

ФАЗЫ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАСТИНЧАТО-РОТОРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА НВУ-2,8

В. Н. ДАШКОВ, д-р техн. наук, профессор

С. А. АНТОШУК, канд. техн. наук, доцент

В. В. ЗАХАРОВ, ст. преподаватель

Республиканское научно-производственное унитарное предприятие

«Институт энергетики НАН Беларуси»,

Минск, Республика Беларусь

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»,

Минск, Республика Беларусь

УО «Белорусский государственный аграрный технический

университет»,

Минск, Республика Беларусь

Введение. Вакуум-насосная станция является одной из главных составляющих любой доильной установки, основанной на принципе выведения молока из вымени коров под действием переменного разрежения. Используемые отечественные вакуумные станции укомплектованы, как правило, водокольцевыми вакуумными насосами СН-60 производства Гомельского мотороремонтного завода или роторно-лопастными насосами типа УВУ-60/45, РВН-40. И те, и другие насосы имеют недостатки в сравнении с зарубежными аналогами – насосами фирм De-Laval (Швеция), GEA Westfalia (Германия), Gascoigne Melotte (Голландия). Общий недостаток отечественных насосов – малая воздухопроизводительность на единицу потребляемой мощности. Так, удельные затраты энергии на 1 м^3 производительности в среднем составляют: у насосов фирм De-Laval – $0,041 \text{ кВт ч/м}^3$, Gascoigne Melotte – $0,042 \text{ кВт ч/м}$, Fullwood – $0,047 \text{ кВт ч/м}$, а у отечественных водокольцевых и пластинчато-роторных насосов этот показатель составляет $0,066 \text{ кВт ч/м}$, что в 1,4–1,6 раза выше, чем у зарубежных [1]. Годовое потребление энергии одним отечественным насосом производительностью $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 3,3 тыс. кВт ч больше, чем насосами зарубежного производства. В целом по республике по этой причине перерасход электроэнергии (на 1,3 млн. дойных коров) составляет 50 млн. кВт ч, чему должно быть уделено пристальное внимание.

Основная часть. Причиной высокого расхода энергии вакуумными насосами доильных установок является необходимость запаса производительности вакуумного насоса для возмещения случайных подсосов воздуха в вакуумированную систему доильной установки. В со-

ответствии с нормативной документацией этот запас производительности должен составлять не менее 20 % от производительности насоса. Исключение необходимости или снижение величины запаса производительности насоса является одним из путей экономии энергоресурсов при доении животных [2].

На производительность насоса, в отличие от основных геометрических параметров (размер рабочих элементов), влияют геометрические параметры косвенного действия (форма и расположение отдельных элементов). К первым следует отнести диаметры и длину статора и ротора, величину эксцентриситета и частоту вращения ротора насоса, количество лопаток. А ко вторым относят расположение кромок впускных и выпускных окон в корпусе насоса, а также само расположение ротора исходя из фаз газораспределения (рис. 1).

Угол σ в зоне заземленного объема колеблется в больших пределах. При $z < 10$ угол вредного пространства рекомендуют принимать равным $(1,0-2,5) \beta$, то есть фактически от 40 до 90°. Этот угол равен сумме двух углов – δ_2 и δ_3 . При угле δ_2 совершается процесс расширения воздуха, перенесенного из полости нагнетания, а δ_3 – угол сжатия воздуха в заземленном объеме в момент нагнетания. Углы δ_2 и δ_3 выбираются из конструктивных соображений, а имеющиеся рекомендации по данному вопросу относятся к насосам с большим числом пластин $z = 20-30$ и не могут быть использованы для вакуумных насосов доильных установок с малым числом пластин $z = 4$.

Угол δ_2 влияет на температурный режим насоса. Малое значение этого угла (менее 30°) снижает производительность насоса примерно на 8 %. При увеличении угла (более 90°) уменьшается температура нагрева корпуса насоса, но повышается потребляемая мощность. Рекомендуется принимать угол обратного расширения $\delta_2 = \beta / 2$. Величина угла δ_3 принимается равной 5–25° при любом числе пластин (рис. 1).

Этот угол в зоне заземления мало влияет на производительность насоса, так как в момент разобцения полости насоса с нагнетательным окном воздух вытекает через зазоры, давление заземленного объема резко падает.

В вакуумных насосах с малой частотой вращения нижнюю кромку всасывающего окна целесообразно располагать так, чтобы угол $\sigma_1 = \beta / 2$. Такое конструктивное решение способствует разобцению ячейки со всасывающим патрубком в момент достижения ячейкой своего максимального объема. В вакуумных насосах с большой частотой вращения ($n \geq 2000$ об/мин) угол $\sigma_1 = \beta / 2$ должен быть несколько

меньше (с запаздыванием). Изменение угла σ_1 в пределах $37\text{--}41^\circ$ [3] мало влияет на быстроту действия насоса.

