

Дмитрів В.Т.

Львівський національний аграрний університет
м. Дубляни, Львівська обл., Україна,
E-mail: Dmytriv_V@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ РЕГУЛЯТОРА
ВАКУУММЕТРИЧНОГО ТИСКУ З
ДЕМПФЕРНОЮ МЕМБРАНОЮ

УДК 532:533

У роботі розроблена математична модель регулятора вакуумметричного тиску гравітаційного типу з демпферною мембраною. Приведено розв'язок диференціального рівняння, що дозволяє моделювати переміщення клапана в залежності від амплітуди і частоти коливання вакуумметричного тиску, маси вантажу, діаметра клапана, демпферної мембрани і діаметра отвору дифузора в ковпаку регулятора. Наведено функцію і графік амплітуди і частоти коливань вакуумметричного тиску та результати моделювання переміщення клапана регулятора вакуумметричного тиску доїльної установки.

Ключові слова: регулятор тиску, мембрана демпферна, амплітуда коливань, вимушені коливання, сила опору, динамічна система, коефіцієнт затухання, діаметр дифузора

Вступ, постановка проблеми та завдання дослідження. Робота вакуумних систем доїльних установок в значній мірі залежить від умов функціонування вакуумних регуляторів. Одним із основних параметрів - є стабільність вакуумметричного тиску. Даний показник залежить від умов функціонування регулятора і повинен виключати можливі коливань та резонансні явища у вакуумпровідній системі при спрацюванні клапана регулятора та роботі доїльних апаратів.

Вакуумметричний тиск в процесі машинного доїння повинен відповідати технічним і технологічним параметрам системи в цілому. Це значення вакуумметричного тиску в піддійковій камері доїльного стакана – 46,5-48,5 кПа, в точці під'єднання доїльного апарата - 48-50 кПа, допустиме коливання вакуумметричного тиску - не більше 2,66 кПа.

Стабільність вакуумметричного забезпечується як конструкцією регулятора, так і його характеристиками, які формуються конструкційними параметрами самого регулятора.

Для забезпечення технологічних параметрів необхідно мати математичний апарат, що уможлиблював моделювання режимів роботи вакуумного регулятора. Тому розроблення аналітичної моделі роботи регулятора вакуумметричного тиску з демпферною мембраною є актуальними.

Аналіз стану питання. Варіанти технічного виконання вакуумних регуляторів доїльних установок різноманітні [1, 2]. Розрахунок їх зводиться до визначення маси вантажу, як статичної системи, не враховується динаміка процесу регулювання вакуумметричного тиску та демпферуюча рідина, масло, яке поглинає коливання.

Затухаючі коливання детально розглядаються в [3, 4]. При цьому не враховується наявність клапана, що складає двомасову систему.

Розглянуто модель регулятора вакуумметричного тиску гравітаційного тиску як двомасову систему на прикладі регулятора з пружиною і демпферним диском [5]. Дана математична модель врахоє наявність переміщення двох мас, клапана і вантажу, які з'єднані між собою пружиною.

Мета. Розробити математичну модель функціонування клапана регулятора вакуумметричного тиску гравітаційного типу з демпферною мембраною для доїльної установки з можливістю моделювання впливу конструкційних параметрів на технологічні режими роботи.

Результати дослідження. Структурно-функціональна схему регулятора вакуумметричного тиску з демпферною мембраною наведена на рис. 1.

Рівновага регулятора вакуумметричного тиску приведено на рис. 1,б забезпечується, коли різниця тисків, що створюється силою F_B , яка прикладена до клапана (2), та силами маси вантажу G і демпферування $F_{опр}$, рівна нулю. Жорсткість зв'язку між клапаном і вантажем можна розглядати як одномасову систему.

