

ISSN 2309-1339



ВЕСТНИК БАРГУ

BARSU HERALD

СЕРИЯ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

SERIES
ENGINEERING



№ 2 (12) 2022

Вестник БарГУ

Научно-практический журнал

Издаётся с марта 2013 года
Выходит 2 раза в год

№ 2 (12), ноябрь, 2022

Серия «Технические науки»

Учредитель: учреждение образования
«Барановичский государственный университет».

Адрес редакции:

ул. Войкова, 21, 225404 г. Барановичи.
Телефон: +375 (163) 64 34 77.
E-mail: vestnikbargu@gmail.com .

Подписные индексы: 00999 — для индивидуальных подписчиков; 009992 — для организаций.
Свидетельство о регистрации средств массовой информации № 1533 от 30.07.2012, выданное Министерством информации Республики Беларусь.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г. № 16 научно-практический журнал «Вестник БарГУ» серия «Технические науки» включён в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам.

Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» включен в РИНЦ (Российский индекс научного цитирования), лицензионный договор № 06-01/2016.

Выходит на русском, белорусском и английском языках.
Распространяется на территории Республики Беларусь.

Заведующий редакционно-издательской группой А. Ю. Сидоренко
Технический редактор Л. Н. Щербук
Компьютерная вёрстка С. М. Глушак
Корректор Н. Н. Колодко

Подписано в печать 27.10.2022. Формат 60 × 84 1/8.
Бумага ксероксная. Печать цифровая.
Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 14,00. Уч.-изд. л. 9,00.
Тираж 100 экз. Заказ . Цена свободная.

Полиграфическое исполнение: Гродненское областное унитарное полиграфическое предприятие «Слонимская типография».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/203 от 07.03.2014, № 2 от 25.02.2014. Адрес: ул. Хлюпина, 16, 231800 г. Слоним, Гродненская обл.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Кочурко В. И. (гл. ред. журн.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Белорусской инженерной академии, академик Международной академии технического образования, академик Международной академии наук педагогического образования, академик Академии экономических наук Украины, заслуженный работник образования Республики Беларусь, профессор кафедры технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Климук В. В. (зам. гл. ред. журн.), кандидат экономических наук, доцент, первый проректор (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Алифанов А. В. (гл. ред. сер.), лауреат Государственной премии Республики Беларусь в области науки и техники, доктор технических наук, профессор (государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск, Республика Беларусь; учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Горбач Ю. Е. (отв. секретарь сер.) (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Зубрицкая Л. С. (ред. текстов на англ. яз.) (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Богданович И. А. (отв. за направление «Машиностроение и машиноведение»), кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь); **Дубень И. В.** (отв. за направление «Процессы и машины агроинженерных систем»), кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Анискович Г. И., кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь);

Белый А. В., академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор (государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск, Республика Беларусь); **Девойно О. Г.**, доктор технических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской инновационной лабораторией плазменных и лазерных технологий (филиал Белорусского национального технического университета «Научно-исследовательская часть», Минск, Республика Беларусь);

Дремук В. А., кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь); **Жигалов А. Н.**, доктор технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь; государственное научное учреждение «Институт технологии металлов Национальной академии наук Беларуси», Могилев, Республика Беларусь); **Калугин Ю. К.**, кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно, Республика Беларусь); **Карташевич А. Н.**, доктор технических наук, профессор (учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», Горки, Республика Беларусь);

Клочков А. В., доктор технических наук, профессор (учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», Горки, Республика Беларусь); **Клубович В. В.**, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор (государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск, Республика Беларусь); **Сиваченко Л. А.**, доктор технических наук, профессор (межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», Могилев, Республика Беларусь); **Томило В. А.**, доктор технических наук, профессор (Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь); **Шелег В. К.**, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор (Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь).

Promoter: Educational Institution
"Baranovichi State University".

Editorial address:

21 Voykova Str., 225404 Baranovichi.
Phone: +375 (163) 64 34 77.
E-mail: vestnikbargu@gmail.com .

Subscription indices: 00999 — for individual subscribers;
009992 — for companies.

The certificate of the registration of mass media № 1533
of 30.07.2012 issued by the Ministry of Information
of Belarus.

