

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 637.116.5

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПО РАСХОДУ ВОЗДУХА

П. Ю. КРУПЕНИН

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: pavel@krupenin.com*

А. В. КИТУН

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220023, e-mail: ktmg@batu.edu.by*

(Поступила в редакцию 28.04.2022)

В статье рассмотрены вопросы оценки технического состояния доильных аппаратов по расходу ими воздуха с использованием современных приборов проверки доильных установок и последующим анализом диагностических данных.

В ряде сельскохозяйственных предприятий все еще сохраняется поверхностный подход к средствам механизации животноводческих ферм и комплексов. В результате небрежного отношения к технике, неправильной ее эксплуатации и плохой организации технического обслуживания такие предприятия несут существенные потери. Решению этой проблемы может способствовать расширение практики диагностирования доильного оборудования с использованием специализированного оборудования, позволяющего с высокой точностью определять ключевые параметры технического состояния доильных аппаратов. Из отечественных образцов следует отметить прибор проверки доильных установок ППДУ-01, позволяющий измерять уровень вакуумметрического давления в статических и динамических режимах работы доильного оборудования, расход воздуха и частоту вращения ротора вакуумного насоса.

Для определения притока воздуха через доильный аппарат в систему транспортирования молока доильной установки в приборе ППДУ-01 реализован алгоритм альтернативного метода измерения малых расходов воздуха. Данный метод основан на замере скорости падения вакуумметрического давления в мерном резервуаре за счет притока в него воздуха через доильный аппарат.

В статье приведена методика проведения измерений с помощью прибора проверки доильных установок ППДУ-01. Описан процесс диагностирования доильного аппарата, включающий измерение таких параметров, как общий расход воздуха в режиме доения, утечка воздуха в соединениях доильного аппарата, утечка воздуха через закрытый клапан коллектора. Приводятся пороговые значения диагностических параметров, перечислены возможные причины отклонений в работе доильного аппарата и даны рекомендации по восстановлению его работоспособности.

Ключевые слова: *диагностирование, методика, доильная установка, доильный аппарат, расход воздуха.*

The article deals with the issues of assessing the technical condition of milking machines according to their air consumption using modern devices for checking milking machines and subsequent analysis of diagnostic data.

A number of agricultural enterprises still maintain a superficial approach to the means of mechanization of livestock farms and complexes. As a result of careless attitude to equipment, its improper operation and poor organization of maintenance, such enterprises suffer significant losses. The solution to this problem can be facilitated by the expansion of the practice of diagnosing milking equipment using specialized equipment, which makes it possible to determine with high accuracy the key parameters of the technical condition of milking machines. Of domestic samples, one should note the device for checking milking machines PPDU-01, which allows measuring the level of vacuum pressure in static and dynamic modes of operation of milking equipment, air consumption and the speed of the vacuum pump rotor.

To determine the air inflow through the milking machine into the milk transportation system of the milking unit, the PPDU-01 device implements an algorithm for an alternative method for measuring low air flow rates. This method is based on measuring the rate of vacuum pressure drop in the measuring tank due to the influx of air into it through the milking machine.

The article describes the method of taking measurements using the device for checking milking machines PPDU-01. The process of diagnosing a milking machine is described, including the measurement of such parameters as the total air flow in the milking mode, air leakage in the connections of the milking machine, air leakage through a closed manifold valve. Threshold values of diagnostic parameters are given, possible causes of deviations in the operation of milking machine are listed, and recommendations are given for restoring its performance.

Key words: diagnostics, technique, milking machine, milking apparatus, air consumption.

Введение

Животноводство является важнейшим звеном агропромышленного комплекса. Эта отрасль дает человеку ценные продукты питания, а также сырье для промышленности. Рост производства продукции животноводства, снижение затрат кормов и труда на единицу продукции затруднительны без рационального использования средств механизации технологических процессов на животноводческом предприятии [1].

