

Возможности применения жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с автоматическим регулируемым нагнетательным окном при измельчении виноградных семян и выжимок

Родионов Ю.Ю.¹, Скоморохова А.И.², Родионов Ю.В.^{1,2}, Никитин Д.В.^{1,2}, Данилин С.И.¹, Сухова А.О.²

¹ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101.

²ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112.

Аннотация. Для повышения сохранения биологически активных веществ, уменьшения энергопотребления в процессе измельчения и получения порошка заданной степени помола из виноградных выжимок и семян предлагается использование установки двухступенчатой дисково-шаровой вакуумной мельницы. Предложенная конструкция двухступенчатой мельницы оказывает влияние на безопасность работы (исключаются взрывы) и экологичность (не создает запыленности окружающей среды). В конструкции разработанной установки важным объектом является вакуумный насос. Приведены устройство и основные принципы работы классического одноступенчатого водокольцевого вакуумного насоса производства ОАО «БЕСКОМ» и жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с возможностью автоматического регулирования размеров нагнетательного окна, разработанного в ФГБОУ ВО «ТГТУ» на кафедре «МИГ». Показаны основные преимущества предлагаемого насоса по сравнению с классическим вариантом. На основе испытаний был проведен сравнительный анализ разработанного жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с автоматическим регулируемым размером нагнетательного окна и классического вакуумного насоса равной быстроты действия, результаты которого продемонстрировали существенную эффективность использования первой машины. Установлено, что затраты удельной мощности в процессе транспортирования растительных порошков на 20–25% ниже при равной скорости действия. Экономический расчет демонстрирует эффективность применения новой конструкции разработанного вакуумного насоса в технологическом процессе тонкого измельчения сухих растительных продуктов за счет вакуумного отвода заданной фракции помола. Поэтому разработанный насос рекомендуется использовать для измельчения сухих сыпучих растительных продуктов на крупных перерабатывающих предприятиях агропромышленного комплекса, пищевой, фармацевтической и парфюмерной отраслях промышленности.

Ключевые слова: виноградные семена; виноградная выжимка; тонкое измельчение; транспортирование; вакуум.

Для цитирования: Родионов Ю.Ю., Скоморохова А.И., Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Данилин С.И., Сухова А.О. Возможности применения жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с автоматическим регулируемым нагнетательным окном при измельчении виноградных семян и выжимок // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2021; 23(1): 55-60. DOI 10.35547/IM.2021.50.40.009

Prospects of using a liquid ring vacuum pump with automatic adjustable discharge window when grinding grape seeds and pomace

Rodionov Yu.Yu.¹, Skomorokhova A.I.², Rodionov Yu.V.^{1,2}, Nikitin D.V.^{1,2}, Danilin S.I.¹, Sukhova A.O.²

¹FSBEI HE "Michurinsk State Agrarian University", 101 Internatsionalnaya str., Tambov Region, 393760 Michurinsk, Russian Federation.

²FSBEI HE "Tambov State Technical University", 112 Michurinskaya str., 392032 Tambov, Russian Federation.

Abstract. To increase the preservation of biologically active substances, reduce energy consumption in the grinding process and obtain a powder of a given degree of grinding from grape pomace and seeds, it is proposed to use a two-stage disk-ball vacuum mill. The proposed design of a two-stage mill affects the safety of work (excluding explosions) and environmental friendliness (does not create a dusty environment). An important object in the design of the developed installation is the vacuum pump. The device and basic principles of operation of a classic single-stage liquid ring vacuum pump manufactured by JSC "BESKOM" and a liquid ring vacuum pump with the ability to automatically adjust the size of the discharge window, developed at the TSTU Department of MIG are presented. The main advantages of the proposed pump in comparison with the classic version are shown. Based on the tests, a comparative analysis of the developed liquid ring vacuum pump with an automatically adjustable discharge window size and a classical vacuum pump of equal action speed was carried out, the results of which demonstrated the significant efficiency of using the first machine. It has been established that the specific power consumption in the process of transporting plant powders is 20-25% lower with the same speed of action. An economic calculation demonstrates the effectiveness of using a new design of the developed vacuum pump in the technological process of fine grinding of dry plant products due to the vacuum removal of a given grinding fraction. Therefore, the developed pump is recommended to be used for grinding dry bulk plant products at large processing enterprises of the agro-industrial complex, food, pharmaceutical and perfumery industries.