*In compliance with the order of the Higher Attestation
Commission of the Republic of Belarus from January 21,
2015 № 16 the scientific and practical journal "BarSU
Herald. Engineering Series" is included into the List of
scientific publications of the Republic of Belarus for
publishing the results of theses research on engineering
sciences (mechanical engineering and machines,
processes and machines of agroengineering systems).*

*Scientific-and-practical journal "BarSU Herald"
is included into RSCI (Russian Science Citation Index),
license agreement № 06-01/2016.*

Issued in Russian, Belorussian and English. The journal is
distributed on the territory of the Republic of Belarus.

Managing editor A. Y. Sidorenko
Technical editor L. N. Scherbuk
Desktop Publishing S. M. Glushak
Proofreader N. N. Kolodko

Signed print 27.10.2022. Format 60 × 84 1/8. Paper xerox.
Digital printing. Headset Times. Conv. pr. s. l. 14,00.
Acc.-pub. s. l. 9,00. Circulation of 100 copies.
Order . Free price.

Printing performance: Grodno Regional Printing Unitary
Enterprise "Slonim printing establishment". The state
registration certificate of the publisher, manufacturer and
publications distributor № 1/203 of 07.03.2014, № 2
of 25.02.2014. Address: 16 Hlyupin Str., 231800 Slonim,
Grodno region.

EDITORIAL BOARD

Kochurko V. I. (*editor-in-chief*), DSc in Agriculture, Professor, Academician of the Belarusian Academy of Engineering, Academician of the International Academy of Technical Education, academician of the International Academy of Pedagogical Education, Academician of the Academy of Economic Sciences of Ukraine, Honored Worker of Education of the Republic of Belarus, Professor of Department of Technical Support of Agricultural Production Processes and Agronomic Sciences (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Klimuk V. V. (*deputy editor-in-chief*), PhD in Economics, Associate Professor, first vice-rector (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Alifanov A. V. (*the series editor-in-chief*), Laureate of the State Prize of the Republic of Belarus in the field of science and technology, DSc in Technical Sciences, Professor (State Scientific Institution "Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, the Republic of Belarus; Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Gorbach Yu. E. (*responsible for the topic area "Engineering Sciences"*) (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Zubritskaya L. S. (*ed. of texts in English*) (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Bogdanovich I. A. (*responsible for the area "Mechanical Engineering and Machine Science"*), PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus); **Duben I. V.** (*responsible for the area "Processes and Machines of Agro engineering Systems"*), PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Aniskovich G. I., PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Belarusian State Agrarian Technical University", Minsk, the Republic of Belarus); **Bely A. V.**, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc in Technical Sciences, Professor (State Scientific Institution "Institute of Physics and Technology of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, the Republic of Belarus); **Devoino O. G.**, DSc in Technical Sciences, Professor, Head of the Innovative Research Laboratory of Plasma and Laser Technologies (branch of the Belarusian National Technical University "Research Unit", Minsk, the Republic of Belarus); **Dremuk V. A.**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus); **Zhigalov A. N.**, DSc in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus; State scientific institution "Institute of Metal Technology of the National Academy of Sciences of Belarus", Mogilev, the Republic of Belarus); **Kalugin Yu. K.**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational Institution "Yanka Kupala Grodno State University", Grodno, the Republic of Belarus); **Kartashevich A. N.**, DSc in Technical Sciences, Professor (Educational Institution "Belarusian State of the Orders of the October Revolution and Labor Red Banner Agricultural Academy", Gorki, the Republic of Belarus); **Klochkov A. V.**, DSc in Technical Sciences, Professor (Educational Institution "Belarusian State of the Orders of the October Revolution and Labor Red Banner Agricultural Academy", Gorki, the Republic of Belarus); **Klubovich V. V.**, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc in Technical Sciences, Professor (State Scientific Institution "Institute of Physics and Technology of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, the Republic of Belarus); **Sivachenko L. A.**, DSc in Technical Sciences, Professor (Interstate Educational Institution of Higher Education "Belarusian-Russian University", Mogilev, the Republic of Belarus); **Tomilo V. A.**, DSc in Technical Sciences, Professor (Belarusian National Technical University, Minsk, the Republic of Belarus); **Sheleg V. K.**, A. M. of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc in Technical Sciences, Professor (Belarusian National Technical University, Minsk, the Republic of Belarus).