К сожалению, в ряде сельскохозяйственных предприятий сохранился поверхностный подход к средствам механизации животноводческих ферм и комплексов. В результате небрежного отношения к технике, неправильной ее эксплуатации и плохой организации технического обслуживания такие предприятия несут существенные потери. Своевременная диагностика и обслуживание доильного оборудования позволяют избежать негативных последствий, проявляющихся в падении продуктивности и росте числа больных животных [2].

Решению этой проблемы может содействовать расширение практики диагностирования доильного оборудования с использованием специализированных инструментов, позволяющих с высокой точностью определять такие параметры технического состояния узлов доильной установки, как вакуумметрическое давление и расход воздуха [3]. Из отечественных образцов следует отметить прибор проверки доильных установок ППДУ-01, позволяющий измерять уровень вакуумметрического давления в статических и динамических режимах работы доильного оборудования, расход воздуха и частоту вращения ротора вакуумного насоса. Прибор включен в Государственный реестр средств измерений (сертификат № 11282) и допущен к применению на территории Республики Беларусь [4]. Однако, несмотря на широкий функционал прибора, ни в его руководстве по эксплуатации, ни в рекомендованной для студентов агроинженерных специальностей учебной литературе, не описана методика оценки технического состояния доильного аппарата по расходу им воздуха.

Основная часть

Прибор проверки доильных установок ППДУ-01 состоит из блока измерительного функционального БИФ-01, датчика расхода воздуха ДРВ-01, датчика частоты вращения ДСВ-01, комплекта принадлежностей и пластикового кейса для переноски.

Измерительный функциональный блок БИФ-01 является главной частью прибора ППДУ-01. На верхней панели блока (рис. 1) размещен сенсорный дисплей 2 с четырьмя кнопками управления 4 и системной кнопкой 5. Кнопка «Сеть» 3 используется для включения и выключения прибора. Ручка 6 служит для переноски блока, а также может быть использована в качестве подставки при необходимости расположить верхнюю панель под различными углами к горизонту.

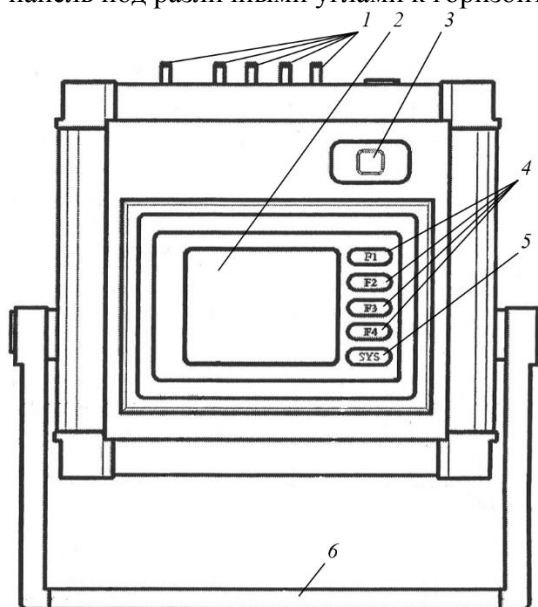


Рис. 1. Размещение элементов на верхней панели измерительного блока:

1 – штуцеры датчиков давления; 2 – дисплей; 3 – кнопка «Сеть»;
4 – кнопки управления «F1» – «F4»; 5 – системная кнопка «SYS»; 6 – ручка

На задней панели измерительного блока 11 (рис. 2) расположен разъем «5V» для подключения сетевого адаптера (блока питания). Подключение датчиков расхода воздуха ДРВ-01 и частоты вращения ДСВ-01 осуществляется через разъем «DAT». На задней панели также размещены входы (штуцеры) датчиков давления. Для измерения вакуумметрического давления используются входы «1», «2», «3» и «4». Вход «5» служит для измерения избыточного давления.

