (4)$$

де μ – коефіцієнт динамічної в'язкості рідини або газу; S – площа перерізу радіального зазору, m^2 ; r – радіальна координата, м; v_φ – азимутальний компонент швидкості в зазорі, м/с.

Момент сил опору M визначається за формулою:

$$M = TR_2. \quad (5)$$

Тоді розсіювана в радіальному зазорі між ротором і статором потужність становить:

$$N_{T1} = M\omega. \quad (6)$$

Градiєнт швидкості $\left| \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} \right|$ визначаємо, використовуючи рівняння Нав'є-Стокса і нерозривності для плоскої течії нестисливої ньютонівської рідини в циліндричній системі координат (r, φ, z) [1,2]. Рівняння для визначення колової складової швидкості для стаціонарної течії при граничних умовах $v_\varphi \Big|_{r=R_2} = \omega R_2$ має такий вигляд:

$$v_\varphi = \frac{\omega R_2^2 R_c^{Re+2}}{R_c^{Re+2} - R_2^{Re+2}} \cdot \frac{1}{r} - \frac{\omega R_2^2}{R_c^{Re+2} - R_2^{Re+2}} r^{Re+1}, \quad (7)$$

де Re – критерій Рейнольдса; R_c – внутрішній радіус циліндричного статора, м.

Градiєнт азимутального компонента швидкості отримують диференціюванням рівняння (7).

$$\left| \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} \right|_{r=R_2} = \frac{\omega R_2^2 R_c^{Re} (Re+2)}{R_c^{Re+2} - R_2^{Re+2}}, \quad (8)$$

Підставивши (4), (5), (8) у вираз (6), враховуючи, що $S = 2\pi R_2 H_{p1}$, отримуємо:

$$N_{T1} = \frac{2(Re+2)\pi H_{p1} \mu \omega^2 R_2^2 R_c^{Re+2}}{R_c^{Re+2} - R_2^{Re+2}}, \quad (9)$$

де H_{p1} – висота бокової поверхні циліндричного ротора, м.

Втрати потужності в зазорі між торцем ротора і корпусом визначаємо у такій послідовності. Визначаємо елементарну силу опору відповідно до закону Ньютона:

$$dT = \mu \frac{\partial v_\varphi}{\partial z} \Big|_{z=0} 2\pi r dr. \quad (10)$$

Використовуючи результати розв'язання задачі Кармана-Кохрена [4], азимутальний компонент швидкості в осьовому зазорі запишеться у вигляді:

$$v_{\varphi} = \omega r G(\varepsilon), \quad (11)$$

де G – безрозмірна азимутальна складова швидкості.
Безрозмірна осьова координата знаходиться за виразом:

$$\varepsilon = z \sqrt{\frac{\omega}{v}}. \quad (12)$$

Перетворимо вираз (10) до вигляду:

$$dT = \mu \frac{\partial v_{\varphi}}{\partial \varepsilon} \cdot \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} 2\pi r dr. \quad (13)$$

Продиференціювавши вираз (12) по z , а вираз (11) по ε і підставивши в (13), враховуючи, що $\mu = v\rho$, отримуємо:

$$\partial T = 2\pi\omega^{3/2}v^{1/2}\rho r^2 G \Big|_{\varepsilon=0} \partial r. \quad (14)$$

Використовуючи формулу (5), отримуємо момент сил опору в осьовому зазорі:

$$M = \int_{R_3}^{R_2} 2\pi\omega^{3/2}v^{1/2}\rho r^2 G \partial r \Big|_{\varepsilon=0}, \quad (15)$$

де R_3 – конструктивний радіус, м.

Величина похідної безрозмірного азимутального компонента швидкості на непроникному обертовому диску визначена аналітично [2,3] $G|_{\varepsilon=0} = 0,616$.