Key words: grape seeds; grape pomace; fine grinding; transportation; vacuum.

For citation: Rodionov Yu.Yu., Skomorokhova A.I., Rodionov Yu.V., Nikitin D.V., Danilin S.I., Sukhova A.O. Prospects of using a liquid ring vacuum pump with automatic adjustable discharge window when grinding grape seeds and pomace. Magarach. Viticulture and Winemaking, 2021; 23(1): 55-60. (in Russian). DOI 10.35547/IM.2021.50.40.009

Введение

Виноград обладает большим количеством полезных для организма человека свойств, обусловленных его химическим составом [1, 2]. Например, наличие в семенах винограда полифенольных соединений способствует профилактике гипертензии и сердечно-сосудистых нарушений [3]. Семена винограда обладают высоким антиоксидантным потенциалом, а также антидиабетическими, антихолестериновыми и антитромбоцитарными свойствами [1]. Приведены исследования содержания масла, белка, флавоноидов, фенолов и антоцианов в виноградных семечках [2]. Авторы рекомендуют использовать виноградные косточки для получения пищевого масла и функциональных пищевых компонентов.

С целью создания добавок функционального назначения, семена винограда необходимо подвергнуть переработке для получения порошка или экстрактов. Причем немалое внимание уделяется получению измельченного порошка с максимальным сохранением биологически активных веществ (БАВ). Кроме того, конечный продукт должен быть заданной степени помола, и его производство необходимо осуществлять с минимальными затратами энергоресурсов. Решение данных задач имеет важное практическое значения для многих отраслей промышленности.

Процесс получения порошков на данный момент остается одним из наиболее энергозатратных и сложных. Это обуславливает необходимость создания оборудования с наименьшим потреблением энергии и поиск новых технологических решений. В первую очередь, требуется определить некоторый критерий оценки, позволяющий анализировать существующее оборудование для выбора оптимального варианта.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования измельчения сухих растительных материалов установили оптимальным использование установки двухступенчатой дисково-шаровой вакуумной мельницы (ДДШВМ) с применением жидкостно-кольцевого насоса, позволяющего сокращать затраты на лишний помол сухого материала за счет удаления готовой фракции и выполняющего функцию транспортирования, а также досушки.

Цель работы: обосновать возможность применения вакуумного насоса при измельчении виноградных семян и выжимок. Выбор оптимального вакуумного насоса и определение его экономической эффективности.

Объекты и методы исследования

В установке ДДШВМ необходимо обеспечить транспортирование, измельчение и досушку сыпучего растительного материала, а также подобрать вакуумный насос подходящей конструкции. Всесторонне этими вопросами занимались многие исследователи [4, 5]. Вопросам измельчения посвящены работы отечественных [6–8] и зарубежных ученых [9, 10].

Для создания вакуума в транспортной системе ДДШВМ можно использовать станцию (рис. 1), включающую в себя стандартный водокольцевой вакуумный насос (ВВН).

Высокие затраты энергии являются основным не-

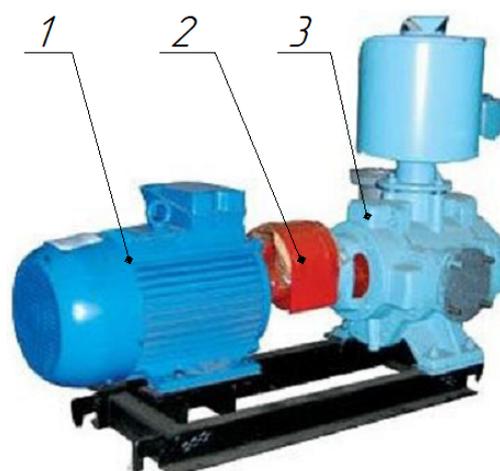


Рисунок 1. Насосная станция на базе стандартного ВВН2-0,75, производства ОАО «БЕСКОМ»: 1 – асинхронный электродвигатель; 2 – соединительная муфта; 3 – ВВН2-0,75
Figure 1. Pumping station based on the standard LVP2-0.75, manufactured by JSC "BESCOM": 1 – asynchronous electric motor; 2 – connecting sleeve; 3 – LVP2-0.75

