

Як видно, тут обґрунтовано основні параметри експериментальної установки для дослідження відкритої намотувальної системи з комбінованим компенсатором.

1. Парнес М.Г. *Расчет и конструирование намоточных станков.* – М., 1975. 2. Скороходов Е.А., Билибин К.И. *Механизация и автоматизация производства обмоток электроэлементов.* – М., 1978. 3. Мазель К.Б. *Трансформаторы электропитания.* – М., 1982. 4. Анурьев В.И. *Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т.* – М., 1979.

УДК 681.121

Т.В. Валько

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра приладів точної механіки

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФІЛЮ ШВИДКОСТЕЙ У МЕРЕЖАХ ВОДОПРОВІДІВ З ПЕРЕРВНОЮ ПОДАЧЕЮ ВОДИ

© Валько Т.В., 2001

Розроблена дискретна модель системи, яка дозволяє числово побудувати профілі швидкостей водяних та повітряних стовпів у мережах водопроводів з перервною подачею води.

The system discrete model which allows to numerically build the profiles of water and air column speeds in water-supply with noncontinuous water feed is elaborated.

Тахометричні витратоміри широко використовуються для обліку кількості різноманітних рідин. Для виміру кількості води в системах водопостачання переважно використовують тахометричні витратоміри з тангенціальною турбінкою.

У роботі [1] проаналізоване вимірювання тангенціальним тахометричним витратоміром витрат і кількості води, яку подають в мережу перервно, тобто мережа час від часу заповнюється повітрям. При поновленні подачі води вона витісняє наявний стовп повітря, який заповнив мережу водопроводу. Потік повітря проходить через первинний перетворювач витратоміра і приводить в обертовий рух турбінку, тобто наявний об'єм повітря обліковується лічильним механізмом лічильника як об'ємна витрата води.

Потік повітря, який проходить через первинний перетворювач, при певних значеннях тисків у водопроводі може призвести до встановлення швидкостей обертання елементів відлікового пристрою, близьких до критичних. У цій роботі розроблена дискретна модель водопроводу з перервною подачею води, яка дозволяє числово побудувати профілі швидкостей водяних та повітряних стовпів (рис. 1).

Рівняння руху води має вигляд

$$m_1 a_1 = F_g - F_a - F_{T1}; \quad (1)$$

$$m_2 a_2 = F_c - F_g - F_{T2}, \quad (2)$$

де a_1, a_2 – прискорення, яке отримує стовп води перед повітряною бульбашкою і після повітряної бульбашки при відновленні подачі води в мережі водопроводу відповідно; F_a – сила, яка створена атмосферним тиском; F_c – сумарна сила, яка діє з боку водяного стовпа 2

в момент відновлення подачі води в мережі водопроводу з перервною подачею води; F_g – сила, яка створена стисненою повітряною бульбашкою; F_{T1}, F_{T2} – сила тертя водяних стовпів 1, 2 відповідно; m_1, m_2 – маса води до і після повітряної бульбашки відповідно; $m = LSp$ – маса води; L – довжина водяного стовпа; ρ – густина води; $S = \frac{\pi d^2}{4}$ – площа поперечного перерізу водопроводу; d – внутрішній діаметр водопроводу.

