

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБОРА ПРОВЕРКИ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ППДУ-01 ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Ю. А. КРУПЕНИН, ст. преподаватель  
П. Ю. КРУПЕНИН, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Животноводство является важнейшим звеном агропромышленного комплекса. Эта отрасль дает человеку ценные продукты питания, а также сырье для промышленности. К сожалению, 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 [1].

Решению этой проблемы может содействовать расширение практики диагностирования доильного оборудования с использованием специализированного оборудования, позволяющего с высокой точностью определять такие параметры технического состояния узлов доильной установки, как вакуумметрическое давление и расход воздуха [2].

**Основная часть.** Для определения подачи вакуумного насоса могут применяться как простейшие расходомеры, например, индикатор производительности вакуумных насосов КИ-4840 [3], так и современные диагностические комплексы. Из отечественных образцов диагностического оборудования следует отметить прибор проверки доильных установок ППДУ-01, позволяющий определять расход воздуха и частоту вращения ротора вакуумного насоса.

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.

Датчик расхода воздуха ДРВ-01 (рис. 1) предназначен для измерения объемного расхода воздуха. Датчик представляет собой полый цилиндрический корпус 3, с одной стороны которого закреплен уплотняющий конус 4, используемый для присоединения (присасывания)

датчика к трубопроводам различных диаметров, с другой – блок первичных преобразователей *1* с установленными внутри него датчиками давления *5*, *7* и температуры *6*. Подключение датчика ДРВ-01 к измерительному блоку осуществляется посредством коммутационного разъема *8*.

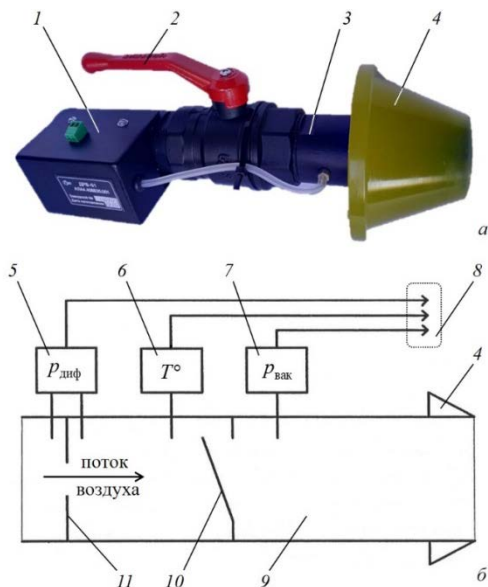


Рис. 1. Датчик расхода воздуха ДРВ-01:

- a* – общий вид; *б* – структурная схема; *1* – блок первичных преобразователей;  
 2 – рукоятка крана; 3 – корпус датчика; 4 – уплотняющий конус;  
 5 – датчик дифференциального давления; 6 – датчик температуры;  
 7 – датчик вакуумметрического давления; 8 – коммутационный разъем;  
 9 – полость; 10 – кран; 11 – диафрагма

В связи с тем, что объем воздуха, как и любого другого газа, зависит от температуры и давления, измеренные значения расхода должны быть приведены к некоторым стандартным условиям. В технических характеристиках вакуумных насосных станций производства стран СНГ подача приводится для стандартных условий по ГОСТ 2939-63 «Газы. Условия для определения объема», иностранного производства – по международному стандарту ISO 6690:2007 «Установки доильные. Механические испытания» [2].

Для приведения фактически измеренной подачи вакуумного насоса к стандартным по ГОСТ 2939-63 «Газы. Условия для определения объема» значениям давления (101,325 кПа) и температуры (293,15 К) используют формулу:

$$Q_{ст} = Q_{изм} \frac{p_{атм} - p_{сист}}{101,325} \cdot \frac{293,15}{T}, \quad (1)$$

где  $Q_{изм}$  – измеренное значение подачи, л/мин;

$p_{атм}$  – атмосферное давление, кПа;

$p_{сист}$  – давление во входном патрубке вакуумного насоса, кПа;

$T$  – температура воздуха, К.

