



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПНЕВМОТРАНСПОРТА

Научно-производственная компания «МЕТАЛТЕК» давно и серьезно занимается техническим перевооружением различных предприятий строительной индустрии (КПД, ЖБИ, ЖБК, АГБ, БСУ и др.). Компания присутствует на рынке логистики сыпучих материалов с конца 90-х годов и, в частности, предлагает широкий спектр технологического оборудования для складских хозяйств. Это пневмокамерные насосы, аспирационные фильтры, загрузочные устройства, установки для растаривания мягких контейнеров, а также металлоконструкции и системы АСУ ТП. Специалистами компании накоплен богатый опыт в проектировании и производстве разнообразного технологического оборудования, складов сыпучих материалов, узлов разгрузки железнодорожных хопперов. В этом и следующем номере журнала «ЖБИ и конструкции» представляем ряд собственных разработок компании.

Автор: СЛЕПКО Ю. Н., главный инженер проекта НПК «МЕТАЛТЕК»

ПНЕВМОВАКУУМНЫЕ СИСТЕМЫ РАЗГРУЗКИ

Сегодня НПК «МЕТАЛТЕК» продвигает на рынок новое технологическое оборудование – пневмовакuumные разгрузчики (ПВР). Установки ПВР позволяют производить разгрузку цемента и других сыпучих материалов из любых железнодорожных вагонов в любом месте без капитального строительства. Также возможна разгрузка барж или сбор насыпного материала с площадки. Установки позволяют одновременно организовать и перевалку разгружаемого материала сразу в автоцементовозы или пневмоперекачку в силосный склад на расстояние до 250 метров. Производительность разгрузчиков в зависимости от модели, типа материала и особенностей объекта может варьироваться от 15 до 200 т/ч, хотя и это не предел.

В пневмовакuumных системах сыпучий материал откачивается из вагона посредством разрежения с помощью осадительной камеры, соединенной с вакуумным насосом. Камера загружается не под действием силы тяжести из вышерасположенного бункера, а при вакуумировании ее объема. Из камеры материал подается потребителю (силосный склад, загрузочное устройство и пр.). Существует два принципа работы таких установок: непрерывного и циклического действия.

Установка непрерывного действия материал из осадительной камеры подает на склад с помощью пневмовинтового насоса или шлюзового затвора.

Установка циклического действия подает материал с помощью избыточного давления, создаваемого в объеме осадительной камеры. Избыточное давление в камере создается попе-



Пневмовакuumный разгрузчик с гидроманипулятором для верхней выгрузки производства НПК «МЕТАЛТЕК»

ременно с разрежением с помощью попеременно подключаемых к системе вакуумного насоса или компрессора.

В силу ряда эксплуатационных преимуществ компания делает основную ставку на системы с циклическим принципом действия. Пневмовакuumные разгрузчики компании «МЕТАЛТЕК» являются набором технологического оборудования, в общем случае включающим следующие составные части (элементы):

- модуль технологический;
- приемное (заборное) устройство для верхней или нижней разгрузки;
- компрессорную.

Модуль технологический является основным рабочим элементом установки и пневмотранспортной системы в целом, включающим набор технологического оборудования и автоматизированную систему управления, обеспечивающие выполнение главного технологического процесса – пневмоперекачки сыпучего материала. Он представляет собой конструктивно самостоятельное изделие со смонтированными на нем вакуумными и компрессорными машинами, пневмокамерными насосами с фильтрами, сконфигурированными в две или одну (в зависимости от модификации) технологические линии «пневмокамерный насос – фильтр – вакуумный насос» и объединенными между собой системой трубопроводов с затворами, образующих единый комплекс для транспортировки сыпучих материалов посредством потока воздуха.

Каждая линия образует независимую пневмотранспортную систему, обеспечивающую забор материала через приемное устройство и его подачу потребителю сжатым воздухом, производимым компрессором. В установках с двумя линиями их работа осуществляется в противофазе, обеспечивая непрерывную транспортировку материала. Весь комплекс функционирует под управлением автоматизированной системы управления, синхронизирующей работу всех устройств установки.

В пневмовакuumных системах сыпучий материал откачивается из вагона посредством разрежения с помощью осадительной камеры, соединенной с вакуумным насосом. Камера загружается не под действием силы тяжести из вышерасположенного бункера, а при вакуумировании ее объема.

