

УДК 66.048.5-982

ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВЫЕ ВАКУУМНЫЕ НАСОСЫ В ПРОЦЕССАХ ВЫПАРИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ: ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА

Дмитрий Вячеславович Никитин^{1,2}

кандидат технических наук, доцент

vacuum2008@yandex.ru

Анатолий Григорьевич Павлов¹

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

apavlovv@rambler.ru

Вячеслав Алексеевич Чурпита¹

магистрант

vacuum2008@yandex.ru

¹Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, Россия

²Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается применение жидкостнокольцевых вакуумных насосов (ЖВН) в процессах вакуумного выпаривания сельскохозяйственной продукции с целью повышения эффективности и качества получаемых концентратов. Представлен анализ преимуществ вакуумного выпаривания по сравнению с традиционными методами. Описана оригинальная конструкция вакуумной выпарной установки с модифицированным ЖВН, позволяющая интенсифицировать процесс производства концентрата. Показано, что разработанная установка обеспечивает оптимальный режим работы и

позволяет адаптировать процесс выпаривания к различным видам сырья, снижая энергозатраты и улучшая качество конечного продукта.

Ключевые слова: жидкостнокольцевой вакуумный насос, вакуумное выпаривание, сельскохозяйственная продукция, концентрирование, эффективность, качество, энергосбережение.

Выпаривание является одним из ключевых процессов в пищевой промышленности, применяемым для концентрирования жидких пищевых продуктов, таких как фруктовые и овощные соки, экстракты, пюре и другие. Целью выпаривания является удаление избыточной влаги для увеличения концентрации сухих веществ, повышения срока хранения, снижения транспортных расходов и придания продукту желаемой консистенции. Традиционные методы выпаривания, основанные на нагреве при атмосферном давлении, зачастую приводят к потере ценных термолабильных компонентов, ухудшению органолептических свойств и снижению пищевой ценности конечного продукта [1, 2].

Вакуумное выпаривание представляет собой эффективную альтернативу традиционным методам, позволяющую проводить процесс при более низких температурах, что способствует сохранению витаминов, ароматических веществ и других биологически активных соединений. Снижение температуры выпаривания также позволяет минимизировать карамелизацию сахаров и другие нежелательные химические реакции, улучшая качество концентрата. Жидкостнокольцевые вакуумные насосы (ЖВН) широко используются для создания и поддержания вакуума в установках для вакуумного выпаривания, обеспечивая надежную и эффективную работу оборудования. Указанные насосы характеризуются простотой конструкции, надежностью и возможностью работы с влажными и загрязненными газами, что делает их оптимальным выбором для применения в пищевой промышленности [3].

На базе проведенных исследований и анализа существующих вакуумных выпарных аппаратов разработана уникальная конструкция вакуумной выпарной установки, включающая модифицированный жидкостнокольцевой вакуумный насос (ЖВН КМ), который позволяет интенсифицировать процесс концентрирования за счет применения ультразвука.

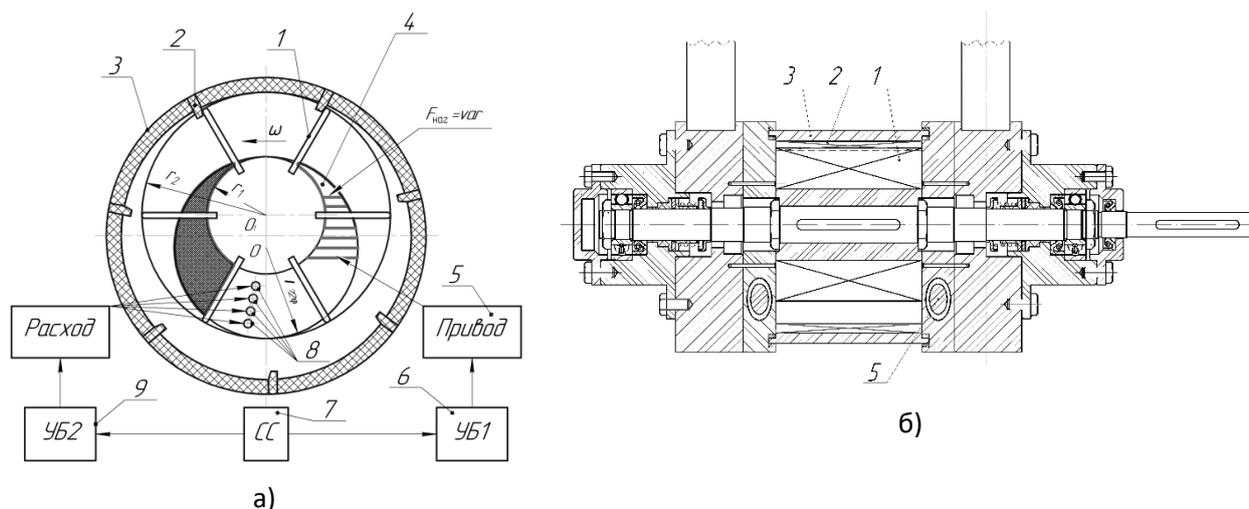


Рисунок 1 – ЖВН КМ
а) Поперечный разрез; б) Продольный разрез.

