

М. Н. ЧАЛЬЦЕВ

**Автомобильно-дорожный институт Донецкого государственного
технического университета**

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА МАЛОГАБАРИТНЫХ КАМЕРНЫХ ПИТАТЕЛЕЙ

Камерный питатель является одним из основных звеньев системы пневматического транспорта сыпучих материалов. В нем подготавливается и вводится в материалопровод аэродисперсная смесь, которая затем движется вдоль трубы в основном за счет энергии, приобретенной в питателе.

По сравнению с другими видами питателей (пневмовинтовыми, шлюзовыми и т. п.) камерный питатель обладает рядом преимуществ, такими как простота устройства, экономичность, отсутствие привода и частей, вращающихся в абразивной среде сыпучего материала.

В последние годы пользуются спросом на пневмотранспортные системы повышенной производительности и дальности подачи. Для таких систем камерный питатель также наиболее приемлем, поскольку у него не существует принципиальных ограничений на увеличение давления и концентрации потока до требуемого уровня.

Имеет камерный питатель и свои недостатки – цикличность работы, неравномерность выгрузки, значительные габариты по высоте. Здесь мы рассмотрим возможность и пути снижения габаритов камерных питателей.

Традиционно сложилось так, что с увеличением производительности транспортной системы, увеличивается и емкость камерного питателя, его габариты. Для однокамерных питателей, которые загружают транспортный трубопровод периодически, причины возникновения такой традиции вполне очевидны. Дело в том, что после очередной выгрузки материала камерный питатель простаивает столько времени, сколько требуется для перемещения материала вдоль трубопровода от питателя к месту назначения. Поскольку длительность транспортирования намного превышает длительность загрузки и разгрузки питателя, то для увеличения производительности установки необходимо увеличить количество материала, транспортируемого в каждом цикле, т. е. увеличить объем камеры питателя.

Для двухкамерного питателя, который подает материал в транспортный трубопровод непрерывно, длительность перемещения транспортируемого материала вдоль трубопровода не является определяющим параметром. Однако в рабочем цикле такого питателя есть свои «простои», связанные такими вспомогательными операциями как переключение затворов воздушных клапанов, деаэрация напорных камер. За счет увеличения объема камер здесь также можно уменьшить удельный вес продолжительности вспомогательных операций в общем цикле работы питателя, что способствует повышению его производительности.

Для иллюстрации рассматриваемой проблемы в таблице 1 [1] приведены технические характеристики некоторых известных одно- и двухкамерных питателей.

Как видно из таблицы высота питателя достигает 5 м, а при наличии загрузочного бункера она может достигнуть 10 м и более. В то же время высота пневмовинтового насоса НПВ-110 (110 т/час) составляет 1,2 м.

Ясно, что с увеличением габаритов питателя растет стоимость его изготовления и монтажа, материалоемкость конструкции. С учетом роста размеров питателей по высоте приходится увеличивать высоту производственных зданий и сооружений, длину коммуникаций и т. п.

По данным зарубежных исследователей [2] стоимость изготовления камерного питателя в зависимости от объема камеры составляет от 900 до 2700 фунтов стерлингов (таблица 2).

Для сравнения отметим, что стоимость изготовления пневмовинтового насоса соответствующей производительности колеблется в пределах £11000–12000.

Таблица 1 – Характеристики камерных питателей

Тип насоса	Фирма-изготовитель	Производительность (П), т/час	Объем камеры $V_k, \text{ м}^3$	$\frac{V_k}{П}, \frac{\text{м}^3 \cdot \text{час}}{\text{т}}$	Размер по высоте, м
СБ-33В (1 к)	«Углемаш» Красногорск	16	0,5	0,03	1,5
ТА-23А (1 к)	–	30	1,5	0,05	2,6
ТА-29 (2 к)	–	60	6,3	0,1	4,7
ТА-28 (2 к)	–	100	18,6	0,2	5,4
DVF-50 (2 к)	«Хитачи» Япония	50	–	–	3,3
2200-Б (2 к)	«Скет» Германия	60	–	–	5,0

Таблица 2 – Стоимость камерных питателей

Объем камеры, м^3	Цена, £
0,6	900
1,2	1440
2,4	1890
4,8	2700

Существуют и другие недостатки камерных питателей, связанные с ростом его габаритов.

Так, многие исследователи [3, 4, 5] отмечают значительную неравномерность выгрузки большегрузных питателей, что приводит к перерасходу сжатого воздуха и создает опасность возникновения завалов транспортного трубопровода.

