

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОЛОЧНО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ В ДОЇЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ З ВЕРХНІМ МОЛОКОПРОВОДОМ

Линник Ю.О.¹, здобувач, Дудін В.Ю., к.т.н.

(Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет)

Алієв Е.Б., к.т.н.

(Інститут олійних культур НААН)

В результаті експериментальних досліджень процесу переміщення молочно-повітряної суміші в доїльній установці з верхнім молокопроводом встановлені режимні параметри доїльного апарата одночасної дії (величина робочого тиску і частота пульсації) в залежності від швидкості виведення молока з вимені при умові зоотехнічних вимог щодо флуктуації вакуумметричного тиску і забезпечення максимальної продуктивності.

Постановка проблеми. Для перевірки адекватності розробленої в ході теоретичних досліджень математичної моделі руху молокоповітряної суміші по молокопровідній лінії доїльної установки [1, 2] необхідно провести експериментальні дослідження.

Аналіз останніх досліджень. Перелік параметрів і характеристик доїльних установок, які підлягають контролю і регулюванню, регламентуються міжнародними стандартами ISO 5707 [3] і ISO 6690 [4]. В зазначених стандартах передбачені методи оцінки функціонування молочних та вакуумних систем молочно-доїльних машин, які реалізується в процесі доїння. Однак немає єдиної загальної методики досліджень процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті.

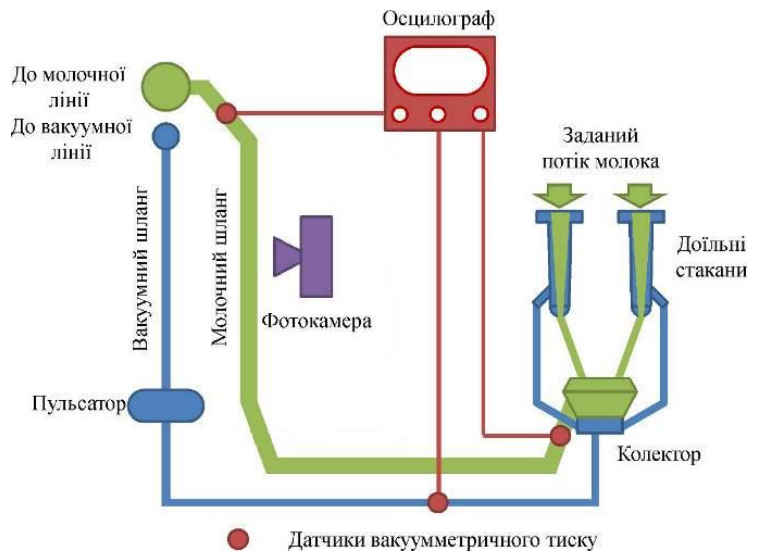
Мета досліджень. Дослідити процес переміщення молочно-повітряної суміші в доїльній установці з верхнім молокопроводом при різних режимних параметрів доїльного апарата одночасної дії.

Матеріали і методи досліджень. Для реалізації експериментальних досліджень процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті створено експериментальний стенд лінійної доїльної установки типу УДМ з верхнім молокопроводом (рисунок 1), який відповідає вимогам ISO 5707 [3] і має точки для підключення реєструючої апаратури згідно з ISO 3918 [4]. Основними елементами які були задіяні під час досліджень були доїльний апарат (доїльні стакани, колектор, пульсатор молочний і вакуумний шланги), фотокамера, осцилографа до якого підключені датчики вакуумметричного тиску.

¹ Науковий керівник – Павленко С.І., к.т.н., доцент



а



б

Рисунок 1 – Загальний вид експериментального стенду (а) лінійної доїльної установки типу УДМ з верхнім молокопроводом і схема підключення реєструючої апаратури (б)

Об'єктами досліджень є двотактний доїльний апарат одночасної дії типу «Майга» з можливістю регулювання частоти пульсацій. Дослідження процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті проводяться за наступними факторами: робочий тиск вакуумної системи P , кПа, частота пульсацій n , хв.⁻¹, швидкість виведення молока Q , л/хв. Робочий тиск вакуумної системи регулювався вакуумрегулятором. Частота пульсацій регулювався за допомогою регулятора на пульсаторі. Процес молоковіддачі імітується на штучному вимені. Швидкість виведення молока з вимені змінювалася з використанням каліброваних жиклерів.

Умовами проведення досліджень були: діаметр молочного шлангу – 14 мм; довжина молочного шлангу – 2,5 м; висота молокопроводу по відношенню до підвісної частини доїльного апарату – 1,4 м.

