

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВСАСЫВАЮЩЕГО ЗАБОРНОГО УСТРОЙСТВА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ

Шиманова А.А.

ФГБОУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия (190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4), e-mail: igasu_ptm@bk.ru

В данной статье приведены краткие сведения о пневматических транспортных установках, применяемых для перемещения сыпучих строительных материалов. Указаны основные направления, по которым ведется усовершенствование основных узлов пневматических транспортных установок для повышения эффективности их работы и уменьшения удельных энергозатрат на перемещение 1 кубического метра материала. Приведены конструкции наиболее часто используемых устройств, которые обеспечивают подачу материала в зону всасывания – заборных устройств и всасывающих сопел. Дана их краткая характеристика, условия их применения, отмечены положительные и отрицательные стороны их использования. В статье приведено краткое описание и схема полезной модели всасывающего заборного устройства пневматической транспортной установки, разработанной при участии автора сотрудниками кафедры НТТС архитектурно-строительного университета. Отмечены положительные стороны его применения.

Ключевые слова: пневматический транспорт, всасывающее заборное устройство, всасывающее сопло.

IMPROVING THE DESIGN OF SUCTION FENCE DEVICE OF PNEUMATIC PLANTS

Shimanova A.A.

Saint Petersburg State University of Civil Engineering and Architecture), Saint Petersburg, Russia (190005, Saint Petersburg, street Vtoraya Krasnoarmeiskaia, 4), e-mail: igasu_ptm@bk.ru

In this article contains brief information on pneumatic transport facilities used for transportation of bulk building materials. Identifies the main directions, on which is conducted the improvement of the basic units of the pneumatic transport plants to enhance their efficiency and reduction of unit energy consumption on the movement of 1 cubic meter of material. Given the design of the most frequently used devices, which provide the presentation of the material in the zone of the suction - fence devices and the suction nozzle. Given their characteristics, conditions of their application, are marked with positive and negative sides of their use. The article provides a brief description and scheme of utility model suction intake devices of pneumatic transport facility, developed with the participation of the author of the staff of the Department of transport and technological machines. Noted the positive aspects of its application.

Key words: air transport, suction intake device, suction nozzle.

Введение

Пневматический транспорт сыпучих материалов обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с другими системами транспортирования и нашел широкое применение в различных отраслях промышленности. Но, несмотря на это, применение пневмотранспорта в различных технологических процессах сдерживается рядом объективных причин. Одной из таких причин является высокий удельный расход электроэнергии на единицу перемещаемого материала.

Производительность, надежность и экономическая эффективность применения пневмотранспортных установок для разгрузки и перемещения сыпучих строительных материалов обеспечивается благодаря рациональной конструкции основных узлов, применению износостойких материалов и современным технологиям изготовления. В

течение ряда лет разрабатывались, проверялись в эксплуатационных условиях и совершенствовались конструкции:

- ✓ заборных устройств и всасывающих сопел;
- ✓ узлов уплотнений, работающих в абразивной среде;
- ✓ обратного клапана шнеконапорного механизма; систем работы и очистки фильтрующих элементов, высокого ресурса шнеков и гильз;
- ✓ синхронной работы всасывающей и нагнетательной линий в комбинированных установках и т.д.

Эффективность работы любой пневмотранспортной системы, применяемой для забора сыпучих материалов, зависит от конструкции устройств, которые обеспечивают подачу материала в зону всасывания.

Для забора материала из насыпи во всасывающих пневматических транспортных установках используют всасывающие заборные устройства, выполненные в виде переносных заборных сопел (рис. 1) [1] различной формы: круглые, угловые, щелевые и др. Корпус заборного сопла состоит из двух труб – основной (транспортной) и внешней так, что между ними образована полость для подвода атмосферного воздуха в зону забора материала или непосредственно в транспортный трубопровод. Для конструкции этих сопел характерны устройства, позволяющие регулировать количество подводимого воздуха в зависимости от условий работы и свойств разгружаемого материала.

