

Дмитрів В. Т.

Дмитрів І.В.

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

Адамчук В.В.

Національний науковий центр „Інститут механізації та електрифікації сільського господарства”

**РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА З
АДАПТИВНИМ
ПНЕВМОЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ
ПУЛЬСАТОРОМ**

УДК 637.125.65:621.757.007.52

В статті проаналізовані результати експериментальних досліджень доїльного апарата з адаптивним пневмоелектромагнітним пульсатором. Наведені результати дослідження впливу конструкційно-технологічних параметрів на тривалість відкачування повітря з камер змінного вакуумметричного тиску системи та порівняно результати експериментальних даних з теоретичними.

Ключові слова: доїльний апарат, пневмоелектромагнітний пульсатор, система „доїльний стакан-пульсатор”, тривалість відкачування, тривалість наповнення

Вступ, постановка проблеми. Доїльний апарат, який безпосередньо впливає на інтенсивність молоковіддачі корови, здоров'я тварини і продуктивність праці оператора машинного доїння на сьогодні є одним із важливих компонентів комплексної автоматизації технологічного процесу машинного доїння корів. Технологічний рівень пульсатора в значній мірі впливає на параметри і характеристики роботи доїльного апарата. В автоматизованих (роботизованих) системах доїння це має вирішальне значення для реалізації адаптивного алгоритму керування системою „дійка-доїльний стакан-пульсатор”, оскільки уможливорює режим доїння у функції від інтенсивності молоковіддачі для кожної чверті вимені корови шляхом вибору алгоритму роботи для забезпечення функціональної адаптації пульсатора до кожної дійки.

Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів пульсатора дозволить контролювати режимні характеристики доїльного апарата і стимулювати молоковіддачу крові та виключити шкідливий вплив машинного доїння на корову є актуальним.

Аналіз стану питання. Удосконалення доїльних апаратів, як інструмент підвищення ефективності машинного доїння корів на сьогодні досить актуальне. Аналіз праць як вітчизняних так і зарубіжних вчених [1-6] дозволив зробити висновок, що незважаючи на понад столітні дослідження, в науці на сьогодні немає єдиної думки про оптимальне значення частоти пульсації, співвідношення тактів і глибини вакуумметричного тиску. Так значення основних параметрів в різних доїльних апаратах відрізняються. Наприклад, частота пульсації може приймати значення від 0,75 до 2 Гц, співвідношення тактів – від 1:1 до 1:4, глибина вакуумметричного тиску в дійковому просторі – від 25 до 90 кПа, а маса підвісної частини – від 2,2 до 5 кг [1-8].

Як наслідок, існуючі пульсатори попарної дії не забезпечують одночасно двох основних вимог: відносної простоти виготовлення й обслуговування; видоювання чвертей вимені у функції молоковіддачі. Тому застосування адаптивного пневмоелектромагнітного пульсатора, який встановлюється безпосередньо на доїльному стакані, дозволить вирішити поставлену проблему, шляхом адаптації режиму роботи останнього для кожної окремо взятої чверті вимені.

Мета роботи. Дослідження раціональних конструкційно-технологічних параметрів системи “доїльний стакан-пульсатор” для реалізації адаптивного режиму роботи доїльного апарата.

Виклад основних положень матеріалу статті. На основі аналізу технічних рішень [7, 8] була розроблена конструкційно-технологічна схема системи “доїльний стакан-пульсатор” (рис. 1), коли адаптивний пневмоелектромагнітний пульсатор безпосередньо розміщений на доїльному стакані.

