

УДК 621.867.81

ВАКУУМНОЕ ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ПОРОШКОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Григорий Вячеславович Рыбин¹

аспирант

enot1237@gmail.com

Михаил Сергеевич Блохин²

аспирант

enot1237@gmail.com

Дмитрий Вячеславович Никитин¹

кандидат технических наук, доцент

vacuum2008@yandex.ru

¹Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, Россия

²Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье представлена конструкция системы вакуумного пневмотранспорта для перемещения порошков растительного материала. Обосновано использование жидкостнокольцевого вакуумного насоса (ЖВН) для организации разрежения в системе, а также представлена методика подбора модификации ЖВН в зависимости от производительности и условий эксплуатации системы.

Ключевые слова: пневмотранспортирование, вакуумный транспорт, транспортирование порошков.

Порошки, изготавливаемые из растительных материалов, нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Так, например, в пищевой промышленности они используются как вкусоароматические добавки в особенности для производства продуктов функционального назначения. В фармацевтике и косметической промышленности используются порошки из лекарственных растений в качестве источника целевых компонентов, а также в качестве эксфолиантов и абразивов. В сельском хозяйстве порошки используют как кормовые добавки, биоудобрения, стимуляторы роста и биопестициды. Также порошки из растительных материалов находят применение в строительстве и энергетике [1-5].

При этом перемещение порошков остаётся одной из ведущих проблем при их производстве. Малая масса частиц способствует их уносу потоками воздуха, что приводит к потерям материала и снижению гигиеничности производства.

Одним из лучших решений для перемещения порошков растительных материалов является пневмотранспортирование. Такая система изолирует переносимый материал от окружающего пространства, что исключает его потери и загрязнения. Однако системы пневмотранспорта, работающие на избыточном давлении, не допустимы для транспортирования порошков, поскольку это может приводить к взрывам. Поэтому наиболее оптимальным является использование разрежения для перемещения [6].

Принципиальная схема устройства системы вакуумного пневмотранспортирования показана на рисунке 1. Она состоит из какого-либо заборного устройства, которое может быть выполнено в виде сопла, шнека или загрузочного бункера, соединённого с транспортным трубопроводом, по которому материал перемещается до места хранения или использования. Транспортный трубопровод соединён с циклонным фильтром, в котором происходит разделение материала и воздушного потока. При этом циклонный фильтр может быть соединён непосредственно с технологическим

оборудованием по производству продукта, в который подаётся материал, а может быть соединен с бункером накопителем для хранения материала. После циклонного фильтра воздух, отделённый от материала поступает на фильтры тонкой очистки, после чего, проходя вакуумный насос выводится в атмосферу.

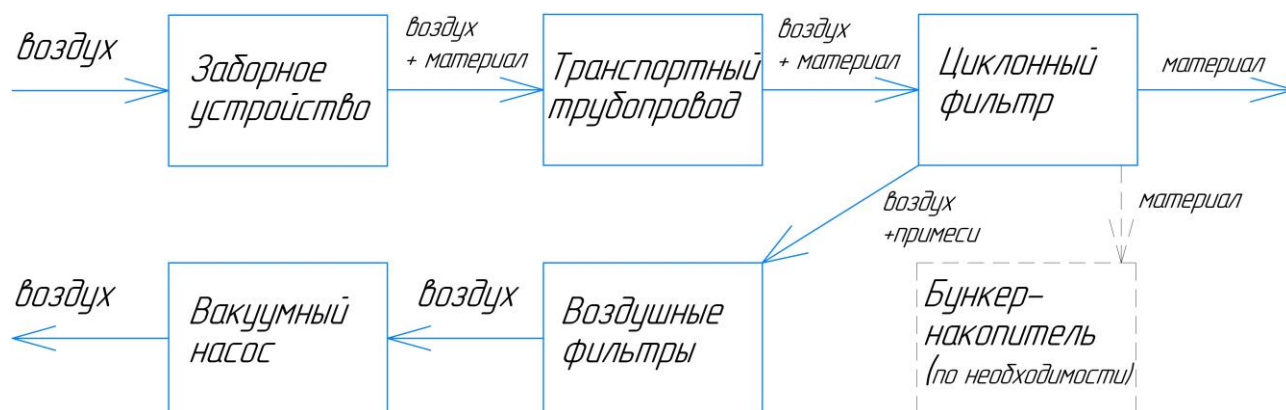


Рисунок 1 – Принципиальная схема устройства системы вакуумного пневмотранспортирования.

Наиболее оптимальным средством для организации вакуума в такой системе является жидкостнокольцевой вакуумный насос (ЖВН). В такой конструкции вакуум организуется за счёт вращения жидкостного кольца, внутренняя поверхность которого вместе с рабочим колесом и корпусом ограничивает ячейку изменяющегося объёма.

