

(максимальна, середня і мінімальна молоковіддачі), який уможлиблював зміну характеристики молоковіддачі.

Удосконалений лабораторний стенд дозволяє досліджувати елементи доїльної установки, в т.ч. генератори імпульсів доїльного апарата, в автоматизованому режимі з передачею вимірювальних параметрів до комп'ютера. Дана система автоматизованого дослідження забезпечує достатню точність отриманих даних з високою дискретністю вимірювання, що відповідає стандартам що-до експериментальних досліджень і випробувань таких систем.

Список літератури

1. Dmytriv V.T., Dmytriv I.V., Yatsunskyi P.P. Experimental Pulse Generator Combined With the Milking Machine Collector // INMATEH - Agricultural Engineering, 2019. Vol. 59, No.3, pp.219-226, Bucharest/Romania; DOI: 10.35633/INMATEH-59-24

2. Dmytriv V.T., Dmytriv I.V., Horodetskyu I.M., Yatsunskyi P.P. Adaptive cyber-physical system of the milk production process // INMATEH - Agricultural Engineering, 2020. Vol. 61, No.2, pp.199-208, Bucharest/Romania; DOI: 10.35633/inmateh-61-22

УДК 681.121.4.

ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИМІРЮВАЧІВ МОЛОКОВІДДАЧІ СТОСОВНО АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ МАШИННОГО ДОЇННЯ

І. Дмитрів, к.т.н., доц., В. Дмитрів, д.т.н., проф.

(Національний університет «Львівська політехніка»)

Для вимірювання змінних витрат витратоміри повинні відповідати динамічним характеристикам, що є на два порядки вищими за динаміку зміни параметрів заданого технологічного процесу. Важливим параметром витратоміра є постійність часових характеристик для всього діапазону вимірювання. Інтенсивність молоковіддачі коливається від 0 до 6 л/хв, а динаміка процесу руху молоко-повітряної суміші змінюється протягом циклу роботи пульсатора, частота роботи якого становить 0,8...1,2 Гц. Тому визначальним параметром є стала часу, яка зумовлює динамічні характеристики витратоміра.

Динамічні характеристики теплових витратомірів залежать від їх будови і типу. Найбільш інерційні - це термоконвективні із зовнішнім розміщенням нагрівників. Порівняно малоінерційні – термоанемометри, нагрівний елемент яких розміщений всередині і має дуже малу масу m . Перехідний процес описується рівнянням

$$m \cdot c \cdot (a + b \cdot v^n)^{-1} \cdot T + T_E = I^2 \cdot R \cdot (a + b \cdot v^n)^{-1} + T_C,$$

де m, c - маса і питома теплоємність термоелемента; $(a + b \cdot v^n)$ - коефіцієнт тепловіддачі на одиницю довжини термоелемента; T_E, T_C - відповідно температури термоелемента і середовища; I, R - відповідно сила струму і опір термоелемента.

Стала часу τ_1 для даного типу вимірювачів становить:

$$\tau_1 = \frac{m \cdot c}{(a + b \cdot v^n)^{-1}} = \frac{m \cdot c}{\alpha \cdot S_E},$$

де α, S_E - відповідно коефіцієнт тепловіддачі і площа термоелемента.

Результати дослідження поплавкових і мембранних дифманометрів (рис. 1, 2) показали, що вони сильно перезаспокоєні. Низька стала часу ($\tau_1 = 0,12$ с) у мембранного дифманометра типу ДМ-1, який має дві мембрани і низку отворів для перетікання рідини. У дифманометрів типу ДМ, що мають дві мембрани з одним перетічним каналом, $\tau_1 = 1,065$ с. Швидкодія поплавкових дифманометрів особливо залежить від перепаду тиску Δp .

Досліджувались динамічні характеристики ротаметрів РС-5 з поплавками однакової форми. Були одержані експериментальні криві перехідних процесів для молоко-повітряного пульсуючого потоку при поплавках з масою 2,3; 9; 15,8 і 23,5 грам (рис. 3). Незначно відхиляються результати дослідження ротаметрів для інших видів і характеристик потоків. При збільшенні ваги поплавків стала часу τ_1 змінювалась від 3 с до 0,8 с.