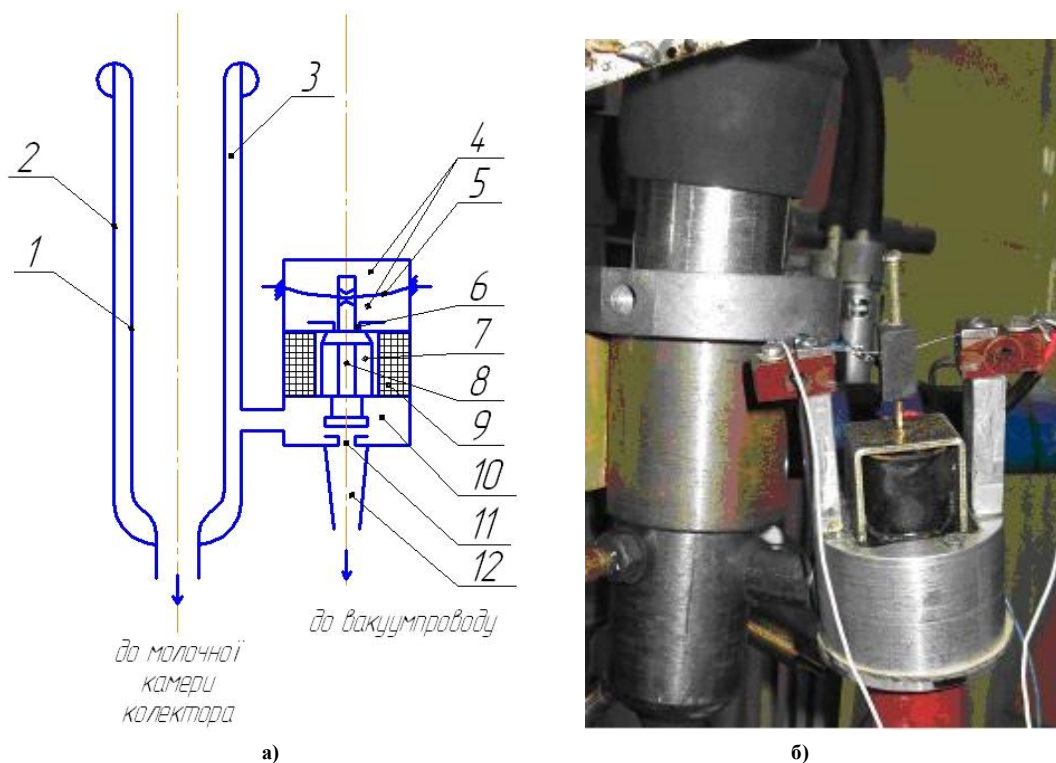


Рис. 1. Схема (а) і загальний вигляд (б) системи “доїльний стакан-пульсатор”: 1 – дійкова гума; 2 – доїльний стакан; 3 – мі-жстінкова камера змінного вакуумметричного тиску доїльного стакана; 4 – камера атмосферного тиску; 5 – мембрана; 6 - отвір надходження повітря в камери змінного вакуумметричного тиску; 7 – якор-клапан; 8 – перепускний канал якоря-клапана; 9 – електромагніт; 10 – камера змінного вакуумметричного тиску пульсатора; 11 – перепускний отвір відкачування повітря; 12 – камера постійного вакууму

У результаті теоретичних досліджень конструкційно-технологічних параметрів адаптивного пневмоелектромагнітного пульсатора виведені рівняння для визначення тривалості відкачування [9] і наповнення [10] повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи „доїльний стакан пульсатор”, обґрунтовано хід якоря-клапана 2 мм, діаметр перепускного отвору за відкачування повітря 3,0-3,2 мм, діаметр перепускного отвору за наповнення повітрям 3,0-3,5 мм, що забезпечить для камери змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор” об’ємом 10^{-4} м³ тривалість відкачування повітря 0,126-0,133 с і тривалість наповнення повітрям 0,137-0,145 с при вакуумметричному тиску 48 кПа [9-12].

Результати досліджень. Експериментальні дослідження проводилися відповідно до розробленої методики [13]. На основі реальних режимів роботи доїльного апарата та виходячи з результатів теоретичних досліджень [9-12] вибрані значення меж факторів для визначення тривалості відкачування (табл. 1) і наповнення (табл. 2) повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи „доїльний стакан - пульсатор”.

Апроксимація експериментальних даних виконана поліноміальною функцією другого порядку. Перевірка адекватності математичних моделей проведена з використанням елементів дисперсійного аналізу за критерієм Фішера на рівні довірчої ймовірності 0,95, оцінка значимості коефіцієнтів регресії визначена за критерієм Стюдента (2,020) для вибраного рівня значимості 0,95.