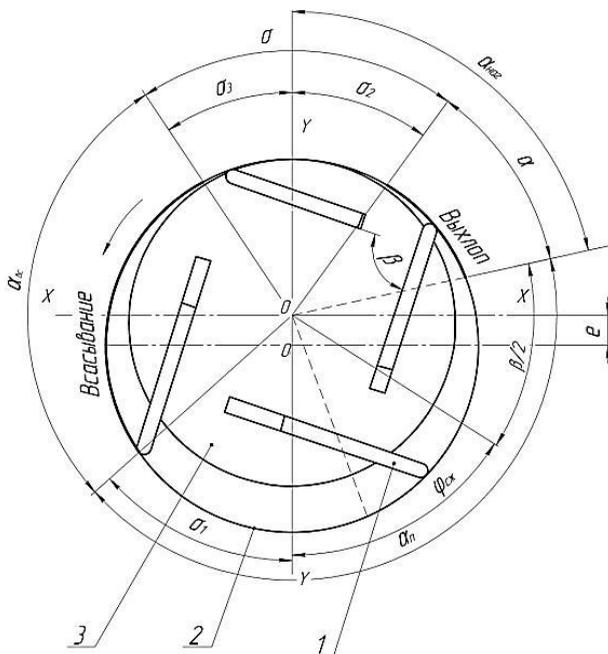


Рис. 1. Схема фаз воздухораспределения в насосе
1 – лопатка, 2 – корпус насоса, 3 – ротор

Поэтому угол σ_1 целесообразно выбирать на $3\text{--}5^\circ$ меньше, чем $\beta / 2$, так как при этом происходит более полное наполнение ячеек воздухом и имеет место запаздывание процесса всасывания.

Полный угол сжатия α_n характеризует угол поворота ротора относительно корпуса насоса от точки конца всасывания до начала нагнетания (рис. 1). Оптимальное значение угла α_n зависит от конструктивных особенностей насоса, монтажных зазоров и системы смазки.

Меняется полный угол сжатия α_n в интервале $137\text{--}65^\circ$ и, соответственно, угол сжатия ($\varphi_{сж} = 47\text{--}75^\circ$). Положение верхней кромки нагнетательного окна определяют по приближенной зависимости:

$$\alpha_n = \sigma_1 + \varphi_{сж} + \pi/z = 45^\circ + 60^\circ + 45^\circ = 150^\circ.$$

Для рассматриваемого нами в работе пластинчато-роторного вакуумного насоса геометрические параметры фаз газораспределения представлены в таблице.

Фактические геометрические параметры и фазы воздухораспределения вакуумного насоса НВУ-2,8

Наименование параметра	Значение параметра фактического
Диаметр корпуса, мм	200
Диаметр ротора, мм	185,5
Эксцентриситет, мм	14,5
Коэффициент подачи λ	0,955
Угол обратного расширения σ_2	27,5°
Угол всасывания $\alpha_{вс}$	97,5°
Полный угол сжатия α_n	150°
Угол между нижней кромкой впускного окна и биссектрисой σ_2	45°
Угол сжатия $\phi_{сж}$	60°
Угол нагнетания $\alpha_{наг}$	56,8°
Угол выпуска α	50°
Угол сжатия защемленного объема σ_3	32,5°
Угол вредного пространства σ	60°
Угол между двумя соседними пластинами β	90°

Заключение. В статье обоснован выбор углов воздухораспределения, влияющий на производительность вакуумного насоса. Угол вредного пространства σ , влияющий на температурный режим насоса, увеличен благодаря уменьшению угла выхлопа α .

ЛИТЕРАТУРА

1. Антошук, С. А. Конструктивные особенности и эксплуатационные показатели вакуумной станции СВЭ / С. А. Антошук, Э. П. Сорокин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 т. – Минск: НПЦ НАН по механизации с.-х., 2014. – Т. 3. – С. 77–83.
2. Дашков, В. Н. Технология и оборудование для доения коров / В. Н. Дашков, В. О. Китиков, Э. П. Сорокин. – Минск: Учебно-методический центр Минсельхозпрода, 2007. – 175 с.
3. Мжельский, Н. И. Вакуумные насосы для доильных установок / Н. И. Мжельский. – М.: Машиностроение, 1974. – 151 с.
4. Руководство по эксплуатации. Насос пластинчато-роторный вакуумный НВУ-2,8. ОАО «Технолит». – Полоцк, 2010. – 31 с.
5. Пат. 9646 РБ, МПК F 04C 18/00. Пластинчато-роторный вакуумный насос / В. Н. Дашков, В. В. Захаров, (ВУ). – Заявитель Белорусский государственный аграрно-технический университет – № u20130360; заявл. 23.04.2013; опубл. 22.07.2013 // Официальный бюл. / Нац. центр интеллектуальной собственности. – 2013. – № 2. – С. 35.
6. Дашков, В. Н. Обоснование выбора расположения ротора в корпусе пластинчатого вакуумного насоса / В. Н. Дашков, С. А. Антошук, В. В. Захаров // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 6. – С. 30–35.