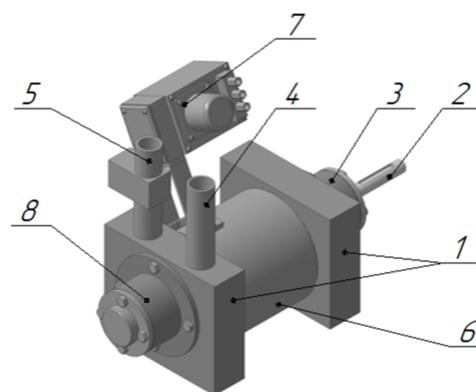


Рисунок 2. ЖВН с устройством автоматического регулирования нагнетательного окна: 1 – боковые стойки; 2 – вал; 3, 8 – подшипниковые опоры; 4 – патрубок впускной; 5 – патрубок выпускной; 6 – цилиндрический корпус; 7 – устройство автоматического регулирования нагнетательного окна
Figure 2. LVP with a device for automatic regulation of the discharge window: 1 – side racks; 2 – shaft; 3, 8 – bearing support; 4 – inlet pipe; 5 – outlet branch pipe; 6 – cylindrical body; 7 – device for automatic regulation of the discharge port

достатком водокольцевых вакуумных насосов. На базе ФГБОУ ВО «ТГТУ» на кафедре МИГ был разработан и испытан жидкостно-кольцевой вакуумный насос ЖВН-0,75 РНО, в конструкции которого предусмотрено нагнетательное окно с возможностью автоматического регулирования его размеров [11]. В разработанном вакуумном насосе в качестве рабочей могут использоваться жидкости с различной плотностью и вязкостью. Отличие данного насоса от классического ВВН2-0,75 заключается в возможности изменения размеров и положения нагнетательного окна в зависимости от величины вакуума с помощью автоматического перемещения поршня-заслонки в нагнетательном окне. Конструкция данного насоса показана на рис. 2. ЖВН-0,75 РНО включает в себя левую и правую боковые стойки (1). В правую стойку крепится вал (2) на подшипниковой опоре (3). Патрубки – впускной (4) и выпускной (5), находятся в левой стойке, которая также имеет подшипниковую опору (8). Между боковыми стойками расположен корпус (6) с устройством автома-

тического регулирования нагнетательного окна (7).

Устройство с автоматическим регулированием размеров проходного сечения нагнетательного окна ЖВН, работает по следующему алгоритму. Поршень-заслонка в момент запуска при отсутствии вакуума не перекрывает нагнетательное окно, при этом площадь поперечного сечения имеет максимальный размер, что интенсифицирует процесс уноса газовой фазы и уменьшает потери быстроты действия вакуумного насоса. Когда давление сжатия начинает увеличиваться, выдвигается поршень-заслонка, тем самым уменьшая площадь и свободную зону (протяженность) нагнетательного окна. Предложенное устройство поддерживает давление сжатия при работе данного жидкостно-кольцевого вакуумного насоса в определенном низком диапазоне.

На рис. 3 показана вакуумная насосная станция по созданию вакуума в транспортной системе ДДШВМ на базе одноступенчатого жидкостно-кольцевого вакуумного насоса ЖВН-0,75 РНО. Данная станция состоит из источника энергии (трехфазного асинхронного электродвигателя) (1), трубопровода перемещения газовой (воздушной) фазы (2), пускового крана (3). Также здесь имеется устройство автоматического регулирования размера нагнетательного окна (4), которым оснащен одноступенчатый жидкостно-кольцевой вакуумный насос (5).

В момент достижения необходимой величины вакуума поршень-заслонка оказывается в конечном положении, при котором нагнетательное окно практически полностью перекрывается. В таком положении увеличивается сопротивление потоку газа, что исключает движение газовой фазы в обратном направлении. Ввиду этого, обеспечение автоматического регулирования нагнетательного окна вакуумного насоса позволяет создавать необходимую величину вакуума в установке, что способствует повышению быстроты действия и значительному снижению эффективной мощности. Все это существенно расширяет спектр применения разработанного вакуумного насоса в технологических процессах тонкого измельчения различного материала растительного происхождения.