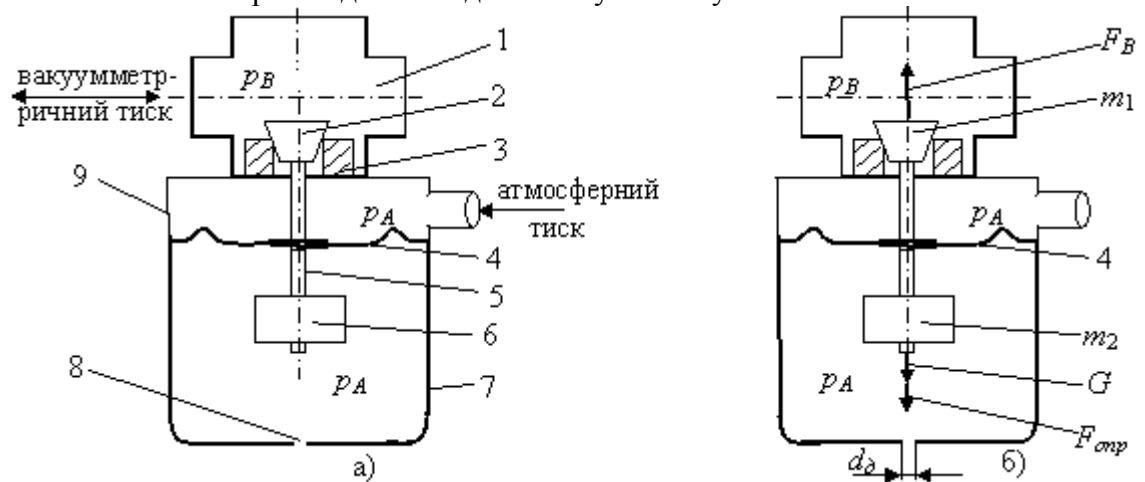


Рис. 1 - Структурно-функціональна схема регулятора вакуумметричного тиску з мембраною:
 а – структурна схема; б – схема дії сил при підніманні клапана; 1 – хрестовина вакуумпроводу; 2 – клапан; 3 – сідло клапана; 4 – демпферна мембрана; 5 – шток; 6 – вантаж; 7 – ковпак; 8 – дифузор; 9 – корпус регулятора; F_B – сила створена зміною вакуумметричного тиску; G – сила тяжіння; $F_{опр}$ – сила опору демпфірування, створена дифузором і демпферною мембраною; m_1, m_2 – відповідно маса клапана і вантажу разом із штоком і іншими рухомими елементами

Рух клапана (2) ввєрх на величину y можна описати диференціальним рівнянням

$$m \cdot \ddot{y} = \Delta p_{ВП} \cdot S_1 - m \cdot g - a \cdot \frac{dy}{dt},$$

або

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -\frac{a}{m} \cdot \frac{dy}{dt} - g + \Delta p_{ВП} \cdot \frac{S_1}{m} \cdot f(t), \quad (1)$$

де $\frac{a}{m}$ – коефіцієнт затухання, $\frac{a}{m} = \frac{128 \cdot \mu \cdot l}{\pi \cdot d_{\phi}^4} \cdot \frac{S_m^2}{m} = 2n_2$;

S_m – площа поперечного січення демпферної мембрани;

S_1 – площа поперечного січення сідла клапана, $S_1 = \pi \cdot d_{ск}^2 / 4$;

$d_{ск}$ – діаметр сідла клапана;

m – маса рухомих елементів регулятора, $m = m_1 + m_2$;

$h_1 = \Delta p_{ВП} \cdot S_1 / m$ – питома амплітуда сили вимушеного колювання клапана регулятора вакуумметричного тиску;

$f(t)$ – характеристика зміни прикладеної сили у вигляді одиничного імпульса.

Диференціальне рівняння (1) набуде вигляду:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2n_2 \cdot \frac{dy}{dt} + g = h_1 \cdot f(t), \quad (2)$$

де $f(t)$ – функція, що характеризує одиничний імпульс вакуумметричного тиску у вакуумпроводі заданої амплітуди, що враховує імовірність співпадання в часі тактів і фази індикаторної діаграми роботи пульсаторів для n_{ϕ} кількості одночасно працюючих доільних апаратів.

Функцію повторюваності амплітуди вакуумметричного тиску можна представити у вигляді ряду Фур'є [6]:

$$f_{k=20}(t) = \frac{\tau}{T} + \sum_{k=1}^{20} \left[\frac{2}{k \cdot \pi} \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right], \quad (3)$$

де τ – тривалість відкачування повітря з камер змінного вакуумметричного тиску доїльного апарата, для різних типів доїльних апаратів становить $\tau=0,112-0,15$ с.

Розв'язок диференціального рівняння (2) шукаємо у вигляді [7]:

$$y(t) = \bar{y}(t) + y_{(P1)}(t) + y_{(P2)}(t). \quad (4)$$

Диференціальне рівняння (2) з врахування функції коливань тиску (3) запишемо:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2n_2 \cdot \frac{dy}{dt} + g = \frac{h_1 \cdot \tau}{T} + \sum_1^k \left[\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right]. \quad (5)$$

Розв'язування диференціального рівняння (5) проводимо аналітично і в кінцевому приведемо до вигляду (3).

