

## ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

*Серед множини припустимих систем доїння для дрібного виробника незбираного молока, найбільш привабливими за техніко-економічними показниками функціонування є мобільні доїльні установки. Виконана оцінка впливу конструктивних параметрів складових вакуумної системи мобільної доїльної установки на технологічні показники машинного доїння корів. Доведено позитивний вплив вакуумного балона на забезпечення якісних технологічних показників роботи вакуумної системи, зокрема, підтримання вищого рівня стабільності початкового тиску у вакуум-проводі. За результатами теоретичних досліджень отримана математична модель залежності тривалості відновлювального періоду від конструктивних параметрів складових вакуумної системи мобільної доїльної установки.*

**Ключові слова:** мобільна доїльна установка, вакуумна система, молоко, тиск, вакуум-провід

*Среди множества допустимых систем доения для мелкого производителя цельного молока, наиболее привлекательными по технико-экономическим показателям функционирования являются мобильные доильные установки. Выполнена оценка влияния конструктивных параметров составляющих вакуумной системы мобильной доильной установки на технологические показатели машинного доения коров. Доказано положительное влияние вакуумного баллона на обеспечение качественных технологических показателей работы вакуумной системы, в частности, поддержание высокого уровня стабильности начального давления в вакуум-проводе. По результатам теоретических исследований получена математическая модель зависимости длительности восстановительного периода от конструктивных параметров составляющих вакуумной системы мобильной доильной установки.*

**Ключевые слова:** мобильная доильная установка, вакуумная система, молоко, давление, вакуум-провод

*Among the set of feasible systems for milking small producer of whole milk, the most attractive for technical and economic indicators are functioning portable milking machines. The influence of structural parameters of vacuum system components of the mobile milking machines for technological performance machine milking cows. Proved positive impact vacuum tank to provide quality technical performance vacuum system, including maintaining a higher level of stability of the initial pressure in the vacuum wire. According to the theoretical mathematical model is obtained depending on the length of the period of reconstruction of the design parameters of the components of the vacuum system of the mobile milking machines.*

**Key words:** mobile milking unit, vacuum system, milk, pressure, vacuum-line

**Постановка проблеми.** Для задоволення потреб дрібного виробника незбираного молока вітчизняна та закордонна промисловість пропонує серійні мобільні доїльні установки [7]. Основною перевагою обладнання даного типу є можливість використання його, як для доїння корів у приміщенні їх утримання, так і на пасовищах. З технологічної точки зору, дану систему доїння можна класифікувати як доїння у пересувну місткість з автономним джерелом вакууму. Порівняльний аналіз [3] відомих систем доїння вказав на значно вищу продуктивність, менші затрати праці та меншу питому енерго- та металомісткість пересувних систем доїння порівняно із стаціонарними доїльними установками, за умови однакової кількості одночасних короводоїнь. Проте, мобільні системи доїння є недостатньо дослідженими щодо впливу особливостей конструктивного виконання та технологічних параметрів на ефективність технологічного процесу – машинного доїння корів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженнями вчених [1, 6] встановлено, що систематичні коливання вакууму в підійковому просторі доїльних стаканів в межах 9,7...20 кПа впливають на зниження надоїв корів до 1,9...2,5% і зменшення швидкості доїння на 0,06...1,5 л/хв. Тому, одним із основних критеріїв оцінки якості функціонування доїльних установок можна вважати забезпечення стабільної величини тиску у вакуумній мережі під час доїння корів.

Результати досліджень [4, 5] вказують на обов'язковість оснащувати мобільні доїльні установки вакуумним балоном, об'єм якого не повинен бути меншим ніж 15 літрів. За такої умови знижуються втрати магістрального тиску на 32,8...43,5%, порівняно із мобільними доїльними системами у компоновочній схемі яких відсутній вакуумний балон. Це позитивно впливає на стабільність розрідження у вакуум-проводі та надійність роботи доїльного обладнання в цілому, незалежно від об'єму молокозбірної місткості. Але наявні дослідження не розкривають вплив конструктивних параметрів вакуумної системи мобільної доїльної установки на тривалість стабілізаційного рівноважного періоду.