Двухступенчатая дисково-шаровая мельница (ДДШМ) представляет собой двухсекционную цилиндрикоконическую мельницу, заполненную мелющими шарами. В первой секции находятся шары большего диаметра, во второй – меньшего. Величина мелющих тел выбирается в зависимости от максимального размера частиц измельчаемого материала и его физико-механических свойств [12].

Немаловажным фактором, оказывающим влияние на быстроту действия, является движение удаляемых после измельчения частиц заданной степени помола. На рис. 4 представлена схема установки с вакуумным транспортированием. Предварительное измельчение осуществляется на дисковом измельчителе (1), после чего материал поступает в бункер-накопитель (2). И при открытых задвижках (3) подается через жиклер (4), который позволяет отбирать частицы с требуемой степенью помола в мельницу (5). Затем полученный порошок, благодаря создаваемому разрежению жид-

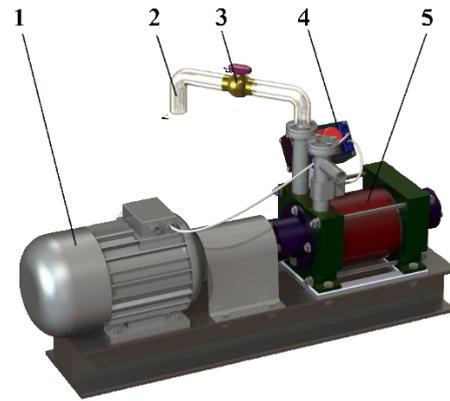


Рисунок 3. Вакуумная насосная станция с применением ЖВН-0,75 РНО: 1 – асинхронный электродвигатель; 2 – воздушный трубопровод; 3 – пусковой кран; 4 – устройство автоматического регулирования размера нагнетательного окна; 5 – одноступенчатый ЖВН-0,75 РНО

Figure 3. Vacuum pumping station using LVP-0.75 RDW: 1 – asynchronous electric motor; 2 – air pipeline; 3 – starting valve; 4 – device for automatic regulation of the size of the discharge port; 5 – single-stage LVP-0.75 RDW

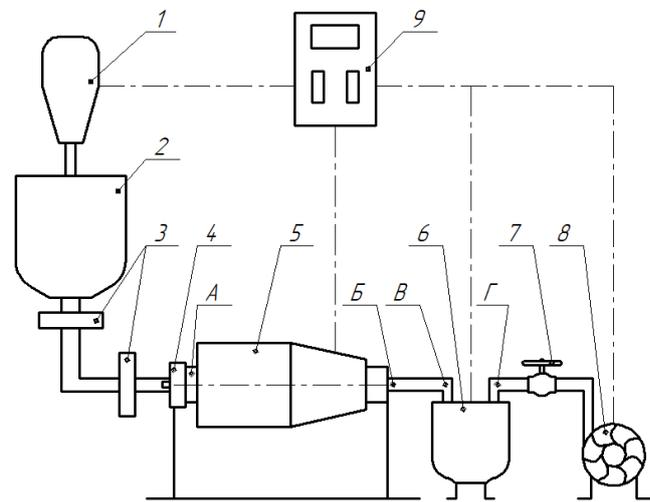


Рисунок 4. Схема установки: 1 – измельчитель дисковый; 2 – бункер-накопитель; 3 – задвижки; 4 – жиклер; 5 – двухступенчатая дисково-шаровая мельница; 6 – циклон-накопитель; 7 – кран; 8 – вакуумный насос; 9 – панель управления

Figure 4. Installation diagram: 1 – disc grinder; 2 – storage hopper; 3 – gate valves; 4 – jet; 5 – two-stage disk-ball mill; 6 – storage cyclone; 7 – crane; 8 – vacuum pump; 9 – control panel

костно-кольцевым вакуумным насосом с регулируемым нагнетательным окном (8), попадает в циклон-накопитель (6). Кран (7) позволяет дополнительно регулировать величину создаваемого разрежения.

Измельчение материала в шаровой мельнице, позволяет постоянно разрыхлять сухой сыпучий растительный материал. Вакуумно-транспортную систему второй ступени измельчения сухого растительного материала, как показано в работе [13], делим на четыре участка: участок всасывания (А), участок установившегося течения материала (Б), участок торможения (В), участок удаления воздушной смеси (Г).