Проведемо заміну:

$$\frac{dy}{dt} = x(t), \quad \frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{dx}{dt}. \quad (6)$$

Тоді рівняння (5) з врахуванням (6) набуде вигляду:

$$\frac{dx}{dt} + 2n_2 \cdot x(t) = \frac{h_1 \cdot \tau}{T} - g + \sum_1^k \left[\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right]. \quad (7)$$

Введемо степеневу функцію експоненти **exp** у вигляді $\lambda(t) = e^{\int 2n_2 dt} = e^{2n_2 t}$ помноживши кожен член рівняння (7)

$$e^{2n_2 t} \cdot \frac{dx}{dt} + 2n_2 \cdot e^{2n_2 t} x(t) = -e^{2n_2 t} \left(-\frac{h_1 \cdot \tau}{T} + g - \sum_1^k \left[\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right] \right), \quad (8)$$

або $2n_2 \cdot e^{2n_2 t} = \frac{d(e^{2n_2 t})}{dt}$, тоді проведемо в рівнянні (8) заміну і проінтегруємо:

$$\begin{aligned} e^{2n_2 t} \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{d}{dt} (e^{2n_2 t}) x(t) &= -e^{2n_2 t} \left(-\frac{h_1 \cdot \tau}{T} + g - \sum_1^k \left[\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right] \right), \\ \int \frac{d}{dt} (e^{2n_2 t} \cdot x(t)) dt &= \int -e^{2n_2 t} \left(-\frac{h_1 \cdot \tau}{T} + g - \sum_1^k \left[\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right] \right) dt, \\ e^{2n_2 t} \cdot x(t) &= \frac{\left(e^{2n_2 t} \cdot \left[(2n_2)^2 \cdot \sum_1^k \left[\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right] + \sum_1^k \left[\left(\frac{h_1 \cdot \tau}{T} - g \right) \times \right. \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left. \times \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T} \right)^2 + (2n_2)^2 \right) \right] + \sum_1^k \left(\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \cdot \frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T} \cdot 2n_2 \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right) \right] \right)}{\sum_1^k \left(2n_2 \cdot \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T} \right)^2 + (2n_2)^2 \right) \right)} + C_1. \end{aligned} \quad (9)$$

Врахуємо, що $dy/dt = x(t)$ і проінтегрувавши рівняння (9), одержимо:

$$\begin{aligned} y(t) &= -\frac{\sum_1^k \left[\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right]}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T} \right)^2 + (2n_2)^2 \right)} + \frac{\sum_1^k \left(\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \cdot 2n_2 \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right)}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T} \right)^3 + \left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T} \right) \cdot (2n_2)^2 \right)} + \\ &\quad + \frac{\frac{h_1 \cdot \tau}{T} \cdot t - g \cdot t - C_1 \cdot e^{-2n_2 t}}{2n_2} + C_2 \end{aligned}$$

$$y(t) = \frac{h_1 \cdot \tau}{T \cdot 2n_2} \cdot t - \frac{g \cdot t}{2n_2} - \frac{\sum_1^k \left[\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right]}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^2 + (2n_2)^2 \right)} +$$

або

$$+ \frac{\sum_1^k \left(\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \cdot 2n_2 \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right)}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^3 + \left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right) \cdot (2n_2)^2 \right)} - \frac{C_1 \cdot e^{-2n_2 t}}{2n_2} + C_2 \quad (10)$$

Рівняння (10) характеризує переміщення клапана регулятора вакууму при виникненні коливань вакуумметричного тиску при роботі доїльних апаратів.

Визначимо постійні інтегрування C_1 і C_2 . При $t = 0$, $y(t) = 0$. Відповідно підставимо в рівняння (10) початкові умови, отримаємо:

$$y(0): \quad 0 = - \frac{\sum_1^k \left[\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \right]}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^2 + (2n_2)^2 \right)} - \frac{C_1}{2n_2} + C_2. \quad (11)$$