При диагностировании вакуумных насосных станций иностранного производства следует ориентироваться на требования стандарта [4], учитывающего возможность использования частотного регулирования подачи вакуумного насоса. Приведение результатов измерений к стандартным условиям по температуре, давлению и географической высоте расположения доильной установки над уровнем моря осуществляют по формулам:

– измерение при рабочем вакуумметрическом давлении

$$Q_{прив} = Q_{изм} \frac{p_{max} - p_{сист} p_{атм} / p'_{атм}}{p_{max} - p_{сист}} \cdot \frac{293,15}{T}, \quad (2)$$

– измерение при вакуумметрическом давлении –50 кПа

$$Q_{прив} = Q_{изм} \frac{p_{max} - 50 p_{атм} / 101,33}{p_{max} - 50} \cdot \frac{n_{ном}}{n_{изм}} \cdot \frac{293,15}{T}; \quad (3)$$

где  $p_{max}$  – максимальное вакуумметрическое давление, создаваемое насосом, кПа;

$p'_{атм}$  – стандартное атмосферное давление для высоты расположения доильной установки над уровнем моря, кПа;

$T$  – температура воздуха, К;

$n_{ном}$  – номинальная частота вращения вакуумного насоса, об/мин;

$n_{изм}$  – частота вращения вакуумного насоса при давлении во входном патрубке –50 кПа, об/мин.

Для проведения измерений в соответствии с ГОСТ 2939-63 в меню прибора ППДУ-01 активируют режим «ПРИ СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ», в котором на дисплее в ячейке «расход» отображается

значение замеряемого в фактических условиях расхода воздуха, а в ячейке «стандартный» – значение расхода воздуха после приведения к стандартным условиям по формуле (1).

При диагностировании вакуумных насосных станций иностранного производства в меню прибора ППДУ-01 активируют режим «ПРИ РАБОЧЕМ ДАВЛЕНИИ» или «ПРИ ДАВЛЕНИИ –50 кПа», в которых вычислительный блок осуществляет приведение значений расхода воздуха по формуле (2) или (3) соответственно.

Рассмотрим методику анализа диагностических данных на примере вакуумной насосной станции СН-60А с водокольцевым вакуумным насосом.

Согласно технической характеристике насосной станции СН-60А, максимально развиваемое ею вакуумметрическое давление  $[p]$  составляет –80 кПа [5]. Фактическое значение разрежения  $p$  может быть ниже допустимого  $[p]$  из-за утечек воздуха, которые подразделяются на внешние и внутренние.

При внешней утечке воздух поступает в насос через неплотности всасывающего патрубка, изношенное торцевое уплотнение ротора или негерметичные соединения подпиточной трубки.

Внутренняя утечка обусловлена перетеканием воздуха внутри корпуса насоса из выходного патрубка во всасывающий патрубок вследствие увеличенного зазора между ротором и торцевой крышкой с выходным и всасывающим окнами. Утечка также происходит в случае нарушений герметичности отдельных полостей, образующихся между лопастями вращающегося ротора и поверхностью водяного кольца. Ее причинами могут являться как механические повреждения ротора (облом, трещины, сколы лопастей), так и недостаточная толщина водяного кольца вследствие засорения подпиточной трубки или недостаточного уровня воды в баке насосной станции.

Номинальная подача насосной станции СН-60А при вакуумметрическом давлении –50 кПа составляет  $(65 \pm 5) \text{ м}^3/\text{ч}$  [5]. Вакуумная станция считается технически исправной, если фактическое значение подачи  $Q$  составляет не менее 80 % от номинального, т. е. не менее  $48 \text{ м}^3/\text{ч}$  или 800 л/мин.

Факторами, приводящими к снижению подачи вакуумного насоса, помимо вышеописанных механических повреждений ротора и засорения подпиточной трубки, могут являться крупные отложения накипи в пространстве между лопастями ротора и повышенная температура воды в баке.

