

УДК 621.516

КОНСТРУКЦИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ЖИДКОСТНО- ПЛАСТИНЧАТОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА

Талыков Валерий Александрович

магистрант

vtalykov@gmail.com

Матвеев Дмитрий Александрович

аспирант

Мичуринский государственный аграрный университет

Мичуринск, Россия

Зорина Ольга Александровна

аспирант

Иванов Андрей Сергеевич

студент

Тамбовский государственный технический университет

Тамбов, Россия

Рябчук Алексей Сергеевич

слушатель

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил

«Военно-воздушная академия

им. профессора Н.Е. Жукова и Ю.А. Гагарина»

Воронеж, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются преимущества конструкции двухступенчатого жидкостно-пластинчатого вакуумного насоса с последовательным включением ступеней перед другими вакуумными насосами.

Ключевые слова: вакуумирование, вакуумный насос, остаточное предельное давление, удельная мощность.

Вакуумные насосы, работающие при давлениях всасывания до 0,1 кПа активно применяют в различных отраслях лёгкой промышленности, например, в пищевой, фармацевтической, а также АПК. К данной группе насосов относятся поршневые, пластинчато-роторные и жидкостнокольцевые вакуум-насосы (ЖВН). Последние наиболее просты в работе, так как их конструкция не требует маслонасосов и специальных систем смазки, все зазоры уплотняются рабочей жидкостью, что дает преимущество перед пластинчато-роторными. По сравнению с поршневыми вакуум-насосами ЖВН обеспечивают равномерное отсасывание газа. Уровень шума в ЖВН значительно меньше, чем в других подобных насосах. Процесс сжатия в ЖВН протекает с интенсивным теплообменом, что позволяет откачивать легко разлагающиеся, полимеризующиеся, воспламеняющиеся, взрывоопасные газы и смеси, а также откачивать газы, содержащие пары, капельную жидкость и твердые неоднородные включения. Правильный подбор рабочей жидкости обеспечивает откачивание агрессивных газов, не допуская их загрязнения парами масел [1-6].

Основными недостатками ЖВН являются низкий вакуум, что существенно снижает область применения, и низкий КПД.

В одноступенчатых ЖВН предельный вакуум составляет 90%-95%. Двухступенчатые ЖВН обеспечивают вакуум 98%-99%, то есть давление всасывания ≈ 1 кПа.

Одноступенчатые ЖВН, создающие остаточное давление до ≈ 20 кПа эффективнее двухступенчатых, так как на начальных стадиях вакуумирования обладают более высокой скоростью действия. В то же время, на предельном вакууме двухступенчатые насосы работают стабильно и потребляют меньше энергии. Однако пластинчатые ЖВН имеют более глубокий вакуум за счет отсутствия дополнительного испарения и уменьшенных торцевых зазоров, что очень важно при организации процесса сушки лекарственных растений, например при сушке одуванчика лекарственного важнейшим элементом является инулин (содержание 40%), его температура разложения 40 °С, что

соответствует кипению при давлении разряжения 7 кПа [7] (рисунок 1).

