

УДК 621.516

РЕГУЛИРОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ПРОХОДНОГО СЕЧЕНИЯ НАГНЕТАТЕЛЬНОГО ОКНА

Скопинцев Константин Юрьевич

магистрант

Горюшин Роман Сергеевич

магистрант

Дьяченко Андрей Владимирович

магистрант

Скоморохова Анастасия Игоревна

магистрант

nasta373@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены основные технические характеристики жидкостнокольцевого вакуумного насоса. Теоретически определены параметры, из которых складывается мощность, затрачиваемая на процесс вакуумирования. Обосновано применение конструкции жидкостнокольцевого вакуумного насоса с автоматическим регулированием размеров проходного сечения нагнетательного окна.

Ключевые слова: жидкостнокольцевой вакуумный насос, регулирование нагнетательного окна, дополнительная рабочая жидкость

Жидкостнокольцевые вакуумные насосы (ЖВН) применяются во многих отраслях промышленности и АПК. Их широкое распространение обусловлено отличительными особенностями, среди которых простота конструкции и высокая надежность в эксплуатации. Наличие в них жидкостного кольца позволяет работать с газами, содержащими капельную жидкость и даже твердые инородные включения [1].

Цель статьи: на основании теоретического исследования влияния величины и положения нагнетательного окна установить определение затрат мощности сжатия и необходимость регламентации подачи дополнительной жидкости.

Основными техническими характеристиками ЖВН являются быстрота действия, давление всасывания и мощность, затрачиваемая на процесс вакуумирования. Дополнительной характеристикой является расход дополнительной рабочей жидкости, который в настоящее время в большинстве насосов не регламентируется, и, соответственно, неэкономично используется. Поэтому для эффективной работы ЖВН необходимо, чтобы данные характеристики соответствовали своим оптимальным значениям для каждого режима вакуумирования.

Одним из недостатков ЖВН является постоянная степень повышения давления. Степень повышения давления определяется, главным образом, положением и размерами нагнетательного окна. Очевидно, что, устанавливая для каждого режима вакуумирования оптимальные размеры проходного сечения нагнетательного окна, можно изменять степень повышения давления, что позволит повысить быстроту действия и уменьшить затраты мощности ЖВН.

В процессе вакуумирования давление всасывания меняется от давления аппарата до предельного давления. Для ухода газовой фазы полностью из насоса необходимо, чтобы давление нагнетания было больше давления на выходе из трубопровода, препятствующего прохождению газовой фазы [2]. Избыточное давление нагнетания приводит к перетеканию газовой фазы из

области нагнетания в область всасывания, что значительно снижает быстроту действия насоса. Расход энергии на сжатие газовой фазы, возникающий при этом, повышает количество потребляемой мощности на валу вакуум-насоса.

Давление газа в верхней мертвой точке (ВМТ) нагнетательного окна ЖВН может быть определено по формуле:

$$P_k = P_n + k_1 \cdot \Delta P_n, \quad (1)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий неравномерность сопротивления нагнетательного окна;

P_n – давление нагнетания, Па;

ΔP_n – средний перепад давления в ячейках ротора при прохождении ими нагнетательного окна, который, находится из уравнения:

$$\Delta P = \xi \cdot \frac{\gamma \cdot V^2}{2 \cdot g}, \quad (2)$$

где ξ – коэффициент сопротивления;

V – средняя скорость газового потока, м/с:

$$V = \frac{G_a}{F}, \quad (3)$$

здесь G_a – количество газа, уходящего из окна нагнетания, м³/с;

F – площадь сечения нагнетательного окна, м².