Измерительный блок прибора проверки доильных установок ППДУ-01 может работать как от сетевого адаптера 230/5 В, так и от встроенной аккумуляторной батареи, состоящей из четырех элементов питания NiMn типоразмера AA, емкостью 2500 мА/ч каждый. При работе прибора от аккумуляторной батареи степень ее заряда отображается на дисплее посредством графического индикатора. При полном заряде индикатор окрашен в зеленый цвет, при достаточном – в желтый. Если индикатор окрашен в красный цвет, то необходима зарядка аккумуляторной батареи.

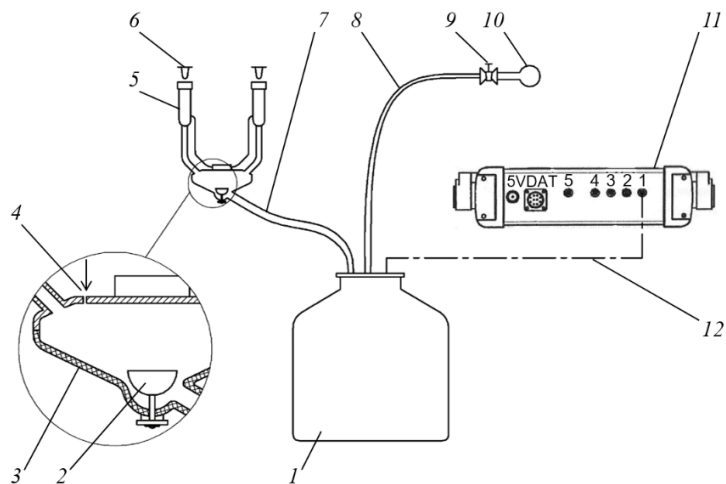


Рис. 2. Схема подключения прибора ППДУ-01 при определении расхода воздуха доильным аппаратом:
1 – мерный резервуар; 2 – клапан; 3 – коллектор; 4 – жиклер; 5 – доильные стаканы; 6 – заглушки; 7 – молочный шланг;
8 – вакуумный шланг; 9 – кран; 10 – вакуум-провод; 11 – измерительный блок; 12 – силиконовая трубка

Для определения притока воздуха через доильный аппарат в систему транспортирования молока доильной установки используется диагностический режим «ПРОСАЧИВАНИЕ» прибора ППДУ-01. В этом режиме алгоритм работы прибора представляет собой реализацию альтернативного метода измерения малых расходов воздуха, которые не могут быть с достаточной точностью определены датчиком расхода воздуха ДРВ-01. Принцип измерения базируется на определении скорости падения вакуумметрического давления в мерном резервуаре (доильном ведре) 1 (см. рис. 2) за счет притока в него воздуха, поступающего через жиклер 4 коллектора 3 доильного аппарата. Расчет расхода воздуха (л/мин) ведется по формуле:

$$q = \frac{60V \frac{p_{\text{кон}} - p_{\text{нач}}}{p_{\text{атм}}} \left(1 - \frac{p_0 - p_{\text{нач}}}{p_{\text{атм}}} \right)}{t}, \quad (1)$$

где V – объем мерного резервуара, л; p_0 – начальное давление в резервуаре, кПа; $p_{\text{нач}}$, $p_{\text{кон}}$ – давление в начале и конце отсчета времени t , кПа; $p_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, кПа; t – интервал времени между замерами давлений $p_{\text{нач}}$ и $p_{\text{кон}}$, с.

Для выполнения измерения молочный шланг 7 доильного аппарата соединяют с пустым резервуаром 1, объем которого заранее известен, например, с доильным ведром. Резервуар, в свою очередь, через кран 9 подключают к вакуум-проводу 10 доильной установки. Для измерения давления внутри резервуара к нему посредством силиконовой трубки 12 подключают вход «1» измерительного блока 11 прибора ППДУ-01. Далее в приборе активируют режим «ПРОСАЧИВАНИЕ» (рис. 3) и кнопкой «F2» устанавливают объем резервуара из ряда 10, 15, 20, 25 и 30 л (выбранное значение объема отображается на экране слева от кнопки).



