

Проанализировано влияние конструкционно-технологических параметров пульсатора на временные характеристики режима работы доильного аппарата.

Доильный аппарат, пневмоелектромагнитный пульсатор, вакуумметрическое давление, продолжительность откачки, система «доильный стакан – пульсатор».

The analysis of experimental results duration of filling air chambers variable vacuum pressure system "glass – milking pulsator" to nominal atmospheric pressure. Influence of structurally and technological parameters to pulsator mode of temporal characteristics of milking machine.

Milking machine, air-elektromagnit pulsator, vacuum pressure, pumping duration, system "glass – milking pulsator".

УДК 631.3

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ І ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ПНЕВМОМЕМБРАННИХ ПУЛЬСАТОРІВ ПОПАРНОЇ ДІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ЇХ РОБОТИ

**В.М. Сиротюк, кандидат технічних наук
С.М. Баранович, магістр
Львівський національний аграрний університет**

В статті представлено аналіз існуючих конструкцій з пневматичним мембранним пульсатором попарно з'єднаних, який показав, що в них умова оптимального співвідношення тривалості тактів всмоктування і стиснення не передбачено. Тому пропонується нова конструкція пневмомембранного пульсатора, який виконано з двох частин, одна з яких ведуча, а друга ведена.

Пульсатор попарний, такт, вакуум, вакуумна мережа, доїльний апарат.

Постановка проблеми. Для забезпечення високої ефективності процесу доїння корів необхідно адаптувати режим роботи доїльного апарата до інтенсивності молоковіддачі. У зв'язку з тим, що режим роботи доїльного апарата характеризується частотою пульсацій, співвідношенням тактів і величиною вакуумметричного тиску

© В.М. Сиротюк, С.М. Баранович, 2015

в робочих камерах доїльного стакана, то особливо це стосується пульсаторів доїльних апаратів, які забезпечують керування ритмом доїння і співвідношенням тактів. Пульсатори, які забезпечують процес попарного доїння, де заміна тактів проходить по чергово у парах доїльних стаканів, мають ряд переваг порівняно з синхронними: мінімальний взаємний вплив роботи доїльних апаратів при одночасній роботі, покращення роботи вакуумної мережі, часткове запобігання процесу "наповзання" доїльних стаканів на дійки в кінці доїння; здійснюється імітація масажу вим'я.

Провідні фірми світу, що займаються розробкою і реалізацією на ринку доїльних апаратів, "Vestfalia-separator", "Impulsa", "Alfa laval", АТ "Брацлав" та інші, віддають перевагу саме пульсаторам попарного доїння. Проаналізувавши роботу існуючих пульсаторів, які найбільш поширені в Україні можна сказати наступне. Пульсатор доїльного апарата "Impulsa" М-59 і М-66 робочий процес якого за рахунок жорсткого з'єднання блоків клапанів планкою. Однак за рахунок такого з'єднання блоків клапанів можливо реалізувати попарне доїння з співвідношенням тактів ссання до стиску лише як 50:50, що не відповідає фізіологічним вимогам співвідношення тактів для попарних доїльних апаратів, яке повинно становити близько 70:30.

Одним із можливих варіантів реалізації попарного доїння з оптимальним співвідношенням тактів є використання двох незалежно працюючих пульсаторів один з яких обслуговує одну пару дійок, а другий іншу, наприклад, доїльний апарат розроблений в НУБіП. В даному доїльному апараті за рахунок неминучого неспівпадання частот пульсації окремих пульсаторів відбувається неперервне зміщення фаз індикаторних діаграм тисків, а відповідно, тому частину часу доїльний апарат працює у синхронному режимі, а частину в попарному. Цього недоліку не має пульсатор "Impulsa-90" (рис. 1). Складається даний пульсатор з корпусу 1, клапанів 2 і 5, мембран 3 і 4, дроселя 6 і фільтра 7. Клапан 2 з'єднаний з мембраною 3, клапан 5 з мембраною 4. Клапани між собою не з'єднані і клапан 5 являється сідлом клапана 2. Він має шість робочих камер, з яких $1p_1$ і $1p_2$ – постійного вакуумметричного тиску, $2p_1$, $2p_2$ і $4p$ змінного вакуумметричного тиску, $3p$ постійного атмосферного тиску. Причому, камера $4p$ є керуючою [2, 4].

