

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ДОЇННЯ

*І. Дмитрів, к. т. н., Б. Красниця, аспірант  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Для забезпечення адекватного доїння не можна недооцінювати роль співвідношення тактів, числа пульсацій у процесі молоковидедення, оскільки вони є основними подразниками рецепторів дійок, які стимулюють ефективну молоковіддачу.

На сьогодні суттєвий недолік роботи виконавчих механізмів сучасних доїльних систем полягає в неадекватності здійснюваних подразнень рецепторів молочної залози, через що у корів не виникає активного рефлексу молоковіддачі або проявляється рефлекс з великим латентним періодом.

Технічна реалізація адаптування технічної системи доїльного апарата повинна забезпечити параметри, які відповідають європейським і світовим стандартам ISO 3918, ISO 5707, ISO 6690, ASAE EP445.1, ASAE S518 [1-5].

Тому розроблення та дослідження методів і засобів для діагностики та контролю параметрів систем доїння є актуальними.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Діагностичні параметри систем доїння регламентуються міжнародними стандартами [1-5]. Регламентуються і допустимі відхилення, однак при цьому не враховано динаміки процесу молоковіддачі. Проте низка дослідників вважає, що найкращими показниками характеристики доїльної системи є результати діагностування в процесі доїння [6-12].

Стандарт ISO 5707:2007 [2] регламентує лише рекомендовані середні значення робочого вакуумметричного тиску, які для молокопроводу з верхнім розташуванням становлять 47-50 кПа, для молокопроводу середнього розташування (не вище ніж 1,25 м) – 45-48 кПа та для молокопроводу з нижнім розташуванням – 42-46 кПа. Коливання вакуумметричного тиску в системі в процесі машинного доїння корів не повинно перевищувати 2 кПа.

Згідно зі стандартами ISO 3918:2007 [1] та ISO 5707:2007 [2] вимірювальні прилади повинні підключатись до відповідних контрольних точок доїльної установки та забезпечувати необхідну точність вимірювань [3; 12].

У роботі [12] наведено узагальнену схему доїльної установки на основі досліджень [8-11] і доопрацьовано додатковими контрольними точками тестування й діагностики відповідно до ISO 6690 [3].

Сучасні тенденції розвитку конструкцій доїльних систем демонструють насичення автоматизації і мікропроцесорної техніки, що уможлиблює розширення функціональних можливостей доїльного обладнання і ускладнює адаптацію технічної системи до фізіології молоковіддачі.

Тому виникає необхідність дослідження та розроблення методів і обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів засобів контролю основних технологічних параметрів систем доїння.

**Постановка завдання.** Наше завдання – підвищити ефективність та якість діагностики параметрів роботи доїльних систем.

**Виклад основного матеріалу.** Нами проведено аналіз низки професійних вимірювальних приладів для комплексної діагностики доїльних установок: MilkoTest MT 52 (Bepro AG, Швейцарія) [13]; PulsoTest Comfort (GEA Farm Technologies, ФРН) [14]; тестер доїльних установок, прилад контролю пульсацій (Інститут механізації тваринництва НААН України) [15]; вимірювач параметрів доїльної установки TEST-1 (Науково-дослідний інститут «ELIRI» S.A., Молдова) [16]; тестер доїльних установок, прилад контролю пульсацій (Інститут механізації тваринництва НААН України) [14] та експериментальний лабораторний комплекс АКФСД (див. рис.) (кафедра механізації і автоматизації тваринництва, Львівський НАУ) [10, 12, 17]. Дані аналізу наведено в таблиці.

Забезпечення роботи системи в режимі реального часу можливе за алгоритмічно-апаратного узгодження виконавчих елементів з програмним забезпеченням, яке полягає у визначенні допустимої величини підпрограм управління асинхронним двигуном у динамічному режимі.

Частота комутації керування за окремими елементами діагностики буде розраховуватися за формулою

$$f_k = \frac{1}{f_\phi \cdot n_T}, \text{ с}, \quad (1)$$

де  $f_\phi$  – мінімально допустима частота зчитування даних, Гц;  
 $n_T$  – кількість елементів опитування (керування).

Час на виконання підпрограм зчитування даних, формування і видачі керуючих сигналів розрахуємо за формулою

$$\tau_{\text{під}} = \frac{1}{f_\phi \cdot n_T} \cdot \frac{1}{2}, \text{ с}. \quad (2)$$

Множник 1/2 використано за умови звертання до об'єкта двічі за один повний цикл роботи експериментального комплексу АКФСД.