Рис. 3. Представление информации на дисплее при измерении расхода воздуха доильным аппаратом

После настройки объема резервуара измерение выполняют в следующей последовательности:

- 1) открывают кран 9 (см. рис. 2) и выжидают 10–15 с для установления постоянного давления в доильном аппарате и резервуаре 1;
- 2) нажимают на кнопку «F1», при этом на экран выводится сообщение «Ожидайте 5 секунд. Измеряется начальное давление»;
- 3) по окончании измерения значение начального давления отобразится в ячейке «P0» и на экран выведется сообщение «Отключите измерительный резервуар и нажмите клавишу старт»;
- 4) закрывают кран 9, нажимают на кнопку «F1», после чего на экране появляется сообщение «Ожидайте 12 секунд. Измеряется Рнач и Ркон»;
- 5) прибор замеряет начальное давление в резервуаре, ожидает 10 с и определяет конечное давление (оба измеренных значения отображаются на экране в ячейках «Рнач» и «Ркон» соответственно);
- 6) по окончании процесса измерения на экран автоматически выводится значение расхода воздуха доильным аппаратом.

Следуя вышеописанной последовательности при диагностировании доильного аппарата замеряют следующие параметры: Q_o – общий расход воздуха в режиме доения (отверстия доильных стаканов 5 закрыты заглушками 6, клапан 2 коллектора открыт); Q_{yc} – утечка воздуха в соединениях (отверстия доильных стаканов 5 закрыты заглушками 6, клапан 2 коллектора открыт, жиклер 4 закрыт пальцем); $Q_{ук}$ – утечка воздуха при закрытом клапане коллектора (отверстия доильных стаканов 5 открыты, клапан 2 коллектора закрыт).

Критически важным параметром доильного аппарата является величина подсоса воздуха через жиклер 4 (см. рис. 2) его коллектора 3. Это связано с тем, что доильный аппарат не только извлекает молоко из вымени, но и обеспечивает его подачу по молочному шлангу в доильное ведро или молокопровод. Продвижение молока осуществляется за счет воздуха, поступающего в коллектор через жиклер. При недостаточном поступлении воздуха в коллекторе и молочном шланге образуется застой молока, что нарушает рабочий процесс доильного аппарата и существенно снижает скорость доения.

Поскольку в режиме доения воздух может поступать доильный аппарат как через жиклер коллектора, так и подсасываться через негерметичные соединения, то фактическую величину потока именно через жиклер рассчитывают по формуле:

$$Q_{ж} = Q_o - Q_{yc}, \quad (2)$$

где Q_o – общий расход воздуха доильным аппаратом, л/мин; Q_{yc} – утечка воздуха в соединениях доильного аппарата, л/мин.

В исправном доильном аппарате поток воздуха через жиклер коллектора должен составлять $[Q_{ж}] = 4 \dots 10$ л/мин. Общий расход воздуха доильным аппаратом не должен превышать $[Q_o] = 12$ л/мин при утечке в соединениях не более $[Q_{yc}] = 2$ л/мин [5].

Наиболее частой причиной недостаточного потока $Q_{ж}$ воздуха через жиклер коллектора является его засорение. Механическая очистка отверстия или прорези для подсоса воздуха обычно устраняют эту проблему. При этом также следует проверить, чтобы доильный аппарат был скомплектован из соответствующих друг другу элементов (пульсатор, коллектор, доильные стаканы). Несоблюдение этого условия может не только повлиять на значение потока воздуха через жиклер, но и стать фактором риска повреждения сосков и вымени при доении [6].

