

Означення 3. Квантовим нечітким гіперграфом другого роду $q_{II}fG(V, E, q_{II}fV, q_{II}fE)$ називається сукупність – не порожньої множини V (множини вершин), множини E довільних підмножин множини V (множини гіперребер), $q_{II}fV$ унарного квантового нечіткого відношення другого роду на множині V (індикаторна функція $I_{q_{II}fV}$, якого задає квантові нечіткі мітки на множині вершин V), $q_{II}fE$ бінарного квантового нечіткого відношення другого роду на множині E (індикаторна функція $I_{q_{II}fE}$, якого задає квантові нечіткі мітки на множині E).

Поряд з введеними поняттями слушним є базуючись на них ввести означення наступних важливих понять, які можуть слугувати моделями для зберігання певного типу нечітких графів у $q_{II}f$ -системах.

Означення 4. Квантовим нечітким графом другого роду із петлями називається квантовий нечіткий граф другого роду, який містить ребра, що з'єднують вершину саму з собою.

Означення 5. Квантовим нечітким мультиграфом другого роду називається квантовий нечіткий граф другого роду, який містить більш ніж одне ребро між двома вершинами.

Означення 6. Квантовим нечітким псевдографом другого роду називається квантовий нечіткий граф другого роду, який є одночасно квантовим нечітким графом другого роду із петлями та квантовим нечітким мультиграфом другого роду.

Висновки. Вперше введено математичний інструментарій у вигляді квантових нечітких графів другого роду, що дають змогу моделювати представлення графів з нечіткими мітками у $q_{II}f$ -системах.

Література

1. Пастух О.А. Квантові нечіткі множини з комплексно значною характеристичною функцією і їх використання для квантового комп'ютера / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – Т.1, № 2. – С. 158-161.
2. Пастух О.А. Квантова нечітка випадкова подія та її маргінальна амплітуда ймовірності / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – № 5. – С. 58-60.
3. Пастух О.А. Повний біунарний уніод квантових нечітких булевих підмножин на просторі $[0; \infty)$ / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 1. – С. 196-198.
4. Пастух О.А. Основи зв'язку між математичними формалізмами інформаційних систем, нечітких інформаційних систем та квантових інформаційних систем / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 3. – С. 87-98.
5. Ожигов Ю.И. Квантовые вычисления : учебн.-метод. пособ. / Ю.И. Ожигов. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – 104 с.
6. Китаев А. Классические и квантовые вычисления / А. Китаев, А. Шень, М. Вялый. – М. : Изд-во МПНМО, ЧеРо, 1999. – 192 с.
7. Нейман И. Математические основы квантовой механики / И. Нейман // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. – 2001. – Т.2, № 1. – С. 38-42.

УДК 674.05.055 *Аспір. Р.Р. Климаш; проф. В.В. Шостак, д-р техн. наук – НЛТУ України, м. Львів; викл. А.В. Ляшеник, канд. техн. наук – Коломийський політехнічний коледж*

АНАЛІТИЧНИЙ ОПИС ПАРАЛЕЛЬНОЇ РОБОТИ ВЕНТИЛЯТОРІВ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ АСПІРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДЕРЕВООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ

Запропоновано залежності для визначення основних параметрів одночасної роботи за довільної кількості вентиляторів. Встановлено, що зміна кількості одночасно

працюючого обладнання, а отже, й кількості одночасно увімкнених вентиляторів, призводить до зміни параметрів роботи кожного вентилятора та системи загалом. На етапі проектування виникає потреба визначення параметрів роботи окремого вентилятора у разі одночасної роботи довільної кількості вентиляторів і відповідно сумарної продуктивності системи. Розроблено аналітичні закономірності зміни параметрів у роботі системи та виведено зручні рівняння для їхнього розрахунку.