Аналогічні функції реалізує пульсатор схема якого показана на (рис. 2). Цей пульсатор має 12 камер: камера $1n$ – постійного вакуумметричного тиску, 2^1n і 2^2n – змінного вакуумметричного тиску, $3n$ – постійного атмосферного тиску, 4^1n і 4^2n змінного вакуумметричного тиску (керуючі), 5^1n і 5^2n камери управління положенням нижньої осі 5 і клапана 3 та камери 6^1n і 6^2n – управління положенням верхньої осі 4 і клапана 2. Нижні мембрани 8, вісь 5 і клапан 3 мають два стій-

ких (ліве і праве) положення. Наявність в одній із камер 5^1n або 5^2n вакуумметричного тиску може змінити положення осі 5 та клапана 3 на протилежне внаслідок дії атмосферного тиску на одну з мембран 8. Керуючі камери 4^1n або 4^2n з'єднані між собою каналом переріз якого можна змінювати регулювальним гвинтом 6, тому вісь 4 з клапаном 2 і мембранами 7 змінюють своє переміщення з затримкою в часі.

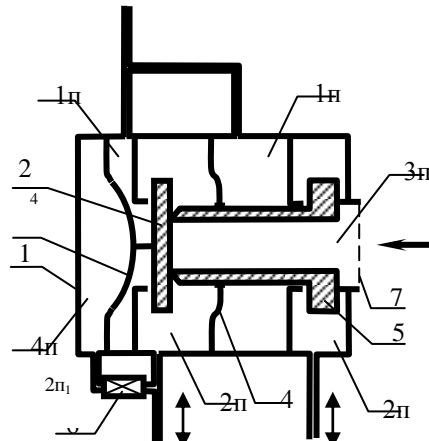


Рис. 1. Схема пульсатора "Impulsa-90": 1 – корпус; 2, 5 – клапани; 3, 4 – мембрани; 6 – дросель; 7 – фільтр.

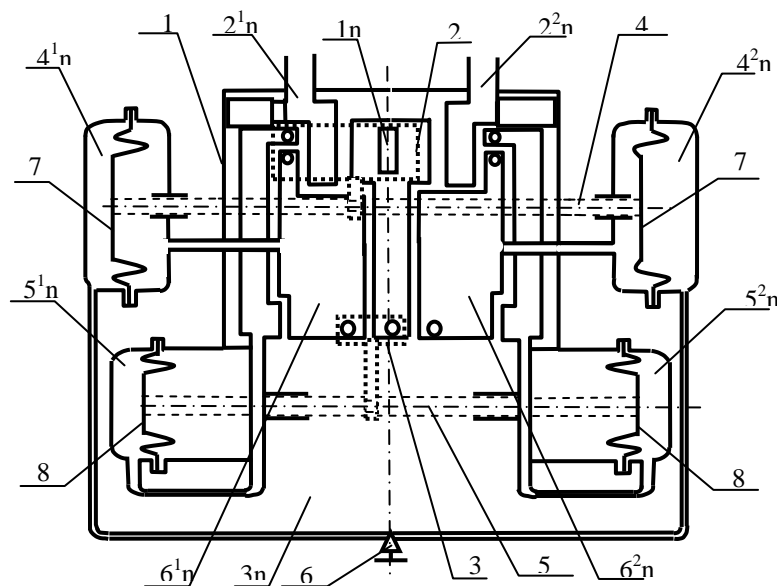


Рис. 2. Схема попарного пульсатора: 1 – корпус; 2 – верхній клапан; 3 – нижній клапан; 4 – вісь верхня; 5 – вісь нижня; 6 – регулювальний гвинт; 7 – мембрани верхні; 8 – мембрани нижні.

Реалізація режиму попарного доїння може бути забезпечена застосуванням електромагнітних пульсаторів, але даний тип пульсаторів потребує додаткової енергетичної мережі або джерела живлення, що приводить до збільшення затрат коштів, як на монтаж даної системи так і на її експлуатацію.

Метою досліджень є розробка попарного пневмомембранного пульсатора з оптимальним і регульованим співвідношенням тактів виконаного на базі уніфікованого доїльного апарата АДУ-1 і підтвердження його роботоздатності.