В ряде случаев причиной недостаточного расхода воздуха через жиклер может являться неправильная сборка коллектора. Например, молочная камера коллектора доильного аппарата АДУ-1-01 внешне практически идентична молочной камере коллектора низковакуумного доильного аппарата АДУ-1-03. Единственным различием между ними является то, что камера АДУ-1-01 имеет щель для подсоса воздуха, а камера АДУ-1-03 – нет. При ошибочной установке молочной камеры от

коллектора АДУ-1-03 в доильный аппарат АДУ-1-01 подсос воздуха будет отсутствовать, что приведет к застою молока со всеми негативными последствиями.

Чрезмерная утечка воздуха Q_{yc} в доильном аппарате может происходить из-за поврежденного уплотнения между крышкой и корпусом коллектора, а также при неплотном соединении молочного шланга с коллектором или молокопроводом. Поврежденное или изношенное уплотнительное кольцо коллектора заменяют. Молочный шланг снимают и отрезают его огрубевшие концы. Новообразованные края шланга размягчают в горячей воде и снова соединяют с коллектором или молокопроводом.

Клапан 2 (см. рис. 2) коллектора служит для подачи и отключения разрежения из доильного ведра или молокопровода к подсосковым камерам доильных стаканов 5. Негерметичность клапана приводит к тому, что снятие доильного аппарата с вымени производится при наличии остаточного вакуума в доильных стаканах, т. к. притока воздуха в коллектор через жиклер 4 не хватает, чтобы полностью погасить разрежение, просачивающееся через неплотно закрытый клапан. Допускаемая величина утечки через закрытый клапан коллектора составляет $[Q_{ук}] = 2$ л/мин [5].

Причиной чрезмерной утечки воздуха через закрытый клапан коллектора (при исключении иных, описанных выше, видов утечек) является неплотное прилегание поверхности клапана к седлу. Работоспособность клапана восстанавливается заменой поврежденных или изношенных деталей.

Следует отметить, что в соответствии с современными программами технического обслуживания доильных установок такие их части, как прокладки крышек коллекторов, клапаны, молочные и вакуумные шланги, подлежат плановой замене. Для установок производства Республики Беларусь выполнение данных работ требуется через 1500–3000 ч наработки, для установок иностранного производства – через 750–1500 ч [3].

Заключение

Условием физиологичного доения является сокращение продолжительности воздействия разрежения на соски и вымя животного. Одним из факторов, увеличения продолжительности операции машинного доения, являются неисправности доильных аппаратов. Своевременное диагностирование доильного оборудования, выявление и устранение отклонений в его работе способствуют как повышению эксплуатационной надежности доильной установки, так и снижению риска травмирования вымени с последующим развитием тяжелых заболеваний.

Неисправности доильных аппаратов, связанные с нарушением расходов воздуха, трудно обнаружить, но в то же время легко устранить. Применение современных диагностических комплексов позволяет быстро и эффективно выявлять любые отклонения в работе доильного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Китун, А. В. Основы формирования поточных технологических линий на животноводческой ферме / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2021. – № 2. – С. 160–164.
2. Крупенин, П. Ю. Анализ фазового портрета пульсаций доильного аппарата / П. Ю. Крупенин // Вестн. Барановичского гос. ун-та. Серия: Технические науки. – 2021. – № 2 (10). – С. 102–107.
3. Рекомендации по техническому сервису доильного оборудования / М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; подгот.: С. К. Карпович [и др.]; под общ. ред. С. К. Карповича. – Минск: БГАТУ, 2015. – 124 с.
4. Приборы проверки доильных установок ППДУ-01 // Государственный информационный фонд по обеспечению единства измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oei.by/grsi/view?id=4391357>. – Дата доступа: 04.04.2022.
5. Установки доильные. Конструкция и техническая характеристика: ГОСТ 28545-90 (ИСО 5707-83). – Введ. 01.07.1991. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 60 с.
6. Крупенин, П. Ю. Теоретическое обоснование параметров клапана в коллекторе доильного аппарата / П. Ю. Крупенин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. / редкол.: В. Р. Петровец (гл. ред.) [и др.]. – Вып. 5. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 102–107.