Post-graduate R.R. Klymash; prof. V.V. Shostak – NUFWT of Ukraine, L'viv; lecturer A.V. Liashenyk – Kolomiya polytechnic college

Analytical description of parallel work of ventilators of decentralizing aspiration system for woodworking machine-tools

Dependences are offered for determination of basic parameters of work ventilators at their arbitrary amount simultaneously of workings. It is set that change of amount of simultaneously working equipment, and consequently, and amounts of the simultaneously included ventilators, causes the change of parameters of work of every ventilator and system on the whole. On the stage of planning there is a necessity of determination of parameters of work of separate ventilator in the case of simultaneous work of arbitrary amount of ventilators and accordingly total productivity of the system. Analytical conformities to law of change of parameters are developed in-process system and comfortable equalizations are shown out for their calculation.

Робота децентралізованої аспіраційної системи (ДАС) охоплює паралельну роботу кількох вентиляторів на спільну мережу, де кожен верстат обслуговує певну одиницю технологічного обладнання. Відомо, що коефіцієнт завантаження обладнання в технологічному процесі змінюється в межах $K_z=0,38\dots 0,78$ [1, 2]. Якщо змінити кількість одночасно працюючого обладнання, а отже, й кількість одночасно увімкнених вентиляторів, змінюються параметри роботи кожного вентилятора та параметри роботи системи загалом. На етапі проектування потрібно визначити параметри роботи окремого вентилятора у разі одночасної роботи довільної кількості вентиляторів та відповідно сумарну продуктивність системи. Тому виникла потреба описати аналітично закономірності зміни параметрів в роботі системи та вивести зручні рівняння для їхнього розрахунку.

Розглянемо паралельну роботу довільної кількості вентиляторів на спільну мережу (рис. 1). Крива I – аеродинамічна характеристика вентилятора. Побудуємо сумарну характеристику двох вентиляторів (крива II) та сумарну характеристику Z-тої кількості вентиляторів (крива III), а також аеродинамічну характеристику спільної мережі (крива IV). Точки перетину характеристики мережі із характеристиками вентилятора відповідно будуть робочими точками одного працюючого вентилятора, двох вентиляторів та Z-тої кількості вентиляторів (т. А, В, С).

Характеристика більшості відцентрових вентиляторів становить криву, близьку до параболи [1]. Внаслідок цього можна апроксимувати ділянку кривої (характеристики) відповідній швидкості обертання вентилятора n_0 рівнянням виду:

$$P = a_1 Q_1^2 + b Q_1 + c_1 \quad (1)$$

Запишемо рівняння сумарної аеродинамічної характеристики для Z-тої кількості вентиляторів. Виходячи з правила сумування аеродинамічних характеристик, рівняння матиме вигляд:

$$P = a_z Q_z^2 + b Q_z + c_1 \quad (2)$$

де Z – кількість одночасно ввімкнених вентиляторів, шт.; Q_z – сумарна продуктивність Z -тої кількості вентиляторів, м³/год

$$Q_z = Z \cdot Q_1$$

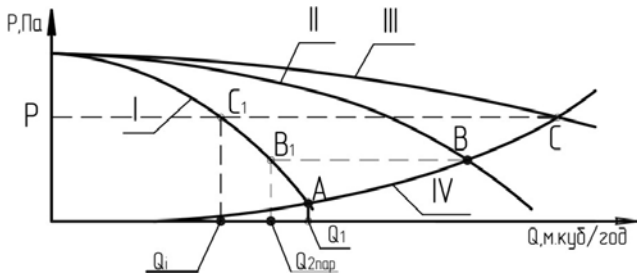


Рис. 1. Сумарна аеродинамічна характеристика для довільної кількості вентиляторів

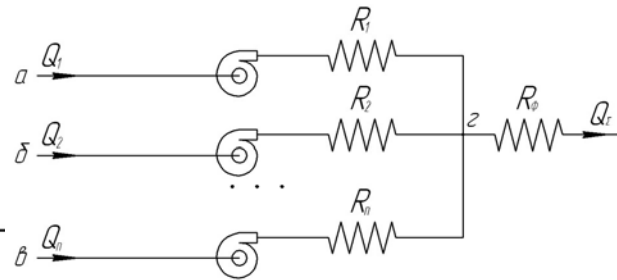


Рис. 2. Принципова схема паралельної роботи ДАСЗ АВ

Втрати тиску, які повинен компенсувати вентилятор, рівні сумі втрат тиску в індивідуальній мережі (трубопроводі) і втрат тиску в спільній мережі фільтрувальної станції):

$$P_m = P_1 + P_2$$

де P_1 , P_2 – втрати тиску, відповідно, в індивідуальній та спільній мережі, Па.