**Мета, завдання та методика досліджень.** Метою досліджень є виявлення впливу конструктивних параметрів вакуумної мережі на технологічні показники роботи мобільної доїльної установки.

Завданням досліджень є встановлення закономірності впливу об'ємів конструктивних елементів вакуумної мережі на тривалість стабілізаційного періоду у вакуум-проводі мобільної доїльної установки.

Методика досліджень базується на використанні методів математичного моделювання з використанням законів механіки суцільних середовищ.

**Результати досліджень.** Розглянемо технологічний процес з точки зору необхідності забезпечення постійного рівня початкового тиску ( $p_{II}$ ) вакуумної мережі.

Так, в момент поєднання між собою об'ємів молокозбірної місткості ( $V_M$ ) з початковим тиском ( $p_M$ ) та вакуумної мережі ( $V_{II}$ ) з початковим тиском ( $p_{II}$ ), тиск у вакуумній мережі знижується до величини сукупного тиску ( $p_c$ ) системи двох об'ємів ( $V=V_M+V_{II}$ ).

Розглянемо період ( $t_2$ ) врівноваження абсолютного тиску в усіх об'ємах вакуумної системи до початкового тиску вакуумної мережі ( $p_{II}$ ). Завершенням вказаного періоду є стійка робота вакуумної системи з дотриманням техніко-технологічних параметрів доїльної установки.

Вакуумна система повернеться до початкового тиску вакуумної мережі ( $p_{II}$ ) після видалення зайвої маси газу регламентованої тиском  $p_c$ . Процес встановлення тиску рівноваги ( $p_{II}$ ) будемо вважати квазістаціонарним, тобто потік газу у будь-якому перерізі вакуумної мережі є однаковим та відбувається без теплообміну з оточуючим середовищем [2, 8].

Отже, за деякий проміжок часу  $dt$  із системи сукупним об'ємом  $V$  видаляється деяка кількість газу  $dG_1$  при початковому значенні тиску ( $p$ ), запишемо:

$$dG_1 = Q_v \cdot p \cdot dt, \quad (1)$$

де  $Q_v$  – об'ємна витрата газу, м<sup>3</sup>/с.

Одночасно на таку ж величину в об'ємі  $V$  зменшиться кількість газу, що спричинить зміну тиску на  $dp$ , тобто:

$$dG_2 = dp \cdot V = dG_1. \quad (2)$$

Прирівняємо отримані залежності, розділимо змінні та вирішимо отримане рівняння відносно  $dt$ :

$$dt = \frac{V}{Q_V} \cdot \frac{dp}{p}. \quad (3)$$

Інтегрування даного виразу дає залежність для визначення тривалості стабілізаційного періоду ( $t_2$ ) з врахуванням рушійної різниці тисків від початкового тиску  $p_c$  до кінцевого тиску  $p_{II}$ .

$$t_2 = \frac{V}{Q_V} \cdot (\ln p_c - \ln p_{II}) = \frac{V}{Q_V} \cdot \ln \frac{p_c}{p_{II}}. \quad (4)$$

де  $p_c$  – сукупний тиск системи, виведений у роботі [5], кПа.

Об'ємну витрату газу можна знайти із рівняння нерозривності потоку:

$$Q_V = v_c \cdot S_{II}, \quad (5)$$

де  $S_{II}$  – площа поперечного перерізу потоку, м<sup>2</sup>;

$v_c$  – швидкість газу у перерізі, м/с.

Відповідно до рівняння Бернуллі [2, 8] знайдемо швидкість потоку повітря у перерізі, м/с:

$$\frac{\rho_c \cdot v^2}{2} = p_c - p_{II} \Rightarrow v_c = \sqrt{\frac{2 \cdot (p_c - p_{II})}{\rho_c}}, \quad (6)$$

де  $\rho_c$  – густина газу при тиску  $p_c$ , кг/м<sup>3</sup>.