Рівні факторів і їх кодові значення при визначенні тривалості відкачування повітря

Фактор	Позначення	Розмірність	Рівні факторів			Інтервал варіювання ϵ
			верхній	нульовий	нижній	
			Кодові значення			
			+1	0	-1	
Вакуумметричний тиск, P_i	x_1	кПа	48	44	40	4
Діаметр перепускного отвору, d_{nep}	x_2	мм	4	3	2	1

Рівні факторів і їх кодові значення при визначенні тривалості наповнення повітрям

Фактор	Позначення	Розмірність	Рівні факторів			Інтервал варіювання ϵ
			верхній	нульовий	нижній	
			Кодові значення			
			+1	0	-1	
Вакуумметричний тиск, P_i	x_1	кПа	48	44	40	4
Еквівалентний діаметр отвору надходження повітря в камери змінного вакуумметричного тиску, $d_{екв} = d_{nep}$	x_2	мм	3,8	3,2	2,5	0,7-0,6

Одержані емпіричні залежності після розкодування коефіцієнтів рівняння регресії набули наступного вигляду [14 - 16]:

- для визначення тривалості відкачування повітря з камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор”:

$$t = 1,8184 - 0,0752P_i - 0,03d_{nep} - 0,00135P_id_{nep} + 0,001P_i^2 + 0,0014d_{nep}^2, \quad (1)$$

- для визначення тривалості наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор”:

$$t = -0,2872 + 0,02359P_i - 0,07258d_{nep} - 0,00075P_id_{nep} - 0,0001825P_i^2 + 0,00883d_{nep}^2. \quad (2)$$

Графічне зображення рівнянь регресії для визначення тривалості відкачування повітря представлено у вигляді тривимірної площини (рис. 2). Аналіз даних свідчить, що найбільше на тривалість відкачування повітря впливає діаметр перепускних отворів пульсатора. За його зменшення тривалість відкачування повітря зростає нелінійно.

Порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень (рис. 3) показав, що відхилення експериментальних даних від теоретичного моделювання тривалості відкачування повітря з камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатора” є в межах від 0,2% до 26,4%. Найбільше відхилення 26,4% є за вакуумметричного тиску $P_i = 40$ кПа і діаметра перепускного отвору пульсатора $d_{nep} = 2$ мм, за вакуумметричного тиску $P_i = 44$ кПа і діаметра перепускного отвору пульсатора $d_{nep} = 2$ мм

відхилення теоретичних від експериментальних даних становить 22,4%. За вакуумметричного тиску $P_i=48$ кПа і діаметра перепускного отвору $d_{nep}=2-4$ мм відхилення теоретичних від експериментальних даних є в межах 13-17,8%.