Швидкість руху клапана в початковий момент часу $t = 0$ буде рівна $dy(t)/dt=0$. Тоді:

$$\frac{dy(t)}{dt} = \frac{h_1 \cdot \tau}{T \cdot 2n_2} - \frac{g}{2n_2} + \frac{\sum_1^k \left[\frac{h_1}{T} \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right]}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^2 + (2n_2)^2 \right)} +$$

$$+ \frac{\sum_1^k \left(\frac{h_1}{T} \cdot 2n_2 \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right)}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^3 + \left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right) \cdot (2n_2)^2 \right)} + C_1 \cdot e^{-2n_2 t}$$

$$\frac{dy(0)}{dt}: \quad 0 = \frac{h_1 \cdot \tau}{T \cdot 2n_2} - \frac{g}{2n_2} + \frac{\sum_1^k \left(\frac{h_1}{T} \cdot 2n_2 \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \right)}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^3 + \left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right) \cdot (2n_2)^2 \right)} + C_1,$$

$$C_1 = \frac{g}{2 \cdot n_2} - \frac{h_1 \cdot \tau}{T \cdot 2 \cdot n_2} - \frac{\sum_1^k \left(h_1 \cdot 2 \cdot n_2 \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \right)}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2}\right) \cdot \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^2 + (2n_2)^2 \right) \right)}. \quad (12)$$

Підставимо значення постійної інтегрування C_1 з рівняння (12) в залежність (11) і визначимо постійну інтегрування C_2 .

$$C_2 = \frac{g}{(2 \cdot n_2)^2} - \frac{h_1 \cdot \tau}{T \cdot (2 \cdot n_2)^2} + \frac{\sum_1^k \left[h_1 \cdot 2 \cdot n_2 \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot (1 - (2 \cdot n_2)^2) \right]}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2}\right) \cdot \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^2 + (2 \cdot n_2)^2 \right) \right)}. \quad (13)$$

Рівняння (10), що характеризує переміщення клапана регулятора вакууму при коливанні вакуумметричного тиску при роботі доїльних апаратів з врахуванням постійних інтегрування набуде вигляду:

$$\begin{aligned}
 y(t) = & \frac{\sum_1^k \left(\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \cdot 2n_2 \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right)}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^3 + \left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right) \cdot (2n_2)^2 \right)} - \frac{\sum_1^k \left[\frac{2 \cdot h_1}{k \cdot \pi} \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi \cdot t}{2 \cdot T}\right) \right]}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^2 + (2n_2)^2 \right)} + \\
 & + \frac{\sum_1^k \left[h_1 \cdot 2 \cdot n_2 \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \cdot (1 - (2 \cdot n_2)^2) \right]}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2}\right) \cdot \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^2 + (2 \cdot n_2)^2 \right) \right)} + e^{-2n_2 t} \cdot \frac{\sum_1^k \left(h_1 \cdot 2 \cdot n_2 \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot \tau}{2 \cdot T}\right) \right)}{\sum_1^k \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2}\right) \cdot \left(\left(\frac{k \cdot \pi}{2 \cdot T}\right)^2 + (2n_2)^2 \right) \right)} + \\
 & + \frac{h_1 \cdot \tau}{T \cdot 2n_2} \cdot t - \frac{g \cdot t}{2n_2} + (1 - e^{-2n_2 t}) \cdot \left(\frac{g}{(2 \cdot n_2)^2} - \frac{h_1 \cdot \tau}{T \cdot (2 \cdot n_2)^2} \right)
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Для моделювання переміщення клапана регулятора вакуумметричного тиску попередньо промодельовано характер зміни амплітуди вакуумметричного тиску у вакуумпроводі доїльної установки згідно залежності (3) для повторюваності членів ряду $k=10$ і $k=20$. Результати моделювання наведено на рис. 2.