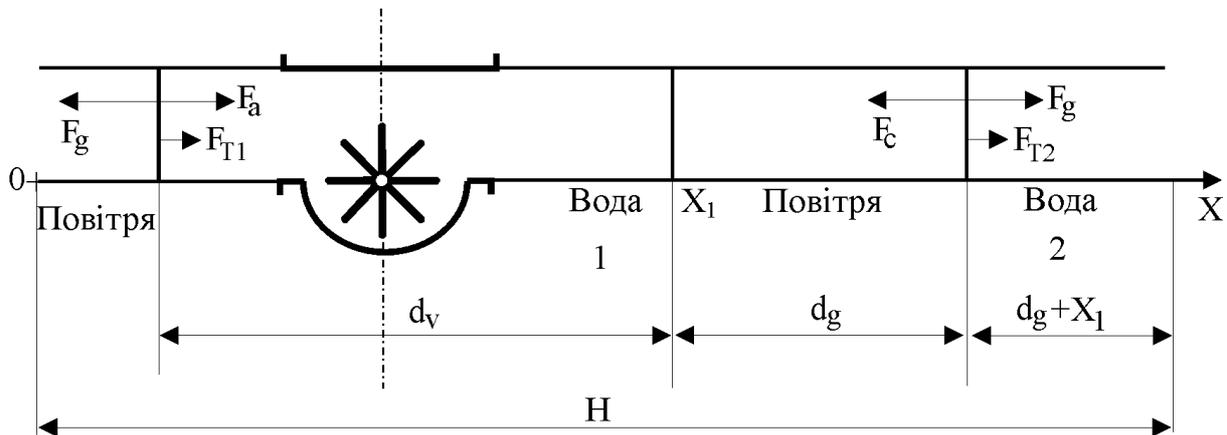


Рис. 1. Схема розміщення лічильника кількості рідини тахометричного типу в мережі водопроводу з перервною подачею води

Силою тертя повітряної бульбашки об стінки водопроводу нехтуємо.

Тоді, після перетворень і враховуючи, що $F = SP$, рівняння (1) і (2) мають вигляд

$$a_1 = \frac{P_g - P_a}{d_v \rho} - \frac{F_{T1}}{S d_v \rho}; \quad (3)$$

$$a_2 = \frac{P_c - P_g}{(H - (x_1 + d_g)) \rho} - \frac{F_{T2}}{S (H - (x_1 + d_g)) \rho}, \quad (4)$$

де P_a – атмосферний тиск; P_g – тиск, який створює стиснена повітряна бульбашка; P_c – сумарний тиск, який діє з боку водяного стовпа 2 в момент відновлення подачі води в мережі водопроводу з перервною подачею води (тиск подачі води); d_v – довжина стовпа води перед повітряною бульбашкою; d_g – довжина повітряної бульбашки; H – довжина досліджуваної ділянки водопроводу; x_1 – довжина стовпа води після повітряної бульбашки (Початок осі OX розміщуємо на виході водопроводу).

Силу тертя води об стінки водопроводу виразимо залежністю [2]

$$F_{T1} = \rho S \frac{\lambda d_v}{2d} V_1^2; \quad (5)$$

$$F_{T2} = \rho S \frac{\lambda (H - (x_1 + d_g))}{2d} V_2^2, \quad (6)$$

де λ – коефіцієнт опору; V_1, V_2 – швидкість руху води у водопроводі до і після повітряної бульбашки відповідно.

Тоді

$$a_1 = \frac{P_g - P_a}{d_v \rho} - \frac{\lambda}{2d} V_1^2; \quad (7)$$

$$a_2 = \frac{P_c - P_g}{(H - (x_1 + d_g))\rho} - \frac{\lambda}{2d} V_2^2. \quad (8)$$

Рівняння (7) і (8), з врахуванням того, що $a = \frac{dV}{dt}$, можна записати у такому вигляді:

$$\frac{dV_1}{dt} = \frac{P_g - P_a}{d_v \rho} - \frac{\lambda}{2d} V_1^2; \quad (9)$$

$$\frac{dV_2}{dt} = \frac{P_c - P_g}{(H - (x_1 + d_g))\rho} - \frac{\lambda}{2d} V_2^2. \quad (10)$$

Для числового інтегрування рівнянь (9) і (10) скористаємось різницевою схемою.