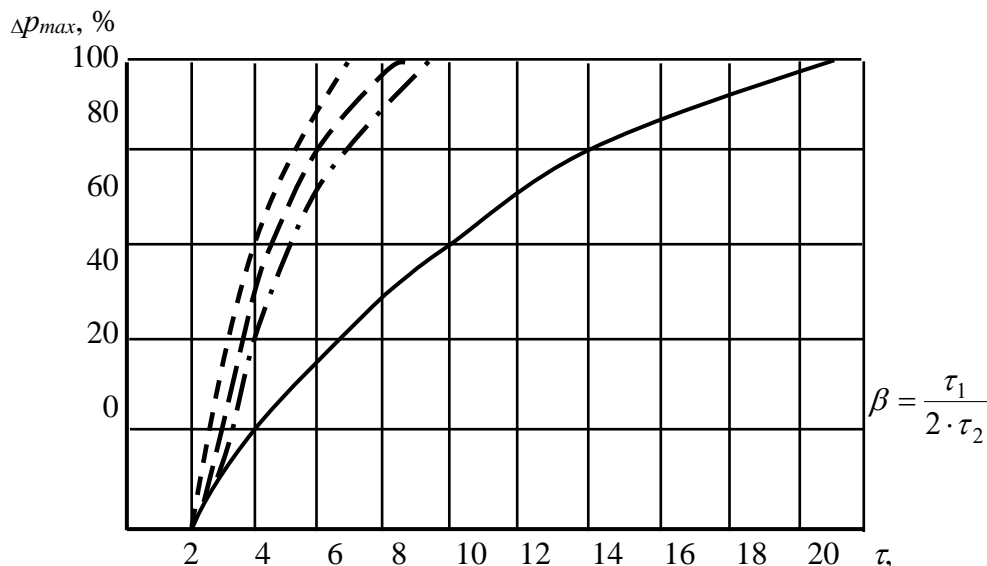


Рисунок 1 - Перехідний процес поплавкових дифманометрів:

- - - - $\Delta p_{max} = 1000$ мм рт. ст., $d_T = 9$ мм, $\tau_1 = 2$ с, $\tau_2 = 0,7$ с, $\beta = 1,4$;
- - - - $\Delta p_{max} = 1000$ мм рт. ст., $d_T = 6$ мм, $\tau_1 = 3,1$ с, $\tau_2 = 0,96$ с, $\beta = 1,6$;
- · - · $\Delta p_{max} = 63$ мм рт. ст., $d_T = 9$ мм, $\tau_1 = 3,4$ с, $\tau_2 = 1,1$ с, $\beta = 1,5$;
- · - · $\Delta p_{max} = 63$ мм рт. ст., $d_T = 6$ мм, $\tau_1 = 8,5$ с, $\tau_2 = 2,1$ с, $\beta = 2,0$;

Перехідний процес тангенціальної турбінки з діаметром 18 мм свідчить, що для доїльного апарата її використання неможливе. Для неппульсуючих однорідних потоків використання турбінних витратомірів для вимірювання кількості рідин і газів є достатньо ефективним. Перехідний процес у турбінному витратомірі при зменшенні витрати відмінний від перехідного процесу при її розгоні і залежить від режиму потоку пограничного шару. В перехідному режимі гальмування збільшується стала часу. При вимірюванні пульсуючих витрат створюється похибка з додатним знаком внаслідок зростання τ_1 та витрати.

Досліджували тангенціальну турбінку при роботі доїльного апарата з пульсацією повітряного потоку від 0,5 Гц до 1,3 Гц (рис. 4). Похибка на частоті 0,8 Гц становила 5 %. Дослідження тангенціальної турбінки з молокоповітряною сумішшю виявили похибку вимірювання 14 % і більше.

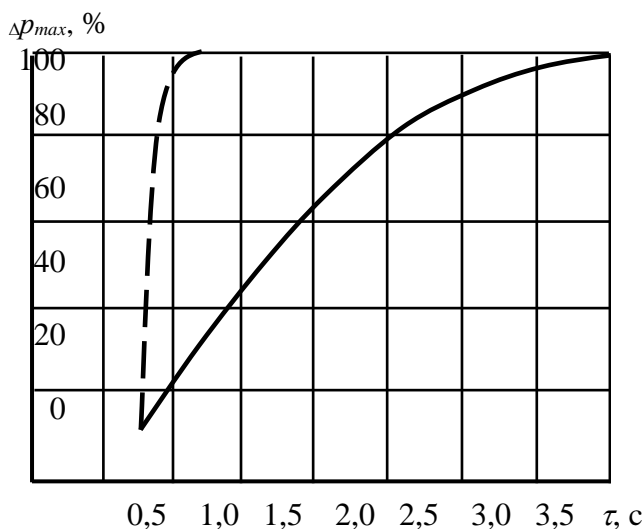


Рисунок 2 - Перехідний процес мембранний дифманометрів ($\Delta p_{max} = 2500$ мм. рт. ст.):

--- - ДМ-1; $\tau_1 = 0,12$ с, $\tau_2 = 0,4$ с, $\beta = 1,5$;
 ——— - ДМ; $\tau_1 = 1,65$ с, $\tau_2 = 0,61$ с, $\beta = 1,4$.