Оскільки розглядаються наведені характеристики вентилятора до т.г (рис. 2), то втратами тиску в індивідуальній мережі для спрощення знехтуємо. Оскільки в ДАСЗ АВ спільною мережею є фільтрувальна станція, то визначимо її аеродинамічну характеристику за допомогою рівняння Пейсахова [3]:

$$\Delta P = \frac{B \cdot t \cdot Q^2}{(\pi \cdot d_\phi \cdot h_\phi \cdot m_\phi)^2} + \frac{A \cdot Q}{\pi \cdot d_\phi \cdot h_\phi \cdot m_\phi}, \quad (3)$$

де A і B коефіцієнти, що залежать від параметрів пилоповітряної суміші та якості фільтрувальної тканини, і визначаємо:

$$A = \frac{0,475 \mu (1 - \varepsilon_n)^2}{d_m^{1,77} \varepsilon_n^3 \varepsilon_T^{3,24}}; \quad B = \frac{817 \mu Z_1 (1 - \varepsilon_n) Z_1}{d_m \varepsilon_n^3 \rho_n}$$

де μ – динамічний коефіцієнт в'язкості повітря, Нс/м²; ε_n – пористість шару пилу; ε_T – пористість тканини; d_n – середня величина частинок пилу, м; ρ_n – густина пилу, кг/м³; Z_1 – початкова запиленість повітря, кг/м³; t – час фільтрації, год; m_ϕ – кількість рукавних фільтрів, шт.; d_ϕ – діаметр рукавного фільтра, м; h_ϕ – висота рукавного фільтра, м.

$$\text{Прийmemo, що } M = \frac{B \cdot t}{(\pi \cdot d_\phi \cdot h_\phi \cdot m_\phi)^2}, \quad N = \frac{A}{\pi \cdot d_\phi \cdot h_\phi \cdot m_\phi},$$

тоді аеродинамічну характеристику мережі представимо у вигляді:

$$P_2 = M Q_z^2 + N Q_z \quad (4)$$

Точка, що характеризує режим спільної роботи Z -тої кількості вентиляторів на спільну мережу, є в місці перетину сумарної аеродинамічної характеристики Z -тої кількості вентиляторів та аеродинамічної характеристики ме-

режі (рис. 1, т. С). Оскільки загальні втрати тиску в мережі повинні компенсуватись тиском, що створюється вентиляторами, то ці тиски повинні бути рівними. Прирівнявши праві частини рівняння (2) і рівняння (4) отримаємо:

$$\begin{aligned} MQ_z^2 + NQ_z &= a_z Q_z^2 + b_z Q_z + c_1 \text{ або} \\ (M - a_z) Q_z^2 + (N - b_z) Q_z - c_1 &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Сумарну продуктивність Z -тої кількості вентиляторів можна визначити:

$$Q_z = \frac{-(N - b_z) \pm \sqrt{(N - b_z)^2 + 4 \cdot (M - a_z) \cdot c_1}}{2 \cdot (M - a_z)} \quad (6)$$

Відповідно продуктивність одного вентилятора для Z -тої кількості працівників визначимо:

$$Q_1' \Big|_{i=z} = \frac{-(N - b_z) \pm \sqrt{(N - b_z)^2 + 4 \cdot (M - a_z) \cdot c_1}}{2 \cdot (M - a_z) \cdot Z} \quad (7)$$

Продуктивність Q_1' відповідатиме продуктивності роботи одного вентилятора за Z -тої кількості паралельно працюючих вентиляторів (т. С₁) (рис. 1). Визначимо коефіцієнти a_z, b_z для будь-якого значення Z . Оскільки значення функції рівнянь (1) і (2) однакові, то прирівнявши їх праві частини, отримаємо

$$\begin{aligned} a_1 Q_1^2 + b Q_1 + c_1 &= a_z Q_z^2 + b Q_z + c_1, \\ \text{або} \quad a_1 Q_1^2 + b Q_1 + c_1 &= a_z \cdot Z^2 \cdot Q_1^2 + b \cdot Z \cdot Q_1 + c_1. \\ \text{Звідси} \quad (a_1 - a_z \cdot Z^2) Q_1^2 + (b - b_z \cdot Z) Q_1 &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

