

УДК 637-116

## МЕТОДЫ И ПРИБОР ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**В. ПОБЕДИНСКИЙ<sup>1</sup>, А. ГОНЧАР<sup>1</sup>, А. ИОЙШЕР<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Государственный аграрный университет Молдовы*

<sup>2</sup> *Институт АО «ELIRI», Кишинев*

**Abstract.** Methods and equipment to estimate the working capacity of milking units have been studied. In the paper, there are specified the requirements for performance attributes, structure and software of the milking equipment parameters with the measuring device EXITEST-3 and they are updated according to the new edition of the standard ISO 6690:2007. Additional testing parameters of the milking equipment were defined more exactly due to the analysis of interaction between milking machine elements and udder teats. The integrated influence of the liner on teats is considered in details. It was determined the concept of “massaging action” and the technique of definition of liner “over-pressure” on the teat tip is presented too. The necessary set of the parameters (allowing to estimate serviceability of the milking unit with the help of the device EXITEST) is determined.

**Key words:** Artificial teat sensor, Integrated influence on teat, Liner, Milk flow, Measuring devise, Milking unit, Over-pressure, Standard ISO, Teat cup, Testing.

## ВВЕДЕНИЕ

Восстановление молочного животноводства в республике Молдова потребовало новых подходов к подбору современного доильного оборудования и его эффективной эксплуатации. В частности, внедряются прогрессивные технологии доения коров в доильных залах на автоматизированных доильных установках типа Елочка, Параллель, Карусель и др. При этом используются манипуляторы для доения коров и роботизированные доильные аппараты. Их основными элементами являются: система пульсации и подвесная часть, взаимодействующая непосредственно с выменем коровы. Их эффективное использование возможно при:

- ◆ правильном расположении доильных стаканов по отношению к вымени;
- ◆ адаптации к нестандартным формам вымени;
- ◆ строгой направленности длинного молочного и вакуумных шлангов вдоль оси вымени с поддержкой, исключающей оттягивание сосков вымени;
- ◆ синхронной подвижности, при движении коровы во время доения;
- ◆ удобстве обслуживания и эффективности промывки;
- ◆ оптимальном вакуумном режиме в подсосковых камерах доильных стаканов, коллекторе и длинном молочном шланге;
- ◆ отсутствии подсосов воздуха через края присоска и рабочей части сосковой резины, возникающих вследствие их износа и старения;
- ◆ оптимальной подаче воздуха через калиброванный канал коллектора.

На качество молока и его бактериальную обсемененность влияют поверхности сосковых резин, соприкасающихся с сосками вымени животного.

В целом, эффективное использование доильных аппаратов приводит к снижению заболеваемости коров маститом и повышению их продуктивности. Поэтому главной задачей исследований является комплексное решение проблем биотехнического контроля производства молока и совершенствование микропроцессорного прибора и датчиков контроля параметров доильных аппаратов, отвечающих стандарту ISO 6690:2007.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Решение поставленных задач осуществлялось в лабораториях института АО «ELIRI» г. Кишинев, в лабораториях кафедры МАПЖ ГАУМ, на производственно-экспериментальной базе ОАО «Брацлав» завода доильного оборудования (Украина) и на молочных фермах Винницкой и Белгородской областей. Нами совершенствуется измеритель параметров доильного оборудования EXITEST, созданный в 1992г. и его последующие модификации. Утверждение в феврале 2007г. новых редакций стандартов ISO 6690, 3918, 5707 и 20966:2007 потребовало переработки методик тестирования и программного обеспечения прибора. Значительное внимание уделено анализу взаимодействия сосковой резины с сосками вымени животного, а также процессов происходящих в доильных стаканах, коллекторе и длинном молочном шланге.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результатом комплекса экспериментально теоретических исследований явилось создание нового поколения микропроцессорного измерителя параметров доильного оборудования EXITEST-3. Прибор включает выносные датчики вакуумметрического давления ВД 1 и ВД 2, искусственный сосок датчик ИСД, датчик-расходомер воздуха, датчик температуры, тахометр и встроенный датчик