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Горавский И. А., Жигалов А. Н., Винничек К. С. Технология и режимы аэродинамического звукового воздействия на осевой фрезерный инструмент из быстрорежущих сталей

Кебец А. В., Кривонос Ю. И., Бучик Т. Ю., Паранин С. Н., Спирин А. В. Исследование модельных индукторных систем на основе волокнистого нанокompозита мелкодисперсного сплава медь-ниобий

Малеронко В. В., Алифанов А. В., Милукова А. М., Богданович И. А. Моделирование процесса магнитно-импульсной обработки с предварительным нагревом осевого режущего инструмента

Милукова А. М., Алифанов А. В., Матяс А. Н., Толкачева О. А. Исследование физико-механических свойств ножей из стали 30X13 после магнитно-импульсной обработки

Патапаў У. А., Русан С. І., Сівачэнка Л. А. Камбінаваны метады сілавага аналізу прываднага механізма ланцужнага аграгата

Пивоварчик А. А., Гавриленя А. К., Корольков А. С. Исследование влияния величины пробега легкового транспортного средства на плотность и температуру вспышки в открытом тигле моторных масел «Лукойл Люкс 5W-40» и «Нафтан Премьер 5W-40»

Шматов А. А. Многомерная оптимизация термогидрохимической обработки твердого сплава в гидрозолье оксидов цинка и молибдена

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Голубев В. С., Вегера И. И., Ходюш В. Е., Дробышевский П. С. Наплавка износостойких слоев на рабочие кромки противорезущих брусьев кормоуборочных комбайнов

Груданов В. Я., Ткачёва Л. Т., Белохвостов Г. И., Кунаш М. В. Новые направления в конструировании глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания

Китун А. В., Швед И. М., Бондарев С. Н., Скорб И. И. Оптимизация выбора оборудования для удаления навоза механическими стационарными средствами на животноводческих фермах и комплексах

Крупенин П. Ю., Крупенин Ю. А. Диагностирование доильной установки в переходных режимах работы

Михайлов К. М., Михайлов М. И. Влияние расположения ножей режущего барабана кормоуборочного комбайна на параметры его образующей

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

4 Goravskii I. A., Jigalov A. N., Vinnichak K. S. Technology and modes of aerodynamic sound impact on axial milling tools made of high-speed steels

16 Kebets A. V., Krivonos Y. I., Buchik T. Y., Paraniin S. N., Spirin A. V. Study of model inductor systems based on a fibrous nanocomposite of a finely dispersed copper-niobium alloy

24 Maleronok V. V., Alifanov A. V., Miliukova A. M., Bogdanovich I. A. Magnetic-pulsed process modeling with the axial cutting tool preheating

30 Miliukova A. M., Alifanov A. V., Matsias A. N., Tolkachova O. A. Study of physical and mechanical properties of knives made of 30X13 steel after magnetic pulse treatment

36 Potapov V. A., Rusan S. I., Sivachenko L. A. Combined method of force analysis of the chain unit drive mechanism

47 Pivovarchyk A. A., Haurylenia A. K., Korolkov A. S. The study of the influence of the mileage of a passenger vehicle on the density and flash point in an open crucible of Lukoil Lux 5W-40 and Naphthan Premier 5W-40 motor oils

53 Shmatov A. A. Multidimensional optimization of hard alloy thermo-hydrochemical treatment in zinc and molybdenum oxides hydrosol

PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS

65 Golubev V. S., Vegera I. I., Khodziush U. E., Drobyshevsky P. S. Surfacing of wear-resistant layers on the working edges of anti-cutting bars of forage harvesters

74 Grudanov V. Ya., Tkacheva L. T., Belokhvostov G. I., Kunash M. V. New directions in the noise mufflers design of reciprocating internal combustion engines

85 Kitun A. V., Shved I. M., Bondarev S. N., Skorb I. I. Optimization of the equipment selection for manure removal by mechanical stationary means on livestock farms and complexes

94 Krupenin P. Y., Krupenin Y. A. Diagnosis of the milking machine in transient operation modes

100 Mikhailov K. M., Mikhailov M. I. Influence of the cutting drum knives position of a forage harvester on the parameters of its generator

УДК 637.116.4

П. Ю. Крупенин, кандидат технических наук, доцент,**Ю. А. Крупенин**

Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», ул. Мичурина, 5, 213407 Горки, Республика Беларусь, pavel@krupenin.com

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Доение коров — не только наиболее трудоемкая технологическая операция на молочно-товарных предприятиях, но и единственная, которая в полной мере соответствует определению системы «человек—машина—животное», причем оператор машинного доения по-прежнему остается ключевым элементом этой системы, действия которого оказывают непосредственное влияние на безопасность и уровень стресса животных.

