

ДИНАМІКА ЗМІНИ ТИСКУ В ОБ'ЄМАХ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

О.В. Медведський, здобувач*

Житомирський національний агроекологічний університет

Отримані результати теоретичних досліджень вказують на суттєвий вплив співвідношення об'ємів складових вакуумної системи на характер процесу зміни тиску в об'ємі молокозбірної місткості, від рушійної різниці тисків залежить кінцева величина тиску стабілізації. Отримана адекватна математична модель зміни тиску в молокозбірнику від початкового значення до тиску стабілізації. Доведено позитивний вплив вакуумного балона на забезпечення якісних технологічних показників роботи вакуумної системи, зокрема, підтримання вищого рівня стабільності початкового тиску у вакуум-проводі.

Вакуумна система, вакуумний балон, тиск, вакуум-провід, стабілізація.

Постановка проблеми. Мобільні доїльні установки мають широкий спектр застосування, як у приміщеннях для утримання корів так і на пасовищах (за умови комплектування двигуном внутрішнього згорання). Порівняльний аналіз [8, 10] 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. Вказані переваги, компактність та незначна вартість робить доїльну установку даного типу найбільш привабливим варіантом для забезпечення механізації процесу машинного доїння корів у підсобних та невеликих фермерських господарствах (з поголів'ям до 32 корів), у яких притаманне ручне доїння, і як наслідок, низька якість отриманого молока за показниками чистоти та бактеріальної забрудненості [2, 3].

Проте, відсутність належної інформації не дає можливості в повній мірі оцінити їх технологічну придатність залежно від умов використання. Окрім цього, мобільні системи доїння є недостатньо дослідженими щодо впливу особливостей конструктивного виконання та технологічних параметрів на ефективність технологічного процесу – машинного доїння корів.

*Науковий керівник – доктор технічних наук І.І. Ревенко

© О.В. Медведський, 2015

Аналіз останніх досліджень. Суттєвий вплив на продуктивність корів та швидкість молоковіддачі має величина вакуумметричного тиску та його стабільність у вакуум-проводі. Дослідженнями [1, 9] встановлено, що систематичні коливання вакууму в піддійковому просторі доїльних стаканів в межах 9,7...20 кПа викликають зниження надоїв корів на 1,9...2,5% та 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. Нами підтверджено позитивний вплив збільшеного об'єму вакуумного балона на стабільність вакуумметричного тиску. Результати досліджень [5, 6] вказують на обов'язковість оснащувати мобільні доїльні установки вакуумним балоном, об'єм якого залежить від об'єму структурних елементів вакуумної системи. Так, об'єм вакуумного балона в межах 10–20 л. сприяє зниженню втрат магістрального тиску на 32,8...43,5%, порівняно із мобільними доїльними системами у компоновочній схемі яких балон відсутній, при місткості молокозбірника в межах 20–30 л [4]. В такій системі підвищується надійність роботи виконавчих механізмів доїльної установки за рахунок стабільного розрідження у вакуум-проводі.

Проте, нерозкритим залишається питання впливу конструктивних параметрів елементів вакуумної системи мобільної доїльної установки на динаміку зміни в них вакуумметричного тиску, до моменту стабілізації на рівні початкових значень.

Метою досліджень є виявлення впливу конструктивних параметрів вакуумної системи на характер зміни тиску у структурних елементах мобільної доїльної установки.

Завданням досліджень є моделювання зміни тиску від початкової величини до робочого тиску в кожному із структурних елементів вакуумної системи мобільної доїльної установки в межах стабілізаційного періоду.

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

Результати досліджень. При поєднанні між собою структурних елементів вакуумної системи, тиск у молокозбірнику (V_M) знижується за рахунок перерозподілу газу по всьому об'єму вакуумної системи (V) та видалення зайвої маси повітря вакуумним насосом. Нами встановлено [6, 7], у перший проміжок часу (t_1) тиск у молокозбірнику знизиться до тиску p_c , причому, рушійною силою буде різниця тисків $p_M - p_{п.}$, а протягом другого періоду (t_2) тиск прийме значення початкового тиску вакуумної мережі $p_{п.}$, але рушійною силою буде різниця тисків $p_c - p_{п.}$

Складемо диференціальне рівняння зміни тиску у вказаних межах протягом деякого проміжку часу, врахував, що швидкість зміни тиску залежить від рушійної різниці тисків.

$$\frac{dp}{dt} = k \cdot (p_M - p_{II}), \quad (1)$$

де: k – коефіцієнт пропорційності, який визначає вплив об'єму складових вакуумної системи на швидкість зміни величини тиску в ній.