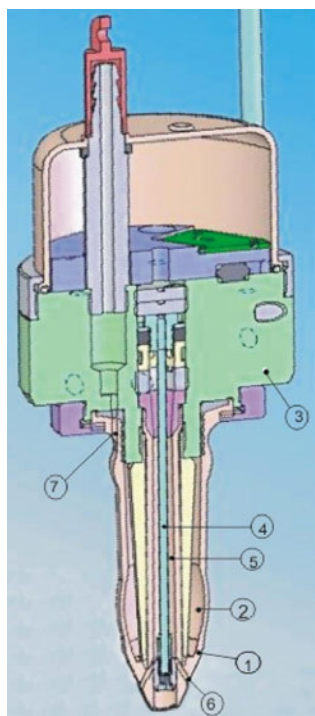


Рис. 1. Искусственный сосок-датчик

атмосферного давления. Датчики передают информацию на модуль преобразователя и оцифровки сигнала и далее на центральный вычислительный модуль. Просмотр информации производится на цветном ЖКИ дисплее, а распечатка на выносном принтере. Предусмотрена передача и обработка информации на персональном компьютере. Прибор оснащен встроенной и дистанционной клавиатурой, а также модулем питания.

Особая роль в контроле доильных аппаратов отводится искусственному соску-датчику ИСД (рис.1). По конструктивным и технологическим параметрам ИСД отвечает среднестатистическому соску вымени коровы в начале доения. Перед контролем подвесной части доильного аппарата, с помощью ИСД проводится предварительный контроль параметров сосковой резины. При этом она проверяется на соответствие требованиям разработчика, таким как:

- ◆ диаметр присоска, состояние края присоска;
- ◆ высота (глубина камеры присоска);
- ◆ правильность установки сосковой резины по меткам (отсутствие перекручивания и деформаций);
- ◆ диаметр рабочей части сосковой резины;
- ◆ длина рабочей части (чулка) сосковой резины;
- ◆ толщина стенок сосковой резины и ее равномерность по диаметру;
- ◆ точки контакта сосковой резины;
- ◆ длина контакта смыкания сосковой резины;
- ◆ общая длина сосковой резины в нерастянутом состоянии;
- ◆ жесткость сосковой резины по Шору и по эффективности массирующего действия на кончик соска.

Разработанный нами ИСД позволяет проводить тестирование подвесной части доильных аппаратов без имитации молокоотдачи (сухое доение) и с имитацией молокоотдачи (мокрое доение). При этом к его штуцеру подключается система подачи заменителя молока, позволяющая имитировать доение вымени коровы с интенсивностью до 8 л/мин.

ИСД представляет собой (см. рис 1) оболочку 1 сложной конфигурации, имитирующую сосок вымени коровы. Полость оболочки заполнена специальной жидкостью 2. Ближе к концу ИСД находится чувствительная зона, позволяющая улавливать и контролировать массирующее действие сосковой резины на сосок (см. рис. 2. Диаграмма  $Re$ ). Интегральное воздействие, оказываемое сосковой резиной на кончик соска  $Re$  (см. рис. 2) через жидкость 2 (рис.1) передается к датчику гидродинамического давления ДГД.

$Re$  является функцией зависящей от комплекса параметров

$$R_e = f(P_{v.1}, P_{v.2}, P_{v...Mth}, T; H; E; d; L_s/L; L_{ef}; L_k; Q_{i.m} \delta; \psi, \xi), \text{ kPa,}$$

где  $T$ - натяжение сосковой резины, Н;

$H$ - жесткость сосковой резины, по Shore A;

$L_s$ - длина гильзы, мм;

$L$ - длина сосковой резины, мм;

$L_{ef}$ - эффективная длина сосковой резины;

$L_k$ - длина контакта сосковой резины;

$Q_{i.m}$  – поток заменителя молока;

$d$ - диаметр рабочей части (чулка) сосковой резины, мм;

$E$ - модуль упругости материала сосковой резины, Н/м<sup>2</sup>;

$\delta$ - толщина стенок сосковой резины, мм;

$\psi$  и  $\xi$  - коэффициенты, зависящие от конструктивных особенностей конструкции ИСД и подвесной части доильного аппарата.

При контроле параметров доильного аппарата -ДА, одновременно с измерениями параметров пульсаций вакуумметрического давления, с помощью ИСД регистрируется диаграмма  $Re$  (рис. 2). Результаты исследований показали, что инвертированная диаграмма  $Re$  по фазам цикла пульсации соответствует диаграмме  $P_{v.1}$  с запаздыванием по времени примерно на 2%. Это обусловлено инерцией движения сосковой резины по отношению к колебаниям вакуума в межстенной камере РС.