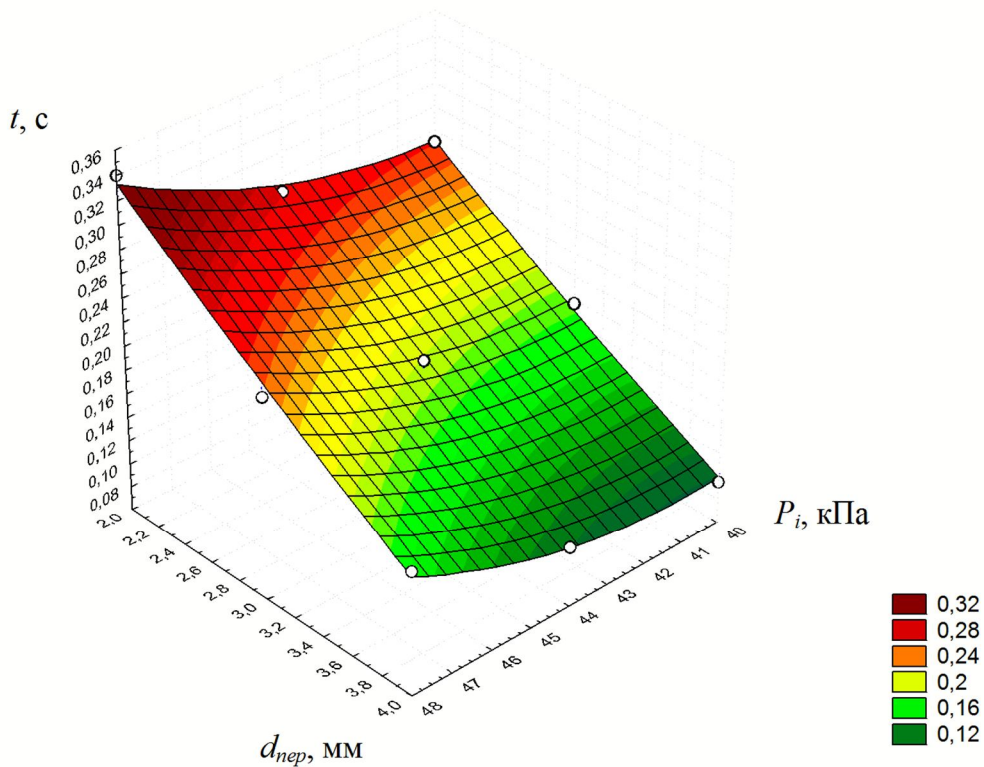


Рис. 2. Залежність тривалості t відкачування повітря з камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор” від діаметра d_{nep} перепускного отвору пульсатора і вакуумметричного тиску P_i

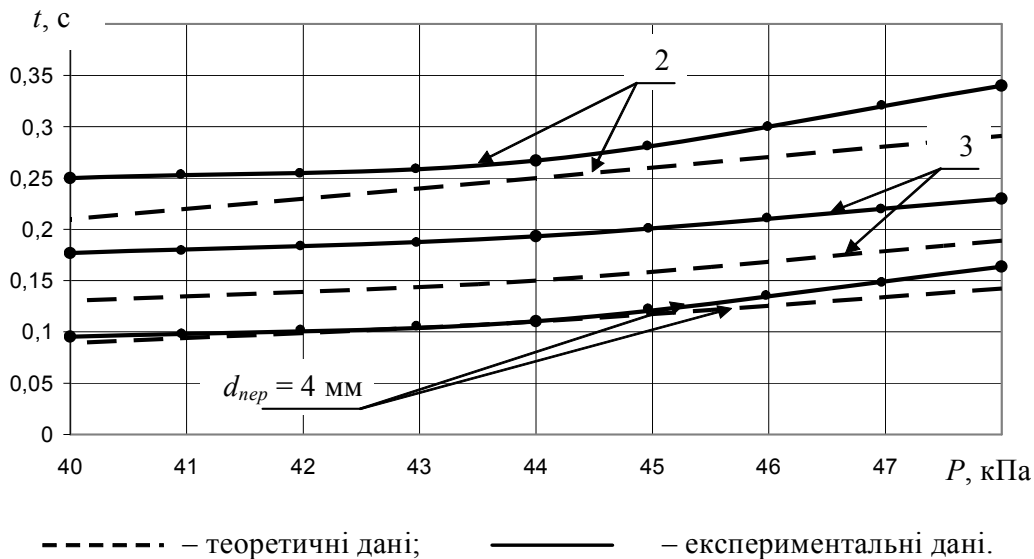


Рис. 3. Залежність тривалості t відкачування повітря з камер змінного вакуумметричного тиску від вакуумметричного тиску P_i і діаметра d_{nep} перепускного отвору пульсатора

Для узгодження теоретичних залежностей з експериментальними даними в рівняння моделювання тривалості відкачування повітря з камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор” [9] вводимо коефіцієнт 1,18.

Графічне зображення рівнянь регресії для визначення тривалості наповнення повітрям представлено у вигляді тривимірної площини (рис. 4). Найбільше на тривалість наповнення повітрям, згідно аналізу даних, впливає діаметр перепускних отворів пульсатора. При його збільшенні тривалість відкачування повітря на інтервалі часу 0,1-0,14 с зростає лінійно, а на інтервалі - 0,15-0,22 с зростає нелінійно.