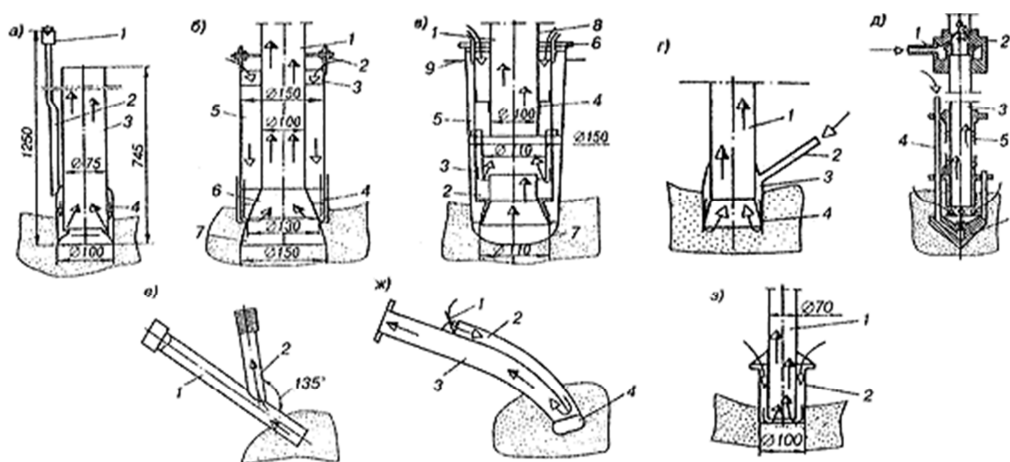


Рис. 1. Схемы заборных сопел:

- а) 1 – регулятор; 2 – трубка подвода воздуха; 3 – внутренняя труба; 4 – наружная труба;
- б) 1 – основная труба; 2 – устройство для крепления кожуха; 3, 4 – направляющие; 5 – кожух; 6 – конус основной трубы; 7 – конус кожуха; в) 1 – труба; 2 – подвижный эжектор; 3 – рукоятка; 4 – пружина; 5 – наружный кожух; 6 – фланец; 7 – ограждение; 8 – люк для осмотра; 9 – ручка для переноса; г) 1 – загрузочная труба; 2 – труба для подвода дополнительного воздуха; 3 – тканевая перегородка; 4 – кольцевое пространство; д) 1 –

труба для подвода воздуха; 2 – распределитель; 3 – основная труба; 4 – труба для подвода воздуха; 5 – пружина; 6 – устройство для подвода воздуха; е) 1 – труба для воздуха; 2 – труба для смеси воздуха с цементом; ж) 1 – заслонка; 2 – канал для подачи воздуха; 3 – основная труба; 4 – предохранительная сетка; з) 1 – основная труба; 2 – наружная труба для подвода воздуха.

Достоинством всасывающего заборного сопла является равномерная подача воздуха в зону забора материала, удобство её регулирования.

Недостатком является ограниченная производительность при значительных габаритных размерах. Кольцевое сопло не способно создать достаточного давления на поверхности уплотненного материала, что вызывает высокие аэродинамические потери давления при разгоне материала.

Забор сыпучих материалов, перевозимых в трюмах судов или железнодорожных вагонах бункерного типа, часто представляет определенные трудности. В процессе длительного транспортирования материал слеживается и уплотняется, а если он гигроскопичен, то и увлажняется и смерзается. В таких условиях используют вибрационные заборные сопла (рис. 2). Это кольцевые заборные сопла, снабженные пневматическим или электромеханическим вибратором. Уплотненность материала нарушается воздействием на него аэрации и вибрации, причем аэрирующий воздух поступает в зону забора импульсами, частота которых синхронизируется с частотой вибраций в диапазоне от 2 до 60 Гц [2].

Применение таких сопел обеспечивает интенсификацию процесса всасывания, стабильность работы всасывающей линии пневматических транспортных установок. Во время работы такие сопла перемещаются краном-манипулятором.