Результати дослідження. Як видно з аналізу існуючих пульсаторів в них не передбачено корекцію співвідношення тактів окремо в одній із пар доїльних стаканів, що неуможливорює пристосування доїльного апарату до асиметрії вим'я обумовлене індивідуальними особливостями тварини. Цей недолік можна усунути якщо пульсатор виконати з двох секцій на базі уніфікованого синхронного пульсатора АДУ-1, кожна з яких має блок клапанів, не зв'язаних механічно між собою, які розташовані одна над другою співвісно, і з'єднаних між собою таким чином, що камера постійного атмосферного тиску нижньої ведучої секції межує з камерою змінного вакуумметричного тиску верхньої веденої, яка має додатковий отвір, що з'єднує її з атмосферою через додатковий клапан. Додатковий клапан з'єднаний механічно з блоком клапанів ведучої секції, а камери постійного вакуумметричного тиску обох секцій з'єднані між собою каналом, який з'єднується з джерелом вакуумметричного тиску [1, 4].

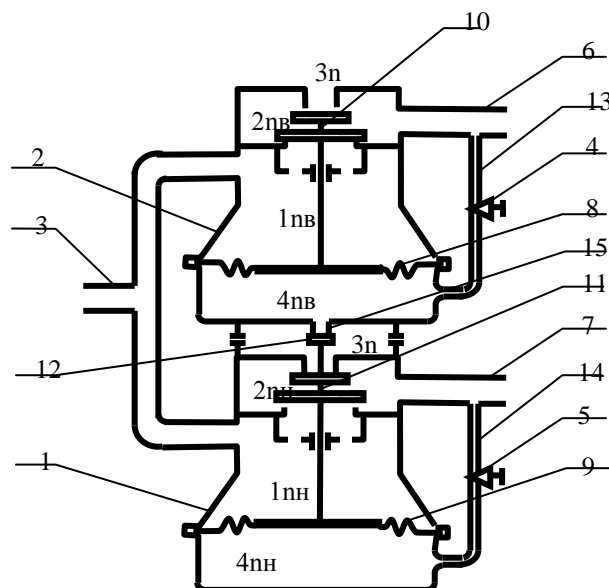


Рис. 3. Попарний пневмопульсатор: 1, 2 – корпуси; 3, 6, 7 – патрубки; 4, 5 – дроселі; 8, 9 – мембрани; 10, 11, 12 – клапани; 13, 14, 15 – канали.

Запропонований пневмомембранний пульсатор (рис. 3) попарного доїння працює наступним чином. Під час приєднання патрубка 3 до вакуумпроводу у камерах 1пв і 1пн встановлюється вакуумметричний тиск, а у камерах 4пв і 4пн залишається атмосферний тиск. За рахунок різниці тисків між камерами 4пв і 1пв та 4пн і 1пн під дією

атмосферного тиску на мембрани 8 і 9 клапанні блоки обох секцій займають верхнє положення і додатковий клапан 12 прилягає до сідла 15. У камерах 4пв і 4пн понижується тиск за рахунок відсмоктування повітря через відповідні дросельні канали у камери 2пв і 2пн, в яких в даний момент часу є вакуумметричний тиск за рахунок сполучення їх з камерами 1пв і 1пн.

У певний момент часу, зумовлений настройкою дроселя 4, що відповідає умовам початку руху клапанного блока 10 він раптово займає нижнє положення за рахунок сил, що діють на клапан з боку камери 3пв. В той час клапанний блок ведучої секції 11, ще знаходиться у верхньому положенні за рахунок відповідної настройки дроселя 5. У наступний проміжок часу, зумовлений регулюванням дроселя 5, блок клапанів веденої секції також займе нижнє положення, сполучивши при цьому камери 3пн і 4пв за рахунок відкривання додаткового клапана 12. За рахунок впуску атмосферного повітря з камери 3пн у 4пв і за рахунок дії атмосферного тиску на мембрану 8 блок клапанів веденої секції займе верхнє положення.

У камеру 4пн через дросельний канал 14 надходить повітря з камери 2пн, яка в даний момент часу з'єднана з камерою 3пн і від'єднана від камери 1пн, і коли тиск в ній відповідатиме умовам переходу блока клапанів ведучої секції в верхнє положення. Таке положення клапанів відповідає початковому стану секцій, і відповідно процес повторюється.

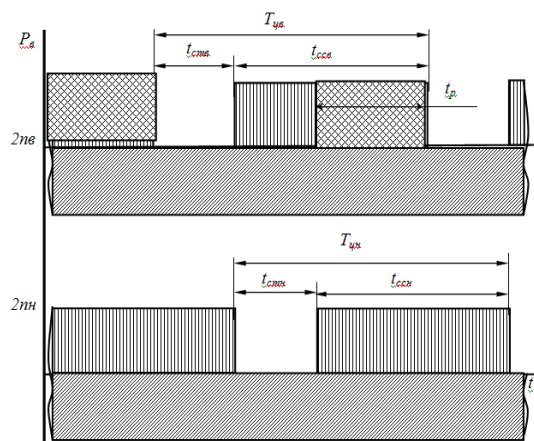


Рис. 4. Індикаторна діаграма роботи пульсатора: $\square\square\square\square$ - в міжстіночній камері доїльного стакана; штрихуваний - в піддійковій камері доїльного стакана; затінений - ділянка діаграми де можливе регулювання співвідношення тактів у веденій секції пульсатора.