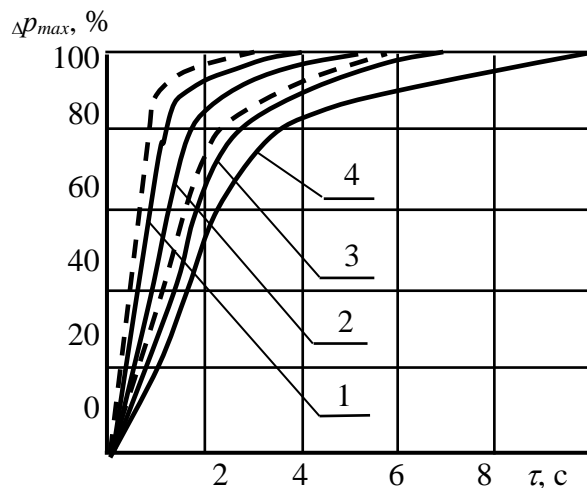


Рисунок 3 - Перехідний процес ротаметра РС-5 з вагою поплавків, грам: 1 – 23,5; 2 – 15,8; 3 – 9; 4 – 2,3:

———— - експериментальні дані;
 - - - - - розрахункові дані.

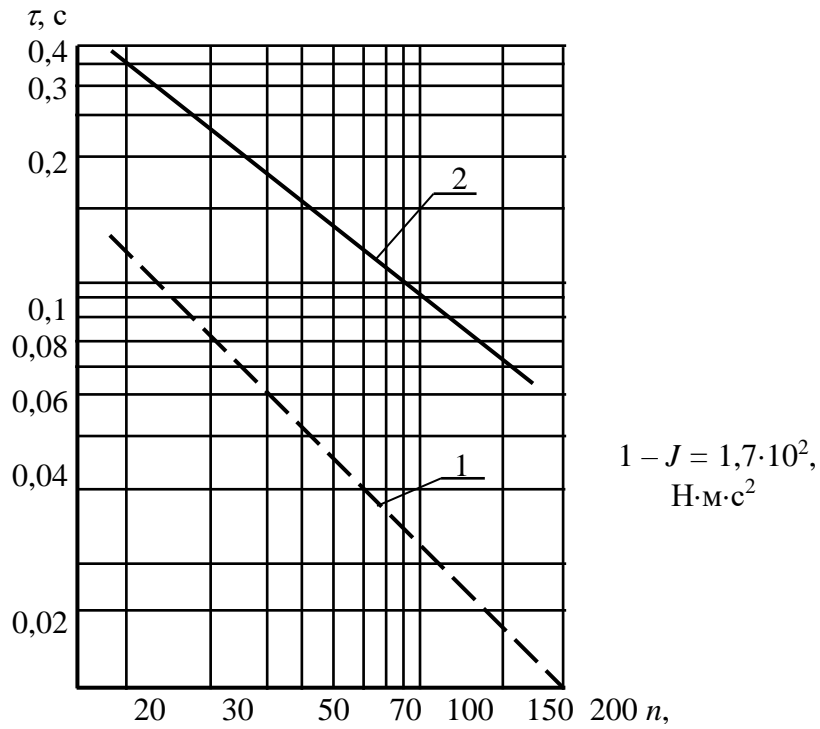


Рисунок 4 - Залежність сталої часу τ_1 від частоти обертання для тангенціальної турбінки при різних моментах інерції J

Проведено дослідження термоанемометричного витратоміра інтенсивності молоковіддачі. За експериментальними даними модельовано сталу часу τ_1 як функцію інтенсивності молоковіддачі q (рис.5).