При транспортировании частиц скорость воздуха должна превышать критическое значение [14]:

$$v_{кр} = B \cdot \sqrt{\frac{g \cdot D_{ВН}}{v_{ВН}^2}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{см} - \rho_{В}}{\rho}} \cdot \left(\frac{\rho_{ТВ}}{\rho_{В}}\right)^2 \cdot K$$

где $v_{\text{вит}}$ – скорость витания частиц, м/с;

$\rho_{\text{в}}$ – значение плотности воздуха, кг/м³;

$\rho_{\text{см}}$ – значение плотности транспортируемой аэросмеси, кг/м³;

$\rho_{\text{тв}}$ – значение плотности твердых частиц, кг/м³;

B – дополнительный расчетный коэффициент;

K – коэффициент, учитывающий биологические свойства порошка.

Скорость витания измельчаемых частиц определяется в зависимости от массы частицы, площади ее миделева сечения и величины коэффициента сопротивления при обтекании частицы воздушным потоком по формуле, приведенной в работе [15], в которой подробно описывается методика расчета параметров вакуумного насоса.

Окончательный выбор оптимального жидкостно-кольцевого вакуумного насоса производится так, как показано в работе [16]. По действительной скорости действия ЖВН определяется расход воздуха, необходимый для обеспечения стабильного перемещения измельченного материала с заданной степенью помола. Затем производится уточнение режима работы ЖВН по данным о длине линии транспортирования при тонком измельчении сухих растительных материалов.

Последним этапом является проверка действительного расхода воздуха в конце воздушного трубопровода. Также необходимо уточнить технико-эксплуатационные характеристики выбранного вакуумного насоса.

Практические исследования разработанного ЖВН РНО проведены при измельчении тыквы сорта Мичуринская в двухступенчатой дисково-шаровой вакуумной мельнице, с начальным размером среднего куска 15 мм до конечного размера куска порядка 50 мкм при перемещении на расстояние 3 м.

Результаты и их обсуждение

Для сравнения двух вакуумных насосов было проведено испытание предлагаемого ЖВН, оснащенного устройством для автоматического регулирования размеров нагнетательного окна, и стандартного водокольцевого вакуумного насоса, изготовленного на ОАО «БЕСКОМ». В таблице представлены характеристики сравниваемых насосов.

Из анализа таблицы получаем, что при одинаковой скорости действия $S=45$ м³/ч вакуумных насосов ВВН2-0,75 и ЖВН 0,75 РНО, потребляемая в процессе вакуумирования мощность, последнего, разработанного в ФГБОУ ВО «ТГТУ», вакуумного насоса на 0,5 кВт меньше. У него более низкий показатель максимального расхода воды (разница составляет 1

Таблица. Сравнение технических параметров вакуумных насосов
Table. Comparison of technical parameters of vacuum pumps

Показатель	ЖВН-0,75 РНО	ВВН2-0,75
Номинальная быстрота действия, м ³ /ч (м ³ /мин)	45 (0,75)	45 (0,75)
Тип вакуумного насоса	Двухопорный	Консольный
Марка применяемого электродвигателя	АИР 80 А2	АИР 100 S4
Напряжение, В	220/380	220/380
Синхронная частота вращения, мин-1	3000	1500
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	3,0
Максимальный расход воды, дм ³ / мин, не более	2,0	3,0
Суммарная мощность, затрачиваемая на создание вакуума, кВт, не более	1,4 при вакууме 90 кПа	1,9 при вакууме 80 кПа
Дополнительная рабочая жидкость подается	В область образования жидкостного кольца	В зону всасывания
Габариты, мм:		
длина	620	588
высота	240	626
ширина	290	354
Масса, кг, не более	60	105
Цена, руб.	43 000	36 000

дм³/мин). Также при равной устойчивой скорости действия ЖВН РНО создает вакуум, на 10 кПа превосходящий максимальное разрежение ВВН2-0,75. Габаритные размеры предлагаемого вакуумного насоса меньше. Он легче (на 57%) классической модели ОАО «БЕСКОМ».

Внедрение приборов и механизмов, осуществляющих автоматическое управление и регулировку размеров нагнетательного окна, повышает стоимость ЖВН РНО по сравнению с классическим водокольцевым вакуумным насосом на 7 000 руб.

