

ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В.А. БОРОЗНИН,

кандидат технических наук, доцент,

Ю.В. БОБЫЛЕВ,

аспирант, Волгоградская ГСХА

Ключевые слова: *вакуумный насос, вакуумная система, доильная установка, режим, стабилизация.*

Современное состояние животноводства в целом по России характеризуется отсутствием стабильности. В большинстве хозяйств неуклонно снижается численность поголовья крупного рогатого скота и, как следствие, падает производство молока. Основными причинами сокращения поголовья являются низкий уровень рентабельности производства молока, низкий уровень технической оснащённости ферм, нарушение технологичес-

ких режимов обслуживания и эксплуатации, системный кризис сельского хозяйства и, в частности, отрасли животноводства [1]. Большинство животноводческих ферм Волгоградской области оснащено устаревшим оборудованием, имеющим низкий уровень технического состояния. Использование оборудования, не отвечающего техническим нормативам, приводит к снижению рентабельности производства молока.

Таблица

Функциональное состояние доильных установок

Контролируемые параметры	Кол-во доильных установок (агрегатов)	Пределы значения параметра		Количество	
		норма	факт.	шт.	%
1. Подача вакуумного насоса, м ³ /ч	42	60	30-40	7	16,7
			41-50	26	61,9
			51-60	9	21,4
2. Максимально развиваемое вакуумметрическое давление, кПа	24	76-78	64-73	12	60,0
			74-80	11	35,8
			81-90	1	4,2
3. Рабочее вакуумметрическое давление, кПа	24	48-50	44-47	–	–
			48-50	7	29,2
			51-68	17	70,8
4. Давление срабатывания вакуум-регулятора, кПа	24	49	48-50	7	29,2
			51-68	17	70,8
			0,3-0,4	7	29,2
5. Колебания вакуумметрического давления, кПа	24	0,3-0,4	1,1-10,0	6	25,0
			11,0-18,0	11	45,8
			3-6	7	29,2
6. Потери из-за негерметичности вакуумной системы, м ³ /ч	24	3,6	6,1-11,0	9	37,5
			11,1-17,0	8	33,3
			1-3	7	29,2
7. Перепад давления в вакуумных линиях, кПа (засорённость)	24	<3	3,1-10	8	33,3
			10,1-17	9	37,5
			10,1-17	9	37,5



400002, г. Волгоград,

пр-т Университетский, 26;

тел. 8 (8442) 41-11-25

Исследование эксплуатационного режима доильных установок, то есть способности установок выполнять заданные функции в оптимальных рабочих условиях, показывает, что они далеки от норматива (табл.).

Из данных, приведённых в таблице, видно, что производительность у 78,6% вакуумных насосов находится ниже нормативной; максимально развиваемое давление находится в пределах 54-73 кПа у 60% насосов, 74-90 кПа – у 40%. Только на 29,2% ферм соблюдается нормальный вакуумный режим; на 70,8% ферм он превышает норматив на 10-20 кПа.

На 18 из 24 обследуемых ферм, а это 70,8%, колебания вакуума при норме 0,3-0,4 кПа достигало 1,1-18 кПа. Это чаще всего происходит при перегрузке вакуумного насоса или вследствие его сильного износа, когда не обеспечивается номинальная его подача.

На производительность вакуумных насосов также огромное влияние оказывают негерметичность и засорённость молочно-вакуумных систем. При норме 3,6 м³/ч и перепаде давления в линии не более 3 кПа соответственно на рассматриваемых фермах негерметичность достигала 6-17 м³/ч на 70% ферм, а перепад давления в линиях 8-17 кПа – на 71% ферм.

The vacuum pump, vacuum system, milking machine, mode, stabilization.

Эксплуатационный режим вакуумной системы задаётся вакуумной установкой. От её технического состояния будет зависеть стабильность работы узлов и агрегатов, входящих в доильную установку. Производительность и вакуумметрическое давление являются основными параметрами, характеризующими состояние вакуумного насоса. Изменение одного из них приводит к изменению другого. В процессе работы из-за износа производительность вакуумного насоса начинает снижаться. Основная причина этого – увеличение зазоров между рабочими поверхностями вакуумного насоса [2]. Они приводят к резким колебаниям вакуумметрического давления (до 10-18 кПа при допустимых 0,3-0,4 кПа). Вакуум выше допустимого приводит к наползанию доильных стаканов на соски, что снижает скорость доения и даже прерывает его. Низкий вакуум приводит к спаданию стаканов с сосков или к прекращению доения (не открывается сфинктер соска). Изменение величины вакуума приводит к колебаниям соотношения тактов и числа пульсаций, что нарушает процесс доения [3].