Критеріями оцінки досліджень є флуктуація вакууму ΔP , кПа, режим течії молочно-повітряної суміші і продуктивність доїльного апарату q , л/хв. Динаміка вакууметричного тиску вимірюється з використанням датчика тиску MPX5100DP і фіксувалася цифровим осцилографом, який реалізовано на основі аналого-цифрового перетворювача NI USB-6008 і персонального комп'ютера із програмним пакетом NI SignalExpress 2012. Флуктуація вакууметричного тиску розраховується як середнє квадратичне відхилення:

$$\Delta P = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - P_{\text{середнє}})^2}, \quad (1)$$

де P_i – значення вакууметричного тиску, кПа;

$P_{\text{середнє}}$ – середнє значення вакууметричного тиску, кПа;

n – кількість вимірів.

Режим течії молочно-повітряної суміші визначався візуально с використанням фотокамери Nikon D3100 у режимі відеозйомки. Градування режимів течії молочно-повітряної суміші за James P. Brill [5] є наступною: переривчаста, розподільна, роздільна і перехідна течії.

Продуктивність доїльного апарату q вимірювалися за допомогою пристрою зоотехнічного обліку молока УЗМ-1А.

Дослідження проводяться за D-оптимальним планом Бокса-Бенкіна другого порядку для 3 факторів. Рівні варіацій факторів були обрані за результатами чисельного моделювання процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті (таблиця 1). Досліди проводяться із триразовою повторністю.

Таблиця 1 – Рівні варіацій факторів експериментальних досліджень

Рівні варіацій факторів, матриця досліду	Фактори		
	Швидкість виведення молока Q , л/хв	Частота пульсацій n , хв-1	Робочий тиск вакуумної системи P , кПа
	x1	x2	x2
Верхній рівень (+)	2,0	80	55
Основний рівень (0)	1,2	60	50
Нижній рівень (-)	0,4	40	45
Інтервал варіацій факторів	0,8	20	5

Основні результати дослідження. В результаті експериментальних досліджень для кожного досліду було отримано динаміку вакуумметричного тиску у трьох точках доїльного апарата: пульсатор, колектор і молочний кран (рисунок 2).

Згідно результатів досліджень було створено математичну модель впливу досліджуваних факторів на флуктуацію вакуумметричного тиску, яку можна представити у вигляді:

$$\Delta P = 4,84354 - 0,071875 n + 0,00083125 n^2 - 3,11615Q + 0,0775 P \cdot Q - 0,04075 P, \quad (2)$$

де ΔP – флуктуація вакуумметричного тиску, кПа;

Q – швидкість виведення молока, л/хв;

n – частота пульсацій, хв⁻¹;

P – робочий тиск вакуумної системи, кПа.

Аналізуючи рівняння (2), можна стверджувати, що на флуктуація вакуумметричного тиску впливають всі вищезгадані фактори (рисунок 3). При цьому зі збільшенням швидкості виведення молока збільшується і флуктуація вакуумметричного тиску, а при варіюванні значень частоти пульсацій доїльного апарата і робочого тиску вакуумної системи флуктуація вакуумметричного тиску має оптимум:

$$\Delta P(Q = 0,4 \text{ л/хв.}; n = 43,2 \text{ хв}^{-1}; P = 55 \text{ кПа}) = 1,51 \text{ кПа.} \quad (3)$$