Экспериментальные испытания по транспортировке измельченного растительного материала в ДДШВМ осуществлялись на высушенной до влажности 3% тыкве сорта Мичуринская, плотность которой составляет $0,87 \cdot 10^3$ кг/м³. Измельченный порошок до заданной степени помола перемещался с применением вакуумных насосов по трубопроводу длиной 3 м. В ходе исследований проводили замеры через каждые 5 кПа, двигаясь в направлении понижения вакуума. Полученные результаты представлены на рис. 5.

Использование вакуумного насоса ЖВН-0,75 РНО, разработанного и испытанного базе ФГБОУ ВО «ТГТУ» для всасывания воздушной и мелкодисперсной твердой смеси растительного происхождения, в том числе, при измельчении семечек винограда, позволяет снизить на 20-25% затраты энергии. Кроме того, он позволяет эффективно осуществлять извлечение из цилиндрической шаровой мельницы твердых частиц измельчаемого материала различного гранулометрического состава за счет возможности создания вакуума требуемой величины.

Затраты на электроэнергию в случае использования жидкостно-кольцевого вакуумного насоса для транспортирования при измельчении сыпучих сухих растительных материалов определяем по удельной

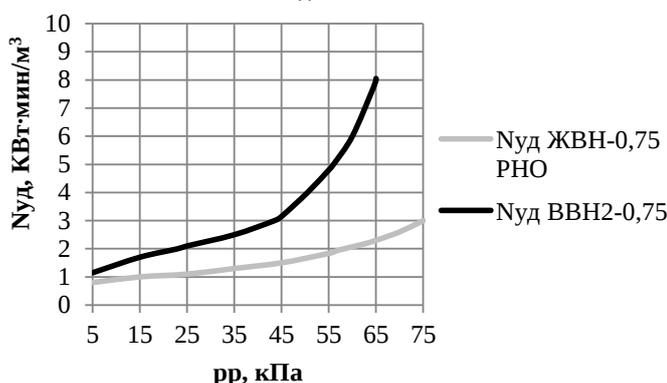


Рисунок 5. Графическая зависимость удельной мощности от величины вакуума для ВВН2-0,75 и ЖВН-0,75 РНО

Figure 5. Graphical dependence of specific power on vacuum pressure for LVP2 -0.75 and LVP-0.75 RDW

мощности, так как для каждой разновидности пищевого продукта разной плотности и размера давление всасывания будет отличаться, поэтому для сохранения быстроты действия насоса требуемая мощность будет меняться.

Срок окупаемости определяли методом сравнения внедрения существующего в отечественной промышленности и предложенного вакуумных насосов. Экономия эксплуатационных затрат ЖВН-0,75 РНО по сравнению с ВВН2-0,75 составляет 1,5 кВт*ч, инвестиции изменяются по стоимости закупки насоса на 7000 руб.

Выводы

1. Для повышения эффективности тонкого измельчения выжимки виноградной и семян винограда, а также других растительных материалов на предприятиях АПК, пищевой, фармацевтической, парфюмерной отраслей промышленности необходимо проведение усовершенствования конструкции жидкостно-кольцевого вакуумного насоса.

2. Транспортирование сухих сыпучих растительных материалов ЖВН при измельчении позволяет сократить затраты энергии на 20-25% при скорости действия вакуумного насоса 45 (0,75) м³/ч (м³/мин). Предлагаемая установка позволяет сохранить качество измельченных виноградных семян и выжимок, обеспечивает взрывобезопасность, экологичность и расширяет возможность применения вакуумного транспортирования для сухих растительных материалов различной плотности и размеров.

3. Сравнение технических характеристик ВВН2-0,75 и ЖВН-0,75 РНО показало, что при одинаковой скорости действия потребляемая в процессе вакуумирования мощность разработанного вакуумного насоса на 0,5 кВт меньше. Величина максимального расхода воды на 1 дм³/мин меньше. Кроме того, ЖВН-0,75 РНО создает вакуум, на 10 кПа превосходящий максимальное разрежение ВВН2-0,75. Также предлагаемый насос легче стандартного водокольцевого вакуумного насоса на 57%, так как обладает меньшими габаритами.

Источник финансирования

Не указан.