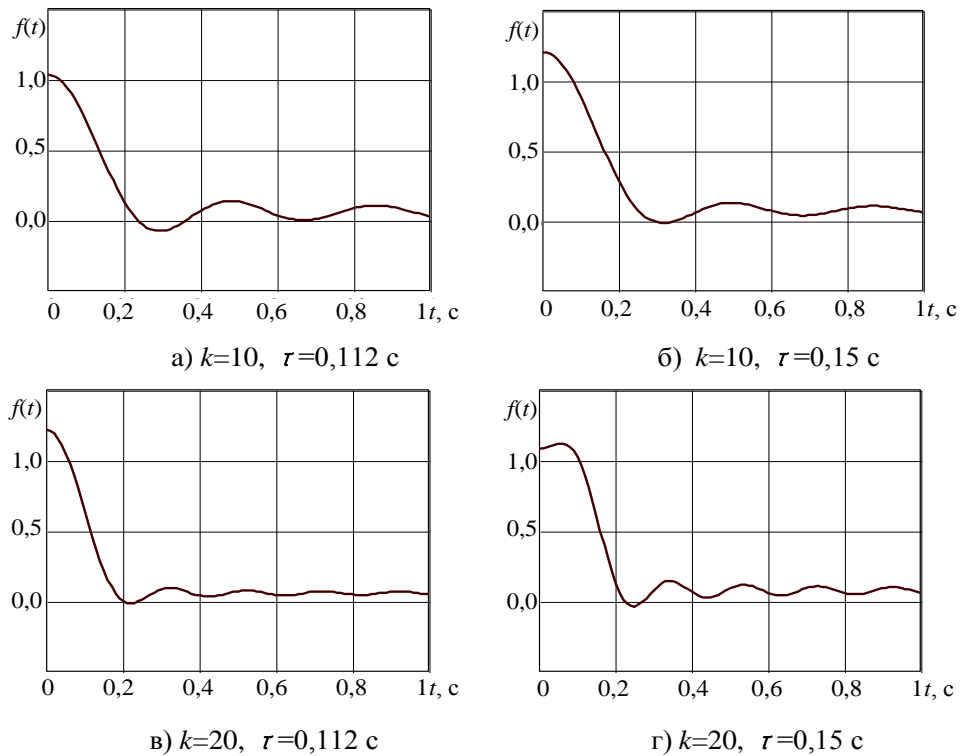


Рис. 2 – Графік моделювання амплітуди вакуумметричного тиску у вакуумпроводі доїльної установки при заданому числі повторюваності k множника ряду Фур'є і тривалості відкачування τ повітря з камер змінного вакуумметричного тиску доїльного апарата

Моделювання переміщення клапана регулятора вакуумметричного тиску проведено за рівнянням (14) з врахуванням амплітуди вакуумметричного тиску (рис. 2) при наступних вихідних параметрах: діаметр демпферної мембрани – 84 мм; вакуумметричний тиск – 48 кПа; динамічна в'язкість повітря – $18,1 \cdot 10^{-6}$ Па·с; діаметр сідла клапана – 18 мм; маса вантажу – 12,2 Н; амплітуда іодичного імпульсу зміни вакуумметричного тиску – 2,5 кПа; довжина дифузора в ковпаку регулятора – 3 мм; межі зміни діаметра дифузора – 1,55-2,5 мм. Результати моделювання переміщення клапана регулятора приведено на рис. 3.

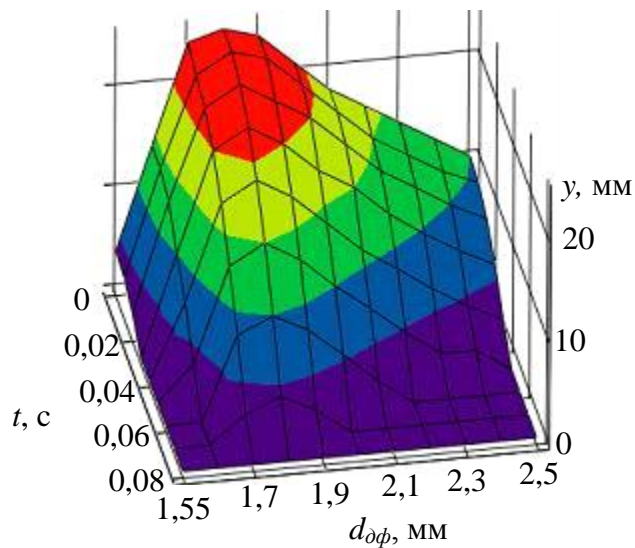


Рис. 3 – Графік моделювання переміщення клапана регулятора вакуумметричного тиску протягом одного циклу роботи доїльного апарата в залежності від діаметра $d_{0\phi}$ дифузора

Висновки. Результати моделювання амплітуди коливання вакуумметричного тиску показали, що зменшення тривалості відкачування τ повітря з камер змінного вакуумметричного тиску доїльних апаратів призводить до збільшення частотних флуктуацій тиску.

Із збільшенням діаметра $d_{0\phi}$ дифузора знижується коефіцієнт $2n_2$ затухання коливання. Однак, при діаметрі дифузора $d_{0\phi} = 1,7-1,9$ мм переміщення клапана є максимальним і становить 24-25 мм за коефіцієнта затухання $2n_2 = 0,667-0,427$. При всіх інших значеннях діаметра дифузора і коефіцієнта затухання переміщення клапана зменшується.