Из перечня действий, выполняемых оператором машинного доения, отдельного внимания заслуживает операция по постановке доильного аппарата на вымя, в ходе которой происходит подсос воздуха в систему транспортирования молока, что приводит к колебаниям вакуумметрического давления, ощущаемых на каждом доильном месте.

Стабильность вакуумметрического давления в переходных режимах работы доильной установки характеризуется такими параметрами, как падение давления при постановке доильного аппарата, перебор регулировки при постановке доильного аппарата и недобор регулировки при его снятии.

Измерение величины колебаний вакуумметрического давления в переходных режимах работы доильного оборудования представляет собой комплексный диагностический прием, позволяющий оценить согласованность работы узлов и систем доильной установки.

Ключевые слова: доение коров; доильная установка; диагностирование; вакуумметрическое давление; прибор ППДУ-01; вакуум-регулятор.

Рис. 4. Библиогр.: 7 назв.

P. Y. Krupenin, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,**Y. A. Krupenin**

Educational Institution “Belarusian State of the Orders of October Revolution and Labor Red Banner Agricultural Academy”, 5 Michurina Str., 213407 Horki, the Republic of Belarus, pavel@krupenin.com

DIAGNOSIS OF THE MILKING MACHINE IN TRANSIENT OPERATION MODES

Milking cows is not only the most labour-intensive technological operation in dairy enterprises, but also the only one that fully corresponds to the definition of the “man-machine-animal” system, and a man is still the key element of it.

From the list of actions performed by the machine-milking operator, the operation of placing the milking cups on the udder deserves special attention, during which air is sucked into the milk transportation system. It leads to vacuum pressure fluctuations felt at each milking place.

The stability of the vacuum pressure in the transient of operation modes of the milking machine is characterized by such parameters as the pressure drop and, the overshoot of the adjustment when the milking cups are installed and the lack of adjustment when they are removing it.

Measuring the magnitude of fluctuations in vacuum pressure can be used like the consistency criterion of the milking parlor systems.

Key words: milking cows; milking machine; diagnostics; vacuum pressure; device PPDU-01; vacuum regulator.

Fig. 4. Ref.: 7 titles.

Введение. Доеение коров — не только наиболее трудоемкая технологическая операция на молочно-товарных предприятиях, но и единственная, которая в полной мере соответствует определению системы «человек—машина—животное». Одним из направлений повышения эффективности этой системы является улучшение условий деятельности операторов машинного доения. Однако сложность современных технологических и технических элементов процесса машинного доения увеличивает нагрузку на операторов, снижает эффективность их работы и, как следствие, повышает вероятность некачественного выполнения ими ручных операций [1].

Несмотря на то, что производители доильного оборудования активно разрабатывают и внедряют новые технические решения, облегчающие условия труда операторов машинного доения и снижающие количество человеческих ошибок [2], оператор машинного доения по-прежнему остается неотъемлемым элементом системы «человек—машина—животное», а значит, его действия оказывают непосредственное влияние на безопасность и уровень стресса животных.

Из перечня действий, выполняемых оператором машинного доения, отдельного внимания заслуживает операция по постановке доильного аппарата на вымя. Особенностью данной операции является то, что в ходе ее выполнения возможен подсос воздуха в систему транспортирования молока и, как следствие, в вакуумную систему доильной установки. Резкие изменения в расходе воздуха доильной установкой приводят к колебаниям вакуумметрического давления в ее системах, которые ощущаются на каждом доильном месте и представляют собой дополнительный стрессовый фактор для доящихся на них коров.

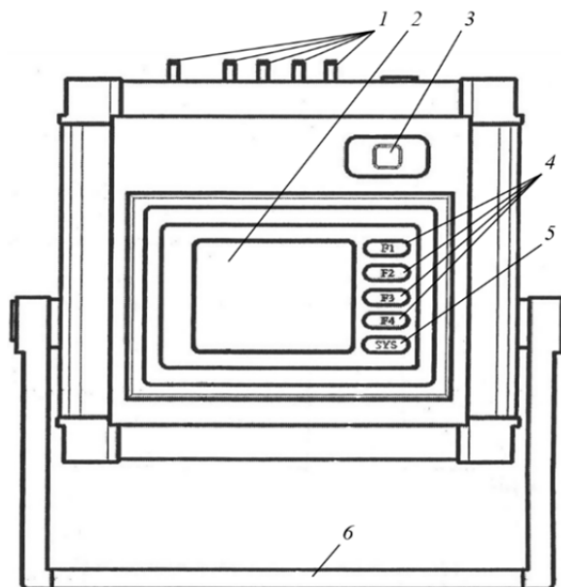
Амплитуда колебаний вакуумметрического давления во время постановки доильного аппарата на вымя зависит от двух факторов: квалификации оператора машинного доения и технического состояния систем доильной установки, методика оценки которого рассматривается в данной статье.