Приемное устройство предназначено для забора материала в точке разгрузки (вагон-хоппер, баржа, емкость и т. п.) и его транспортировки к модулю технологическому под воздействием потока воздуха, формируемого встроенными в модуль технологический вакуумными насосами.

В зависимости от решаемой задачи и эксплуатационных ограничений существует несколько вариантов приемных устройств:

- манипуляторы на базе консольного крана или гидроманипулятора специального исполнения для верхней разгрузки;



Приемное устройство лоткового типа для нижней выгрузки хопперов и минераловозов производства НПК «МЕТАЛТЕК»

- приемное устройство (лоток) стационарное (межшпальное заборное устройство) для нижней разгрузки вагонов-хопперов;
- приемное устройство подвижное для нижней разгрузки вагонов-хопперов, автоцементовозов и пр.;
- ручное устройство с соплом и гибким материалопроводом для зачистки и сбора незначительных объемов материала.

Манипуляторы предназначены для верхней разгрузки, то есть разгрузки вагонов-хопперов, барж (и пр.) через открытые верхние люки. Манипуляторы оснащены гибким материалопроводом и соплом с управляемой системой рыхления и аэрации для более эффективного забора слежавшегося материала. В зависимости от требуемой производительности и, соответственно, используемого модуля технологического гибкий материалопровод может иметь условный проход от 50 до 300 мм.

Лотки предназначены для нижней разгрузки, то есть разгрузки вагонов-хопперов, автоцементовозов и т. п. через люки, расположенные в нижней части бункера. Модификации лотков, предназначенные для разгрузки вагонов-хопперов, имеют нижнюю часть, которая устанавливается на шпалах, в межрельсовом пространстве, таким образом, что вагоны беспрепятственно проходят над ней. При установке вагонов под разгрузку они взаимно позиционируются относительно нижней части лотка, вслед за этим устанавливаются четыре стенки, плотно ограждающие пару люков. После этого можно начинать процесс разгрузки.

Для модулей технологических, не оснащенных встроенным основным технологическим компрессором, в качестве источника сжатого воздуха необходимо использовать внешнюю компрессорную. Производительность и рабочее давление компрессорной зависят от конкретной конфигурации ПВР и пневмотранспортной линии эксплуатирующего объекта.

Пневмотранспортирование как физический процесс является более энергоемким по сравнению с механическим.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НЕЕ

На основании опыта многолетнего общения с заказчиками, анализа сложившейся в России и странах СНГ системы логистики сыпучих материалов можно утверждать, что наиболее сложными и проблемными вопросами по пневмотранспортным системам являются вопросы экономической эффективности и производительности. Выведение на рынок нового типа оборудования, постоянно повышающиеся тарифы на электроэнергию и растущая конкуренция требуют более скрупулезного решения этих вопросов, а грамотный проект и точная его реализация являются залогом правильного функционирования промышленного объекта.

В части экономической эффективности нужно сразу отметить, что пневмотранспортиро-

вание как физический процесс является более энергоемким по сравнению с механическим. К механическим системам транспортировки сыпучих материалов можно отнести винтовые питатели (шнеки), ленточные транспортеры, нории. Однако в том, что касается надежности, простоты и затрат на эксплуатацию, в ряде случаев системы пневмотранспорта выигрывают у механических. И этот выигрыш тем существеннее, чем более сложной и разветвленной является система. В любом случае вопрос выбора конкретного принципа передачи материала решается на основании проекта и технико-экономического обоснования. Также стоит упомянуть о разных способах пневмотранспорта сыпучих материалов, которые существенно отличаются по своим возможностям и энергоэффективности.



Осадительные камеры пневмовакuumного разгрузчика – серийные пневмокамерные насосы производства НПК «МЕТАЛТЕК»

Главными характеристиками процесса пневмотранспортирования являются плотность потока материала, давление и количество воздуха, при которых происходит перекачка. Эти параметры находятся в непосредственной связи друг с другом, но также имеют зависимость и от дополнительных факторов.

В настоящее время нет четкого разграничения способов пневмотранспортирования в зависимости от плотности потока и давления. Существуют ориентировочные значения. Например, по величине давления в начале транспортной сети систему условно делят на установки низкого давления (до 0,11 МПа), установки среднего (до 0,2 МПа) и высокого (до 0,9 МПа) давления. По степени насыщения смеси материалом пневмотранспортное оборудование условно делят на оборудование для транспортировки с низкой концентрацией материала (до 10 кг / 1 кг воздуха), средней концентрацией (от 10 до 25 кг / 1 кг воздуха), высокой концентрацией (от 25 кг / 1 кг воздуха).