Масса газовой фазы в процессе вакуумирования не является величиной постоянной. Уменьшение массы газовой фазы во времени в рабочем объеме насоса приводит к уменьшению скорости газа в нагнетательном окне, что в свою очередь ведет к снижению давления газа P_k в ВМТ. Это уменьшение давления будет происходить до тех пор, пока P_k не достигнет своего критического значения, при котором возможен эффект запираания, то есть жидкостнокольцевой насос работает, сжимая воздух до давления, недостаточного для выброса в нагнетательный трубопровод. Для предотвращения эффекта запираания необходимо увеличить P_k , изменяя сопротивление нагнетательного окна. Это достигается регулированием размеров проходного сечения нагнетательного окна.

Мощность ЖВН N_e на валу насоса представляет собой сумму мощности сжатия $N_{сж}$, которая затрачивается на сжатие парогазовой смеси, и мощности N_z , которая затрачивается на перемещение жидкостного кольца, а также мощности $N_{тр}$, затрачиваемой на преодоление трения в сальниках и подшипниках, т.е.

$$N_e = N_{сж} + N_z + N_{тр}, \quad (4)$$

$$N_{сж} = P \cdot S \cdot \frac{n}{n-1} \cdot \left[\left(\frac{P_k}{P} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \cdot \lambda', \quad (5)$$

где P – давление всасывания Па;

P_k – давление газа в ВМТ, Па;

S – быстрота действия насоса, м³/с;

n – показатель политропы;

λ' – коэффициент, учитывающий мощность, возвращаемую на вал насоса при обратном расширении.

С учетом формул (1), (2) и (5), снижая значение P_k на начальных режимах работы вакуум-насоса за счет увеличения проходного сечения нагнетательного окна, можно уменьшать $N_{сж}$, что снизит мощность, затрачиваемую на процесс вакуумирования. На основании проведенного теоретического исследования предлагается конструкция с регулируемым окном и автоматика для его осуществления [3-5].

Регулирование проходного сечения нагнетательного окна, достигаемое установкой в окне заслонки, которая изменяет положение и, соответственно, свободное сечение окна, позволит в начальный момент работы вакуум-насоса уменьшить мощность, затрачиваемую на сжатие газовой фазы и изменять действительную степень повышения давления на различных режимах работы. Это способствует увеличению быстроты действия, КПД и снижению энергозатрат ЖВН а также делает возможным изменения количества требуемой дополнительной рабочей жидкости в зависимости от режимов.

Конструкция ЖВН с автоматическим регулированием нагнетательного окна представлена на рисунке 1. В нее входят лобавины 1 правая и левая. У правой лобавины есть выходной вал 2 на подшипниковой опоре 3. Впускной 4 и выпускной 5 патрубки закрепляются в левую лобавину. Корпус 6 расположен между лобавинами. В нем находится нагнетательное устройство 7. Левая лобавина также имеет подшипниковую опору 8.