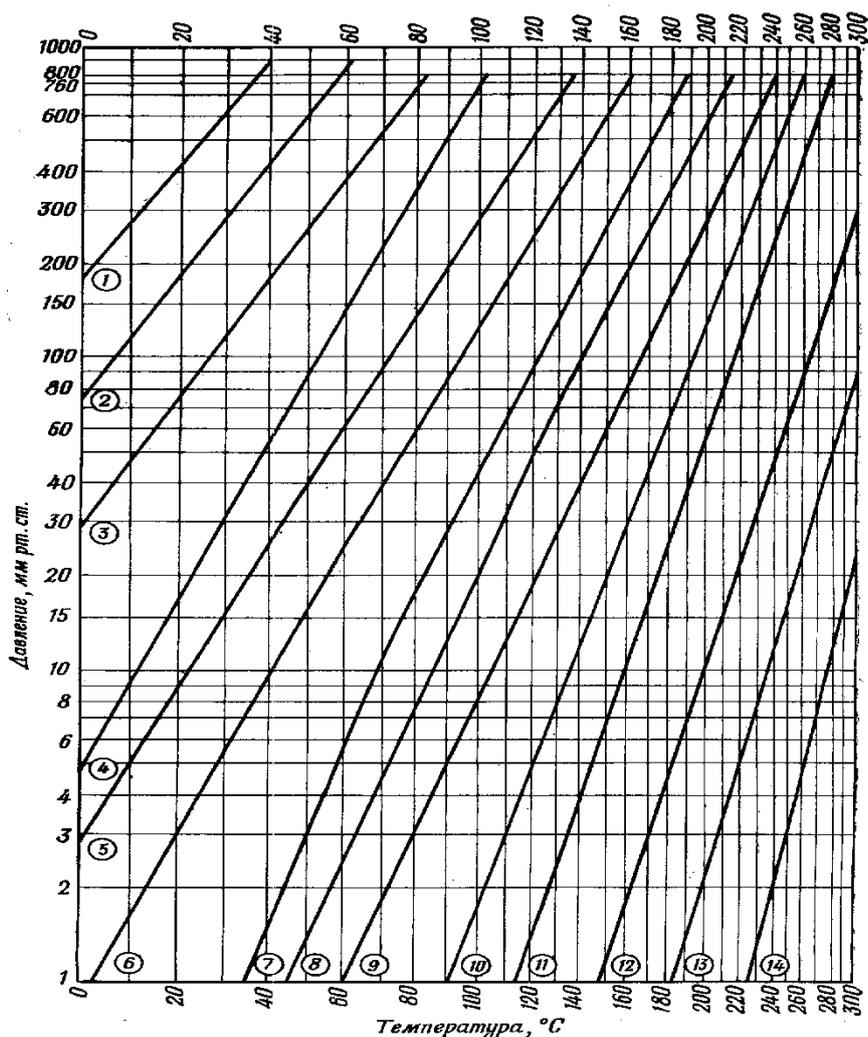


Рисунок 1 - Зависимость температуры кипения от давления

1-диэтиловый эфир, 2-ацетон, 3-бензол, 4-вода, 5-хлорбензол, 6-бромбензол, 7-анилин, 8-нитробензол, 9-хинолин, 10-додеканол, 11-триэтиленгликоль, 12-дибутилфталат, 13-тетракозан, 14-октакозан.

Поэтому в целях экономии энергии, повышения скорости действия и универсализации ЖВН следует организовать процесс вакуумирования в две стадии, а конструкцию ЖВН двухступенчатой с возможностью последовательного или одновременного включения ступеней [1].

Исследование работы ЖВН показывает, что для них может быть получен изотермический КПД на уровне 65%. Разница теоретически возможного и фактически реализуемого КПД (40%-50%) говорит о недостаточной изученности процессов, происходящих в ЖВН, а также о резервах эффективности.

Главная особенность ЖВН в том, что сжатие газа достигается за счет энергии жидкостного кольца, положение и форма которого зависят от геометрических размеров машины, скорости вращения рабочего колеса, режима работы, характеристик рабочей жидкости и количества дополнительной рабочей жидкости. Многочисленные теоретические и экспериментальные исследования формы и положения жидкостного кольца не могут претендовать на точное решение, что затрудняет проектирование ЖВН и регулирование его в случае изменения режима работы, свойств откачиваемой среды и так далее. Количество рабочей жидкости, необходимой для создания жидкостного кольца, определяет затраты мощности на его перемещение в лопаточном и безлопаточном пространстве и составляет до 60% от всей мощности насоса. Затраты, связанные с подачей дополнительной рабочей жидкости для насосов большой быстроты действия сопоставимы с затратами потребляемой ими энергии. Свободной от указанных недостатков является конструкция двухступенчатого жидкостнокольцевого пластинчатого вакуум-насоса (ЖПВН), разработанного на кафедре МИГ ТГТУ. Конструкция имеет гибкие стенки для повышения предельного вакуума до 99,9% за счет уменьшения площади испарения, процесс вакуумирования организован с последовательным и независимым включением ступеней, передача энергии газовой фазы и жидкостному кольцу осуществляется отдельно, что уменьшает количество рабочей жидкости и, соответственно, затраты энергии на ее вращение, а также снижает перерасход энергии на начальной и конечной стадиях вакуумирования [8-20].