Financing source

Not specified.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Kwatra B. A review on potential properties and therapeutic applications of grape seed extract. World J. Pharm. Res. 2020;9:2519-2540. [Electronic resource]: https://www.researchgate.net/publication/341134392_A_REVIEW_ON_POTENTIAL_PROPERTIES_AND_THERAPEUTIC_APPLICATIONS_OF_GRAPE_SEED_EXTRACT (Date of application: 22.01.2021).
2. Juhaimi F. A. Bioactive properties, fatty acid composition and mineral contents of grape seed and oils. F. A. Juhaimi, U. Gecgel, M. Gulcu, M. Hamurcu, M. M. Ozcan. South African Journal of Enology and Viticulture. 2017;38(2):103-108 [Electronic resource]: <https://www.journals.ac.za/index.php/sajev/article/view/1042> (Date of application: 25.01.2021).
3. Макарова Н.В., Валиулина Д.Ф., Еремеева Н.Б. Сравнительные исследования методов извлечения биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами из косточек винограда (*Vitis vinifera* L.) // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020; 10(1): 140-148.
4. Фролов Е.С., Автономова И.В., Васильев В.И. Механические вакуумные насосы. М.: Машиностроение, 1989: 288 с.
5. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: Колос. 2009:760 с.
6. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. М.: Химия. 1977:368 с.
7. Борщев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы. Тамбов: Изд-во ТГТУ. 2004: 90 с.
8. Ходаков Г. С. Физика измельчения: монография. М.: Наука. 1972: 306 с.
9. Beke B. The Process of Fine Grinding. The Hague: Nyhoff. 1981:140 p.
10. Jung H., Lee Y.J., Yoon W.B. Effect of Moisture Content on the Grinding Process and Powder Properties in Food: A Review. Processes 2018;6:69. [Electronic resource]: https://www.researchgate.net/publication/325561236_Effect_of_Moisture_Content_on_the_Grinding_Process_and_Powder_Properties_in_Food_A_Review (Date of application: 22.01.2021).
11. Патент 2303166 Российская Федерация, МПК F04C 15/00, Жидкостно-кольцевая 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.
12. Данилин С.И., Родионов Ю.Ю., Родионов Ю.В., Чумиков Ю.А., Скоморохова А.И. Совершенствование технологии получения порошков из растительного сырья // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2020; 4:150-159.
13. Родионов Ю.В., Капустин В.П., Кобелев А.В., Никитин Д.В., Платицин П.С. Повышение эффективности механизации транспортирования сухих сыпучих растительных материалов // Инновационная техника и технология. 2017;1(10): 9-15.
14. Шиманова А.А. Теоретическое обоснование работы всасывающего заборного устройства пневмотранспортной установки // Фундаментальные исследования. 2012;11-2:466-471.
15. Платицин П.С., Родионов Ю.В., Капустин В.П., Никитин Д.В. Особенности расчета технологии вакуумного транс-