Струйные насосы – представители низкогобарного оборудования для создания потока с низкой концентрацией материала в воздухе. Они наименее энергетически эффективны, применяются в основном на коротких участках с небольшой производительностью. Пневмовинтовые насосы и пневмоподъемники работают при среднем давлении и концентрации материала от 10 до 25 кг на килограмм воздуха. Высокобарное оборудование – это пневмокамерные насосы. Этот тип питателей наиболее распространен, обладает максимальной эффективностью благодаря

Главными характеристиками процесса пневмотранспортирования являются плотность потока материала, давление и количество воздуха, при которых происходит перекачка.

пониженному расходу воздуха, простотой конструкции, высокими эксплуатационными характеристиками и приемлемой стоимостью.

Производительность пневмотранспортного оборудования как части пневмосистемы – показатель комплексный и специфический в силу ряда факторов.

Во-первых, указанная в технических характеристиках оборудования производительность является либо расчетной, либо усредненной, определенной экспериментально, и всегда для какой-то конкретной пневмотрассы с некоторым значением приведенной длины, то есть для пневмосистемы с набором своих параметров. У заказчика часто нет четкого понимания, что в зависимости от конкретного объекта, глубины проработки проекта и качества его реализации этот показатель может сильно меняться.

Во-вторых, производительность определяется в отношении конкретного сыпучего материала, точно соответствующего физико-механическим характеристикам, указанным в справочной литературе и нормативной документации, или использовавшегося при проведении эксперимента. Очень часто приходится сталкиваться с попытками просто пересчитать производительность в кубические метры и таким образом получить данные для своего материала. А между тем физическая и насыпная плотность далеко не самые важные показатели при определении производительности, есть ряд иных очень весомых характеристик.

В-третьих, производительность пневмотранспортной системы всегда зависит от производительности системы воздушноснабжения, к которой зачастую относятся без должного внимания. К этой части пневмотранспортной системы порой относятся с явным пренебрежением. И если практически не найти человека, даже поверхностно связанного с техникой, который бы поставил под сомнение важность сечения электрического кабеля, то заужение сечения магистрали сжатого воздуха для экономии некоторые считают вполне допустимым.

ПНЕВМОТРАНСПОРТНАЯ МАГИСТРАЛЬ – ВАЖНЕЙШАЯ ЧАСТЬ СИСТЕМЫ

За многие годы работы специалисты НПК «МЕТАЛТЕК» неоднократно сталкивались с непониманием важности пневмотранспортного материалопровода и его существенного вклада в производительность системы в целом. Строго говоря, именно трубопровод вносит решающий вклад в производительность системы. Главное – осознание того, что пневмотранспортная магистраль является неотъемлемой частью пневмотранспортного оборудования, осуществляющего передачу материала.

Именно слово «передача» более точно передает суть физического процесса пневмотранспорта. Также стоит упомянуть термин «питатель», общий для устройств, подающих сыпучие материалы, независимо от физических принципов. Это может быть винтовой питатель, то есть шнек, или роторный. Питатель также может быть пневмокамерным или пневмовинтовым. Другими словами, питатель подает материал в трубопровод.

Далее, в случае пневмотранспорта, вслед за порцией материала в трубопровод подается сжатый воздух – энергия для дальнейшей транспортировки порции материала по трубопроводу. То есть на втором этапе транспортирующим устройством является уже трубопровод. Выгрузка порции материала из питателя производится за несколько секунд, в зависимости от типа и модели, а вот дальнейший путь этой порции, например, силоса, до потребителя может занимать уже десятки секунд, и это время тем дольше, чем больше приведенная (или эквивалентная) длина пневмотранспортной магистрали. Количество таких порций в единицу времени и ее объем и определяют производительность конкретной пневмотранспортной системы.

Приведенной длиной трубопровода диаметра d_p называют длину l_g некоторого фиктивного трубопровода заданного диаметра d_g , при ко-



Пример плавного поворота на фоне неправильной прокладки пневмотрассы без проведения проектных работ

При неправильной прокладке пневмотрассы ошибки могут быть настолько фатальны, что на, казалось бы, вполне рядовом объекте пневмотранспортирование оказывается вообще невозможно.