Применение ЖВН оправдано тем, что большинство других насосов требовательны к качеству поступающего в них воздуха и при наличии в нём твёрдых включений могут выйти из строя. При этом ЖВН может эффективно и без поломок откачивать воздух содержащий пыль и твёрдые частицы. Соответственно при использовании таких типов вакуумных насосов нет необходимости в многоступенчатой очистке воздуха, выходящего из циклонного фильтра. Достаточно установить простейший пылеуловитель, который будет осаждать крупные унёсшиеся из циклонного фильтра частицы, с целью снижения потерь материала. Пыль из воздуха будет удаляться при помощи жидкости в вакуумном насосе, и затем отстаиваться в ёмкости для хранения рабочей жидкости.

Основными недостатками ЖВН являются высокие затраты мощности, для снижения которых разработаны механизмы регулируемого нагнетательного окна (РНО) и кинематического замыкания лопаток рабочего колеса и вращающегося корпуса (КЗ). При помощи этих устройств удаётся повысить требуемую глубину вакуума без потери производительности в виду изменения размеров нагнетательного окна, а также снижаются потери на трение между корпусом и кольцом жидкости, и, соответственно, снижаются затраты мощности.

ЖВН выполняются по 12 типоразмерам, каждому из которых соответствуют определённая производительность и геометрические параметры. При этом ЖВН выполняются одно- и двухступенчатыми [7].

Таким образом на данный момент самые совершенные конструкции жидкостнокольцевых вакуумных насосов - одноступенчатый и двухступенчатый ЖВН с автоматически регулируемым нагнетательным окном и кинематическим замыканием (ЖВН КМ и ДЖВН КМ).

Подбор насосов осуществляют по производительности и диаметру рабочего трубопровода. Для малой и средней производительности и диаметра трубопровода до 50 мм (2 дюйма) выбираются одноступенчатые ЖВН КЗ и ЖВН КМ. Использование ЖВН только с нагнетательным окном для пневмотранспортных систем нецелесообразно, поскольку такие насосы показывают наибольшую эффективность в условиях работы с изменяющимся во времени давлением разрежения. В вакуумном пневмотранспорте степень разрежения постоянна, ввиду чего главной является задача снижения потерь на трение. Использование ЖВН КМ позволит при этом настроить ширину нагнетательного окна соответственно требуемой степени разрежения и достичь максимальной эффективности. Для систем большей производительности выбираются двухступенчатые вакуум-насосы соответствующей модификации.

Таким образом вакуумное пневмотранспортирование является одним из самых перспективных способов перемещения порошков растительных

материалов. При этом наиболее подходящим для организации вакуума является жидкостнокольцевой вакуумный насос, который позволяет откачивать воздух, содержащий примеси, и, соответственно, исключить из системы излишние воздушные фильтры. Количество ступеней ЖВН подбирается исходя из требуемой производительности системы и диаметра трубопровода.

Список литературы:

1. Вишня Б.Л., Дроздов Б.С., Стефаненко В.Т. Пневмотранспорт. Расчёты, схемы, оборудование / Екатеринбург: Изд-во «Сократ». 2010. 31 с.
2. Кузнецов Ю. М. Пневмотранспорт: теория и практика. Екатеринбург: УрОРАН. 2005. 61 с.
3. Волошин А. И., Пономарев Б. В. Механика пневмотранспортирования сыпучих материалов / К.: Наукова думка. 2001. 520 с.
4. Применение пневмотранспортного оборудования на металлургических предприятиях / Л. И. Леонтьев, В. Н. Лопатин, Е. Х. Шахпазов и др. // Сталь. 2007. № 12. С. 59-63. EDN KWELHF.
5. Перспективные направления развития пневмотранспорта в агропромышленном комплексе / Г. В. Рыбин, М. С. Блохин, В. Н. Назаров, В. А. Талыков // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 61-67. EDN ZGRLOF.
6. Совершенствование конструктивных элементов и процесса вакуумного пневмотранспортирования / Г. В. Рыбин, Ю. Ю. Родионов, Д. А. Матвеев и др. // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 4. EDN JZDSZG.
7. Анализ расчёта привода комбинированной конструкции одноступенчатого жидкостнокольцевого вакуумного насоса / Д. В. Никитин, Ю. В. Родионов, Г. В. Рыбин и др. // Наука в центральной России. 2022. № 2(56). С. 60-69. DOI 10.35887/2305-2538-2022-2-60-69. EDN PSWIPX.

UDC 621.867.81

VACUUM TRANSPORTATION OF POWDERS OF PLANT MATERIALS

Grigory V. Rybin¹

graduate student

enot1237@gmail.com

Mikhail S. Blokhin²

graduate student

enot1237@gmail.com

Dmitry V. Nikitin¹

candidate of technical sciences, associate professor

vacuum2008@yandex.ru

¹Tambov State Technical University

Tambov, Russia

²Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. The article presents the design of a vacuum pneumatic transport system for moving powders of plant material. The use of a liquid ring vacuum pump (LVP) for the organization of vacuum in the system is justified, and a method for selecting a modification of the LVP depending on the performance and operating conditions of the system is presented.

Key words: pneumatic conveying, vacuum transportation, powder transportation.

Статья поступила в редакцию 20.03.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 20.03.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.