З рівняння можна зробити висновок, що вираз дорівнює нулю, коли кожен доданок дорівнює нулю. Відповідно

$$(a_1 - a_z \cdot Z^2) = 0, \quad (b - b_z \cdot Z) = 0,$$

$$\text{Звідси} \quad a_z = \frac{a_1}{Z^2}, \quad b_z = \frac{b_1}{Z}.$$

Підставивши значення a_z, b_z в рівняння (7), отримаємо

$$Q_1' \Big|_{i=z} = \frac{-\left(N - \frac{b_1}{Z}\right) \pm \sqrt{\left(N - \frac{b_1}{Z}\right)^2 + 4 \cdot \left(M - \frac{a_1}{Z^2}\right) \cdot c_1}}{2 \cdot \left(M - \frac{a_1}{Z^2}\right) \cdot Z}, \quad (9)$$

де $Q_1' \Big|_{i=z}$ – продуктивність окремого вентилятора за їх Z -тої кількості одночасно ввімкнених.

Підставивши значення $Q_1' \Big|_{i=z}$ в рівняння (1), отримаємо залежність значення тиску, що створює вентилятор за Z -тої кількості одночасно ввімкнених вентиляторів:

$$R_1' \Big|_{i=z} = a_1 \left(Q_1' \Big|_{i=z}\right)^2 + b_1 \left(Q_1' \Big|_{i=z}\right) + c_1 \quad (10)$$

Відповідно, їхню сумарну характеристику, продуктивність системи визначатимемо:

$$Q_z' = Z \cdot Q_1' \Big|_{i=z} \quad (11)$$

Таким чином, визначивши коефіцієнти характеристики будь-якого вентилятора та коефіцієнти аеродинамічної характеристики мережі, за допомогою рівняння (9), (10) і (11) можна визначити параметри роботи окремого вентилятора залежно від їх кількості одночасно увімкнених, а також визначити загальну продуктивність системи.

Застосуємо залежності (9), (10) і (11) для визначення параметрів паралельної роботи п'яти вентиляторів ВРП №3,15; №4,0; №5; №6,3 на спільну мережу (фільтрувальну станцію). Апроксимувавши аеродинамічну характеристику вентиляторів, отримаємо коефіцієнти для рівняння (3) (табл. 1). Коефіцієнти рівняння мережі можна визначити, задавши параметри пилоповітряної суміші та параметри фільтрувальної тканини в рівнянні (4).

Задавши параметри, отримаємо коефіцієнти для рівняння (3): $M=0,00003$; $N=0,0005$. Підставимо коефіцієнти в рівняння (9) і (10), отримаємо параметри продуктивності та втрат тиску залежно від кількості одночасно увімкненого обладнання (табл. 2).

Табл. 1. Коефіцієнти аеродинамічних характеристик вентиляторів

Типорозмір вентилятора	Коефіцієнти		
	a	b	c
ВРП №3,15	-0,00004	-0,283	1951,8
ВРП №4,0	-0,00003	0,0362	2546,9
ВРП №5,0	0,000002	-0,1123	2106
ВРП №6,3	-0,000007	-0,0447	1073,7

На основі значень із табл. 2 побудуємо залежності (рис. 3, 4). Як бачимо, зі збільшенням кількості увімкнених вентиляторів продуктивність окремого вентилятора зменшується (рис. 3), що характерно для всіх типорозмірів вентиляторів. Відповідно, зі збільшенням кількості увімкнених вентиляторів тиск в системі збільшується (рис. 4).