торой напор, теряемый на трение жидкости в фиктивном трубопроводе, равен напору, теряемому на действительной длине Z_p реального трубопровода. В реальных условиях приведенная длина трубопровода всегда больше физической. Так, например, потери давления в отводе всегда больше, чем на прямом участке, имеющем длину, равную длине дуги отвода, причем потери тем выше, чем меньше радиус

изгиба отвода. Участки со сужением сечения также создают значительные потери. Потери создают также отводы и разветвления, поворотные затворы и вентили, стоящие в трубопроводе, сифоны с ребристой внутренней поверхностью и гофрированные рукава.

При неправильной прокладке пневмотрассы ошибки могут быть настолько фатальны, что на, казалось бы, вполне рядовом объекте пневмотранспортирование оказывается вообще невозможно.

Так, например, специалистам НПК «МЕТАЛТЕК» приходилось сталкиваться со случаями скрупулезного огибания материалопроводом каждой неровности и препятствия с помощью крутоизогнутых отводов с преобладанием поворотов на 90 градусов. Наглядный пример приведен на фотографиях. В результате неверных решений работа системы оказалась невозможной. После работы над ошибками объект был успешно запущен и сдан в эксплуатацию.

Не менее важным параметром пневмотрассы является также условный диаметр трубопровода. Так, например, для обеспечения производительности порядка 30 т/ч по цементу внутренний диаметр трубопровода должен быть около 100 мм, для производительности порядка 50 т/ч необходима труба 150 мм, для 100 т/ч – около 200 мм, а 150 т/ч потребуют условного прохода примерно в 250 мм. В зависимости от конкретных условий эти значения могут варьироваться, но в незначительных пределах и должны выбираться на основании расчета пневмотранспортной системы. Если сечение трубопровода будет существенно больше расчетного, скорость воздушного потока будет недостаточной для приведения материала в движение. Если сечение слишком узкое, то потери давления на преодоление возросшего сопротивления будут слишком велики и вся энергия потока довольно быстро погасится.

Специалистами компании постоянно производится мониторинг рынка пневмотранспортного оборудования. С сожалением можно констатировать, что есть примеры недобросовестной конкуренции, когда производитель лукавит, обещая заданную паспортную производительность своего оборудования, не вдаваясь в особенности конкретного объекта. Причем есть случаи, когда требования по производительности в принципе не могут быть обеспечены, поскольку патрубок для материалопровода имеет сечение заведомо меньше необходимого.

В любом случае специалисты ООО НПК «МЕТАЛТЕК» рекомендуют произвести хотя бы ориентировочные расчеты пневмотранспортной системы и согласование схемы материалопровода с поставщиком оборудования. Это позволит избежать ряда грубых ошибок и сократить время запуска объекта в эксплуатацию.

При проектировании и прокладке трубопровода нужно уделять внимание материалу, из которого он изготовлен, диаметру, качеству выполнения сварных стыков, фланцевых соединений и прочих сопряжений между отдельными участками и элементами. Дефекты в местах соединения отдельных элементов – смещения кромок труб, наплывы на внутренних стенках, резкие повороты и угловые стыки способствуют нарушению нормального режима течения, вызывают турбулентность, что ведет к образованию завалов в трубах. Материалопровод должен быть герметичен, абразивоустойчив, иметь максимально гладкую внутреннюю поверхность с целью минимизации сопротивления. Для низкобарных систем пневмотранспорта материалопроводы и воздухопроводы аспирационных систем изготавливают из тонколистового металла или тонкостенных труб. Для средне- и высокобарных систем используют в основном стальные бесшовные трубы. Находят применение материалопроводы из неметаллических материалов.



Основные моменты, на которых стоит заострить внимание при подборе пневмотранспортного оборудования:

- четко определиться с конкретными транспортируемыми материалами, вплоть до марки и производителя;
- решить, в каких допустимых пределах должна быть производительность системы;
- на плане объекта сделать эскиз предполагаемого материалопровода. Использовать максимально возможный кратчайший путь прокладки труб с минимальным количеством поворотов. Избегать резких поворотов с небольшим радиусом изгиба. Определить ориентировочную физическую длину трубопровода, перепад высот и, по возможности, приведенную длину;
- подобрать ряд производителей оборудования и четко сформулировать задачу (марку материала, производительность, параметры пневмотрассы);
- обратить внимание на следующие параметры предлагаемого оборудования: условный проход патрубка для материалопровода, диапазон паспортной производительности для некоторого конкретного материала на вашей или эталонной пневмотрассе;
- обратить внимание производителя на ваши конкретные условия.



НПК «МЕТАЛТЕК»
Тел.: +7 495 660 22 84
www.ruscem.ru
www.pvr.ru