Зміщення фаз тактів веденої і ведучої секцій здійснюється настройкою тривалості перебування верхнього блока клапанів у верхньому положенні за умови від'єднання камери 4пв від камери 3пн додатковим клапаном. Індикаторні діаграми тисків у камерах 2пв і

2пн описаного процесу роботи пневмомембранного пульсатора попарного доїння зображено на рис. 4. Як видно з індикаторних діаграм (рис. 4), процес попарного доїння відбувається за оптимального співвідношення тривалостей тактів ссання і стиску в обох парах доїльних стаканів зі зміщенням фаз чергування тактів за умови співвідношення тактів, що відповідало б фізіології корів, а з вище описаної роботи пульсатора, наявність дроселя 5 дозволяє регулювати ритм доїння, а дросель 4 забезпечує регулювання співвідношення тактів ссання t_{ccB} до такту стиску t_{ctB} у веденій частині пульсатора, що не реалізовано у проаналізованих пульсаторах.

Програмну частину комплексу для дослідження доїльних апаратів попарного доїння забезпечує програмний комплекс LabVIEW фірми National Instruments [3, 5, 6]. Експериментально отримані індикаторні діаграми роботи (рис. 5) новоствореного пневмомембранного пульсатора попарної дії унаочнювались і реєструвались на ПК у режимі реального часу.

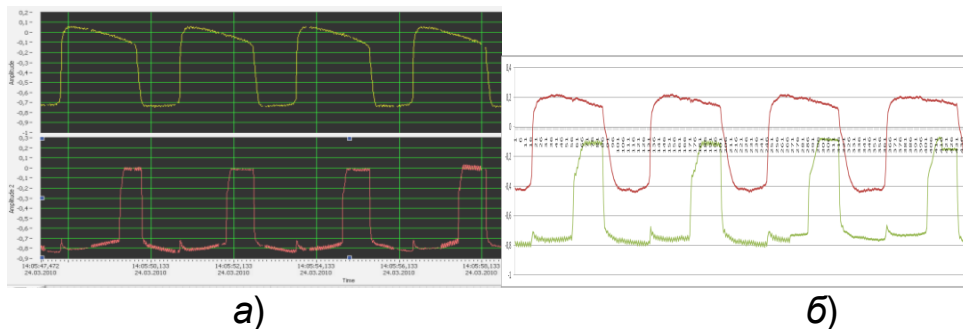


Рис. 5. Експериментально отримані індикаторні діаграми роботи пневмомембранного пульсатора попарної дії, відтворені в програмних середовищах: а) LabVIEW; б) Excel.

Рівняння регресії залежності співвідношення тактів від вакууметричного тиску, інтенсивності молоковіддачі та частоти пульсацій з натуральними значеннями змінних для ведучої секції:

$$t_{cc1} / t_{cm1} = 1,76659943 + 18460,264 \cdot V + 0,00001199 \cdot P - 0,3632890 \cdot P \cdot V - \nu(0,0278079 + 23375,53698 \cdot V + 0,00001362 \cdot P - 0,412828 \cdot P \cdot V), \quad (1)$$

а веденої:

$$t_{cc2} / t_{cm2} = 5,207860376 - 52898,4085755 \cdot V - 0,00004013 \cdot P + 1,216055 \cdot P \cdot V - \nu(2,8776177 - 60111,8279 \cdot V - 0,0000456 \cdot P + 1,38181 \cdot P \cdot V). \quad (2)$$

Співвідношення тактів ведучої секції пульсатора за стабільної частоти пульсацій ($\nu = \text{const}$) $\nu = 0,88$ Гц за рекомендованого вакууметричного тиску в межах від 35000 до 52000 Па та інтенсивності молоковіддачі 0,00001333–0,00005333 м³/с забезпечується співвідношення тактів 1,6–1,7 для ведучої секції пульсатора і 2,7 для веденої. Таким чином, зміна співвідношення тактів не залежить від ваку-

мметричного тиску, а вплив молоковіддачі має лише вплив на ведучу секцію пульсатора. На ведену секцію ці фактори не мають значущого впливу. Вплив молоковіддачі та частоти пульсацій на роботу пульсатора (співвідношення тактів t_{cc}/t_{ct}) відображено на рис. 6.