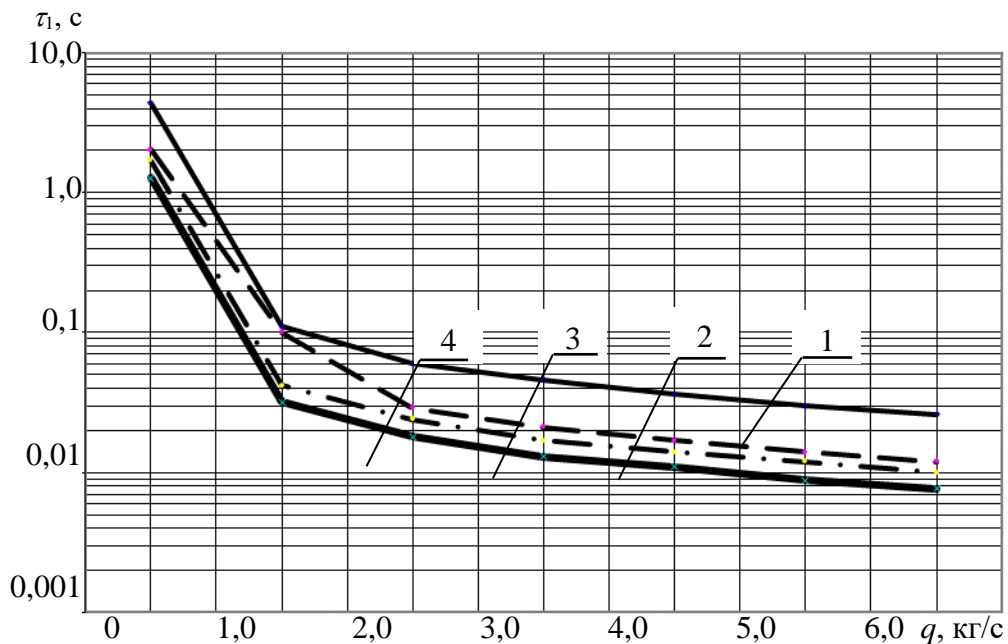


Рисунок 5 - Залежність сталої часу τ_1 від інтенсивності молоковіддачі q для термоанемометричного витратоміра: 1) $t_k = 303 \text{ K}$, $d = 14 \text{ мм}$; 2) $t_k = 323 \text{ K}$, $d = 14 \text{ мм}$; 3) $t_k = 353 \text{ K}$, $d = 14 \text{ мм}$; 4) $t_k = 353 \text{ K}$, $d = 12 \text{ мм}$

Із збільшенням інтенсивності молоковіддачі коефіцієнт тепловіддачі росте, відповідно стала часу зменшується.

Аналіз перехідних процесів теплових витратомірів показав, що стала часу значно залежать від коефіцієнта тепловіддачі α , який пропорційний v^n або Q^n , де v і Q – відповідно швидкість і об'ємна витрата.

Для турбулентних потоків показник степеня $n = 0,8$, за $Re < 5 \cdot 10^4$ показник n зменшується до $0,4 \dots 0,5$ і нижче за ламінарного режиму руху вимірюваного середовища. Відносна похибка за пульсуючих потоків тепловими вимірювачами термоанемометричного типу незначна і не перевищує 3 %, а при турбулентному режимі ($n=0,8$) відносна похибка незначна і наближається до «нуля».

Найбільш придатним для вимірювання теплової витрати адаптивної системи машинного доїння є метод з використанням первинного перетворювача термоанемометричного типу. Цей спосіб відповідає вимогам щодо характеру руху молочно-повітряної суміші в молочному шлангу. Стала часу перетворення є в межах $0,03 \dots 0,007$ с за частот пульсації потоку 1 Гц ± 5 % .

Список літератури

1. Dmytriv V. Model of forced turbulence for pulsing flow // *Diagnostyka*. 2020. Vol. 21(1). Pp. 89-96. DOI: 10.29354/diag/118651
2. Dmytriv V., Dmytriv I., Horodetskyu I., Dmytriv T. Analytical Dynamic Model of Coefficient of Friction of Air Pipeline Under Pressure // *Diagnostyka*. 2019. Vol. 20(4). Pp. 89-94. DOI: 10.29354/diag/114334
3. Dmytriv V., Dmytriv I., Dmytriv T. Research in thermo-anemometric measuring device of pulse flow of two-phase medium. *17th International Scientific Conference: ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT*. Jelgava, Latvia, University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering. Proceedings, Vol. 17, May 23-25, 2018. Pp. 898-904. DOI:10.22616/ERDev2018.17.N200
4. Dmytriv V., Stotsko Z., Lanet O., Dmytriv I. Method of experimental investigation of the friction facility pneumatic wires // *Industrial Process Automation in Engineering and Instrumentation: Ukrainian interdepartmental scientific and technical collection*. – 2020. – Vol. 54. – P. 26–36. DOI: <https://doi.org/10.23939/istcipa2020.54.026>
5. Дмитрів В.Т., Микийчук М.М., Дмитрів І.В., Дмитрів Т.В. Аналітична модель вимірювача термоанемометричного типу кінетичних параметрів двофазного пульсуючого потоку // *Вимірювальна техніка та метрологія: Науковий журнал*. 2019. Вип. 80, № 3. С. 46-52.
6. Дмитрів В.Т., Стоцько З.А., Дмитрів В.Т. Моделювання пограничного шару за ламінарного й турбулентного режимів руху ньютонівської рідини у гнучкому трубопроводі // *Технологічні комплекси. Науковий журнал*. 1(16), 2019. С. 73-84. DOI:10.36910/2312-0584-16-2019-008
7. Дмитрів В., Стоцько З., Ланець О., Дмитрів В. Метод експериментального дослідження коефіцієнта тертя пневмопроводів // *Український міжвідомчий науково-технічний збірник «Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні»*, 2020, Вип. 54, Львів: НУ ЛП. С. 26-36.