Обґрунтування діаметра дифузора, мембрани доцільно розглядати при додаткових експериментальних дослідженнях динаміки роботи регулятора вакууму.

Література

1. Техническое обеспечение производства молока. Современное оборудование для доения : практическое пособие / Ю.Т. Вагин, А.С. Добышев, М.В. Барановский, А.А. Стрибук, А.Д. Ярош. – Минск, Эволайн, 2012. – С. 37, 50-56.
2. Ревенко І.І. Механізація виробництва продукції тваринництва / І.І. Ревенко, Г.М. Кухта, В.М. Манько та ін.; За ред. І.І. Ревенка. - К. : Урожай, 1994. – С. 224.
3. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисление для втузов. - 4-е изд. доп. - М.: Гос. издат. физ.-мат. лит., 1962. С. 749-765, 534-542.
4. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Ч. II. Динамика / А.А. Яблонский. - М.: Высшая школа, 1966. - С. 39-69.
5. Дмитрів В.Т. Математична модель роботи вакуумного регулятора /В.Т. Дмитрів, І.О. Ніщенко // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. - 2003 .- № 7.- С. 95-101.
6. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.
7. Самойленко А.М. Дифференциальные уравнения: примеры и задачи. Учеб. пособие / А.М. Самойленко, С.А. Кривошея, Н.А. Перестюк. – М.: Высш. шк., 1989. – 383 с.

V. Dmytriv. **Design work pressure regulator vacuum with the membrane**

In this paper, the mathematical model of the gravitational pressure regulator vacuum-type damper membrane. Powered solution of differential equations to simulate the movement of the valve, depending on the amplitude and frequency fluctuations of the vacuum pressure, weight load, the diameter of the valve, damper and membrane diffuser diameter hole in the cap of the regulator. These features and schedule amplitude and frequency of vibrations of vacuum pressure and simulation results of displacement vacuum pressure regulator valve milking installation.

The simulation results of the amplitude fluctuations in vacuum pressure showed that reduction of duration τ pumping air from chambers of variable pressure vacuum milking machines leads to increased frequency fluktatsiy pressure.

With increasing diameter d_{df} diffuser reduces attenuation coefficient $2n_2$ fluctuations. However, the diameter of the cone $d_{df} = 1,7-1,9$ mm displacement of the valve is maximum and is 24-25 mm for the attenuation coefficient $2n_2 = 0,667-0,427$. For all other values of the diameter of the cone and move the valve damping coefficient decreases.

References

1. Tehnicheskoe obespechenie proizvodstva moloka. Sovremennoe oborudovanie dlja doenija : prakticheskoe posobie / Ju.T. Vagin, A.S. Dobyshev, M.V. Baranovskij, A.A. Stribuk, A.D. Jarosh. – Minsk, Jevolajn, 2012. – S. 37, 50-56.
2. Revenko I.I. Mexanizaciya vy`robny`czstva produkciyi tvary`nny`czstva / I.I. Revenko, G.M. Kuxta, V.M. Man`ko ta in.; Za red. I.I. Revenka. - K. : Urozhaj, 1994. – S. 224.
3. Piskunov N.S. Differencial'noe i integral'noe ischislenie dlja vtuzov. - 4-e izd. dop. - M.: Gos. izdat. fiz.-mat. lit., 1962. S. 749-765, 534-542.
4. Jablonskij A.A. Kurs teoreticheskoy mehaniki. Ch. II. Dinamika / A.A. Jablonskij. - M.: Vysshaja shkola, 1966. - S. 39-69.
5. Dmytriv V.T. Matematy`chna model` roboty` vakuumnogo reguljatora /V.T. Dmytriv, I.O. Nishhenko // Visny`k L`vivs`kogo derzhavnogo agrarnogo universy`tetu: Agroinzhenerni doslidzhennya. - 2003 .- № 7.- S. 95-101.
6. Bronshtejn I.N. Spravochnik po matematike dlja inzhenerov i uchashhihsja vtuzov / I.N. Bronshtejn, K.A. Semendjaev. – M.: Nauka, Gl. red. fiz.-mat. lit., 1986. – 544 s.
7. Samojlenko A.M. Differencial'nye uravnenija: primery i zadachi. Ucheb. posobie / A.M. Samojlenko, S.A. Krivosheja, N.A. Perestjuk. – M.: Vyssh. shk., 1989. – 383 s.