Основными причинами, влияющими на снижение производительности вакуумного насоса (Q) и на развиваемое им вакуумметрическое давление (h_{\min}^{\max}), являются.

1. Конструкционные:
 - 1) чрезмерный износ сопрягаемых поверхностей вакуумного насоса;
 - 2) частота вращения ротора.
2. Эксплуатационные:
 - 1) настройка вакуум-регулятора;
 - 2) герметичность молочно-вакуумной системы;
 - 3) засорённость молочно-вакуумной системы;
 - 4) расход воздуха через доильные аппараты;
 - 5) запас расхода воздуха.
3. Технологические:
 - 1) подключение доильных аппаратов.

Рассматривая конструкционные причины, мы видим, что на производительность влияет чрезмерный износ сопрягаемых поверхностей вакуумного насоса и частота вращения ротора. При колебаниях вакуумметрического давления частота вращения ротора остаётся неизменной, следовательно, изменение оборотов вакуумного насоса позволяет избежать резких колебаний рабочего вакуумметрического давления. Производительность насоса определяется по формуле:

$$Q = V_{\text{ц}} \cdot n_{\text{об}} \cdot \eta, \quad (1)$$

где $V_{\text{ц}}$ – рабочий объём цилиндра, м³;

$n_{\text{об}}$ – частота вращения ротора, с⁻¹;

η – 0,8-0,9 – коэффициент напол-

нения цилиндра воздухом.

Рабочий объём цилиндра:

$$V_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot z \cdot L}{4}, \quad (2)$$

где D – диаметр цилиндра, м;

d – диаметр ротора, м;

z – толщина лопаток, м;

L – длина цилиндра, м.

Эксцентриситет определяется по формуле:

$$e = \frac{D - d}{2}, \quad (3)$$

Подставляем в формулу (1) значения формул (2) и (3) и получаем:

$$Q = \left[\frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} - \delta \cdot z \cdot \frac{D - d}{2} \right] \cdot L \cdot n_{\text{об}} \cdot \eta \quad (4)$$

Как видно из формулы 4, производительность вакуумного насоса напрямую зависит от частоты вращения ротора. Теоретически это можно выразить на графике (рис. 1).

Как видно из графика, при изменении частоты вращения ротора от 16,67 до 33,34 с⁻¹ производительность вакуумного насоса возрастает пропорционально увеличению оборотов ротора.

По данным Э. Вельдмана и Х. Тээтсова, причина непроизводительного использования доильных установок – конструктивные недостатки до-

ильных машин и вакуумсиловых установок. Конструктивные особенности последних, а также подача вакуумного насоса определяют стабильность и вакуумный режим доильной установки [4].

Рассмотрим и определим зависимость влияния его конструктивных параметров на производительность. В данном случае основным объектом для нас являются лопатки насоса, а главным фактором, влияющим на производительность, будет их длина (L_p). Для оптимальной работы вакуумного насоса должно соблюдаться равенство:

$$L = L_p, \quad (5)$$

Но при износе поверхностей сопрягаемых деталей равенство принимает вид:

$$L_p = L - \Delta L, \quad (6)$$

где ΔL – величина износа, изменяющаяся в пределах от 0,001 до 0,005, м (нормативы на ремонт вакуумных насосов);

L_p – длина лопаток, м.

Зная первоначальное значение длины цилиндра и используя значения коэффициента, можем вычислить изменение производительности вакуумного насоса при определённых оборотах от изменения длины лопаток цилиндра. Подставляем в формулу (4)

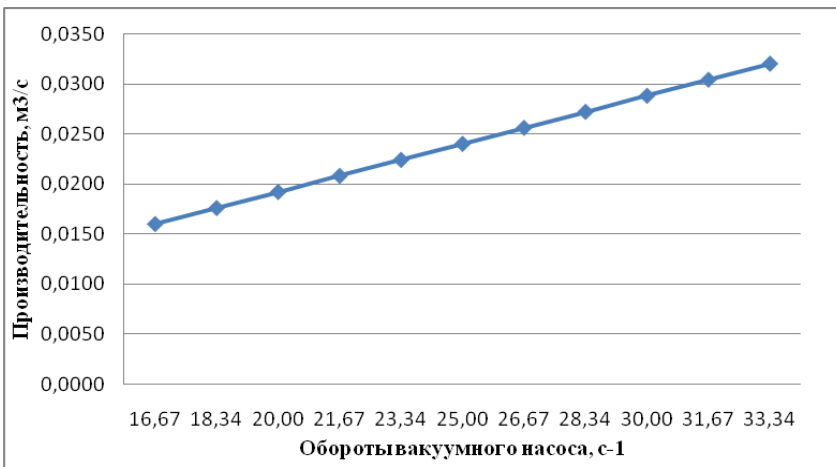


Рисунок 1. График зависимости производительности вакуумного насоса от частоты вращения ротора