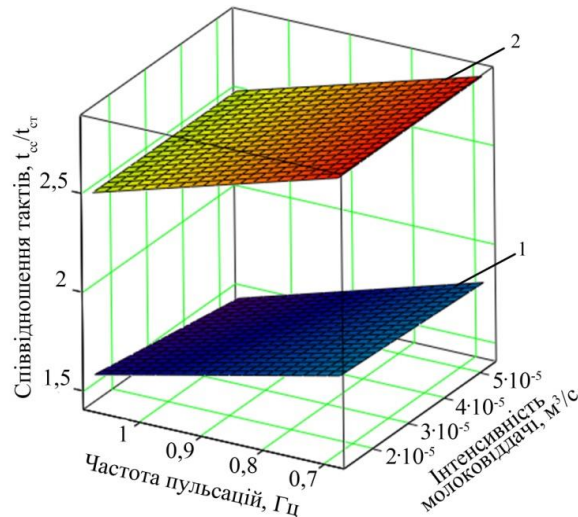


Рис. 6. Залежність співвідношення тактів ведучої 1 і веденої 2 секцій пульсатора від молоковіддачі та частоти пульсацій.

Аналізуючи поверхні відгуку можна стверджувати, що за інтенсивності молоковіддачі $0,00001333\text{--}0,00005333\text{ м}^3/\text{с}$ і частоти пульсацій $0,68\text{--}1,08\text{ Гц}$ забезпечується співвідношення тактів $1,4\text{--}1,8$ для ведучої секції пульсатора і $2,45\text{--}2,9$ для веденої. Зміна співвідношення тактів від частоти пульсацій та інтенсивності молоковіддачі має більш виражену дію на ведучу секцію пульсатора, а на ведену секцію цей вплив має лінійний характер за умови середнього значення вакуумметричного тиску $P = 43500\text{ Па}$.

Співвідношення тактів ведучої секції пульсатора за стабільної інтенсивності молоковіддачі ($V=\text{const}$) $V=0,00003333\text{ м}^3/\text{с}$ за рекомендованого вакуумметричного тиску в межах від 35000 до 52000 Па і частоти пульсацій $0,68\text{--}1,08\text{ Гц}$ забезпечується співвідношення тактів $1,5\text{--}1,8$ для ведучої секції пульсатора і $2,5\text{--}2,9$ для веденої. Таким чином, співвідношення тактів від вакуумметричного тиску не змінюється, а від частоти пульсацій має більш виражений лінійний вплив на обидві секції пульсатора. Незначний вплив вакуумметричного тиску простежувався під час визначення значущості коефіцієнтів у рівняннях регресії.

Процес доїння корів доїльним апаратом із запропонованим пневмомембранним пульсатором попарної дії здійснювався за робочого вакуумметричного тиску $35000\text{--}52000\text{ Па}$. Відносна тривалість такту ссання у ведучій секції складала $60\pm 5\%$, стиснення – $40\pm 5\%$, а у веденій відповідно $70\pm 5\%$ і $30\pm 5\%$ за частоти пульсацій $0,8\text{--}1\text{ Гц}$.

У результаті перевірки у виробничих умовах роботи доїльного апарата, обладнаного пульсатором з регульованою тривалістю такту ссання у веденій секції, підтверджено його працездатність (рис. 7).

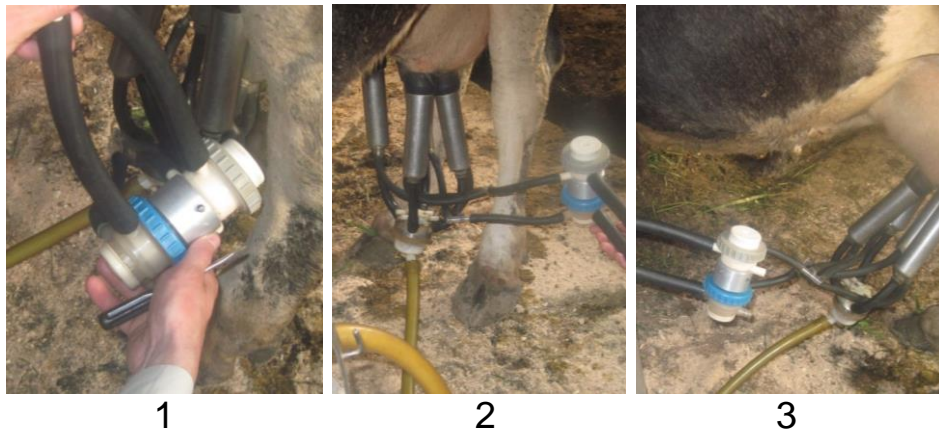


Рис. 7. Просторова орієнтація пульсатора доїльного апарата під час роботи: близьке до горизонтального (1); близьке до вертикального (2); під кутом (3).

