

## РАЗРАБОТКА ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ЖИДКОСТНОПЛАСТИНЧАТОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА

Ю.В. Родионов, В.А. Талыков

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор В.Ф. Першин*

**Ключевые слова и фразы:** вакуумирование; вакуумный насос; остаточное предельное давление; удельная мощность.

**Аннотация:** Предложена конструкция двухступенчатого жидкостнопластинчатого вакуумного насоса, позволяющего проводить вакуумирование в технологических процессах до остаточного давления 0,1 кПа.

Ряд процессов в пищевой, текстильной, металлургической промышленности, а также в сельском хозяйстве использует вакуумные насосы, работающие при давлениях всасывания до 0,1 кПа.

Наиболее просты в работе жидкостнокольцевые вакуумные насосы (ЖВН), так как они не требуют маслонасосов и специальных систем смазки, все зазоры уплотняются рабочей жидкостью. Но в одноступенчатых ЖВН можно достигнуть остаточного давления до 10 кПа, а в двухступенчатом исполнении – до 2 кПа. Существенным недостатком этих насосов является низкий вакуум и КПД из-за больших затрат мощности и потерь быстроты действия [1–3].

Сокращение значения удельной мощности возможно за счет уменьшения:

- мощности сжатия при работе на начальных режимах вакуумирования, когда работа насоса имитирует воздухоудвку, при этом нет необходимости работы второй ступени;
- мощности трения жидкости о корпус устраниением градиента скорости по сечению кольца;
- общей мощности на вращение жидкостного кольца сокращением массового расхода рабочей жидкости.

Для устранения этих недостатков предлагается сочетать объединение двух насосов. Первая ступень – жидкостнокольцевой вакуумный насос, в котором жидкость необходима для уплотнения торцевых зазоров и отвода тепла сжатия газовой фазы. Вторая ступень представляет собой пластин-

---

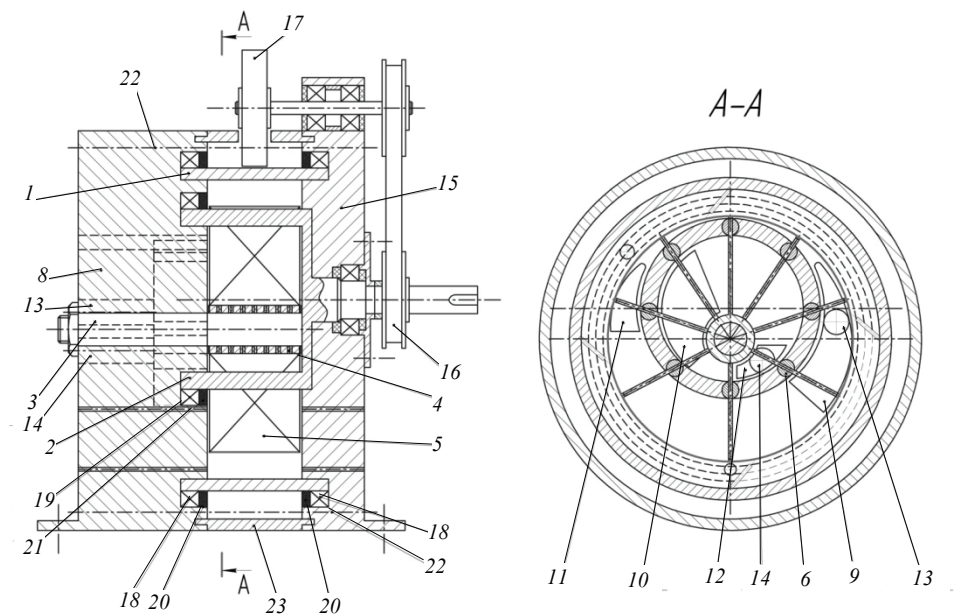
Родионов Юрий Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Теория машин, механизмов и детали машин»; Талыков Валерий Александрович – магистрант кафедры «Теория машин, механизмов и детали машин», e-mail: vtalykov@gmail.com, ТамбГТУ, г. Тамбов.

чатый вакуум-насос, что существенно снижает затраты мощности на вращение жидкостного кольца.