Знаючи допустимий час роботи підпрограми і тривалість одного циклу виконання команди  $\tau_{\text{цк}}$ , можна розрахувати максимально допустиму кількість циклів для конкретної підпрограми за формулою

$$N_{\text{цк.під}} = \frac{\tau_{\text{під}}}{\tau_{\text{цк}}}, \text{ байт}. \quad (3)$$

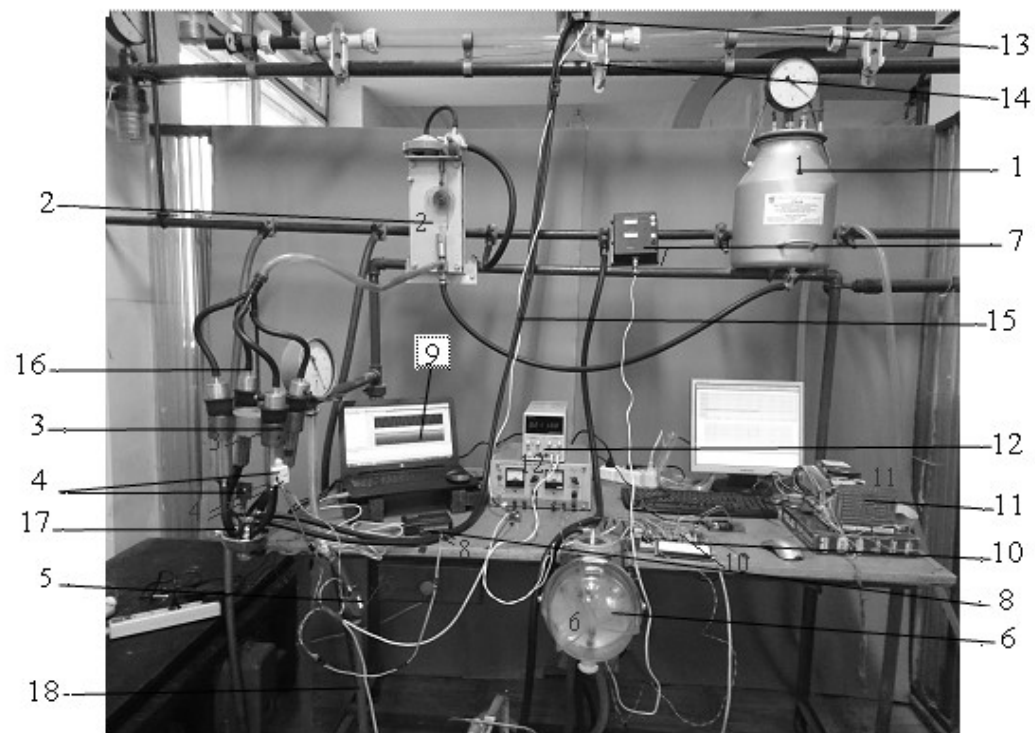


Рис. Загальний вигляд експериментального лабораторного комплексу АКФСД [10, 17]: 1 – місткість імітатора молока; 2 – імітатор інтенсивності молоковіддачі; 3 – доїльні стакани; 4 – сенсори тиску у міжстінковій і піддійковій камерах доїльного стакана; 5 – сенсор тиску в молочному шланзі; 6 – калібрувальний вимірювач молоковіддачі; 7 – електронний блок вимірювача молоковіддачі; 8 – ЦАП-АЦП; 9 – система керування (центральный комп'ютер); 10 – система опрацювання даних від сенсорів тиску; 11 – електронний блок візуалізації інформаційно-вимірювальних параметрів; 12 – блоки стабілізованих напруг; 13 – пульсатор пневмоелектромагнітний; 14 – молочний кран; 15 – вакуумний шланг; 16 – штучне вим'я; 17 – колектор; 18 – молочний шланг.