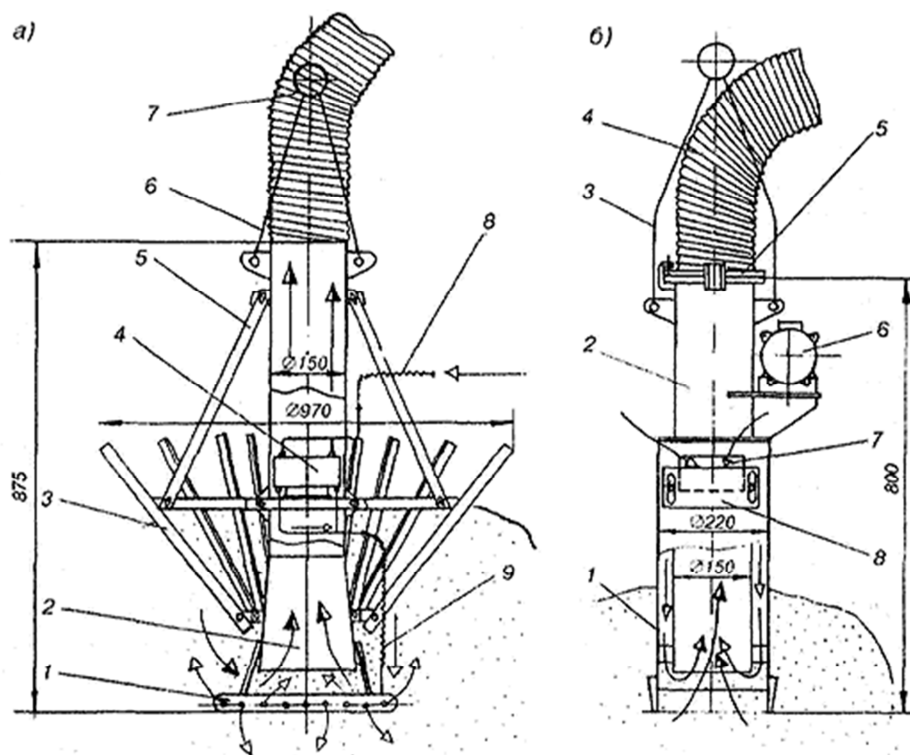


Рис. 2. Схемы заборных сопел с вибраторами:

а) 1 – аэратор; 2 – труба; 3 – решетчатый конус; 4 – пневматический вибратор; 5 – тяги; 6 – подвеска; 7 – резиноканевый рукав; 8, 9 – гибкий воздухопровод; б) 1 – наружная труба; 2 – внутренняя труба; 3 – подвеска; 4 – резиноканевый рукав; 5 – фланец; 6 – электромеханический вибратор; 7 – окно для подвода воздуха; 8 – заслонка.

Надо отметить, что использование описанных выше заборных устройств затрудняется необходимостью установки дополнительного источника электропитания, увеличением энергоемкости процесса забора материала, усложнением конструкции, увеличением габаритных размеров и утяжелением заборного сопла, повышенным износом рабочих элементов заборного устройства, дополнительным пылением при работе и тем самым потерей ценного сыпучего материала, ухудшением условий труда оператора.

В пневматических транспортных установках высокой производительности для выгрузки сыпучих материалов из морских судов применяют навесные заборные устройства с дисковыми или специальными фрезерными головками для слеживающихся материалов.

Для забора насыпных грузов из крытых железнодорожных вагонов или трюмов барж применяют самоходные заборные устройства с рыхлителями. Необходимая производительность забора материала и оптимальная концентрация материаловоздушной смеси во всасывающей линии обеспечивается перфорированными дисками питателей. С помощью перфораций определенной формы в дисках материал, частично насыщенный воздухом, подается в зону всасывания сопла с заданной скоростью. Для забора

слеживающихся при транспортировке материалов заборное устройство оборудуется неподвижными или приводными вертикальными рушителями [3].

В нагнетательных пневматических транспортных установках для ввода материала в транспортный трубопровод используют питатели различного принципа действия: струйные, объемного вытеснения и др.

Для интенсификации забора материала, уменьшения затрат электроэнергии, улучшения условий труда операторов всасывающих пневмотранспортных систем специалистами кафедры НТТС СПбГАСУ была разработана полезная модель конструкции всасывающего заборного устройства пневматической транспортной установки (рис. 3) (заявка: 2011152681 от 22.12.11). Устройство выполнено в виде заборного сопла круглой формы, содержащего всасывающий наконечник и защитный кожух. Всасывающий наконечник снабжен двумя аэрирующими соплами, входы которых соединены впускными патрубками с дополнительным нагнетательным трубопроводом, на котором установлен регулятор подачи сжатого воздуха. Для подачи воздуха в нагнетательный трубопровод не требуется установка дополнительного источника сжатого воздуха, он подается из всасывающей линии. Защитный кожух предотвращает пыление в зоне всасывания и потерю ценного материала.

Интенсификация процесса всасывания происходит в два этапа.

На первом этапе материал подвергается разрыхлению сильным напором воздуха, на втором этапе ослабленным потоком воздуха сохраняется устойчивая зона аэрированного материала, локализованная областью забора и перемещающаяся по мере перемещения заборного сопла 3. От пыления и потери материала в области забора предохраняет защитный кожух 4.

Материал активно аэрируется в результате того, что в силу инерционности массы материала под действие каждой струи попадает площадь, не равная площади поперечного сечения струи, а много большая.