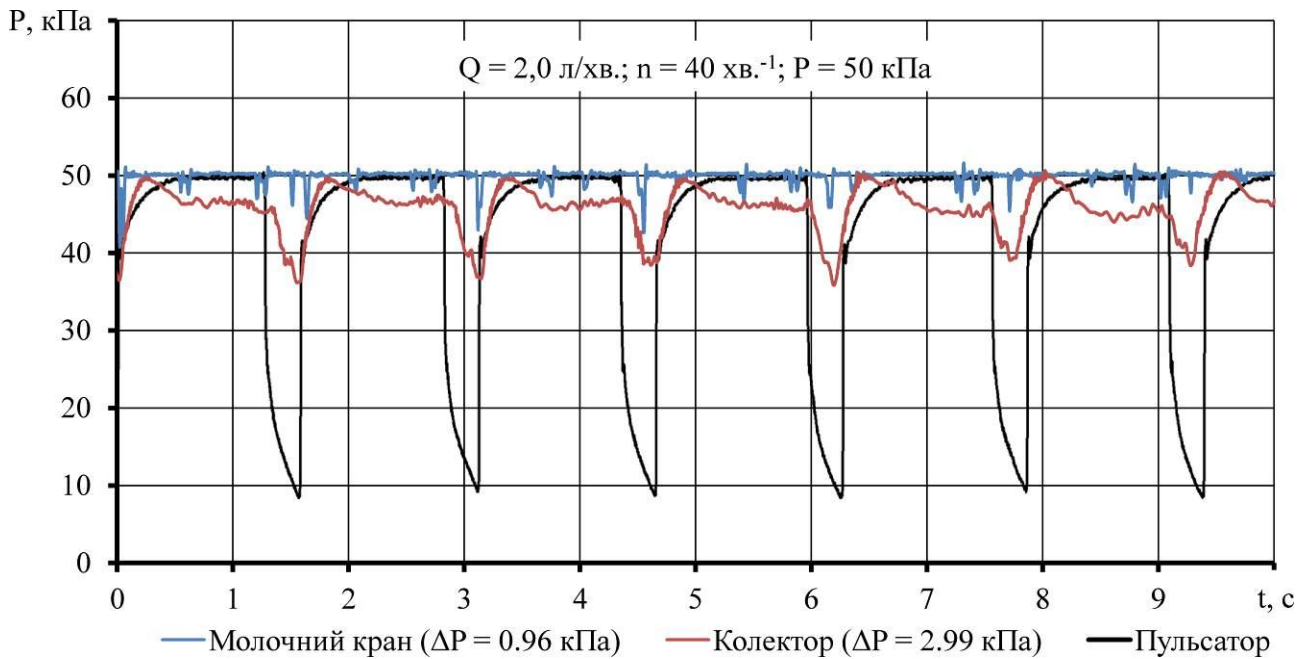


Рисунок 2 – Динаміка вакууметричного тиску у трьох точках доїльного апарата

Згідно результатів досліджень було створено математичну модель впливу досліджуваних факторів на продуктивність доїльного апарату, яку можна представити у вигляді:

$$q = -14,0196 + 0,138346 Q^2 + 0,0398125 n - 0,000331771 n^2 - 1,28906Q + 0,0384375 P \cdot Q + 0,544583 P - 0,00565833 P^2, \quad (4)$$

де q – продуктивність доїльного апарату, л/хв.

Аналізуючи рівняння (4), можна стверджувати, що на продуктивність доїльного апарату впливають всі вищезгадані фактори (рисунок 3). При цьому зі збільшенням швидкості виведення молока і вакууметричного тиску збільшується і продуктивність доїльного апарату, а при варіюванні значень частоти пульсацій доїльного апарата продуктивність доїльного апарату має оптимум:

$$q(Q = 2,0 \text{ л/хв.}; n = 60 \text{ хв}^{-1}; P = 55 \text{ кПа}) = 2,21 \text{ л/хв.} \quad (5)$$

Згідно зоотехнічних вимог [6, 7, 8] флуктуація вакууметричного тиску не повинна перевищувати 2,5 кПа, при цьому продуктивність доїльного апарату повинна бути максимальною, тому вирішуючи системи рівнянь і нерівностей

$$\begin{cases} \Delta P(Q, n, P) < 2,5, \\ q(Q, n, P) \rightarrow \max \\ 0,4 < Q < 2,0. \end{cases} \quad (6)$$