З врахуванням рівняння стану газу Клапейрона [8] та виведеного [5] значення тиску  $p_c$ , запишемо:

$$\rho_c = \frac{p_c}{RT} = \frac{p_M \cdot (V_M + V_{PB} \cdot \sigma_p - V \cdot \sigma_p)}{2V \cdot RT}. \quad (7)$$

де  $R$  – питома газова стала (однакова для вмісту всіх об'ємів системи – повітря), кДж/кг×К;

$T$  – абсолютна температура газу (прийнемо нормальні фізичні умови), К;

$V_{PB}$  – об'єм вакуумної мережі ( $V_{PB} = V_{II} + V_B$ ), м<sup>3</sup>;

$\sigma_p$  – коефіцієнт співвідношення початкових значень тисків,  $\sigma_p = p_{II}/p_M$ .

Підставимо отримані значення складових у рівняння (4) та одержимо залежність для визначення тривалості стабілізаційного періоду.

$$t_2 = \frac{V}{S_{II} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot RT \cdot \frac{p_M \cdot (V_M + V_{PB} \cdot \sigma_p - V \cdot \sigma_p)}{2 \cdot V}}{\frac{p_M \cdot (V_M + V_{PB} \cdot \sigma_p + V \cdot \sigma_p)}{2 \cdot V}}}} \times \ln \frac{p_M \cdot (V_M + V_{PB} \cdot \sigma_p + V \cdot \sigma_p)}{2 \cdot V \cdot p_{II}} =$$

$$= \frac{V}{S_{II} \cdot \sqrt{2 \cdot RT \cdot \frac{V_M + V_{PB} \cdot \sigma_p - V \cdot \sigma_p}{V_M + V_{PB} \cdot \sigma_p + V \cdot \sigma_p}}} \cdot \left( \ln \frac{p_M \cdot (V_M + V_{PB} \cdot \sigma_p + V \cdot \sigma_p)}{2 \cdot V} - \ln p_{II} \right). \quad (8)$$

У рівнянні (8), на відміну від рівняння (4), всі складові наперед відомі.

З наведених графічних залежностей (рис. 1., суцільна лінія) можна зробити висновок про позитивну тенденцію зменшення тривалості стабілізаційного періоду ( $t_2$ ) при збільшенні об'єму вакуумного балона ( $V_B$ ) з одночасним підвищенні рівня початкового тиску вакуумної мережі ( $p_{II}$ ). При менших значеннях початкового тиску  $p_{II}$  та більших об'ємах молокозбірної місткості ( $V_M$ ) спостерігається найбільша тривалість періоду ( $t_2$ ) (див. рис. 1., штрихова лінія). Це можна пояснити незмінністю геометричної прохідності вакуумної системи при значно більшому (майже у двічі) логарифмічному співвідношенні між початковим ( $p_c$ ) та кінцевим ( $p_{II}$ ) рівнями тиску розглянутого процесу.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Встановлена залежність між об'ємом структурних елементів вакуумної системи мобільної доїльної установки та тривалістю стабілізаційного періоду ( $t_2$ ) відновлення початкового тиску вакуумної мережі ( $p_{II}$ ). Так, тривалість стабілізаційного

періоду ( $t_2$ ) зменшується при збільшенні об'єму вакуумного балона за умови зростання початкового тиску, причому більшому об'єму молокозбірної місткості ( $V_M$ ) відповідає вище значення тривалості стабілізаційного періоду. При будь-якому значенні початкового тиску вакуум-проводу характер вказаної функціональної залежності залишається незмінним. В подальшому доцільним є дослідження впливу компоновочних схем вакуумної системи на стабільність режимних характеристик мобільної доїльної установки.