Материалы и методы исследования. Комплексное диагностирование технического состояния систем доильной установки невозможно без использования специализированного оборудования [3; 4]. Из его отечественных образцов следует отметить прибор проверки доильных установок ППДУ-01, позволяющий измерять уровень вакуумметрического давления в статических и динамических режимах работы доильной установки, расход воздуха и кинематические параметры вакуумного насоса. Прибор включен в Государственный реестр средств измерений (сертификат № 11282) и допущен к применению на территории Республики Беларусь [5].

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. На его верхней панели расположен сенсорный дисплей 2 (рисунок 1) с четырьмя кнопками управления 4 и системной кнопкой 5.

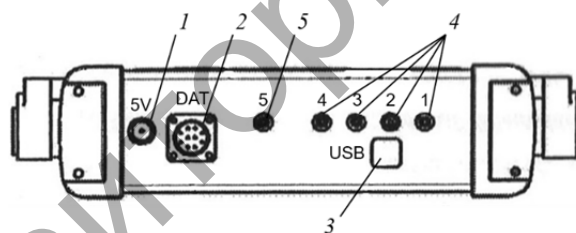
Размещение элементов измерительного блока на его задней панели показано на рисунке 2. Разъем «5V» служит для подключения блока к сетевому адаптеру (блоку питания). Подключение датчиков расхода воздуха ДРВ-01 и частоты вращения ДСВ-01 осуществляется через разъем «DAT». На задней панели измерительного также размещены входы (штуцеры) 4 и 5 датчиков давления. Для измерения вакуумметрического давления используются входы «1», «2», «3» и «4». Вход «5» служит для измерения избыточного давления.

Управление прибором, включая выбор необходимых пунктов меню, запуск измерений и сохранение их результатов во встроенной памяти осуществляются функциональными кнопками «F1»—«F4». Действия, выполняемые прибором при нажатии пользователем на определенную кнопку, условно обозначаются на экране напротив соответствующей функциональной кнопки.



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

**Рисунок 1. — Размещение элементов на
верхней панели измерительного блока
БИФ-01**



1 — разъем «5V»; 2 — разъем «DAT»; 3 —
разъем «USB»; 4 — входы датчиков вакуум-
метрического давления; 5 — вход датчика
избыточного давления

**Рисунок 2. — Размещение элементов
на задней панели измерительного блока
БИФ-01**

Результаты исследования и их обсуждение. Измерение величины колебаний вакуумметрического давления в системе транспортирования молока доильной установки, возникающих при постановке доильного аппарата на вымя, осуществляется в режиме «ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ», который активируется из главного меню прибора ППДУ-01. Измерение выполняется в три этапа, в ходе которых на экран прибора выводятся указания диагностику по его дальнейшим действиям.

В общем виде измерение выполняется в следующей последовательности:

- 1) вход «1» датчика давления блока БИФ-01 соединяют с молокосорборником;
- 2) перекрывают клапаны коллекторов всех доильных аппаратов;
- 3) включают доильную установку и ожидают 10...15 с для стабилизации вакуумметрического давления в ее системах;

4) нажимают на кнопку «F1» измерительного блока;

5) при появлении на экране сообщения «Включите доильную единицу» открывают клапан коллектора (доильные стаканы не должны быть закрыты заглушками, а молочные трубки не должны быть пережаты), после чего нажимают на кнопку «F2»;

6) продолжают следить за экраном прибора и при появлении на нем сообщения «Выключите доильную единицу» закрывают клапан коллектора, после чего нажимают на кнопку «F3»;

7) через 10 с измерение автоматически завершается, его результаты выводятся на экран прибора (рисунок 3).