Таблиця

## Порівняльні характеристики приладів для комплексної діагностики систем доїння [10; 12-17]

Тип, марка, фірма	Діагностичний параметр										
	Вакуумметричний тиск			Вакуумний насос (частота обертання ротора)	Частота пульсації, співвідношення між тактами				Температура		
	межі вимірювань	частота опитування	похибка		межі вимірювань				межі вимірювань	похибка	
					частота пульсації	похибка	співвідношення тактів	похибка			
MilkoTest MT52 (BEPRO Industrielle Elektronik, Швейцарія)	від 20 до 100 кПа	До 400 Гц	±0,6 кПа	від 500 до 5000 об./хв з похибкою ≤5 об./хв	оцінка за ISO, розширена оцінка				-	від -50 до +150 °C	± 0,1 °C
PulsoTest Comfort (GEA Farm Technologies, ФРН)*	від 20 до 60 кПа	до 400 Гц	±0,6 кПа	від 10 до 9999 об./хв. з похибкою ≤10 об./хв.	вимірювання фази стимуляції та фази пульсації молока				-	від -20 до +140°C	-
Тестер доїльних установок (ІМТ, НААН України)	від 0 до 100 кПа	-	±0,6 кПа	-	від 40 до 200 імп./хв	±1 імп./хв	+	-	-	-	
TEST – 1, TEST - 3 (НДІ «ELIRI» S.A., Молдова)	від 0 до 90 кПа	-	від 0,3 до 0,5%	безконтактний тахометр	оцінка за ISO				-	+	-
Експериментальний лабораторний комплекс АКФСД (МіАТ, ЛНАУ)*	від 0 до 60 кПа	200 Гц	±0,1 кПа	-	від 0,3 до 0,6 Гц	0,003 Гц	від 5 до 95 %	1, %	від -10 до +50 °C	до 1 %	

\* - наявність функції збереження отриманих вимірювань дозволяє створювати бази даних тестів;

Тривалість одного циклу команди формується тактовою частотою однокристального мікроконтролера і розраховується за формулою

$$\tau_{\text{цк}} = \frac{K_{\text{під}}}{f_{\text{так}}}, \text{ с}, \quad (4)$$

де  $f_{\text{так}}$  – тактова частота процесора, Гц;

$K_{\text{під}}$  – коефіцієнт перерахунку формування машинних циклів формування сигналу САВП, для мікроконтролера K1816 BE48(35)  $K_{\text{под.}} = 15$  [17].

Для конкретного алгоритму розробленої підпрограми керування та процесора розраховують мінімальну допустиму тактову частоту процесора з урахуванням рівнянь (1-4) за формулою

$$f_{\text{так}} = 2 \cdot f_{\phi} \cdot n_{\text{T}} \cdot 15 \cdot N_{\text{цк.під}}, \text{ Гц}. \quad (5)$$

Таким чином, тривалість вимірювання (зчитування даних) повинна відповідати часу, який визначається за формулою  $\tau_{\text{вим}} = 1/f_{\text{мак}}$ . При цьому необхідно враховувати сталу часу перехідних процесів елементів технологічного обладнання і сенсорів, які зчитують параметри.

**Висновки.** Аналіз показує, що для складних алгоритмів обробки даних, які вимагають достатньо великих об'ємів підпрограм та забезпечення фазової синхронізації режиму керування, необхідно підвищувати тактову частоту процесора. Дотримання режиму реального часу роботи модулів вимагає вимірювання реальної частоти синхронізації модулів.

Підвищення частоти звертання до елементів системи забезпечить зменшення втрат інформації та похибки вимірювального параметра. У режимі реального часу діагностики доільної системи параметри є відтворювальними, а їх прецизійність зумовлює простежуваність адаптації технічної системи за відсутності еталона функціонування систем доільної установки залежно від молоковіддачі корови.

### Бібліографічний список

1. ISO 3918. Milking machine installations. Vocabulary. Geneva, Switzerland : The International for Standardization Organization, 2007. 42 p.
2. ISO 5707. Milking machine installations. Construction and performance. Geneva, Switzerland : The International for Standardization Organization, 2007. 52 p.
3. ISO 6690. Milking machine installations. Mechanical tests. Geneva, Switzerland : The International for Standardization Organization, 2007. 46 p.
4. ASAE. Test Equipment and Its Application for Measuring Milking Machine Operating Characteristics, ASABE EP445.1: Standard by The American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1996.
5. ASAE. Milking machine installations – construction and performance, ASAE S518: Standard by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1996.
6. Китиков В. О. Ресурсоэффективные технологии производства молока / Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сельского