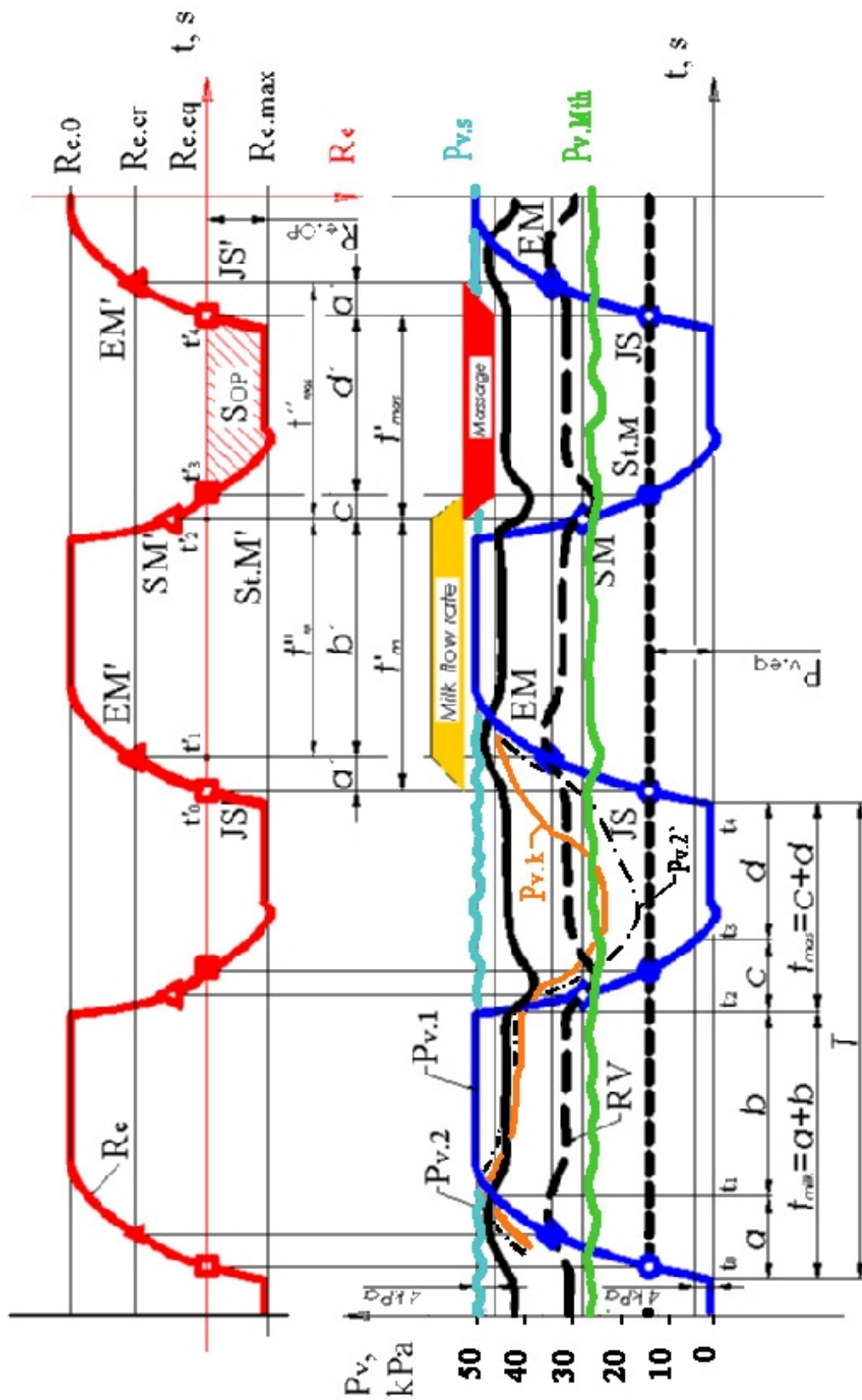


Fig. 2. Caracterne diagramme de presiune în aparatul de lapte

Идеализируя процесс взаимодействия (см. рис. 2), перенесем с диаграммы  $P_{v,1}$  характерные точки JS(o), EM (◆), SM (◇) и St M(●) по вертикали на диаграмму  $Re$  и получим на ней точки JS' (□), EM' (Δ), SM' (▲) и St M' (■). Тогда на временной диаграмме  $Re(t)$  можно выделить ряд характерных уровней. Уровень точек JS' и St M', при которых  $Re(t) = Re.cr$  соответствует интегральному воздействию на сосок - доильного стакана (т. е. сосковой резины и подсоскового вакуума), подвесной части ДА при вакууме равновесия  $Pv.eq$ . Ниже этого уровня участок диаграммы (от  $Re.eq$  до  $Re.max$ ) характеризует диапазон значений «сжимающей нагрузки» или сверхдавления, оказываемого при массаже и обжатии кончика соска сомкнутой сосковой резиной. Максимальное значение сверхдавления –  $Re.op$  определяется выражением  $Re.op = Re.max - Re.eq$ .

Из вышеизложенного очевидно, что методом оценки эффективности массирующего воздействия сосковой резины на кончик соска может быть величина сверхдавления (сжимающей нагрузки)  $Re.op$  определяемая на диаграмме  $Re$  как площадь ее участка  $Sop$  лежащего ниже  $Re.eq$  в пределах StM'- JS' (фазы  $d'$ ). Как показали предварительные исследования,  $Sop$  ниже для жестких сосковых резин, даже в пределах допустимой продолжительности фазы  $d > 15\%$ .

Для упрощения,  $Re.eq$  находим путем переноса точки StM с уровня  $Pv.eq$  на диаграмму  $Re$ . Через полученную точку StM' проводим горизонталь, пересечения которой с диаграммой, дают точки StM' и JS', определяющие уровень  $Re.eq$ . Далее определяем площадь  $Sop$  участка этой диаграммы от  $t_3'$  до  $t_4'$  ниже уровня  $Re.eq$ , между точками StM' и JS' по амплитуде  $Re.op$  до  $Re.max$ . По величине  $Sop$  можно оценить эффективность массирующего действия сосковой резины на кончик соска и обозначить как параметр  $\Pi_{eff}$

$$\Pi_{eff} = \int_{t_3'}^{t_4'} R_{e.op}(t) dt.$$