Розділимо змінні та вирішимо отримане рівняння відносно dp .

$$\ln(p_M - p_{II}) = k \cdot t + \ln C. \quad (2)$$

Виконаємо потенціювання.

$$e^{\ln(p_M - p_{II})} = e^{k \cdot t + \ln C} = e^{k \cdot t} \cdot e^{\ln C}. \quad (3)$$

$$p_M - p_{II} = C \cdot e^{k \cdot t}. \quad (4)$$

Із початкових умов: $t=0$, $C=p_M - p_{II}$. Рівняння (2) набуде вигляду:

$$p_M - p_{II} = (p_M - p_{II}) \cdot e^{k \cdot t}. \quad (5)$$

Величину e^k визначимо виходячи із умови, що при деякому значенні часу t_i тиск у системі буде відповідати деякій величині тиску p_i . З наших досліджень відомо, що по завершенні першого періоду ($t_i=t_1$) досягається тиск p_c , тому виконується умова $p_M=p_c$.

$$(e^k)^{t_1} = \frac{p_c - p_{II}}{(p_M - p_{II})},$$

$$e^k = \left(\frac{p_c - p_{II}}{(p_M - p_{II})} \right)^{\frac{1}{t_1}} = \left(\frac{p_M \cdot V_M + p_{II} \cdot V_{II} - p_{II} \cdot V}{2 \cdot V} \right)^{\frac{1}{t_1}} = \left(\frac{V_M}{2 \cdot V} \right)^{\frac{1}{t_1}}. \quad (6)$$

Загальне рішення рівняння (2) має вигляд.

$$p_{V_{ij}} = p_j + (p_i - p_j) \cdot \left(\frac{V_M}{2 \cdot V} \right)^{\frac{t}{t_i - t_0}}. \quad (7)$$

де: $p_{V_{ij}}$ – зміна тиску у об'ємі від початкового до кінцевого значення, Па; t – поточна координата часу (знаходиться в межах від 0 до t_i), с; p_i – початковий тиск деякого періоду тривалістю t_i , Па; p_j – величина бажаного (кінцевого) тиску елемента вакуумної системи, Па; t_i – тривалість періоду досягнення деякого тиску, що визначається рушійною різницею тисків $p_M - p_{II}$ або $p_c - p_{II}$, с; t_0 – тривалість періоду що передує i -тому, с.

Таким чином на характер процесу зміни тиску в об'ємі молокозбірної місткості суттєвий вплив має співвідношення об'ємів складових вакуумної системи, а рушійна різниця тисків має вплив тільки при зміні кінцевого значення тиску. Для першого періоду тривалістю

$t_i = t_1$ тиск $p_i = p_M$, для другого періоду тривалістю $t_i = t_2$ тиск $p_i = p_c$. В обох випадках кінцеве значення тиску буде становити $p_j = p_{\Pi}$. В графічній формі рівняння (7) представлено на рис. 1.