- хозяйства». Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2011. 233 с.
7. Дашков В. Н., Китиков В. О., Сорокин Э. П. Диагностирование, техническое обслуживание, условия эффективной эксплуатации доильных установок. Минск : ГУ «Учеб.-метод. центр Минсельхозпрода», 2007. 137 с.
  8. Побединский В., Иойшер А., Михайленко П., Мартин А. Принципы и эффективность сервиса доильного оборудования. URL : [http://dspace.uasm.md/bitstream/handle/123456789/1186/Vol\\_45\\_120-23.pdf?sequence=1&isAllOpen=true](http://dspace.uasm.md/bitstream/handle/123456789/1186/Vol_45_120-23.pdf?sequence=1&isAllOpen=true) (дата звернення: 13.08.2017).
  9. Mein G., David MD Williams, Douglas J. Reinemann. Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: 1. Mechanical forces applied by the teatcup liner and responses of the teat. *ANNUAL MEETING-NATIONAL MASTITIS COUNCIL INCORPORATED*. 2013. Vol. 42. P. 114-123. URL : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.524.4606&rep=rep1&type=pdf> (дата звернення: 14.08.2017).
  10. Дмитрів В. Т., Дмитрів І. В. Методологія діагностування параметрів і режимів роботи елементів доїльної установки. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві*. Харків : ХНТУСГ, 2011. Вип. 108. С. 210-221.
  11. Dmytriv I. Влияние технологических параметров доильного аппарата на режимы адаптации системы “машина-корова”. *V International Scientific Congress Agricultural Machinery, 21-24.06.2017*. Varna (Bulgaria), 2017. Vol. 2(2). P. 219-221.
  12. Дмитрів В. Т. Комплекс для діагностики і дослідження доїльного обладнання. *Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2004. № 8. С. 388-396.
  13. MilkoTest MT52. URL : <http://www.bepro.ch/milkotest-mt52/milkotest-mt52/> (дата звернення: 11.08.2017).
  14. PulsoTest Comfort. URL : <https://www.yumpu.com/en/document/view/1491207/pulso-test-comfort-gea-farm-technologies> (дата звернення: 12.08.2017).
  15. Алієв Е. Б., Тісліченко О. С. Конструкційно-технологічна схема комплексу устаткування контролю вакуумметричних параметрів доїльного обладнання. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин* : Кіровоград : Кіровоградський національний технічний університет. 2011. Вип. 41. С. 429-432.
  16. ВИМІРЮВАЧ ПАРАМЕТРІВ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ TEST – 1 / Науково-дослідний інститут «ELIRI» S.A. ГКДЖ. URL : <http://www.eliri.Md/index.php?lang=ru&f=mctest1> (дата звернення: 11.08.2017).
  17. Дмитрів В. Т., Дмитрів І. В. Калібратор пульсатора доїльного апарата. *Механізація та електрифікація сільського господарства : міжвід. темат. наук. зб.* Глеваха, 2010. Вип. № 84. С. 143-147.

#### **Дмитрів І., Красниця Б. Аналіз методів та засобів оцінки параметрів сучасних систем доїння**

У статті зазначені основні проблеми, що виникають у разі неадекватності здійснюваних подразнень корови технічною системою. Проведено аналіз низки професійних вимірювальних приладів для комплексної діагностики систем доїння.

Наведено основні діагностичні параметри для визначення відповідності технічної системи фізіологічним вимогам процесу молоковіддачі. Вказані межі вимірювання параметрів, наявні похибки.

**Ключові слова:** доїльний апарат, алгоритм тестування, діагностування, вакуумметричний тиск, співвідношення тактів, частота пульсації, температура.

**Dmytriv I., Krasnytsia B. Analysis of methods and means for evaluating the parameters of modern milking systems**

The article describes the main problems that arise in the case of inadequate cow stimulations by the technical system. The analysis of a number of professional measuring devices for complex diagnostics of milking systems is carried out. The basic diagnostic parameters for determining the readiness of the technical system for the physiological requirements of the milk yield process are given. The specified limits of measuring parameters, the available errors.

**Key words:** milking machine, testing algorithm, diagnosing, vacuum pressure, ratio of cycles, pulsation frequency, temperature.

**Дмитрив И., Красница Б. Анализ методов и средств оценки параметров современных систем доения**

В статье указаны основные проблемы, возникающие при неадекватности осуществляемых раздражений коровы технической системой. Проведен анализ ряда профессиональных измерительных приборов для комплексной диагностики систем доения. Приведены основные диагностические параметры для определения соответствия технической системы физиологическим требованиям процесса молокоотдачи. Указаны пределы измерения параметров, имеющиеся погрешности.

**Ключевые слова:** доильный аппарат, алгоритм тестирования, диагностика, вакуумметрическое давление, соотношение тактов, частота пульсации, температура.