Предполагаемая конструкция в сравнение с традиционными имеет меньшие значения удельной массы за счет совмещения ступеней:

$$m_{y \min} = \frac{m}{S},$$

где m - масса насоса, кг; S - быстрота действия, м³/с.

По этому показателю ЖПВН при равной быстроте действия и более глубоком вакууме на 25%-30% превосходит аналогичные двухступенчатые ЖВН, выпускаемые зарубежными производителями (рис. 2).

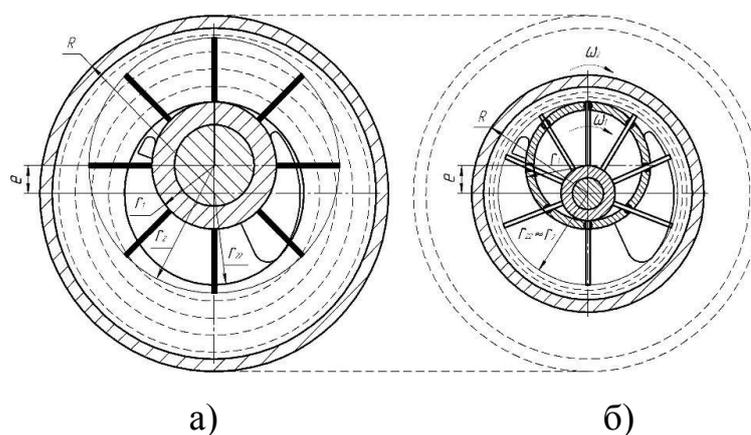


Рисунок 2 - Сравнительная массо габаритная схема насосов при равной скорости действия
 а) ЖВН; б) ЖПВН.

Заключение. Последовательное включение ступеней уменьшает количество дополнительно подаваемой рабочей жидкости. Улучшение массогабаритных характеристик в конечном итоге приводит к снижению стоимости насоса и делает процесс вакуумирования более дешёвым. Это также позволяет существенно расширить область применения конструкций.

Список литературы:

1. Родионов, Ю. В. Совершенствование теоретических методов расчета и обоснование параметров и режимов жидкостнокольцевых вакуумных насосов с учетом особенностей технологических процессов в АПК: диссертация кандидата технических наук / Ю.В. Родионов. – Тамбов, 2013.
2. 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. - 2007. - Т. 50. - № 5. - С. 102-104.
3. Novel construction of liquid ring vacuum pumps / Y.V. Rodionov, Y.T. Selivanov, D.V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. - 2019. - Т. 55. - № 5-6. - С. 473-479
4. Конструктивные решения, направленные на повышение скорости действия жидкостнокольцевых вакуумных насосов / А.А. Букин, Ю.В. Родионов,

А.И. Скоморохова, А.В. Дьяченко // Инновационная техника и технология. - 2019. - № 4 (21). - С. 32-36

5. Жидкостно-кольцевые вакуумные насосы для сельского хозяйства / М.В. Сычев, Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин [и др.] // Наука в центральной России. - 2018. - № 5 (35). - С. 61-70.

6. Теоретические исследования контактных и изгибных напряжений лопаток рабочего колеса и корпуса жидкостнокольцевого вакуумного насоса из полимеров / Н.В. Воронин, Ю.В. Родионов, А.И. Скоморохова [и др.] // Наука в центральной России. - 2020. - № 3 (45). - С. 85-97.

7. Родионов, Ю.В. Математическое моделирование процессов сушки растительного сырья / Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин, А.Д. Нахман // Сб.: Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья: материалы I Всероссийской конференции с международным участием, 2019. - С. 301-305.

8. Жидкостно-кольцевые вакуумные насосы для сельского хозяйства / М.В. Сычев, Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин [и др.] // Наука в центральной России. - 2018. - № 5 (35). - С. 61-70.

