

УДК 66.061.3

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВАКУУМНОЙ ЭКСТРАКЦИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВЫХ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ:
ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ**

Дмитрий Вячеславович Никитин^{1,2}

кандидат технических наук, доцент

vacuum2008@yandex.ru

Анатолий Григорьевич Павлов¹

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

apavlovv@rambler.ru

Николай Владимирович Еричев¹

магистрант

vacuum2008@yandex.ru

¹Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, Россия

²Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье представлена инновационная конструкция двухступенчатого жидкостнокольцевого вакуумного насоса с регулируемой частотой вращения второй ступени, предназначенного для повышения эффективности вакуумной экстракции сельскохозяйственного сырья. Описан принцип работы насоса, его конструктивные особенности и преимущества.

Ключевые слова: жидкостнокольцевой вакуумный насос, вакуумная экстракция, сельскохозяйственное сырье, энергоэффективность, конструкция, методика расчета.

В современном мире наблюдается устойчивый рост интереса к натуральным и функциональным пищевым ингредиентам, полученным из сельскохозяйственного сырья. Экстракция, как процесс извлечения целевых компонентов из растительного материала, играет ключевую роль в производстве широкого спектра продуктов, включая пищевые добавки, фармацевтические препараты и косметические средства. Традиционные методы экстракции, такие как мацерация и перколяция, зачастую характеризуются низкой эффективностью, длительным временем проведения и использованием значительных объемов органических растворителей, что негативно сказывается на экологической безопасности и качестве конечного продукта [1, 2, 3].

Вакуумная экстракция представляет собой альтернативный подход, позволяющий повысить эффективность процесса за счет снижения температуры экстракции, увеличения выхода целевых компонентов и предотвращения их окисления. Создание вакуума способствует снижению температуры кипения экстрагента, что позволяет проводить экстракцию при более низких температурах, сохраняя термолабильные соединения. Кроме того, вакуум способствует разрушению клеточных стенок растительного сырья, облегчая доступ экстрагента к целевым компонентам [4, 5, 6].

Жидкостнокольцевые вакуумные насосы (ЖВН) широко используются в различных отраслях промышленности, включая пищевую, для создания вакуума в технологических процессах. Вакуум-насосы такого типа отличаются надежностью, простотой конструкции и возможностью работы с влажными и загрязненными газами. Благодаря этим преимуществам, ЖВН находят применение в вакуумной экстракции сельскохозяйственного сырья, обеспечивая стабильное поддержание требуемого вакуума и эффективное удаление паров экстрагента.

В связи с вышеизложенным, исследование эффективности вакуумной экстракции сельскохозяйственного сырья с ЖВН, а также разработка

инновационных решений, направленных на повышение эффективности данного процесса, представляются актуальной и востребованной задачей.

Авторами разработана инновационная конструкция ЖВН, защищенная патентом РФ №2551449 (рис. 1), которая представляет собой двухступенчатую систему, включающую последовательно соединенные первую и вторую ступени, каждая из которых содержит рабочее колесо, установленное с эксцентриситетом [7]. Особенностью конструкции является интегрированный механизм регулирования частоты вращения второй ступени относительно первой, реализованный на основе двухдискового лобового вариатора. Вариатор состоит из дисков и промежуточного ролика, а изменение передаточного отношения осуществляется посредством перемещения корпуса подшипников промежуточного ролика, позволяя варьировать частоту вращения в пределах 1,15...1,35.

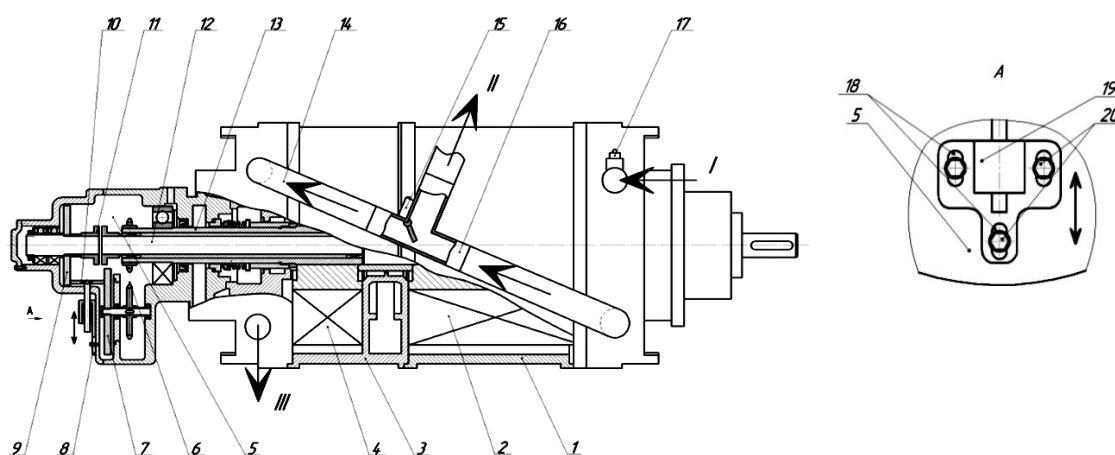


Рисунок 1 – Двухступенчатый ЖВН с последовательным включением ступеней:

1 – корпус первой ступени; 2, 4 – колесо; 3 – корпус второй ступени; 5 – корпус передачи; 6 – цепная передача; 7, 9 – диск; 8 – механизм регулирования передаточного отношения двухдискового лобового вариатора; 10 – промежуточный ролик; 11 – электромагнитная муфта; 12 – вал первой ступени; 13 – вал второй ступени; 14 – патрубок; 15 – электромагнитная заслонка; 16 – тройник; 17 – пневмоэлектрический датчик; 18 – пазы; 19 – корпус подшипников промежуточного ролика; 20 – винты; I-II – движение газовой фазы при работе на одной ступени; I-III – движение газовой фазы при работе на двух ступенях.

Для оптимизации энергопотребления предусмотрена электромагнитная муфта и электромагнитная заслонка, обеспечивающие работу только первой ступени на начальном этапе вакуумирования. По достижении заданного уровня вакуума, определяемого пневмоэлектрическим датчиком, включается вторая

ступень, обеспечивая достижение предельного вакуума для двухступенчатого насоса.

Данная конструкция позволяет адаптировать насос к различным технологическим процессам в АПК с изменяющимися термодинамическими параметрами, обеспечивая оптимальный режим работы и снижение энергозатрат.

Для оптимизации работы предлагаемого вакуумного насоса разработана усовершенствованная методика расчета его конструкции, учитывающая специфику последовательного включения ступеней и диапазон функционирования насоса в одно- и двухступенчатом режимах. Особое внимание уделено зависимости частоты вращения второй ступени от частоты вращения первой ступени, что позволяет минимизировать энергозатраты насоса в различных режимах работы. В методику введен коэффициент регулирования, позволяющий более точно учитывать влияние конструктивных параметров насоса на его энергетические характеристики.

Список литературы:

1. Гуськов А. А. Совершенствование технологии и технических средств экстрагирования растворимых веществ из растительного сырья: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гуськов Артем Анатольевич, 2019. 136 с.

2. Интенсификация экстракции гриба чаги с применением вакуумной техники / Р. Р. Гараев, М. В. Харина, В. Р. Хабибрахманова, М. А. Сысоева // Пищевые технологии и биотехнологии: материалы XVI Всероссийской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, посвященной 150-летию Периодической таблицы химических элементов: в 3 частях, Казань, 16–19 апреля 2019 года. Том Часть 1. Казань:

Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2019. С. 302-306.

3. Рыбин Г. В., Титов В. А., Матвеев Д. А. Применение вакуумных технологии в процессе экстрагирования растительного сырья // Наука и Образование. 2021. Т. 4, № 2.

4. Разработка режима вакуумного экстрагирования земляники сорта "Марышка" / А. А. Подольский, А. И. Скоморохова, Э. С. Иванова, М. Ю. Кравченко // Проблемы совершенствования машин, оборудования и технологий в агропромышленном комплексе: материалы международной научно-технической конференции, Воронеж, 23–24 октября 2019 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. С. 225-228.

5. Вакуумные Технологии производства порошков и экстрактов из овощей, плодов и ягод для функциональных продуктов питания / Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, О. А. Зорина и др. // Наука в центральной России. 2023. № 1(61). С. 55-65. DOI 10.35887/2305-2538-2023-1-55-65.

6. Гуськов А. А., Шушпанников М. В. Обоснование выбора двухступенчатого ЖВН для тепло-массообменных процессов при переработке растительных материалов // Научный альманах. 2016. № 11-2(25). С. 90-93. DOI 10.17117/na.2016.11.02.090.

7. Патент № 2551449 С1 Российская Федерация, МПК F04C 7/00, F04C 19/00. двухступенчатая жидкостно-кольцевая машина: № 2014127083/06: заявл. 02.07.2014 : опубл. 27.05.2015 / А. А. Гуськов, Д. В. Никитин, П. С. Платицин, Ю. В. Родионов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тамбовский государственный технический университет" ГОУ ВПО ТГТУ.

UDC 621.436

**DEVELOPMENT OF A DESIGN OF A SYSTEM FOR SUPPLYING
DIESEL FUEL TO AUTOMOTIVE AND TRACTOR EQUIPMENT
THROUGH AN OZONIZER**

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

Nikolay Vl. Erichev¹

master's student

vacuum2008@yandex.ru

¹Tambov State Technical University

Tambov, Russia

²Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. The article presents an innovative design of a two-stage liquid ring vacuum pump with an adjustable second stage speed, designed to improve the efficiency of vacuum extraction of agricultural raw materials. The operating principle of the pump, its design features and advantages are described.

Keywords: liquid ring vacuum pump, vacuum extraction, agricultural raw materials, energy efficiency, design, calculation method.

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.