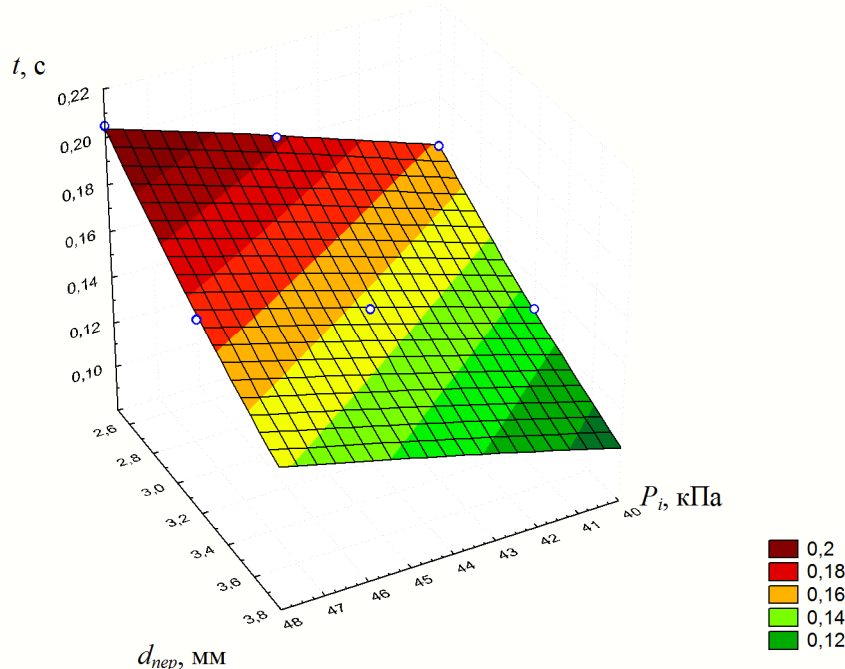


Рис. 4. Залежність тривалості t наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор” від діаметра $d_{пер}$ перепускного отвору пульсатора і вакуумметричного тиску P_i

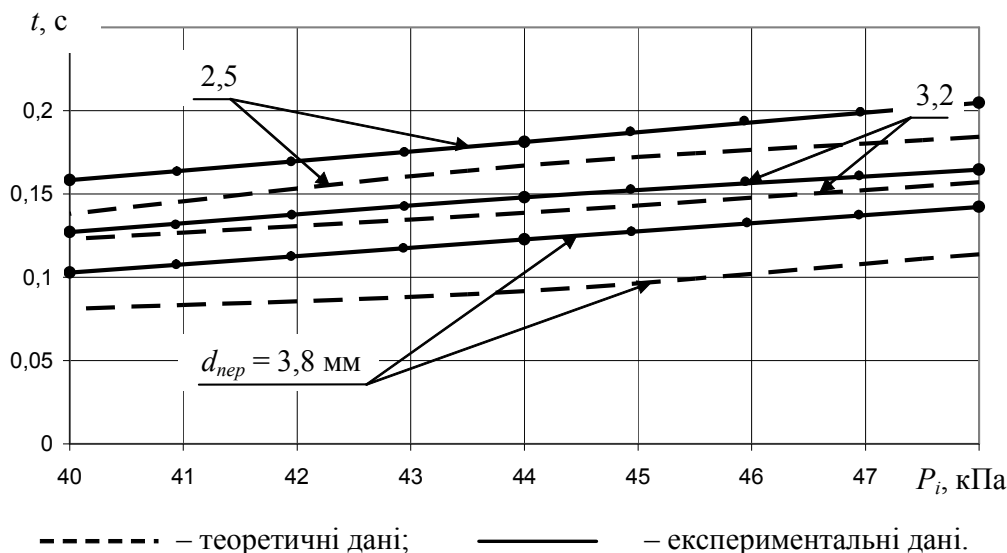


Рис. 5. Залежність тривалості t наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску від вакуумметричного тиску P_i і діаметра $d_{пер}$ перепускного отвору пульсатора

Порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень (рис. 5) показав, що відхилення експериментальних даних від теоретичного моделювання тривалості наповнення повітря камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор” знаходиться в межах 3,4-25,4 %. Найбільше відхилення 25,4 % є за вакуумметричного тиску $P_i = 44$ кПа і діаметра перепускного отвору пульсатора $d_{пер} = 3,8$ мм, за вакуумметричного тиску $P_i = 40$ кПа і діаметра перепускного отвору пульсатора

$d_{пер} = 3,8$ мм відхилення теоретичних від експериментальних даних становить 21,2 %.