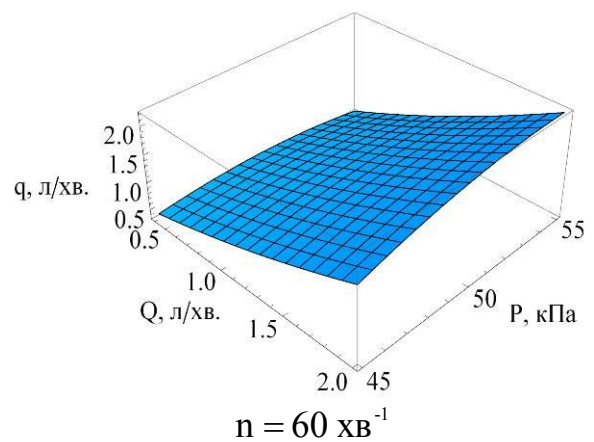
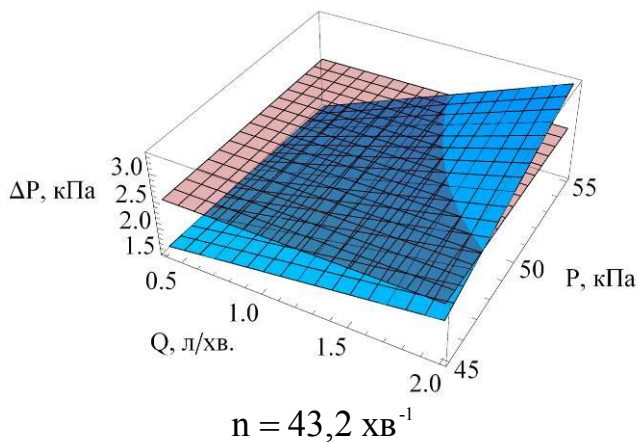
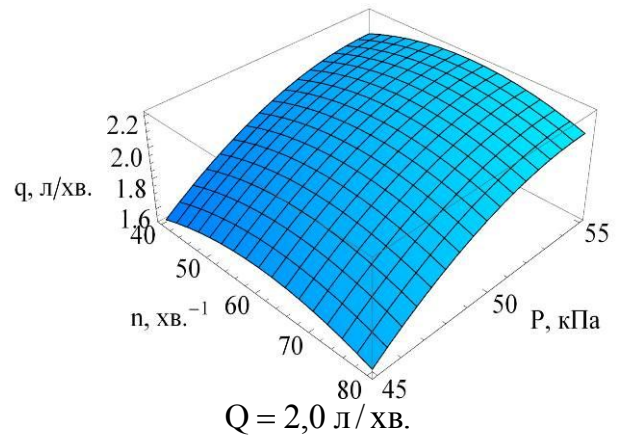
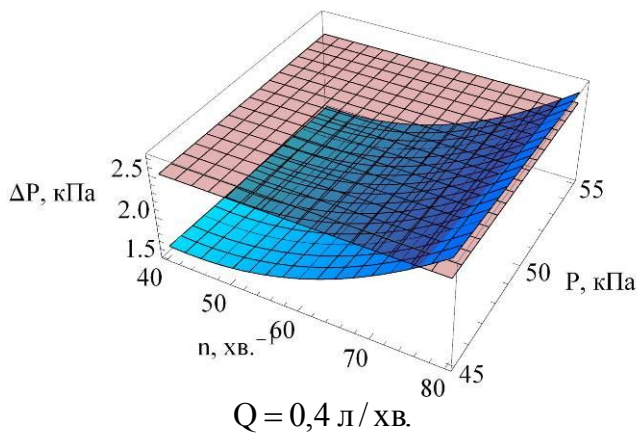
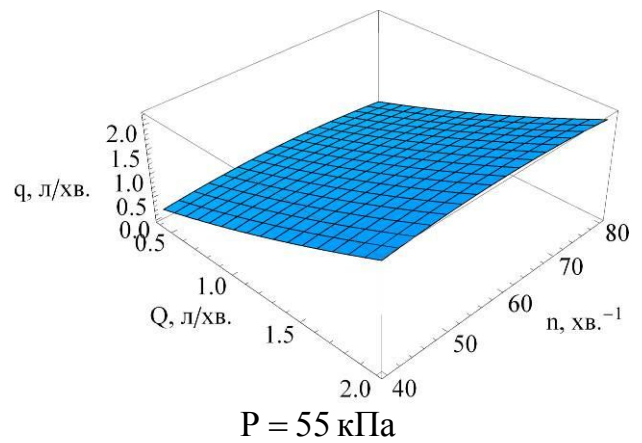
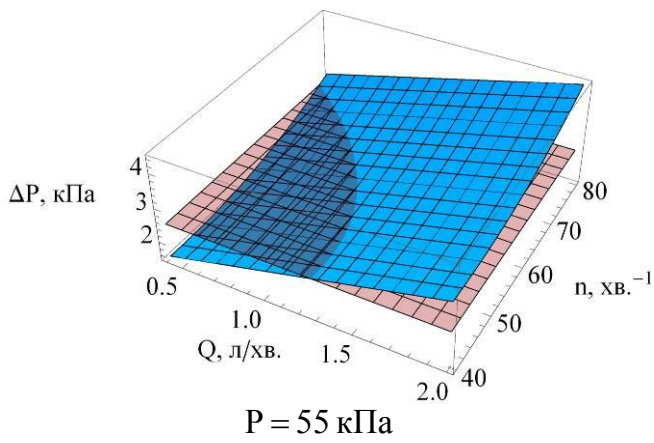


Рисунок 3 – Вплив швидкості виведення молока Q , частоти пульсацій n і робочого тиску вакуумної системи P на флуктуацію вакуумметричного тиску ΔP і продуктивність доїльного апарату q

Рішенням системи рівнянь і нерівностей (6) є залежності частоти пульсацій і робочого тиску вакуумної системи від швидкості виведення молока, графічна інтерпретація яких представлена на рисунку 4.