Как показывают исследования [4, 5], в процессе выгрузки сыпучего материала из камеры большого объема, в его массиве образуются свищи и воронки, через которые происходят непродуктивные утечки сжатого воздуха. Кроме того, вследствие хаотического обрушения сводов сыпучего материала в образовавшиеся пустоты, усиливаются пульсации давления и плотности двухфазного потока. В этих условиях на практике приходится увеличивать расход сжатого воздуха против нормальных величин, т. е. снижать технико-экономические показатели транспортной системы.

В малогабаритном камерном питателе процесс выгрузки протекает быстро, свищи в массиве сыпучего материала не успевают образоваться, поэтому выгрузка производится сплошным потоком высокой концентрации. По аналогии с поршневым компрессором или гидравлическим насосом малогабаритный камерный питатель способен обеспечить стабильный поток мелкофракционного сыпучего материала в жестко заданном скоростном режиме. Роль поршня в этом случае выполняет одна из фаз транспортного процесса.

С уменьшением высоты слоя засыпки резко снижаются потери давления в камере МКП и соответственно уменьшается энергоемкость транспортирования.

С целью реализации идеи малогабаритного камерного питателя (МКП) в Автомобильно-дорожном институте Донецкого государственного технического университета (АДИ ДонГТУ) в 80–90-х годах были выполнены исследовательские и проектно-конструкторские работы, в результате которых созданы и опробованы в промышленных условиях опытные образцы МКП. В процессе исследований были разработаны концепция устройства и управления питателем,

теория выгрузки материала под давлением, конструкция основных узлов, рекомендации по использованию МКП. Некоторые результаты этих исследований кратко изложены ниже.

МКП предназначен для использования в двухкамерном исполнении при транспортировании мелкофракционных сыпучих материалов по высоконагруженным и протяжным трассам. Основным техническим параметром, отличающим МКП от обычных питателей, является удельный объем камеры $V_{ВД}$:

$$V_{ВД} = \frac{V_k}{П}, \frac{м^3 \cdot час}{т},$$

где V_k – объем камеры, $м^3$;

$П$ – производительность питателя, т/час.

Для МКП $V_{ВД}$ составляет не более 0,02 ед., т. е. на порядок ниже, чем для обычных высокопроизводительных питателей (таблица 1). Сохранение высокой производительности МКП достигается за счет соответствующего увеличения частоты переключения операций «загрузка–разгрузка».

Схема МКП представлена на рисунке 1.

Две напорные камеры 1 работают поочередно на общий транспортный трубопровод 2 и объединены общим приемным бункером 7. Камеры оборудованы быстродействующими разгрузочными 3 и загрузочными 4 затворами, клапанами подачи 5 и сброса 6 сжатого воздуха.

Сыпучий материал подается в приемный бункер непрерывно и поступает в одну из камер 1 при открытом затворе 4 и клапане 6. Для интенсификации процесса загрузки клапан 6 может быть подсоединен к вакуумной системе аспирации (на рисунке не показана). После загрузки затвор 4 и клапан 6 закрываются, а клапан 5 и затвор 3 открываются, в результате чего камера 1 наполняется сжатым воздухом, который вытесняет сыпучий материал в транспортный трубопровод 2. Проходные сечения всех клапанов и затворов при этом не должны быть меньше соответствующих размеров арматуры крупногабаритных камерных питателей.

В транспортный трубопровод сыпучий материал поступает в смеси с воздухом высокой концентрации. Чтобы довести концентрацию смеси до кондиции, соответствующей условиям транспортирования по трубопроводу, дополнительное количество воздуха вводят в транспортный трубопровод через сопло 8, 9.