Для узгодження теоретичних залежностей з експериментальними даними в рівняння моделювання тривалості наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор” [10] вводимо коефіцієнт 1,05.

Висновки

1. Встановлено, що тривалість відкачування і наповнення t повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор” зростає зі зменшенням діаметра перепускного отвору $d_{пер}$ пульсатора, і при зростанні вакуумметричного тиску P_i .

2. Аналіз отриманих залежностей дає змогу рекомендувати раціональні параметри пневмоелектромагнітного пульсатора за умови забезпечення режиму безударного плавного змикання і розмикання дійкової гуми доїльного стакана при вакуумметричному тиску $P_i = 48$ кПа і об’ємі камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор” $V = 10^{-4}$ м³.

Для тривалості відкачування повітря t з камер змінного вакуумметричного тиску, що задано в межах від 0,16 до 0,17 с, діаметр перепускного отвору пульсатора повинен бути в межах $d_{пер} = 3-3,2$ мм.

Для тривалості наповнення повітрям t камер змінного вакуумметричного тиску, що задано в межах від 0,155 до 0,165 с, діаметр перепускного отвору пульсатора повинен бути в межах $d_{пер} = 3,2-3,4$ мм.

Література

1. Фененко А.І. Режимні характеристики виконавчих механізмів нового покоління доїльних установок / А.І. Фененко // Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 85. Глеваха – 2001. С. 160 – 163.
2. Винников, И.К. Технологии, системы и установки для комплексной механизации и автоматизации доения коров / И.К. Винников, О.Б. Забродина, Л.П. Кормановский, под ред. Л.П. Кормановского. – 2001. – 354 с. с ил.
3. Викторова Н.Н. Облегченный доильный аппарат с оптимальными параметрами / Н.Н. Викторова, А.Н. Козлов // Тез. докл. VI Всесоюз. симп. по машинному доению сельскохозяйственных животных. – Ч. II – М.. 1983. – С. 9-11.
4. Королев В.Ф. Доильные машины / В.Ф. Королев. – М. : Машиностроение, 1969. – 279 с.
5. Краснов И.Н. Доильные аппараты / И.Н. Краснов. – Ростов – н/Д. : Изд-во Ростовского ун-та, 1974. – 227 с.
6. Хитров, А.Н. Совершенствование доильных систем: Обзорная информация / А.Н. Хитров. – М, 1978. – 44с.
7. Дмитрів І.В. Аналіз режимних характеристик доїльних апаратів при машинному доїнні корів / І.В. Дмитрів // Механізація та електрифікація сільського господарства // Міжвідомчий тематичний науковий збірник.- Вип. 97. – Глеваха, 2013. – С. 576-581.
8. Дмитрів І.В. Аналіз статичних і динамічних параметрів доїльних апаратів / І.В. Дмитрів // Теоретичні основи і практичні аспекти використання ресурсощадних технологій для підвищення ефективності агропромислового виробництва і розвитку сільських територій // Матеріали міжнародного науково-практичного форуму. – Львів, 2013. – С. 222-230.
9. Дмитрив В.Т. Моделирование времени истечения воздуха из ограниченного пространства / В.Т. Дмитрив, И.В. Дмитрив // 2013 / Motrol. Commission of Motorization