Встановлено, що орієнтація в просторі пульсатора не впливає на коректність його роботи.

Висновок. Запропонована схема попарного пневмопульсатора забезпечує: оптимальне співвідношення тактів, що відповідає рефлексорній діяльності тварини; незалежне регулювання співвідношення тактів в обох парах доїльних стаканів, що забезпечить роботу доїльного апарата у відповідності до фізіологічних особливостей корів; зменшення затрат коштів і часу на впровадження у виробництво, за рахунок використання уніфікованих вузлів; застосування програмного комплексу LabView фірми National Instruments дозволило підтвердити реалізацію режиму попарного доїння, відобразивши миттєві значення зміни тиску у відповідних камерах пульсатора в реальному масштабі часу.

Список літератури

1. Деклараційний патент на винахід 53890А Україна, А01J5/04. Пневмомембранний пульсатор попарного доїння / Сиротюк В.М., Сиротюк С.В., Баранович С.М. – № 2002010477 ; заявл. 18.01.02 ; опубл. 17.02.03, Бюл. №2.
2. Deutsches patentamt DE3722363A1. А01J5/12. Wechseltakt-Membranpulsator mit Phasenverschiebung / Spillecke, Volkmar. Dipl.-Ing., ODR 7904 Elsterwerda, DD; Milde, Klaus, Dipl.-Ing., DDR 7901 Maasdorf, DD; Tutte, Alfred, DDR 7907 Plessa, DD. – 18.08.86.
3. Пейч Л.И. LabVIEW для новичков и специалистов / Л.И. Пейч, Д.А. Точилин, Б.П. Поллак. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 384 с.
4. Сиротюк В.М. Сучасні тенденції розробки пульсаторів доїльних апаратів / В.М. Сиротюк, С.В. Сиротюк, С.М. Баранович // Вісник Львівського державного аграрного університету : Агроінженерні дослідження. – 2004. – № 8. – С. 177–186.

5. Сиротюк В.М. Апаратно-програмний комплекс для дослідження доїльних апаратів попарної дії / В.М. Сиротюк, С.М. Баранович // Вісник Львівського національного аграрного університету : Агроінженерні дослідження. – 2008. – № 12, т. 1. – С. 314–317.
6. Syrotiuk V.M. Analysis of constructions of pneumatic membrane pulsers of pair action and substantiation of their operation modes / V.M. Syrotiuk, S.M. Baranovych, S.V. Syrotiuk // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2011. – Т. 13D. – Р. 309–317.

В статье представлен анализ существующих конструкций с пневматическим мембранным пульсатором попарно соединенных, который показал, что в них условие оптимального соотношения продолжительности тактов всасывания и сжатия не предусмотрено. Поэтому предлагается новая конструкция пневмомембранного пульсатора, выполненная из двух частей, одна из которых ведущая, а вторая ведомая.

Пульсатор попарный, такт, вакуум, вакуумная сеть, доильный аппарат.

In paper the analysis of existing designs pneumatically of membranous pulsators pairwise suct has shown, that in them the condition of an optimum ratio of duration of clock ticks a suction and compressions is not provided. A new design of pneumomembranous pulsator therefore is offered, which one is made from two sections, one of which is leading, and second conducted.

Pulsator pairwise, synchronic, clock tick, vacuum, vacuum network, dairy milking.

УДК 631.3

ЕНЕРГООЩАДНА ТЕХНОЛОГІЯ МАШИННОГО ДОЇННЯ ВРХ

М.І. Магац, магістр

Львівський національний аграрний університет

Машинне доїння – один з найскладніших і вимогливих процесів виробництва молока, яке засноване на комбінації молочного повернення та молочного доїння. Гарантувати режим функціонування машинного доїння потребувало значних втрат потужності, пов'язаних з багатоступеневим перетворенням в механічну енергію, механічну – при постійному вакуумному тиску, вакуумному тиску – на механічному і наступному перетворенні в пульсуючий тиск.

© М.І. Магац, 2015