Точка EM' соответствует моменту завершения массажа соска сосковой резиной, а соответствующий уровень может быть назван критическим. Он характеризуется минимальным силовым воздействием. При этом давление в полости АТС обозначим  $Re.cr$ . Следовательно, реакция  $Re$  ИСД отражающая давление полной деформации сосковой резины  $Re.def = Re.max - Re.cr$ .

Верхний участок диаграммы  $Re$  соответствует уменьшению абсолютного давления, в заполненной жидкостью полости ИСД, вплоть до минимального уровня  $Re.o$ . Весь диапазон давлений, отражающих интегральное воздействие  $Re.i$  на оболочку ИСД и ее деформацию, лежит в пределах  $Re.o < Re.i < Re.max$  и зависит от множества параметров. Это - состояние поверхности, жесткость и напряженность (вследствие натяжения) сосковой резины, вакуумный режим под соском, жесткость оболочки ИСД, начальное давление жидкости в его полости, соотношение геометрических параметров ИСД и сосковой резины и ряд других. Его строгое математическое описание довольно сложно и здесь не приводится. Итак, по величине амплитуды  $Re.i = Re.max - Re.o$  оценивается интегральное воздействие доильного стакана на сосок вымени (или ИСД).

Оболочка 1 искусственного соска датчика особым образом крепится к корпусу соска 3. В корпусе соска имеется система каналов для соединения с датчиками или штуцерами. Внутри ИСД установлена трубка 4 с системой наконечников и специальных втулок, образующих полость 5 между трубкой и внутренней частью оболочки 1. Эта полость 5 в верхней части через штуцер подсоединена к системе питания заменителем молока. В нижней части полости 5, в сплюсненной части оболочки соска, (в зоне эллипса малого диаметра) заменитель молока вытекает через каналы 6, имитируя доение при открытой сосковой резине - в такте сосания (доения) и прекращается при перекрытии каналов 6 при смыкании сосковой резины - в такте массажа. Такая конструкция кончика соска позволяет имитировать доение и контролировать по сверхдавлению массирующее действие сосковой резины на кончик соска. По полой трубке 4, расположенной в центре по оси ИСД, вакуум от кончика соска передается к датчику вакуумметрического давления ДВД, установленному на корпусе 3 ИСД. Этот датчик позволяет регистрировать динамику изменения уровня вакуума и флуктуаций вакуума под кончиком соска и представить его в виде диаграммы  $P_{v,2}$  (см. рис. 2).