- and Energetics in Agriculture – Lublin. – Rzeszow 2013. – Vol. 15, № 4. – P. 193-197.
10. Dmytriv I. Development of mathematical model of duration of filling the finite-dimensional space with air at vacuum-gauge pressure / I. Dmytriv // An International quarterly journal on economics in technology new technologies and modeling processes– Lublin – Rzeszow. – 2014. – Vol. 3. № 4. – P. 45-48.
11. Дмитрів В.Т. Модель відкачування повітря з камер змінного вакуумметричного тиску доїльного апарата / В.Т. Дмитрів, І.В. Дмитрів // Вісник Харківського нац. техніч. ун-ту с. г. ім. Петра Василенка. – Вип. 132 Технічні системи і технології тваринництва. – Харків : ХНТУСГ, 2013. – С. 207 – 212.
12. Дмитрів І.В. Багатофакторне моделювання відкачування повітря в системі “доїльний стакан-пульсатора” / І.В. Дмитрів // Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. – 2014. – № 18. – С. 99-105.
13. Дмитрів І.В. Багатофакторне моделювання відкачування повітря в системі “доїльний стакан-пульсатора” / І.В. Дмитрів // Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. – 2014. – № 18. – С. 99-105.
14. Дмитрів І.В. Результати експериментальних досліджень тривалості наповнення повітрям системи „доїльний стакан - пульсатор” / І.В. Дмитрів, В.Т. Дмитрів // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип.. 212/2. – С. 142 – 148.
15. Adamchuk V. Experimental studies of duration of air pumping out from the „TEAT CUP - PULSATOR” system / V. Adamchuk, V. Dmytriv, I. Dmytriv // 2015.An International quarterly journal on economics in technology new technologies and modeling processes– Lublin – Rzeszow, Vol. 4, № 4. P. 3-6.
16. Адамчук В. Адаптивный доильный аппарат с пневмоэлектромагнитным пульсатором / В. Адамчук, В. Дмитрив, И. Дмитрив // 2015 / Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin. – Rzeszow 2015. – Vol. 17, № 9. – P. 83-87.

Summary

V. Dmytriv, V Adamchuk, V. Dmytriv. Results of experimental research milking machine with adaptive pneumatic and electromagnetic pulsators

In the article the results of experimental studies milking machine with an adaptive pnevmoelektromahnitnym pulsators. The results of the study of the effect structurally technological parameters of the length of pumping air from the vacuum chamber alternating pressure system and compared to experimental results with theoretical data.

It is established that the duration t pumping and filling air chambers variable vacuum pressure system "glass-milking pulsator" increases with decreasing diameter overflow hole d_{per} pulsator and with increasing vacuum pressure P_i .

Analysis of the dependencies enables recommend rational parameters pnevmoelektromahnitnoho pulsator provided shockless and ensuring the smooth opening and closing diykovoyi rubber milking cups with vacuum pressure $P_i = 48$ kPa and variable volume chamber pressure vakuummtrychnoho of "glass-milking pulsator" $V = 10 -4$ m³.

For the duration t of pumping air chambers variable vacuum pressure set in the range of 0.16 to 0.17 seconds, the diameter of the overflow hole pulsator should be within $d_{per} = 3-3,2$ mm.

For the duration t filling air chambers variable vacuum pressure set in the range of 0.155 to 0.165 with a diameter overflow hole pulsator should be within $d_{per} = 3,2-3,4$ mm.

Key words: milking machine, air-elektromahnitnyy pulsator, the „teat cup - pulsator” system, pumping duration, duration of filling