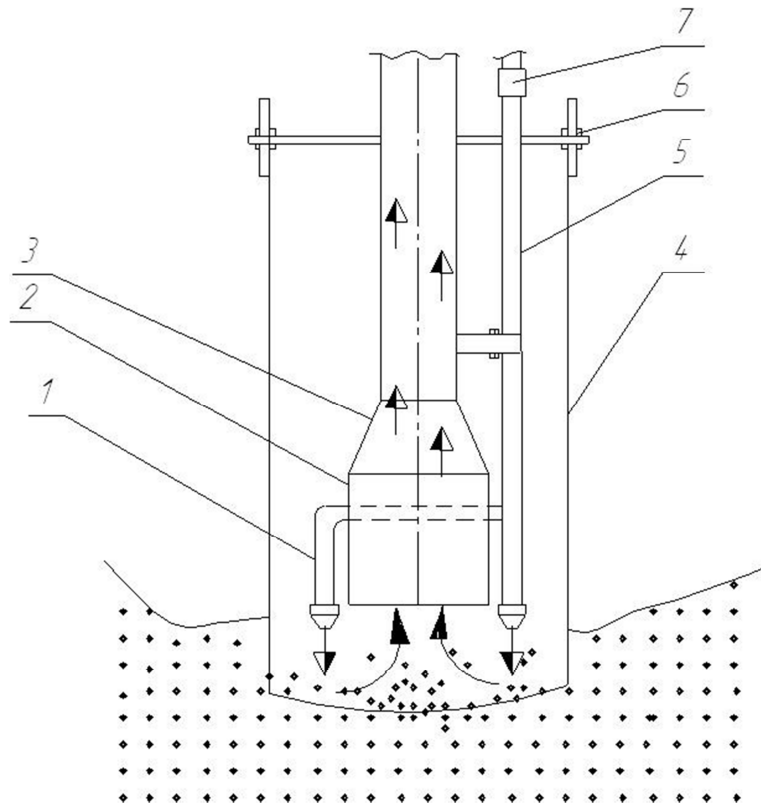


Рис. 3. Всасывающее заборное устройство пневмотранспортной установки:

1 – аэрирующие сопла; 2 – всасывающий наконечник; 3 – заборное сопло; 4 – защитный кожух; 5 – нагнетательный трубопровод; 6 – устройство крепления кожуха; 7 – регулятор подачи воздуха.

Работа устройства обеспечивается следующим образом. Задается производительность установки, а также параметры перегружаемого материала. Определяется скорость воздуха, подаваемого в нагнетательный трубопровод, которая должна быть больше скорости трогания частицы (скорость отрыва частиц материала от насыпи) $v_H > v_{Omp}$:

$$v_{Omp} = \sqrt{2/3 f_{mp} d g (\rho_{\text{и}} - \rho_B) / (\rho_B (\frac{c}{2} - f_{mp}))}, \quad (1)$$

где f_{mp} – коэффициент трения;

d – диаметр частицы, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$\rho_{\text{и}}$ и ρ_B – соответственно истинная плотность частицы и воздуха, кг/м³;

C – коэффициент гидродинамического сопротивления среды [5].

Определяется наименьшая скорость восходящего воздушного потока во взвешенном состоянии (средневзвешенная скорость витания) v_{Bum} . [1]:

$$v_{Bum} = \sqrt{\frac{2mg}{C_x A_M \rho_B}}, \quad (2)$$

где m – масса частицы;

C_x – коэффициент сопротивления при обтекании частицы воздушным потоком (коэффициент аэродинамического сопротивления);

A_M – площадь минимального сечения частицы, m^2 ;

Определяется скорость воздуха, подаваемого во всасывающий трубопровод $v_{Bc} > v_{Bum}$.

Регулятор подачи воздуха, подводимого в зону всасывания, существенно повышает производительность выгрузки и обеспечивает транспортеру материала возможность работать в различных режимах, соответствующих степени уплотненности и слеживаемости материала. Эффективность всасывающего заборного устройства определяется улучшением его всасывающей способности, обеспечением перемещения материала при меньших значениях разности давления воздуха, уменьшением энергоёмкости процесса всасывания.

Список литературы

1. Барский М.Д. Пневмотранспорт, пылеулавливание и сепарация / М.Д. Барский, Б.С. Дроздов, В.И. Павлов. – Свердловск : Изд-во УПИ, 1979.
2. Евтюков С.А., Шапунов М.М. Пневмотранспортное оборудование в строительной индустрии и строительстве : учеб. пособие. – СПб. : ДНК, 2005. – 360 с.
3. Евтюков С.А., Шапунов М.М. Справочник по пневмокомплексам и пневмотранспортному оборудованию. – СПб. : ДНК, 2005. – 456 с.
4. Калинушкин М.П. [и др.] Справочник. Пневмотранспортное оборудование. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. – 286 с.
5. Надеин А.А. Пневмотранспорт сыпучих материалов : учеб. пособие / А.А. Надеин, Э.А. Абраменков, Р.Ш. Шабанов ; НГАСУ. – Новосибирск, 1999. – 64 с.

Рецензенты

Добромиров Виктор Николаевич, д.т.н., профессор, директор Института безопасности дорожного движения, г. Санкт-Петербург.

Ушаков Алексей Иванович, д.т.н., профессор, директор ООО «Научно-производственный информационно-консультационный центр-плюс», г. Санкт-Петербург.