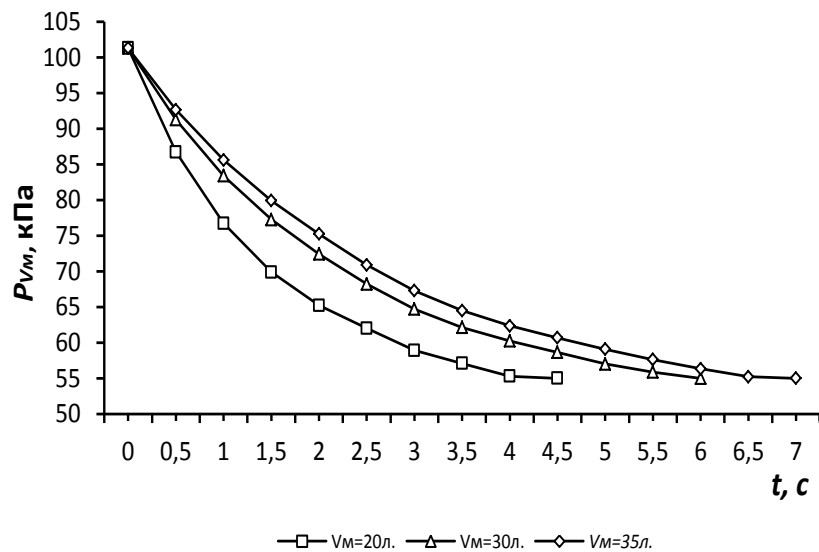


Рис. 1. Графік зміни тиску (p_{V_M}) в молокозбірнику (V_M) різного фіксованого об'єму впродовж часу t при постійному об'ємі вакуумного балона $V_B=0,010$ м³ та початковому тиску вакуумної мережі $p_{\Pi}=55$ кПа.

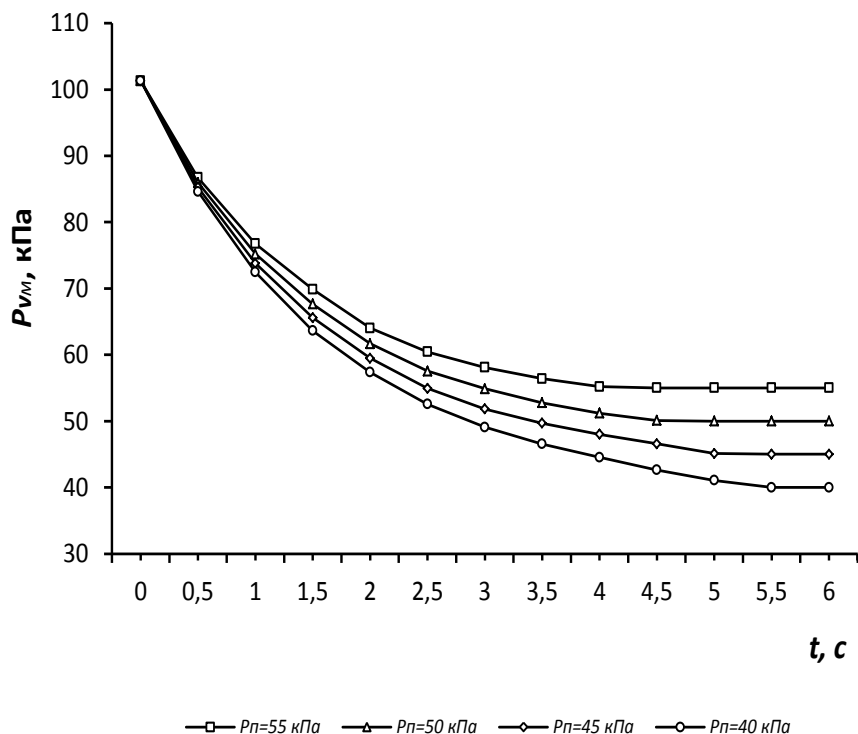


Рис. 2. Графік зміни тиску (p_{V_M}) в молокозбірнику (V_M) впродовж часу t за умови незмінного об'єму молокозбірника ($V_M=0,020$ м³) та вакуумного балона ($V_B=0,010$ м³) при різних значеннях початкового тиску вакуумної мережі (p_{Π}).

Характер зміни тиску у молокозбірнику (див. рис. 1) мобільної доїльної установки відповідає логарифмічному закону, причому, при збільшенні об'єму молокозбірника (V_M) зростає час на встановлення початкового тиску вакуумної мережі (p_{Π}). Це можна пояснити незмінністю конструктивних параметрів пропускної системи при збільшенні об'єму повітря яке необхідно видалити з вакуумної системи для встановлення початкового тиску p_{Π} при однаковому значенні різниці між початковою (p_M) та кінцевою величиною (p_{Π}) тисків.