Образование толстого слоя накипи на лопастях ротора водокольцевого вакуумного насоса происходит по причине высокой концентрации солей кальция и магния в воде. Крупные отложения накипи сокращают полезный объем полостей между лопастями ротора. Покрытый накипью ротор за один оборот перемещает меньший объем воздуха, что закономерно приводит к снижению подачи вакуумного насоса в целом.

Повышение температуры воды в баке насосной станции негативно влияет на подачу водокольцевого вакуумного насоса. Рост температуры водяного кольца приводит к большему нагреву воздуха внутри насоса, что, в соответствии с законами термодинамики, влечет за собой увеличение его объема. При этом тепловое расширение воздуха внутри вакуумного насоса снижает эффективность его работы. Например, подача вакуумной насосной станции СН-60А падает на 20 % при повышении температуры воды в баке с 20 до 50 °С [5].

При этом следует отметить, что нагрев воды в баке во время работы водокольцевого вакуумного насоса неизбежен. Для технической исправной вакуумной насосной станции СН-60А рост температуры воды со скоростью 30 °С за 1 час работы является нормой [5]. Более быстрый нагрев воды может происходить из-за неправильной сборки насоса, в результате которой не обеспечивается необходимый зазор между торцом ротора и крышкой с всасывающим и выходным окнами. Отсутствие зазора вызывает трение деталей друг о друга с выделением дополнительной теплоты.

Скорость нагрева воды также зависит от ее количества в баке: чем меньше объем воды, тем быстрее она будет нагреваться. Оптимально бак вакуумной насосной станции всегда должен быть заполнен водой до метки «МАХ» на его боковой поверхности.

Еще одним фактором снижения подачи является избыточное сопротивление движению воздуха в выходном патрубке насоса. Вместе с воздухом в выходной патрубке водокольцевого насоса также поступает и некоторое количество воды. С целью уменьшения расходования воды при работе насоса, конец выходного патрубка заведен в горловину водяного бака, внутри которого происходит разделение воздушно-водяной смеси: вода остается в баке, а воздух выходит наружу через Г-образный зазор между патрубком, горловиной и брызгозащитным диском. Сокращение проходного сечения этого зазора, например, по причине слишком низкого расположения брызгозащитного диска, создает избыточное давление

(противодавление) в выходном патрубке, что, в свою очередь, приводит к уменьшению подачи вакуумного насоса.

**Заключение.** Применение современных диагностических комплексов обеспечивает комплексную оценку технического состояния вакуумных насосных станций доильных установок, что позволяет на раннем этапе выявлять возможные неисправности и продлевать срок службы оборудования. Однако, ввиду различий в нормативно-технической документации стран СНГ и дальнего зарубежья, при анализе результатов диагностирования доильного оборудования и, особенно, вакуумных насосных станций с частотным регулированием величины создаваемого разрежения, следует использовать соответствующие методы интерпретации получаемых экспериментальных данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Китун, А. В. Основы формирования поточных технологических линий на животноводческой ферме / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин // Вестник БГСХА. – 2021. – № 2. – С. 160–164.
2. Китун, А. В. Методика анализа результатов диагностирования вакуумных насосных станций доильных установок / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин // Вестник БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 136–140.
3. Рекомендации по техническому сервису доильного оборудования / С. К. Карпович [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2015. – 124 с.
4. Установки доильные. Механические испытания: ISO 6690:2007. – Введ. 15.02.2007. – Женева: Международная организация по стандартизации, 2007. – 48 с.
5. Станция насосная СН-60А. Технический паспорт // ОАО «Гомельский мотороремонтный завод». – Гомель, 2014. – 16 с.

*Аннотация.* Описаны особенности диагностирования вакуумной насосной станции с водокольцевым насосом с использованием прибора ППДУ-01, позволяющего определять уровень вакуумметрического давления в статических и динамических режимах работы доильного оборудования и расход воздуха. Приведены математические зависимости для приведения результатов измерений к стандартным условиям в соответствии с требованиями технических нормативно-правовых актов.

*Ключевые слова:* диагностирование, доильная установка, вакуумная насосная станция, неисправность, водокольцевой насос.