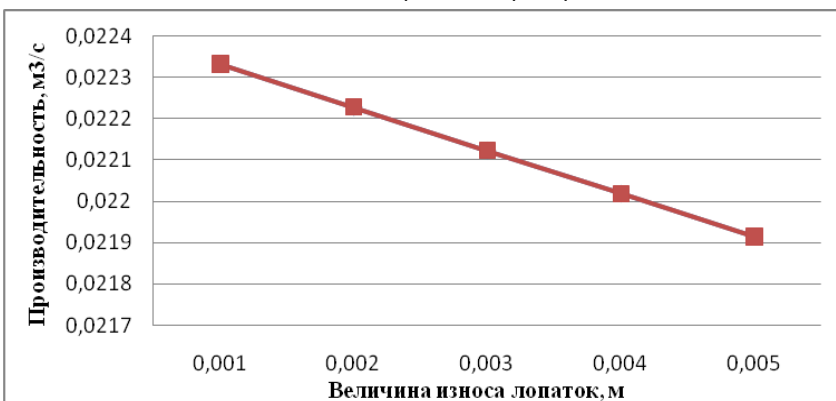


Рисунок 2. График зависимости производительности от износа длины лопаток

значения формулы (6) и получаем:

$$Q = \left(\left[\frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} - \delta \cdot z \cdot \frac{D-d}{2} \right] \cdot (L - \Delta L) \right) \cdot n_{\text{об}} \cdot \eta, \quad (7)$$

Используя значения, полученные с помощью формулы (7), мы можем построить график (рис. 2).

На графике видно, как происходит падение производительности в зависимости от величины износа лопаток.

Анализируя работу вакуумного насоса, мы можем построить график, отображающий зависимость производительности от износа длины лопаток при разных оборотах ротора.

Для предотвращения отрицательных последствий из-за колебаний рабочего вакуумметрического давления была разработана система автомати-

ческой стабилизации вакуумного режима. Данная система стабилизирует рабочее давление в вакуумной системе при его падении за счёт изменения оборотов вакуумного насоса с помощью вариатора (рис. 3).

Представленная схема вакуумной системы доильной установки состоит из вакуумного насоса (1); электродвигателя (2); вариатора (3); вакуум-провода (4); вакуумметра (5); вакуум-регулятора (6); вакуумного баллона (7); пневмоцилиндра (8). На схеме можно увидеть, что пневмоцилиндр соединен с вакуум-проводом. При падении рабочего вакуумметрического давления в системе пневмоцилиндр с помощью толкателя перемещает полушкив вариатора в осевом направлении, изменяя диаметр шкива насоса и увеличивая частоту вращения ротора.

Применяя систему стабилизации вакуумного режима, предполагается увеличить производительность вакуумного насоса, тем самым снизить колебания вакуумметрического давления в системе и стабилизировать режим доения, что позволит повысить надои молока от животных на 15-25%.

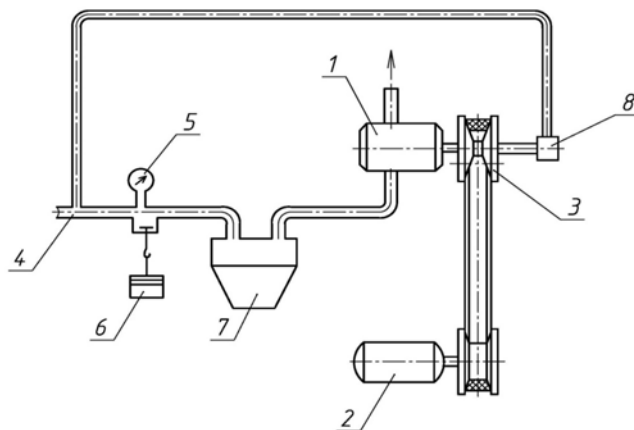


Рисунок 3. Схема системы стабилизации вакуумного режима

Литература

1. Агропромышленный комплекс России в 2004 году. М., 2005. С. 569.
2. Жилин А. П., Леус И. С., Косцов И. А. [и др.]. Техническое обслуживание машин и животноводческих ферм и комплексов. М.: Колос, 1978. С. 163.
3. Кузьминов А. Н., Кенгуров А. Я. Наладка и обслуживание машин и оборудования, применяемых в животноводстве. М.: Высшая школа, 1979. С. 172.
4. Соляник С. С. Вакуумный режим доильных установок // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 5. С. 15.