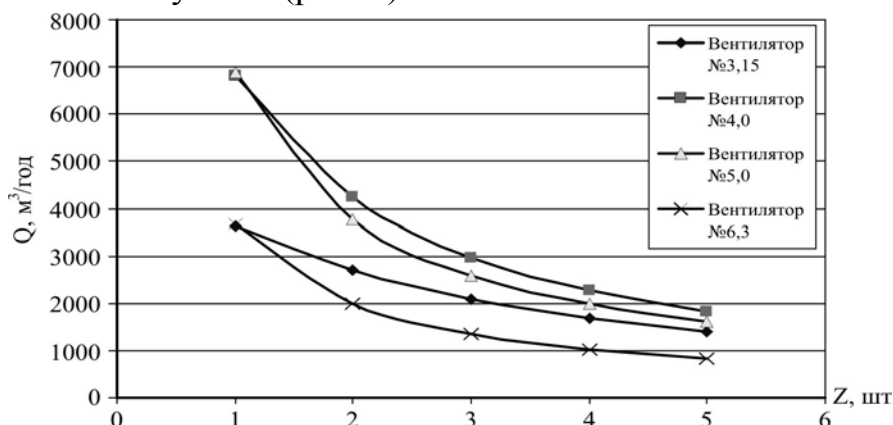


Рис. 3. Залежність продуктивності вентилятора від кількості увімкненого обладнання

Табл. 2. Залежності параметрів вентиляторів від їх кількості

Типорозмір вентилятора	К-сть одночасно працюючого обладнання, Z, шт	Продуктивність кожного вентилятора, $Q_1' \Big _{i=z}$, м ³ /год	Тиск, що створює кожен вентилятор, $P_1' \Big _{i=z}$, Па	Сумарна продуктивність системи, Q_z' , м ³ /год
ВРП №3,15	1	3224	623	3224
	2	2182	1143	4365
	3	1606	1393	4820
	4	1262	1530	5050
	5	1037	1615	5188
ВРП №4,0	1	6820	1399	6820
	2	4240	2161	8479
	3	2972	2389	8916
	4	2268	2475	9074
	5	1829	2513	9144
ВРП №5,0	1	6889	1427	6889
	2	3772	1711	7543
	3	2599	1828	7797
	4	1983	1891	7931
	5	1603	1931	8015
ВРП №6,3	1	3682	814	3682
	2	1996	1228	3991
	3	1360	1493	4081
	4	1030	1618	4122
	5	829	1690	4145

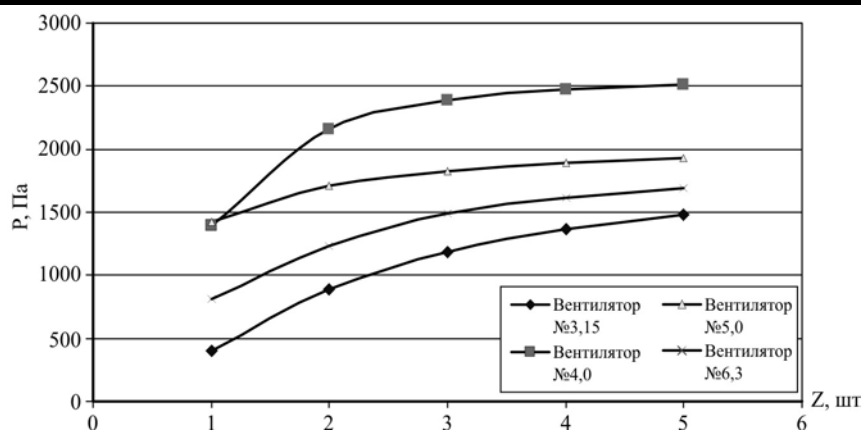


Рис. 4. Залежність тиску, що створює вентилятор, від кількості увімкненого обладнання

На основі залежностей (9), (10) і (11) можна визначати параметри роботи окремого вентилятора за одночасної роботи будь-якої кількості, а також загальну продуктивність системи.

Література

1. Ларионов В.А. Регулируемые системы аспирации в деревообрабатывающей промышленности / В.А. Ларионов, В.П. Созинов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1989. – 240 с.
2. Козориз Г.Ф. Исследование цеховой универсальной пневмотранспортной системы с плавно регулируемой производительностью для деревообрабатывающих производств : дис.... канд. техн. наук: спец. 05.06.02. – Львів : Изд-во ЛЛТУ, 1973. – 206 с.
3. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. – М. : Изд-во "Металлургия", 1990. – 396 с.