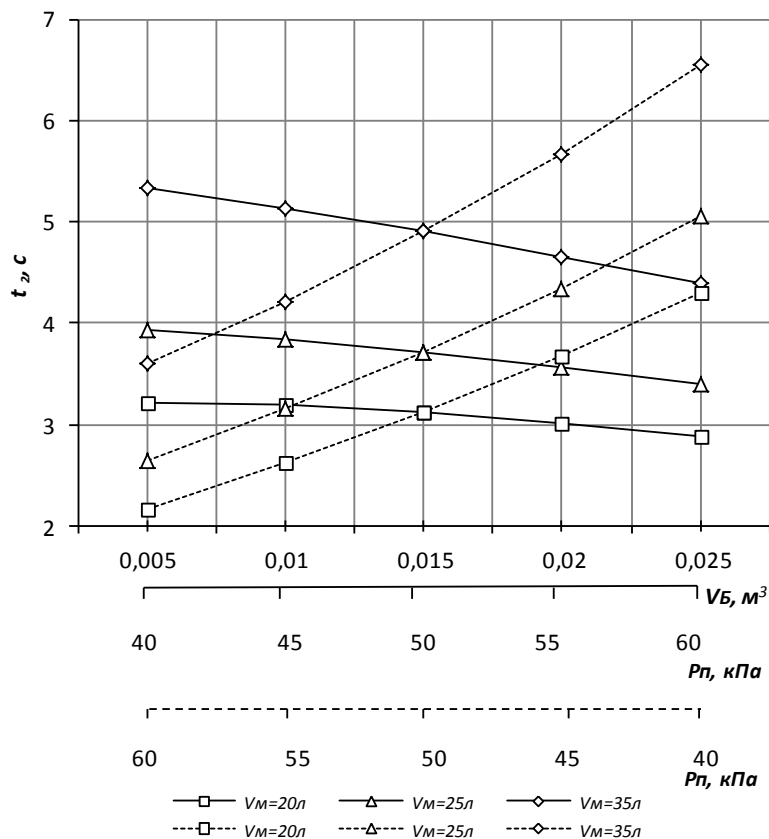


Рис. 1. Графік функціональної залежності тривалості стабілізаційного періоду ( $t_2$ ) від параметрів конструктивних елементів ( $V_B$  – об'єм вакуумного балона,  $V_M$  – об'єм молокозбірника) мобільної доїльної установки при різних значеннях початкового тиску вакуумної мережі ( $p_P$ )

#### Список використаних джерел

1. Карташов Л. П. Машинное доение коров / Л. П. Карташов. – М.: Колос, 1982. – 301 с.
2. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа: [учебник для вузов]/ Л. Г. Лойцянский. – 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
3. Медведський О. В. Порівняльна оцінка систем доїння / О. В. Медведський, О. В. Коновалов, С. В. Бушма, О. П. Слинько // Зб. наук. пр. Подільського держ. аграрно-техн. ун-ту. – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2011. – С. 254-258.
4. Медведський О. В. Визначення технологічних параметрів вакуумної системи мобільної доїльної установки / О. В. Медведський // Зб. наук. пр. Подільського держ. аграрно-техн. ун-ту. – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2012. – С. 178-181.
5. Медведський О. В. Вплив конструктивно-технологічних параметрів складових вакуумної системи на стабільність режимних характеристик мобільної доїльної установки / О. В. Медведський, С. М. Кухарець, О. Ю. Романишин // Вісник ЖНАЕУ. – 2014. – Вип. №2(45), т. 4, ч.ІІ. – С. 292-301.
6. Оберемченко А. И. О стабильности вакуумного режима доильных установок / А. И. Оберемченко, Н. А. Яковенко // Животноводство. – 1986. – № 3. – С. 60-61.
7. Ревенко І. І. Перспективи механізації доїння корів на малих фермах / І. І. Ревенко, О. В. Медведський // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144, ч. 4. – С. 82-87.
8. Румер Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика / Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин. – М.: Наука, 1972. – 400 с.