Результаты измерения в режиме «ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ» представляются на экране в виде графика вакуумметрического давления и блока числовых данных (рисунок 3). На графике отображаются изменения вакуумметрического давления в системе транспортирования молока, возникающие при постановке и снятии доильного аппарата с вымени. В нижней части экрана приводятся значения вакуумметрического давления в ключевых точках графика.

Рассмотрим алгоритм обработки получаемых в режиме «ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ» диагностических данных. До постановки доильного аппарата на вымя (клапан коллектора закрыт) в молокоборнике устанавливается начальное вакуумметрическое давление p_1 (рисунок 4). В момент времени $t_{\text{подкл}}$ произошло открытие клапана коллектора — расход воздуха доильной установкой резко увеличился, а вакуумметрическое давление «просело» до уровня p_2 . Через некоторое время произошло срабатывание вакуум-регулятора, в результате чего давление возросло и стабилизировалось на уровне p_3 .

Разность начального p_1 и установившегося в молокоборнике при открытом клапане коллектора p_3 значений называется падением давления при постановке доильного аппарата: $p_{\Delta 1-3} = p_1 - p_3$.

Разность между минимальным p_2 и установившимся p_3 значениями вакуумметрического давления при открытии клапана коллектора косвенно отражает быстроту реагирования вакуум-регулятора и называется перебором регулировки при постановке доильного аппарата: $p_{\Delta 3-2} = p_3 - p_2$.

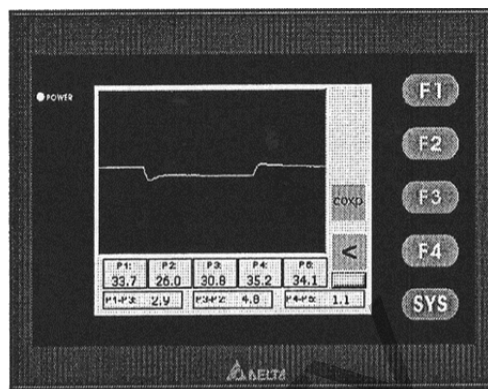


Рисунок 3. — Представление результатов измерения в режиме «ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ»

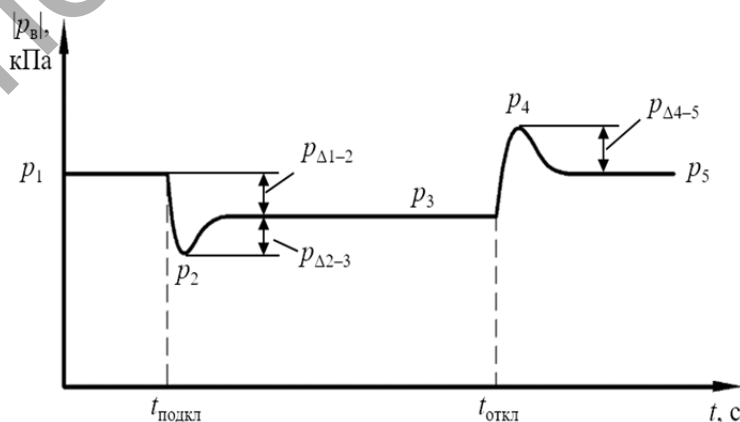


Рисунок 4. — Схема к анализу колебаний вакуумметрического давления при постановке и снятии доильного аппарата

При отключении доильного аппарата (закрытии клапана его коллектора) в момент времени $t_{\text{откл}}$ приток воздуха в систему транспортирования молока резко сократился, что вызвало обратный скачек вакуумметрического давления до максимального значения p_4 (см. рисунок 4). Спустя некоторое время вакуум-регулятор реагирует на изменение условий работы доильной установки и стабилизирует вакуумметрическое давление на уровне p_5 .

Разность между максимальным p_4 и установившимся p_5 значениями вакуумметрического давления при закрытии клапана коллектора называется недобором регулировки при снятии доильного аппарата: $p_{\Delta 4-5} = p_4 - p_5$.

В технически исправной доильной установке скачки вакуумметрического давления $p_{\Delta 1-3}$, $p_{\Delta 3-2}$ и $p_{\Delta 4-5}$ не должны превышать 2 кПа [6; 7]. С другой стороны, по итогам диагностирования действующих доильных установок с линейным молокопроводом на практике этому критерию в большинстве случаев соответствует только величина недобора регулировки при снятии доильного аппарата $p_{\Delta 4-5}$, в то время как значения падения давления $p_{\Delta 1-3}$ и перебора регулировки $p_{\Delta 3-2}$ при постановке доильного аппарата могут достигать 5...8 кПа.