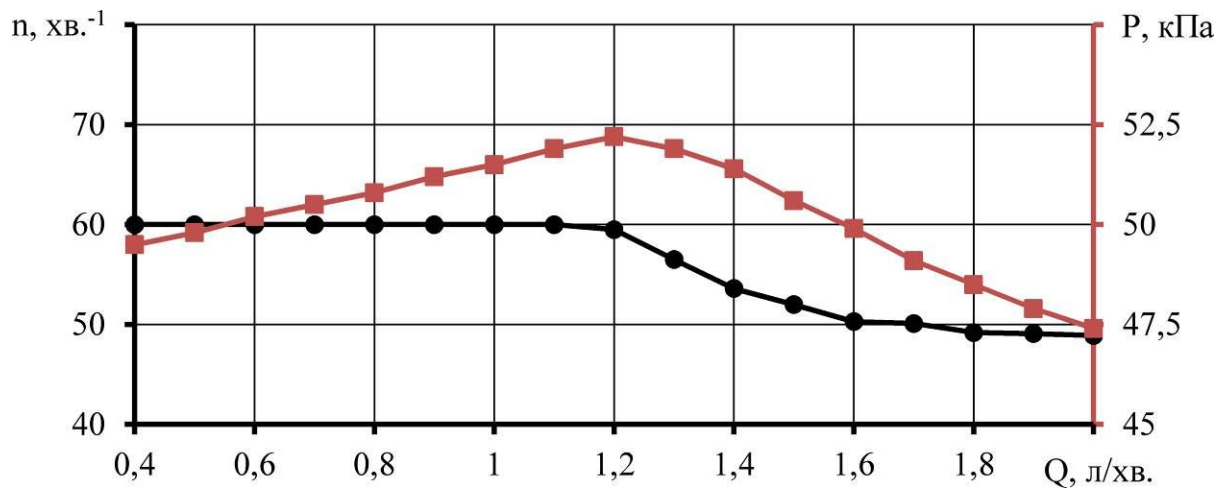


Рисунок 4 – Залежності частоти пульсацій n і робочого тиску P вакуумної системи від швидкості виведення молока Q

Висновки. В результаті експериментальних досліджень процесу переміщення молочно-повітряної суміші в доїльній установці з верхнім молокопроводом встановлені режимні параметри доїльного апарата одночасної дії (величина робочого тиску P і частота пульсацій n) в залежності від швидкості виведення молока з вимені при умові зоотехнічних вимог щодо флуктуації вакуумметричного тиску ($\Delta P(Q, n, P) < 2,5$) і забезпечення максимальної продуктивності ($q(Q, n, P) \rightarrow \max$).

Список літератури

1. Линник Ю.А. Математическая модель движения молочно-воздушной смеси по молокопроводной линии доильной установки / Ю.А. Линник, Э.Б. Алиев, С.И. Павленко // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Т.3. – С.181-185.
2. Линник Ю.А. Моделирование процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильной установке с верхним молокопроводом / Ю.А. Линник, С.И. Павленко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 80–83.
3. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
4. ISO 6690. Milking machine installations – Mechanical tests. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 46 p.
5. James P. Brill. Two phase flow in pipes / James P. Brill, H. Dale Beggs – 1991. – 6th edition. – 640 p.
6. Королев В.Ф. Доильные аппараты / В.Ф. Королев. – М.: Машиностроение, 1969. – 279 с.

7. Карташов Л.П. Машинное доение коров / Л.П. Карташов, Ю.Ф. Куранов – М. Высшая школа, 1980. – 223 с.

8. Вальдман Э.К. Физиология машинного доения коров / Э.К. Вальдман – Л.: Колос, 1977. – 191 с.

Аннотация

Экспериментальные исследования процесса перемещение молочно-воздушной смеси в доильной установке с верхней молокопровод

Линник Ю.А., Дудин В.Ю., Алиев Э.Б.

В результате экспериментальных исследований процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильной установке с верхним молокопроводом установлены режимные параметры доильного аппарата одновременного действия (величина рабочего давления и частота пульсаций) в зависимости от скорости выведения молока из вымени при условии зоотехнических требований флуктуации вакуумметрического давления и обеспечения максимальной производительности.

Abstract

Experimental studies of moving milk-air mixture in the milking machines from the top of the milk

Y. Linnik, V. Dudin, E. Aliev

As a result of experimental studies of the process of moving milk-air mixture in the milking machines are installed with the top of the milk milking machine operating parameters simultaneous action (the working pressure and pulsation frequency) depending on the rate of excretion of milk from the udder, subject to the requirements of zootechnical fluctuations of vacuum pressure and maximum performance.