$$V_1(t+h) = V_1(t) + ha_1(t); \quad (11)$$

$$x_1(t+h) = x_1(t) - hV_1(t) - \frac{h^2}{2} a_1(t); \quad (12)$$

$$V_2(t+h) = V_1(t) + ha_2(t); \quad (13)$$

$$x_2(t+h) = x_1(t) - hV_2(t) - \frac{h^2}{2} a_2(t); \quad (14)$$

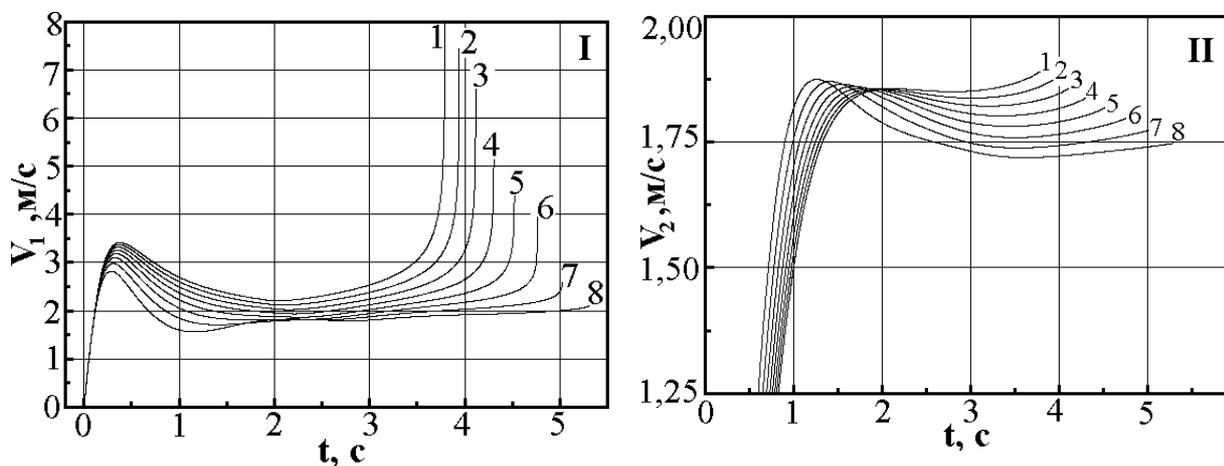
$$d_g(t+h) = x_2(t+h) - x_1(t+h); \quad (15)$$

$$P_g(t+h) = \frac{P_g(0) d_g(0)}{d_g(t+h)}. \quad (16)$$

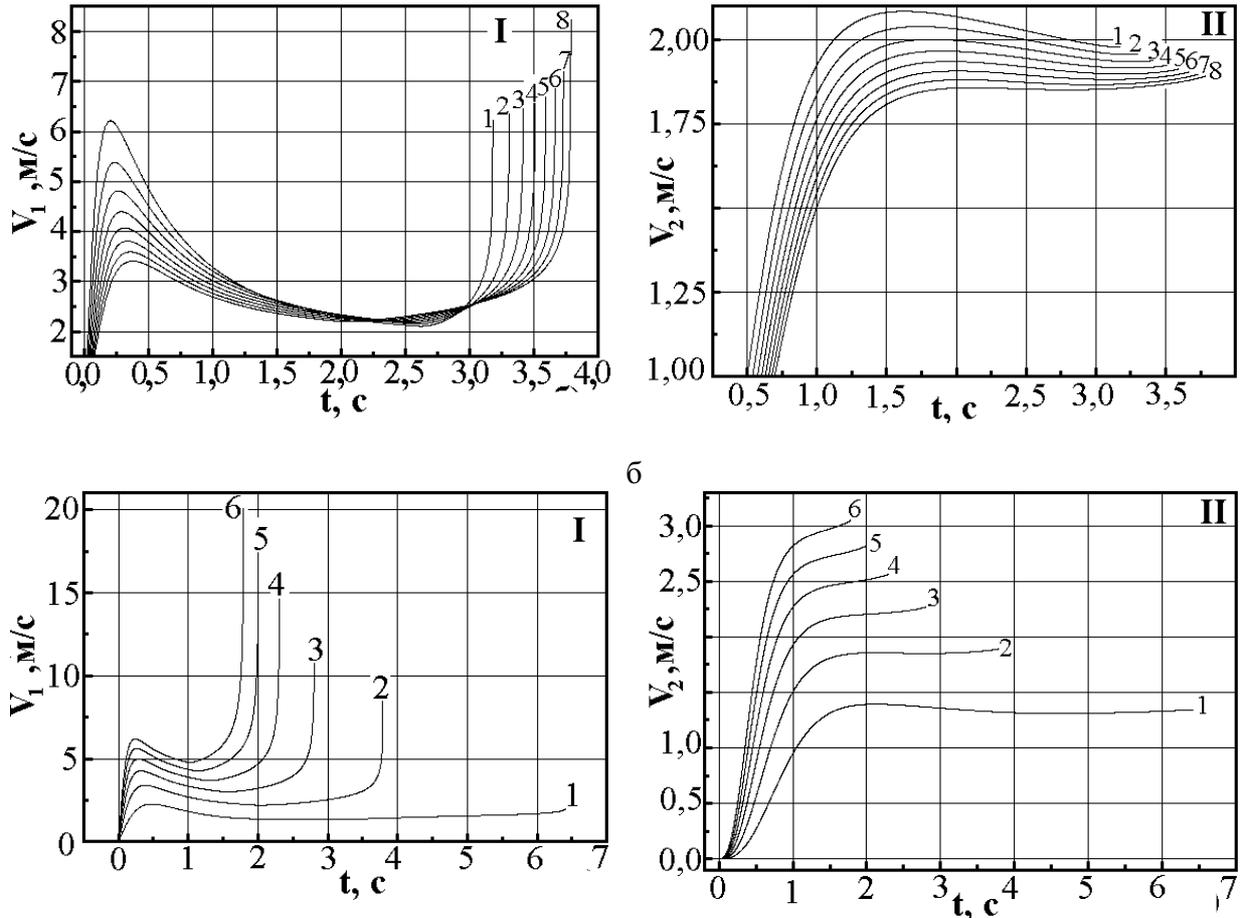
Формула (16) отримана з закону Бойля – Маріотта у припущенні про незмінність температури повітряної бульбашки. Запропонована модель розроблена на підставі припущень про нестисність водяного стовпа та пружність повітряної бульбашки, що описана рівнянням (16). Для оцінки швидкості руху повітряної бульбашки V_p можна скористатись наближеною формулою