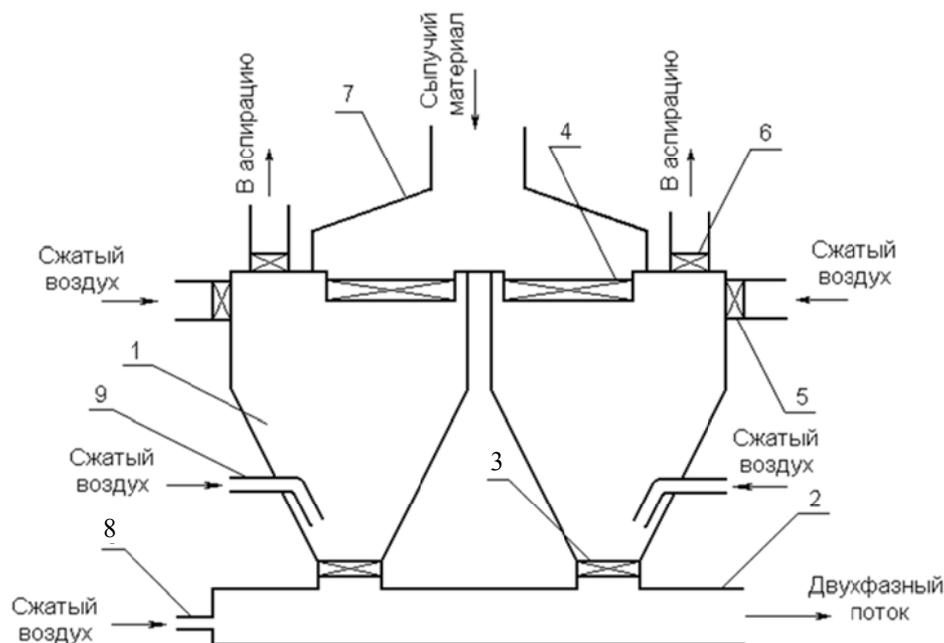


Рисунок 1 – Схема малогабаритного камерного питателя

Первоочередной задачей в создании МКП является разработка грузовых затворов повышенного быстродействия.

Обычно грузовые затворы камерных питателей оборудованы электрическими или пневматическими приводами, время срабатывания которых достигает 10 с и более [5]. Для большегрузных питателей эта величина составляет не более нескольких процентов общего цикла работы. С уменьшением объема рабочей камеры удельный вес потерь времени на вспомогательные операции существенно возрастает, что приводит к снижению производительности установки. Поэтому создание надежных быстродействующих затворов является одним из условий решения проблемы.

Один из вариантов предлагаемых затворов представлен на рисунке 2.

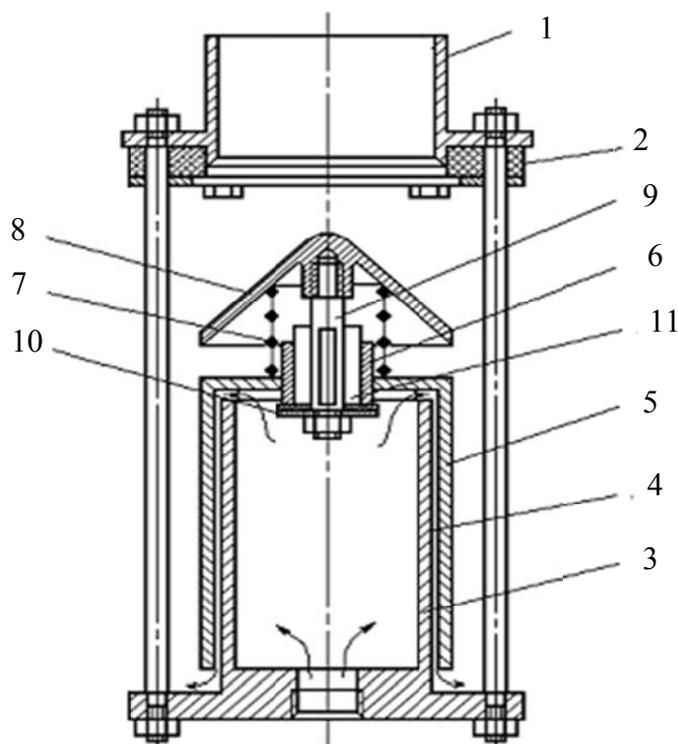


Рисунок 2 – Быстродействующий пневмозатвор

Затвор [5] расположен под загрузочным патрубком 1 питателя и снабжен опорной гильзой с установленным на ней с зазором 4 подъемным стаканом 5.

В днище подъемного стакана 5 встроена соосно ему направляющая втулка 6 с центрирующимся в ней посредством звездочки 11 штоком 9, на котором с одной стороны 9, на котором с одной стороны крепится запорный конус 8, опирающийся на втулку 5 пружиной 7, а с другой – воздушный клапан 10.

В камеру питателя сжатый воздух подается через опорную гильзу 3 затвора. При этом подъемный стакан 5 мгновенно поднимается до упора запорного конуса 8 в седло 2. Затвор закрыт. Но стакан 5 продолжает подниматься, сжимая пружину 7. При этом открывается клапан 10, открывая сжатому воздуху выход в камеру питателя.

Таким образом, функция затвора совмещена в этом устройстве с функцией управления подачи сжатого воздуха в камеру на продувку, благодаря чему упрощается система управления питателем и сокращается время переключения затвора.