References

1. Fenenko A.I. Rezhymni harakterystyky vykonavchyh mehanizmiv novogo pokolinnja doi'l'nyh ustanovok / A.I. Fenenko // *Mehanizacija ta elektryfikacija sil's'kogo gospodarstva*. Vyp. 85. Glevaha – 2001. S. 160 – 163.
2. Vinnikov, I.K. Tehnologii, sistemy i ustanovki dlja kompleksnoj mehanizacii i avtomatizacii doenija korov / I.K. Vinnikov, O.B. Zabrodina, L.P. Kormanovskij, pod red. L.P. Kormanovskogo. – 2001. – 354 s. s il.
3. Viktorova N.N. Oblegchennyj doi'l'nyj apparat s optimal'nymi parametrami / N.N. Viktorova, A.N. Kozlov // *Tez. dokl. VI Vsesojuz. simp. po mashinnomu doeniju sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh*. – Ch. II – M.. 1983. – S. 9-11.
4. Korolev V.F. Doil'nye mashiny / V.F. Korolev. – M. : Mashinostroenie, 1969. – 279 s.
5. Krasnov I.N. Doil'nye apparaty / I.N. Krasnov. – Rostov – n/D. : Izd-vo Rostovskogo un-ta, 1974. – 227 s.
6. Hitrov, A.N. Sovershenstvovanie doi'l'nyh sistem: Obzornaja informacija / A.N. Hitrov. – M, 1978. – 44s.
7. Dmytriv I.V. Analiz rezhymnyh harakterystyk doi'l'nyh aparativ pry mashynnomu doi'nni koriv / I.V. Dmytriv // *Mehanizacija ta elektryfikacija sil's'kogo gospoddarstva // Mizhvidomchyj tematychnyj naukovyj zbirnyk*.- Vyp. 97. – Glevaha, 2013. – S. 576-581.
8. Dmytriv I.V. Analiz statychnyh i dynamichnyh parametriv doi'l'nyh aparativ / I.V. Dmytriv // *Teoretychni osnovy i praktychni aspekty vykorystannja resursooshhadnyh tehnologij dlja pidvyshhennja efektyvnosti agropromyslovogo vyrobnyctva i rozvytku sil's'kyh terytorij // Materialy mizhnarodnogo naukovo-praktychnogo forumu*. – L'viv, 2013. – S. 222-230.
9. Dmitriv V.T. Modelirovanie vremeni istechenija vozduha iz ogranichenogo prostranstva / V.T. Dmitriv, I.V. Dmitriv // *2013/ Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin. – Rzeszow 2013. – Vol. 15, № 4. – R. 193-197.*
10. Dmytriv I. Development of mathematical model of duration of filling the finite-dimensional space with air at vacuum-gauge pressure / I. Dmytriv // *An International quarterly journal on economics in technology new technologies and modeling processes– Lublin – Rzeszow. – 2014. – Vol. 3. № 4. – R. 45-48.*
11. Dmytriv V.T. Model' vidkachuvannja povitrja z kamer zminnogo vakuummetrychnogo tysku doi'l'nogo aparata / V.T. Dmytriv, I.V. Dmytriv // *Visnyk Harkivs'kogo nac. tehnic. un-tu s. g. im. Petra Vasylenka. – Vyp. 132 Tehnicni systemy i tehnologii' tvarynnyctva. – Harkiv : HNTUSG, 2013. – S. 207 – 212.*
12. Dmytriv I.V. Bagatofaktorne modeljuvannja vidkachuvannja povitrja v systemi “doi'l'nyj stakan-pul'satora” / I.V. Dmytriv // *Visnyk L'vivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu : agroinzhenerni doslidzhennja. – 2014. – № 18. – S. 99-105.*
13. Dmytriv I.V. Bagatofaktorne modeljuvannja vidkachuvannja povitrja v systemi “doi'l'nyj stakan-pul'satora” / I.V. Dmytriv // *Visnyk L'vivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu : agroinzhenerni doslidzhennja. – 2014. – № 18. – S. 99-105.*
14. Dmytriv I.V. Rezultaty eksperymental'nyh doslidzen' tryvalosti napovnennja povitrijam systemy „doi'l'nyj stakan - pul'sator” / I.V. Dmytriv, V.T. Dmytriv // *Naukovyj visnyk Nacional'nogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrai'ny. Serija: tehnika ta energetyka APK. – K., 2015. – Vyp.. 212/2. – S. 142 – 148.*
15. Adamchuk V. Experimental studies of duration of air pumping out from the „TEAT CUP - PULSATOR” system / V. Adamchuk, V. Dmytriv, I. Dmytriv // *2015. An International quarterly journal on economics in technology new technologies and modeling processes– Lublin – Rzeszow, Vol. 4, № 4. P. 3-6.*
16. Adamchuk V. Adaptivnyj doi'l'nyj apparat s pnevmojelektromagnitnym pul'satorom / V. Adamchuk, V. Dmitriv, I. Dmitriv // *2015 / Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin. – Rzeszow 2015. – Vol. 17, № 9. – R. 83-87*