- портирования сухих сыпучих растительных материалов в режиме сплошного слоя // Наука в центральной России. 2016;6(24):54–65.
16. Родионов Ю.В., Платицин П.С., Вдовина Е.С., Черенцов Д.А. Техничко-экономическое обоснование применения жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с автоматическим регулируемым нагнетательным окном при транспортировании сыпучих растительных материалов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017;1(15):92–99.
- ### References
1. Kwatra B. A review on potential properties and therapeutic applications of grape seed extract. *World J. Pharm. Res.* 2020;9:2519–2540. [Electronic resource]: https://www.researchgate.net/publication/341134392_A_REVIEW_ON_POTENTIAL_PROPERTIES_AND_THERAPEUTIC_APPLICATIONS_OF_GRAPE_SEED_EXTRACT (Date of application: 22.01.2021).
 2. Juhaimi F. A. Bioactive properties, fatty acid composition and mineral contents of grape seed and oils. F. A. Juhaimi, U. Gecgel, M. Gulcu, M. Hamurcu, M. M. Ozcan. *South African Journal of Enology and Viticulture.* 2017;38(2):103–108 [Electronic resource]: <https://www.journals.ac.za/index.php/sajev/article/view/1042> (Date of application: 25.01.2021).
 3. Makarova N.V., Valiulina D.F., Eremeeva N.B. Comparative studies of methods for extracting biologically active substances with antioxidant properties from grape seeds (*Vitis vinifera* L.). *Izvestiya vuzov. Applied Chemistry and Biotechnology.* 2020;10(1):140–148 (*in Russian*).
 4. Frolov E.S., Avtonomova I.V., Vasiliev V.I. Mechanical vacuum pumps. M.: Mashinostroenie. 1989:288 p. (*in Russian*).
 5. Plaksin Yu.M., Malakhov N.N., Larin V.A. Processes and devices for food production. M.: Kolos. 2009:760 p. (*in Russian*).
 6. Sidenko P.M. Grinding in the chemical industry. M.: Chemistry. 1977:368 p. (*in Russian*).
 7. Borshchev V.Ya. Equipment for grinding materials: crushers and mills. Tambov: TSTU. 2004:90 p. (*in Russian*).
 8. Khodakov G.S. Physics of grinding: monograph. M.: Science. 1972:306 p. (*in Russian*).
 9. Beke B. The Process of Fine Grinding. The Hague: Nyhoff. 1981:140 p.
 10. Jung H., Lee Y.J., Yoon W.B. Effect of Moisture Content on the Grinding Process and Powder Properties in Food: A Review. *Processes* 2018;6:69. [Electronic resource]: https://www.researchgate.net/publication/325561236_Effect_of_Moisture_Content_on_the_Grinding_Process_and_Powder_Properties_in_Food_A_Review (Date of application: 22.01.2021).
 11. Volkov A.V., Vorobiev Yu.V., Nikitin D.V., Popov V.V., Rodionov Yu.V., Sviridov M.M. Liquid-ring machine with automatic regulation of the flow area of the delivery window. Patent RF, No. 2005116616/06, 2007.
 12. Danilin S.I., Rodionov Yu.Yu., Rodionov Yu.V., Chumikov Yu.A., Skomorokhova A.I. Improvement of the technology of obtaining powders from vegetable raw materials. Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products. 2020;4: 150–159 (*in Russian*).
 13. Rodionov Yu.V., Kapustin V.P., Kobelev A.V., Nikitin D.V., Platitsin P.S. Improving the efficiency of mechanization of transportation of dry bulk plant materials. Innovative equipment and technology. 2017;1(10):9–15 (*in Russian*).
 14. Shimanova A.A. Theoretical substantiation of the operation of the suction intake device of a pneumatic transport installation. Fundamental research. 2012;11–2:466–471 (*in Russian*).
 15. Platitsin P.S., Rodionov Yu.V., Kapustin V.P., Nikitin D.V. Peculiarities of calculating the technology of vacuum transportation of dry bulk plant materials in a continuous layer mode. *Science in Central Russia.* 2016;6(24):54–65 (*in Russian*).
 16. Rodionov Yu.V., Platitsin P.S., Vdovina E.S., Cherentsov D.A. Feasibility study of the use of a liquid ring vacuum pump with an automatic adjustable discharge window during the transportation of bulk plant materials. Technologies of food and processing industries of the agro-industrial complex – healthy food products. 2017;1(15):92–99 (*in Russian*).

Информация об авторах

Юрий Юрьевич Родионов, аспирант; five-elements90@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3730-8039>;

Анастасия Игоревна Скоморохова, магистрант; nasta373@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5330-330X>;

Юрий Викторович Родионов, д-р техн. наук, профессор; rodionow.u.w@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9601-9555>;

Дмитрий Вячеславович Никитин, канд. техн. наук, доцент; vacuum2008@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5885-2300>;

Сергей Иванович Данилин, канд. с.-х. наук, профессор; danilin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4488-7953>;

Анна Олеговна Сухова, канд. техн. наук, доцент; apill@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7686-9314>

Information about authors

Yuriy Yu. Rodionov, Postgraduate Student; five-elements90@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3730-8039>;

Anastasia I. Skomorokhova, Undergraduate; nasta373@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5330-330X>;

Yuriy V. Rodionov, Dr. Techn. Sci., Professor; rodionow.u.w@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9601-9555>;

Dmitriy V. Nikitin, Cand. Techn. Sci., Associate Professor; vacuum2008@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5885-2300>;

Sergey I. Danilin, Cand. Agric. Sci., Professor; danilin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4488-7953>;

Anna O. Sukhova, Cand. Techn. Sci., Associate Professor; apill@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7686-9314>.

Статья поступила в редакцию 12.02.2021, одобрена после рецензии 19.02.2021, принята к публикации 20.02.2021