9. Особенности расчета двухступенчатого жидкостнокольцевого вакуум-насоса модульного типа с последовательным включением ступеней / Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин, В.А. Преображенский [и др.] // Вестник Тамбовского государственного технического университета. - 2012. - Т. 18. - № 3. - С. 696-702.

10. К расчету быстроты действия двухступенчатого жидкостно-пластинчатого вакуумного насоса / Ю.В. Родионов, С.Б. Захаржевский, В.Б. Воробьев [и др.] // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2012. - № 2 (40). - С. 333-338.

11. Родионов, Ю.В. Разработка двухступенчатого жидкостнопластинчатого вакуумного насоса / Ю.В. Родионов, В.А. Талыков // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012. - № S (43). - С. 47-50

12. Определение коэффициента быстроты действия жидкостнокольцевого вакуум-насоса / Ю.В. Воробьев, Ю.В. Родионов, П.А. Галкин, Д.В. Никитин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. - 2010. - Т. 16. - № 1. - С. 140-158.

13. Оптимизация конструктивных параметров жидкостнокольцевых вакуум-насосов / Ю.В. Воробьев, Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин [и др.] // Вестник Тамбовского государственного технического университета. - 2010. - Т. 16. - № 2. - С. 397-403.

14. Исследование влияния расхода дополнительно подаваемой рабочей жидкости на рабочие характеристики жидкостнокольцевого вакуум-насоса / И.А. Елизаров, Д.В. Никитин, Ю.В. Родионов, В.Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2010. - № 1-3 (28). - С. 243-252.

15. Интегрированные системы проектирования и управления. SCADA-системы: учебное пособие / И.А. Елизаров, А.А. Третьяков, А.Н. Пчелинцев [и др.]. -Тамбов, 2015.

16. Родионов, Ю.В. Особенности движения жидкости в жидкостнокольцевом вакуум-насосе / Ю.В. Родионов, А.А. Пасько, Д.В. Никитин // Альманах современной науки и образования. - 2009. - № 11-1. - С. 68-73.

17. Жидкостно-кольцевая машина с автоматическим регулированием проходного сечения нагнетательного окна / А.В. Волков, Ю.В. Воробьев, Д.В. Никитин [и др.] // Патент на изобретение RU 2303166 С2, 20.07.2007. Заявка № 2005116616/06 от 31.05.2005.

18. Патент на изобретение RU 2294456 С1 Жидкостно-кольцевая машина / Ю.В. Воробьев, В.В. Попов, Ю.В. Родионов, М.М. Свиридов. - 27.02.2007. Заявка № 2005117866/06 от 09.06.2005.

19. Патент на полезную модель RU 161934 U1 Жидкостно-кольцевая машина / Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин, П.А. Галкин, М.В. Сычев. - 20.05.2016. Заявка № 2015128712/06 от 14.07.2015.

20. Патент на изобретение RU 2551449 C1 Двухступенчатая жидкостно-кольцевая машина / А.А. Гуськов, Д.В. Никитин, П.С. Платицин, Ю.В. Родионов. - 27.05.2015. Заявка № 2014127083/06 от 02.07.2014.

21. Конструктивные особенности жидкостнокольцевого вакуум-насоса с кинематической связью / Ю.В. Родионов, П.А. Галкин, Д.В. Никитин, М.В. Сычев Патент на изобретение RU 2492360 C2, 10.09.2013. Заявка № 2011144960/06 от 07.11.2011.

UDK 621.516

THE DESIGN OF A TWO-STAGE LIQUID-PLATE VACUUM PUMP

Talykov Valery Alexandrovich

undergraduate

vtalykov@gmail.com

Dmitry Matveev

graduate student

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Zorina Olga Alexandrovna

graduate student

Ivanov Andrey Sergeevich

student

Tambov State Technical University

Tambov, Russia

Ryabchuk Alexey Sergeevich

listener

Military Training and Research Center of the Air Force

«Air Force Academy

named after Professor N.E. Zhukov and Yu.A. Gagarin»

Voronezh, Russia

Annotation. The article discusses the advantages of designing a two-stage liquid-plate vacuum pump with a consistent inclusion of steps in front of other vacuum pumps.

Keywords: vacuuming; Vacuum pump; Residual limit pressure; specific power.