$$V_p = \frac{V_1 + V_2}{2}. \quad (17)$$

На рис. 2 показані графіки залежності $V_1(t)$, $V_2(t)$. Моделювання проводилось до моменту контакту стовпа води 2 (рис. 1) з ротором водолічильника.



a



В

Рис. 2. Залежність швидкості руху водяних стовпів у водопроводі з перервною подачею води від:

a – довжини повітряної бульбашки:

1 – $d_g = 5\text{ м}$; 2 – $d_g = 4,5\text{ м}$; 3 – $d_g = 4\text{ м}$; 4 – $d_g = 3,5\text{ м}$; 5 – $d_g = 3\text{ м}$;

6 – $d_g = 2,5\text{ м}$; 7 – $d_g = 2\text{ м}$; 8 – $d_g = 1,5\text{ м}$; ($H = 20\text{ м}$; $d_v = 5\text{ м}$; $P = 10^5\text{ Па}$);

б – довжини водяного стовпа перед повітряною бульбашкою:

1 – $d_v = 1,5\text{ м}$; 2 – $d_v = 2\text{ м}$; 3 – $d_v = 2,5\text{ м}$; 4 – $d_v = 3\text{ м}$; 5 – $d_v = 3,5\text{ м}$;

6 – $d_v = 4\text{ м}$; 7 – $d_v = 4,5\text{ м}$; 8 – $d_v = 5\text{ м}$; ($H = 20\text{ м}$; $P = 10^5\text{ Па}$; $d_g = 5\text{ м}$);

в – тиску подачі води:

1 – $P = 0,5 \cdot 10^5\text{ Па}$; 2 – $P = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$; 3 – $P = 1,5 \cdot 10^5\text{ Па}$;

4 – $P = 2 \cdot 10^5\text{ Па}$; 5 – $P = 2,5 \cdot 10^5\text{ Па}$; 6 – $P = 3 \cdot 10^5\text{ Па}$; ($H = 20\text{ м}$; $d_v = 5\text{ м}$; $d_g = 5\text{ м}$)

I – швидкість водяного стовпа перед повітряною бульбашкою;

II – швидкість водяного стовпа після повітряної бульбашки.

Цю модель можна використовувати при дослідженні роботи лічильників кількості рідини в мережах з перервною подачею рідини.

1. Трищ Г.Г., Валько Т.В. Аналіз процесу вимірювання кількості рідини в мережах з перервною подачею рідини. // Тез. доп. 4-й Міжнар. симп. українських інженерів механіків у Львові. – Львів, 1999. 2. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. – М.; Л., 1961.