Предлагается использовать достоинства конструкции двух вакуумных насосов – жидкостнокольцевого и пластинчатого: изотермичность сжатия, незагрязненность газа смазкой, а также улучшенные характеристики: глубокий вакуум, меньшие массу и габариты, повышенное значение КПД, меньшие затраты рабочей жидкости.

На кафедре «ТММ и ДМ» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» разработан жидкостнопластинчатый вакуумный насос (рис. 1). Предложенная конструкция представляет собой объединение двух насосов на одной длине, то есть используется объем ступицы рабочего колеса. Первая ступень жидкостнокольцевая, в которой жидкость необходима для уплотнения торцовых зазоров и отвода тепла сжатия газовой фазы, что существенно снижает затраты мощности на вращение жидкостного кольца. Подача рабочей жидкости организована в месте непосредственного уплотнения торцовых зазоров. Вторая ступень представляет собой пластинчатый вакуумный насос.

Двухступенчатый ЖВН (см. рис. 1) содержит корпуса 1 – первой (I) и, установленный с эксцентриситетом относительно него, 2 – второй (II) ступеней, неподвижный вал 3 и рабочее колесо, которое состоит из уплотнителей 4 и подвижно установленных на валу лопаток 5, проходящих с помощью шарнирных уплотнений 6 через корпус второй ступени. Торцовая крышка 8 содержит всасывающие 9, 10 и нагнетательные 11, 12 окна, подающий 13 и выхлопной 14 трубопроводы. Боковая крышка 15 соединена с торцевой крышкой 8 посредством шпилек 22. На приводном валу корпуса второй ступени смонтирована клиноременная передача 16 и фрикционная



**Рис. 1. Принципиальная схема жидкостнопластинчатого вакуумного насоса:**

1 – корпус первой ступени; 2 – корпус второй ступени; 3 – вал неподвижный; 4, 20, 21 – уплотнители; 5 – лопатки; 6 – уплотнители шарнирные; 8 – крышка торцовая; 9, 10 – окна всасывающие; 11, 12 – окна нагнетательные; 13 – патрубок всасывающий; 14 – патрубок нагнетательный; 15 – крышка; 16 – передача клиноременная; 17 – передача фрикционная; 18, 19 – подшипники; 22 – шпилька; 23 – кожух

передача 17. Корпуса первой и второй ступеней установлены в торцевых крышках с помощью подшипников 18, 19 и уплотнений 20, 21, крышки стянуты шпильками 22, пространство между торцевыми крышками закрыто кожухом 23 [4].

Работа насоса организована по последовательной схеме включения с возможностью использования только I ступени на начальных этапах вакуумирования (рис. 2), что снижает удельную мощность в этом диапазоне, и включением II ступени для достижения более глубокого вакуума.

Однако остается нерешенным вопрос, связанный с вакуумированием емкостей с высокой температурой, когда достигаемый ЖВН вакуум ограничен давлением паров при температуре рабочей жидкости в области всасывания. Интенсивное испарение рабочей жидкости в I ступени происходит с поверхности жидкостного кольца и определяется [5]

$$G^n = \exp\left(-\frac{\sqrt{3}}{4} \sqrt{\mu^{\text{ж}} R^{\text{ж}} T^{\text{ж}}} \int \frac{F_{\text{пов}}}{V_{\text{яч}}} dt\right) \times \left(C_1 + \frac{\sqrt{3}}{4} P_{\text{н.п}} \sqrt{\frac{\mu^{\text{ж}}}{R^{\text{ж}} T^{\text{ж}}}} \int F_{\text{пов}} \exp\left(\frac{\sqrt{3}}{4} \sqrt{\mu^{\text{ж}} R^{\text{ж}} T^{\text{ж}}} \int \frac{F_{\text{пов}}}{V_{\text{яч}}} dt\right) dt\right)$$

где  $\mu^{\text{ж}}$  – вязкость жидкости, Па·с;  $T^{\text{ж}}$  – температура жидкости, К;  $F_{\text{пов}}$  – площадь поверхности испарения, м<sup>2</sup>;  $P_{\text{н.п}}$  – давление насыщенных паров, Па;  $V_{\text{яч}}$  – объем рабочей ячейки, м<sup>3</sup>.