Обчисливши інтеграл (15), підставимо його і значення G у вираз, аналогічний (6), і після перетворень отримаємо залежність для визначення втрат потужності в осьовому зазорі:

$$N_{T2} = 0,308\pi\omega^{5/2}v^{1/2}\rho(R_2^4 - R_3^4). \quad (16)$$

Остання складова рівняння (1) фактично характеризує механічний ККД роторного апарата. Аналізуючи існуючі конструкції, втрати енергії в механізмі апарата можна орієнтовно визначити як:

$$N_M = (0,05 - 0,07) (N_k + N_{T1} + N_{T2}). \quad (17)$$

Результати досліджень. Отримані залежності (3), (9), (16) містять мінімальну кількість конструктивних і режимних параметрів роторного апарата. Причому, Q , v , ρ задаються технічним завданням на конкретний ХТП. В існуючих конструкціях $R_2 = 0,07 - 0,15$ м. Радіальний зазор приймають мінімально можливим, його величина залежить від технічних можливостей виробника. Звичайне значення $\delta \approx 0,1$ мм. Критерій Рейнольдса для течії в зазорі можна прийняти $Re \approx 10^6$. Частота обертання ротора приймається рівною частоті обертання наявного стандартного електродвигуна змінного струму: $\omega = 100, 150, 300$ с⁻¹. Висота ротора в сучасних конструкціях дорівнює $H_{p1} = 0,02 - 0,04$ м.

Висновки

Пропоновану методику розрахунку енерговитрат рекомендується використовувати на стадії технічного проектування апаратного оформлення

ХТП. Це дозволяє визначити питомі витрати потужності роторного апарата і визначити ефективність його застосування в порівнянні з іншим обладнанням, яке використовується для проведення конкретного процесу.

Список літератури

1. Волк А.М. Течение вязкой жидкости в пространстве между движущимися проницаемыми поверхностями / А.М. Волк // Инженерно-физический журнал. – 1993. – Т. 65, № 2. – С. 152 – 158.
2. Червяков В.М. Нестационарное течение жидкости в зазоре между ротором и статором / В.М. Червяков, В.И. Галаев, А.А. Коптев // Вестник ТГТУ. – 2003. – Т. 9, № 4. – С. 649 – 652.
3. Червяков В.М. Основы теории расчета деталей роторного аппарата: учебн. пособ. / В.М. Червяков, Ю.В. Воробьев. – Тамбов: Тамбовский гос.ун-т, 2008. – С. 31–34.
4. Червяков В.М. Течение ньютоновской жидкости в зазоре между коническими проницаемыми поверхностями / В.М. Червяков, А.А. Коптев // Инженерно-физический журнал. – 2006. – Т. 79, № 2. – С. 92 –98.

Приведена методика расчета энергозатрат в роторно - пульсационном аппарате.

Энергия, роторно-пульсационный аппарат, энергозатраты.

The design procedure of energy efficiency in rotary - pulsating apparatus. Energy, rotary pulsation devic, energy consumption.

УДК 536.24

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У СЕЗОННОМУ АКУМУЛЯТОРІ ТЕПЛОТИ

***В. Г. Горобець, доктор технічних наук
Є. О. Антипов, аспірант****

Розроблено конструкцію та проведено чисельне моделювання теплопереносу в сезонному акумуляторі теплоти, що працює на фазових перетвореннях теплоакуючого матеріалу. Моделювання виконано з використанням програмного продукту COMSOL Multiphysics 4.0. В результаті моделювання отримано температурні поля в системі трубний пучок – теплоакуючий матеріал, який використовується для сезонного накопичення теплоти від зовнішніх теплових джерел. Вивчено динаміку накопичення та витрат теплової енергії в досліджуваному об'єкті.

Акумулятор теплоти, теплоакуючий матеріал, теплообмінні процеси, фазовий перехід, зарядка та розрядка акумулятора.

* Науковий керівник – доктор технічних наук В.Г. Горобець

© В.Г. Горобець, Є.О. Антипов, 2012