В верхней части оболочки ИСД, у основания соска, в зоне камеры присоска (см. Рис. 1), имеется канал 7, соединяющий камеру присоска через штуцер с выносным датчиком ВД, позволяющий контролировать вакуум в присоске  $P_{v.Mth}$ , (см. рис 2).

Этот параметр позволяет оценить состояние края присоска и состояние рабочей части резины (по натеканию воздуха между соском и краем присоска) и передачу вакуума между телом соска и сосковой резиной.

Многие исследователи, контролируют указанные параметры при помощи игл, которые подключаются к датчикам вакуумметрического давления контролирующего прибора.

## ВЫВОДЫ

В целом, использование ИСД и комплекта выносных датчиков в процессе тестирования, позволяет получить характерные диаграммы давлений и оценить параметры подвесной части и доильного аппарата в целом.

Использование ИСД и системы датчиков для подвесной части ДА, с доильными стаканами с прозрачной гильзой и прозрачной сосковой резиной, позволяет визуально оценить процесс доения, определить точки контакта и характер смыкания резины, а также основные параметры процесса доения.

По диаграммам, полученным в процессе тестирования доильного аппарата (Рис 2), можно проконтролировать  $P_s, P_{v.1}, P_{v.2}, P_v, P_{v.k}, P_{v.3}, P_{v.4}, P_{v.Mth}, Re, Sop, Peff, P_{v.Fluct.}$  - под соском, в коллекторе, длинном молочном шланге и других частях доильного аппарата.

Использование потокомера позволяет проконтролировать, натекание воздуха через калиброванный канал в коллекторе, утечки в доильных стаканах, коллекторе и в целом расход воздуха и утечки через подвесную часть ДА в соответствии с требованиями стандартов. Анализ характера изменения подсоскового вакуума  $P_{v.2}, P_{v.Mth}$  и утечек в коллекторе, доильных стаканах и подвесной части ДА в целом, позволяет оценить степень старения сосковых резин и в комплексе решить задачу минимизации потерь вакуума при доении и обеспечения оптимального вакуумного режима под соском.

Таким образом, комплекс вышеуказанных параметров, измеряемый с помощью микропроцессорного измерителя EXITEST-3, позволяет оценить работоспособность доильных аппаратов.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. ISO 6690:2007. Milking machine installations. Vocabulary. The International for Standardization Organization, Geneva, Switzerland, 2007.
2. ISO 6690. 2007. Milking Machine Installations. Mechanical tests. The International for Standardization Organization, Geneva, Switzerland, 2007.
3. Muthukumarappan, E.; Reineman, D. J. and Mein G.A. Compressive Load Applied by the Teatcup Liner to the Bovine Teat. ASAE Paper No. 933538. Written for presentation at the 1993 International Winter Meeting, Chicago, Illinois, USA, December 14-17, 1993.
4. Mein, G. A.; Williams, D.M.D. and Reinemann, D.J. NMC. Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: 1. Mechanical forces applied by the teatcup liner and responses of the teat. 42<sup>nd</sup> Annual Meeting of the National Mastitis Council, Fort Worth Texas, USA, January 26-29, 2003.
5. Reinemann, D.J.; Rasmussen, M.D.; Mein G.A. Instrument Requirements and Methods for Measuring Vacuum in Milking Machines. Trans. ASAE 44(4), M1, USA: 2001.11-17.
6. Pobedinschi, V.; Badinter, E.; Ioiser, A. et al. Perfection of methods and testing means of milking systems. Proceedings of the International Conference held in Nitra, Slovak Republic, 26-28 April 2005. Physiological and Technical Aspects of Machine Milking ICAR. Technical Series a10. Editors: V. Tancin, S. Mihina & M. Uhrincat. April 2005, p.185-192.

Data prezentării articolului — 20.08.2008