Значну роль відіграє і тривалість періоду (t_f) встановлення тиску (p_c) завершення сумішоутворення, який збільшується зі збільшенням об'єму молокозбірника (V_M). Це можна пояснити збільшенням величини коефіцієнта пропорційності (k) при незмінному об'ємі вакуумного балона.

Закон зміни тиску залишається незмінним для різних значень початкового тиску вакуумної мережі та для різного співвідношення об'ємів елементів вакуумної системи. Слід зауважити, що у випадку нижчого значення початкового тиску вакуумної мережі (p_{Π}) тривалість його встановлення у вакуумній системі зростає за умови однакової величини коефіцієнта пропорційності об'ємів.

Висновки

Встановлена модель зміни тиску в молокозбірнику мобільної доїльної установки в межах стабілізаційного періоду до моменту відновлення початкового тиску вакуумної мережі (p_{Π}). Так, тривалість стабілізаційного періоду 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, доцільно буде дослідити вплив конструктивних параметрів елементів вакуумної системи мобільної доїльної установки на динаміку зміни тиску у вакуум-проводі, до моменту стабілізації на рівні початкових значень.

Список літератури

1. *Карташов Л.П.* Машинное доение коров / *Л. . Карташов.* – М.: Колос, 1982. – 301 с.
2. *Крижанівський Я.* До проблеми якості й безпеки молока селянських присадибних господарств / *Я. Крижанівський, М. Голик, І. Даниленко, М. Кухтин* // Тваринництво України. – 2005. – №6 – С. 3–5.
3. *Мазур Т.* Екологія сирого молока у господарствах різних форм власності / *Т. Мазур, Л. Очеретяна, Т. Димань* // Тваринництво України. – 2006. – №4 – С. 7–8.

4. *Медведський О.В.* Влияние конструктивных параметров мобильной доильной установки на уровень вакуумметрического давления / *О.В. Медведський* // Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, 2015. – Vol. 17. – No 3. – 250–259.
5. *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.
6. *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 ЖНА-ЕУ. – 2014. – Вип. № 2 (45), т. 4, ч. II. – С. 292–301.
7. *Медведський О.В.* Встановлення техніко-технологічних параметрів вакуумної системи мобільної доїльної установки / *О.В. Медведський* // Зб. наук. пр. Подільського держ. аграрно-техн. ун-ту. – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2014. – С. 165–168.
8. *Медведський О.В.* Порівняльна оцінка систем доїння / *О.В. Медведський, О.В. Коновалов, С.В. Бушма, О.П. Слинко* // Зб. наук. пр. Подільського держ. аграрно-техн. ун-ту. – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2011. – С. 254–258.
9. *Оберемченко А.И.* О стабильности вакуумного режима доильных установок / *А.И. Оберемченко, Н.А. Яковенко* // Животноводство. – 1986. – № 3. – С. 60–61.
10. *Ревенко І.І.* Перспективи механізації доїння корів на малих фермах / *І.І. Ревенко, О.В. Медведський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 4. – С. 82–87.

Полученные результаты теоретических исследований указывают на существенное влияние соотношения объемов составляющих вакуумной системы на характер процесса изменения давления в объеме молочной емкости, от движущегося разницы давлений зависит конечная величина давления стабилизации. Полученная адекватная математическая модель изменения давления в молочной емкости от начального значения до давления стабилизации. Доказано положительное влияние вакуумного баллона на обеспечение качественных технологических показателей работы вакуумной системы, в частности, поддержание высокого уровня стабильности начального давления в вакуум-проводе.

Вакуумная система, вакуумный баллон, давление, вакуум-провод, стабилизация.

The obtained results of theoretical studies indicate significant influence the volume ratio of components of vacuum system on nature of the pressure change in volume of milk vessel by moving the pressure difference depends on final value of pressure stabilization. Getting adequate mathematical model of pressure changes in mammary capacity from initial value to pressure stabilization. The positive influence of vacuum cylinder to ensure the quality of technological performance of

the vacuum system, in particular, maintaining a high level of stability of the initial pressure in vacuum line.

Vacuum system, vacuum tank, pressure, vacuum line, stabilizing.