Вакуумный насос состоит из рабочего колеса 1 с лопатками 2, передающего вращение лопаткам корпуса 3. Нагнетательное окно 4 оборудовано регулируемым механизмом, управляемым приводом 5 под контролем блока управления 6. Этот блок управления 6 получает данные от системы мониторинга параметров процесса 7 (температура, расход рабочей жидкости, давление во всасывающем и нагнетательном трубопроводах) и рабочих характеристик ЖВН КМ (быстрота действия, мощность). Всасывающая область оснащена штуцерами 8 для подачи дополнительной рабочей жидкости, контролируемые блоком 9, также получающим данные от системы мониторинга 7.

По мере создания вакуума привод механизма регулирования нагнетательного окна, реагируя на сигналы системы мониторинга, адаптирует размер проходного сечения нагнетательного окна, снижая избыточное потребление энергии на сжатие газовой фазы. Это приводит к уменьшению общей потребляемой мощности на процесс вакуумирования и повышению эффективности вакуумного насоса.

Во время работы ЖВН КМ в область всасывания подается дополнительная рабочая жидкость через штуцеры, что снижает перетекание газовой фазы из области сжатия в область всасывания, возникающее при сжатии газа. Система мониторинга также контролирует температуру рабочей жидкости в рабочей

полости комбинированной конструкции ЖВН. При отклонении от заданного теплового режима подается необходимое количество дополнительной рабочей жидкости через штуцеры.

Практика использования ЖВН в процессах вакуумного выпаривания сельскохозяйственной продукции позволяет повысить эффективность концентрирования, улучшить качество конечного продукта и снизить энергозатраты. Разработанная модификация ЖВН с регулируемыми параметрами и системой мониторинга обеспечивает оптимальный режим работы установки и позволяет адаптировать процесс выпаривания к различным видам сырья.

Дальнейшее повышение эффективности вакуумного выпаривания с использованием ЖВН видится в интеграции систем мониторинга параметров процесса и элементов искусственного интеллекта. Разработка адаптивной системы управления ЖВН на основе анализа данных о температуре, давлении, расходе рабочей жидкости и характеристиках сырья позволит оптимизировать энергопотребление насоса и минимизировать негативное воздействие на качество концентрата. Использование алгоритмов машинного обучения для прогнозирования оптимальных режимов работы ЖВН и выявления скрытых взаимосвязей между параметрами процесса откроет новые возможности для интенсификации выпаривания и улучшения органолептических свойств конечного продукта. Кроме того, предиктивная аналитика, основанная на данных мониторинга, позволит своевременно выявлять и предотвращать возможные сбои в работе насоса, снижая затраты на обслуживание и ремонт оборудования.

Список литературы:

1. Остриков А. Н., Веретенников А. Н. Исследование кинетики процесса вакуумного выпаривания овощных пюре // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. № 8. С. 20-22.

2. Анализ процесса вакуумного выпаривания экстрактов растительных материалов / А. Д. Шипилова, Ю. В. Родионов, Г. В. Рыбин, А. В. Небасов // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы: Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Майкоп, 26–27 ноября 2024 года. Майкоп: Магарин Олег Григорьевич, 2024. С. 289-291.

3. Разработка выпарной установки для процессов АПК на базе жидкостнокольцевого вакуумнасоса / Д. В. Никитин, А. С. М. Мохаммед, А. С. Иванов, В. А. Талыков // Наука и Образование. 2021. Т. 4, № 4.

UDC 66.048.5-982

LIQUID RING VACUUM PUMPS IN AGRICULTURAL PRODUCT EVAPORATION PROCESSES: IMPROVING EFFICIENCY AND QUALITY

Dmitry V. Nikitin^{1,2}

candidate of engineering sciences, associate professor
vacuum2008@yandex.ru

Anatoly Gr. Pavlov¹

candidate of agricultural sciences, associate professor
apavlovv@rambler.ru

Vyacheslav Al. Churpita¹

master's student
vacuum2008@yandex.ru

¹Tambov State Technical University
Tambov, Russia

²Michurinsk State Agrarian University
Michurinsk, Russia

Abstract. The article discusses the use of liquid ring vacuum pumps (LRVP) in the processes of vacuum evaporation of agricultural products in order to improve the efficiency and quality of the resulting concentrates. An analysis of the advantages of vacuum evaporation compared to traditional methods is presented. An original design of a vacuum evaporation unit with a modified LRVP is described, which allows intensifying the concentrate production process. It is shown that the developed unit provides an optimal operating mode and allows adapting the evaporation process to various types of raw materials, reducing energy costs and improving the quality of the final product.

Keywords: liquid ring vacuum pump, vacuum evaporation, agricultural products, concentration, efficiency, quality, energy saving.

Статья поступила в редакцию 30.04.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 30.04.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.