Следует отметить, что вышеописанная методика измерений имитирует наихудшую, характерную для работы начинающих операторов машинного доения ситуацию, когда при постановке доильного аппарата на вымя подсос воздуха происходит одновременно через четыре доильных стакана. Опытный же работник в состоянии обеспечить постановку доильного аппарата быстро и с минимальным подсосом воздуха.

Тем не менее доильные установки проектируются исходя из наихудшего сценария и должны обеспечивать стабильный уровень вакуумметрического давления даже в переходных режимах работы. Сглаживание колебаний давления осуществляют как емкостные части доильной установки (молокосборник, ресивер, вакуум-баллон, вакуум-провод увеличенного сечения), так и регулирующие устройства (гравитационный вакуум-регулятор, сервовакуумный регулятор, система частотного регулирования VOD и др.).

Наиболее вероятными причинами, вызывающими падение давления при постановке доильного аппарата $p_{\Delta 1-3}$ более чем на 2 кПа, являются: несоответствие подачи вакуумного насоса требованиям доильной установки; недостаточная пропускная способность вакуумной системы; негерметичность вакуум-регулятора.

Факторами, приводящими к перебору $p_{\Delta 3-2}$ или недобору $p_{\Delta 4-5}$ регулировки свыше 2 кПа, могут быть: недостаточный рабочий объем узлов доильной установки, предназначенных для сглаживания пульсаций давления (ресивер, вакуум-баллон, молокоосборник); несоответствие проходного сечения вакуум-провода подаче вакуумного насоса; неисправности регулирующих устройств (заклинивание клапана, повреждение мембраны, сбой настроек и др.).

Из вышеприведенных перечней возможных неисправностей следует, что измерение стабильности вакуумметрического давления в переходных режимах работы доильного оборудования, т. е. при постановке и снятии доильных аппаратов, представляет собой комплексный диагностический прием, позволяющий оценить согласованность работы узлов и систем доильной установки.

Заключение. Применение современных диагностических комплексов обеспечивает многостороннюю оценку технического состояния доильного оборудования.

Стабильность вакуумметрического давления в переходных режимах работы доильной установки характеризуется такими параметрами, как падение давления при постановке доильного аппарата, перебор регулировки при постановке доильного аппарата и недобор регулировки при его снятии.

Большая часть из обследованных доильных установок с линейным молокопроводом не соответствует критериям стабильности вакуумметрического давления в переходных режимах, что создает дополнительный стрессовый фактор для доящихся коров и повышает требования к компетентности операторов машинного доения.

Список цитированных источников

1. Крупенин, П. Ю. Методика расчета конструктивных параметров четырехкамерного коллектора доильного аппарата / П. Ю. Крупенин, Д. К. Гупало // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. — 2019. — № 4. — С. 153—160.
2. Яковенко, Т. П. Повышение технологической надежности оператора путем совершенствования условий труда в системе «человек-машина-животное»: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Т. П. Яковенко. — Оренбург, 2003. — 24 с.
3. Крупенин, П. Ю. Анализ фазового портрета пульсаций доильного аппарата / П. Ю. Крупенин // Вестн. БарГУ. Сер. «Технические науки». — 2021. — № 2 (10). — С. 102—107.
4. Крупенин, Ю. А. Диагностирование параметров водокольцевого вакуумного насоса доильной установки / Ю. А. Крупенин, П. Ю. Крупенин // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения : сб. науч. работ. — Брянск : Изд-во Брян. ГАУ, 2019. — Вып. 1 (21). — С. 109—117.
5. Приборы проверки доильных установок ППДУ-01 [Электронный ресурс] // Государственный информационный фонд по обеспечению единства измерений. — Режим доступа: <http://oei.by/grsi/view?id=4391357>. — Дата доступа: 05.09.2022.
6. Установки доильные. Конструкция и рабочие характеристики : ISO 5707:2007. — Введ. 15.02.2007. — Женева : Междунар. организация по стандартизации, 2007. — 60 с.
7. Установки доильные. Механические испытания : ISO 6690:2007. — Введ. 15.02.2007. — Женева : Междунар. организация по стандартизации, 2007. — 48 с.

Поступила в редакцию 04.10.2022.

Репозиторий БарГУ