Другой вариант быстродействующего затвора представлен на рисунке 3.

Устройство содержит загрузочный патрубок 1, закрепленный на корпусе 2, установленном на пневмотранспортной установке 3. В корпусе 2 соосно загрузочному патрубку 1 встроено стакан 4 с впускным воздухоподводящим патрубком 5. Отсекающий клапан 6 с цилиндрической юбкой установлен на стакане 4 с возможностью вертикального перемещения для перекрытия загрузочного патрубка 1 и выпуска части сжатого воздуха из стакана во

внутреннюю полость корпуса 2. Клапан 6 оснащен штоком 7, который перекрывает на длине, равной ходу клапана 6, верхнюю часть перепускного патрубка 8, встроенного в дно стакана 4 соосно ему. В перепускном патрубке 8 установлена возвратная пружина 9, прикрепленная верхним концом к штоку 7, а нижним – к патрубку 8. К нижнему концу патрубка 8 присоединен отвод 10 на аэрацию материала в пневмотранспортной установке 3.

Так же, как и в предыдущем случае, он приводится в действие потоком сжатого воздуха, поступающего в камеру на выгрузку материала, с тем существенным отличием, что часть этого потока отводится в нижнюю часть камеры питателя к аэрирующим устройствам с целью улучшения транспортабельности сыпучих материалов [6].

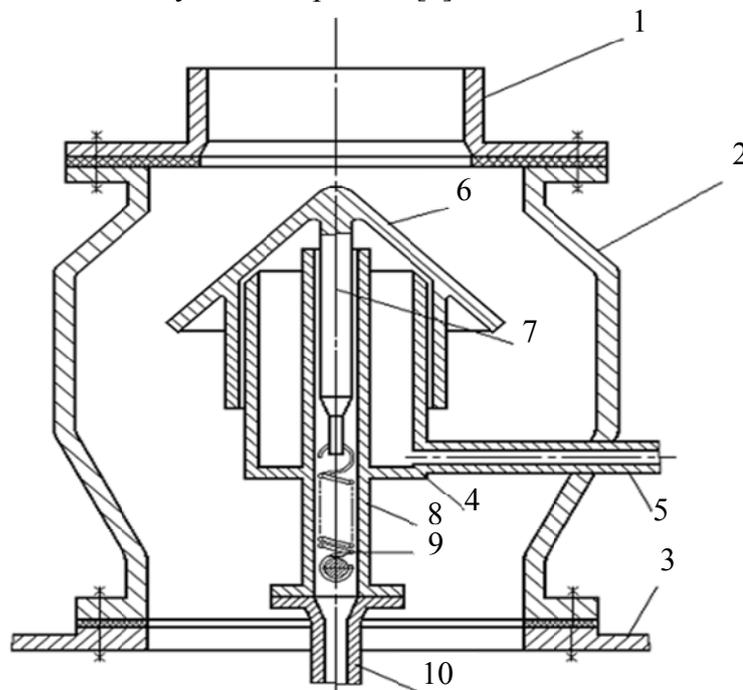


Рисунок 3 – Загрузочное устройство

В конструкции питателя, схема которого представлена на рисунке 4, загрузочный и разгрузочный затворы выполнены единым агрегатом [7]. Устройство загрузочного затвора данного питателя в принципе не отличается от выше приведенных аналогов. Опорная гильза 1 с воздухоподводящим патрубком 2 жестко установлена в корпусе 3 питателя. Подъемный стакан 4 помещен с зазором в опорную гильзу, с возможностью подъема под действием сжатого воздуха до упора запирающего конуса в седло загрузочной горловины 5.

Разгрузочный затвор 6, опирающийся на седло патрубка 7, снабжен штоком 8 с пружиной 9.

Своей верхней частью шток 7 входит внутрь подъемного стакана 4 через отверстие в его днище, а на некотором расстоянии от дна на нем установлена опорная шайба 10, диаметр которой больше диаметра отверстия в днище стакана.

В нормальном положении подъемный стакан загрузочного затвора опущен, грузовой канал загрузочной горловины открыт, производится загрузка питателя сыпучим материалом. В это время разгрузочный затвор 6 пружиной 9 прижимается к седлу разгрузочного патрубка 7, перекрывая выпускной канал. После загрузки камеры питателя сжатый воздух подается по патрубку 2 в опорную гильзу 1. Под действием сжатого воздуха подъемный стакан поднимается до упора запирающего конуса в седло загрузочной горловины 5. Загрузочный затвор закрыт.