Изменить площадь поверхности испарения возможно установкой гибкой стенки, существенно уменьшающей количество испарившейся жидкости, что повышает предельный вакуум, достигаемый вакуумным насосом (рис. 3) [6].

Экспериментальные испытания подтвердили уменьшение удельной мощности на 25 % на всех режимах работы насоса и снижение остаточного предельного давления до 0,1 кПа.

Улучшение массогабаритных характеристик в конечном итоге приводит к снижению стоимости насоса и удешевляет процесс вакуумирования.

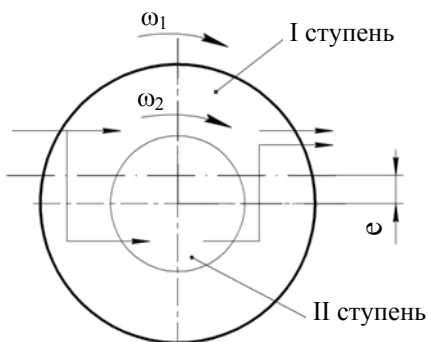


Рис. 2. Схема организации последовательности процесса вакуумирования

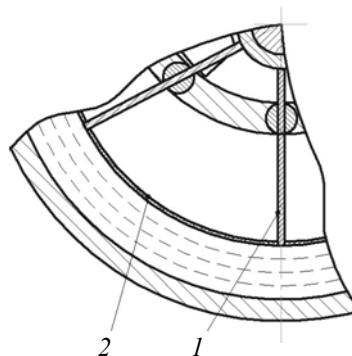


Рис. 3. Рабочее колесо с гибкой оболочкой: 1 – лопатка рабочего колеса; 2 – гибкая оболочка

### *Список литературы*

1. Влияние конфигурации жидкостного кольца на рабочие параметры жидкостнокольцевого вакуумного насоса / Ю.В. Родионов [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2006. – Т. 12, № 1А. – С. 129–136.
2. Тетерюков, В.И. Ротационные вакуум-насосы и компрессоры с жидкостным поршнем / В.И. Тетерюков. – М. : Машгиз, 1960. – 250 с.
3. Фролов, Е.С. Вакуумная техника. Справочник / Е.С. Фролов [и др.] ; под общ. ред. Е.С. Фролова, В.Е. Минайчева. – М. : Машиностроение, 1985. – 360 с.
4. Пат. 2322615 Российская Федерация, МПК F 04 C 19/00. Двухступенчатая жидкостно-кольцевая машина / Воробьев Ю.В., Захаржевский С.Б., Максимов В.А., Никитин Д.В., Попов В.В., Родионов Ю.В., Свиридов М.М. ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2322615 ; заявл. 18.07.2006 ; опубл. 20.04.2008, Бюл. № 11. – 5 с.
5. Родионов, Ю.В. Обзор теоретических и экспериментальных исследований жидкостнокольцевых вакуум-насосов / Ю.В. Родионов, Ю.В. Воробьев // Фундаментальные и прикладные исследования, инновационные технологии профессиональное образование : сб. науч. ст. / Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2006. – С. 71–76.
6. Пат. 2411396 Российская Федерация, МПК F 04 C 7/00, F 04 C 19/00. Двухступенчатая жидкостно-кольцевая машина / Воробьев Ю.В., Захаржевский С.Б., Максимов В.А., Никитин Д.В., Попов В.В., Родионов Ю.В., Свиридов М.М. ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т, ООО «Новые агрегаты вакуумной сушки», ООО «Навакс». – № 2411396 ; заявл. 20.05.2009 ; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 4. – 6 с.

---

## **Development of Two-Stage Liquid Vane Vacuum Pumps**

**Yu.V. Rodionov, V.A. Talykov**

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Key words and phrases:** residual pressure limit; specific power; vacuuming; vacuum pump.

**Abstract:** The paper proposes the design of a two-stage liquid-vane vacuum pump, allowing for vacuuming in industrial processes to a residual pressure of 0,1 kPa.

---

© Ю.В. Родионов, В.А. Талыков, 2012