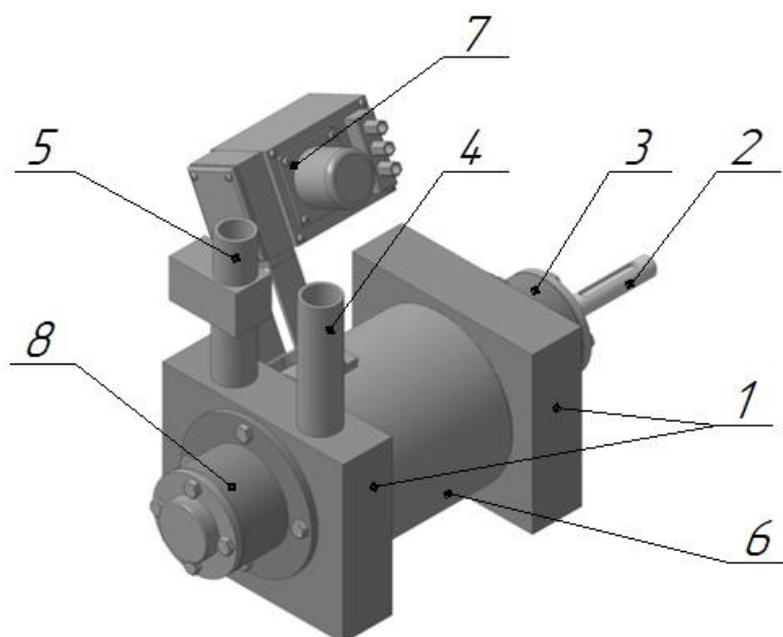


Рисунок 1 – Конструкция ЖВН с устройством автоматического регулирования нагнетательного окна: 1 – лобавины; 2 – вал; 3, 8 – подшипниковые опоры; 4 – впускной патрубок; 5 – выпускной патрубок; 6 – корпус; 7 – нагнетательное устройство.

Применение данной конструкции с возможностью регулирования нагнетательного окна требует дополнительного исследования регламентации расхода жидкости и внесения конструктивных изменений в предлагаемые внедрения.

Теоретические расчёты показали, что регулирование проходного сечения нагнетательного окна позволяет в начальный момент работы ЖВН снизить мощность, требующуюся для сжатия газовой фазы, и изменять действительную степень повышения давления на различных режимах работы. Это способствует увеличению быстроты действия, КПД и снижению энергозатрат ЖВН. Кроме

того, появится возможность регулировать количество необходимой дополнительной рабочей жидкости в зависимости от режимов.

Список литературы:

1. Родионов Ю.В. Влияние конструктивно-технологических параметров на эффективность работы жидкостнокольцевых вакуум-насосов / Ю.В. Родионов, М.М. Свиридов, Д.В. Никитин // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. Изд-во: Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново, 2007. – Т. 50, вып. 5. – С. 102-104.

2. Родионов Ю.В. Совершенствование теоретических методов расчета и обоснование параметров и режимов жидкостнокольцевых вакуумных насосов с учетом особенностей технологических процессов в АПК: дис. докт. техн. наук.– Тамбов, 2013. – 434 с.

3. Гутенев М.Д. Жидкостнокольцевой вакуум-насос с изменяющимися размерами нагнетательного окна / Гутенёв М.Д., Максимов В.А., Попов В.В., Родионов Ю.В., Свиридов М.М. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. Изд-во: Мичуринский государственный аграрный университет, г. Мичуринск, 2008. – №1. – С. 65-72.

4. Пат. 2303166 Российская Федерация, МПК F04C 15/00, Жидкостнокольцевая машина с автоматическим регулированием проходного сечения нагнетательного окна / Волков А.В., Воробьев Ю.В., Никитин Д.В., Попов В.В., Родионов Ю.В., Свиридов М.М.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тамб. ГТУ». № 2005116616/06; заявл. 31.05.2005; опубл. 20.07.2007. Бюл. № 20, 6 с.: 2 ил.

5. Родионов Ю.В. Техничко-экономическое обоснование применения жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с автоматическим регулируемым нагнетательным окном при транспортировании сыпучих растительных материалов / Ю.В. Родионов, П.С. Платицин, Е.С. Вдовина, Д.А. Черенцов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты

здорового питания. Изд-во: Ассоциация "Технологическая платформа "Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания", г. Воронеж, 2017. – №1 (15). – С. 92-99.

UDC 621.516

REGULATION OF THE DISCHARGE WINDOW FLOW SIZE

Skopintsev Konstantin Yurievich

undergraduate

Goryushin Roman Sergeevich

undergraduate

Dyachenko Andrey Vlavitirovich

Undergraduate

Skomorokhova Anastasia Igorevna

Undergraduate

Tambov State Technical University

Tambov, Russia

Annotation. The article discusses the main technical characteristics of the liquid ring vacuum pump. The parameters that make up the power spent on the evacuation process are theoretically determined. The application of the design of a liquid ring vacuum pump with automatic regulation of the dimensions of the flow area of the discharge window is substantiated.

Key words: liquid ring vacuum pump, discharge port regulation, additional working fluid.