В процессе подъема стакан 4 захватывает своим днищем опорную шайбу 10 и с помощью штока 8 поднимает разгрузочный затвор 6, открывая канал выгрузки. Через зазоры между подъемным стаканом и опорной гильзой, а также между штоком 8 и проходным патрубком опорной гильзы сжатый воздух поступает в камеру питателя на аэрацию и продувку.

Производится процесс выгрузки сыпучего материала в транспортный трубопровод. Затем цикл повторяется.

Жесткость пружины рассчитана таким образом, чтобы сдерживать напор материаловоздушной среды, находящейся в транспортном трубопроводе.

Зазором между дном подъемного стакана и опорной шайбой 10 устанавливается высота подъема разгрузочного затвора 6.

Предлагаемый малогабаритный питатель предназначен для работы в двух- и многокамерных системах пневмотранспорта, обеспечивая повышение их надежности и экономичности. При высокой частоте срабатывания грузовых затворов, особенно в условиях повышенных температур сыпучего материала, усложняется проблема обеспечения надежности уплотнительных устройств.

В лаборатории АДИ ДонГТУ для мелкозернистых сыпучих материалов (зола, угольная пыль и др.) разработан способ уплотнения затвора без применения эластичных уплотнительных прокладок [8]. Способ заключается в том, что уплотняемые поверхности затвора снабжают кольцевыми клиновидными канавками. В эти канавки при загрузке питателя попадает транспортируемый материал, который спрессовывается в них в момент прижатия клапана к седлу. Для разгрузки камеры питателя сжатый воздух подают под слой материала так, чтобы взвешиваемые им частички, проникая под давлением в зазор между седлом и клапаном, дополнительно уплотняли его.

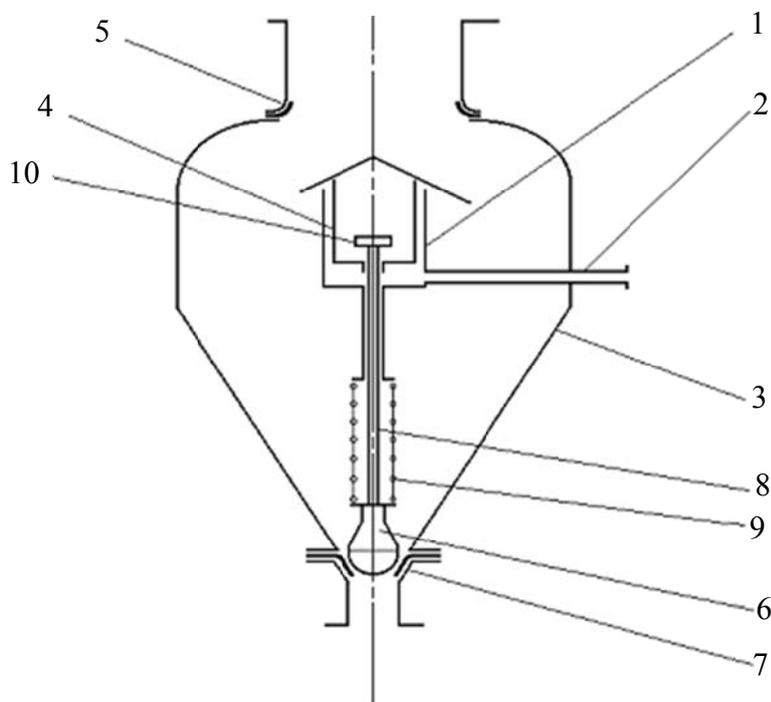


Рисунок 4 – Камерный питатель

Опытные образцы МКП, а также быстродействующая арматура и аппаратура управления к ним были созданы в АДИ ДонГТУ и прошли промышленные испытания в действующих системах пневмозолоудаления на Кураховской ТЭС, Семипалатинской ТЭС, а также в системе пылеприготовления Славянской ТЭС. Замена ими пневмовинтовых насосов позволяет снизить энергозатраты на 20–40 %, капитальные затраты уменьшаются в 2–3 раза.

Литература

1. Калинушкин М. П. Пневмотранспортное оборудование: справочник / М. П. Калинушкин и др. – Л.: Машиностроение, 1986. – 286 с.
Kalinushkin M. P. Pnevmotransportnoye oborudovaniye: spravochnik (Pneumatic Conveying Equipment) / M. P. Kalinushkin i dr. – L.: Mashinostroyeniye, 1986. – 286 s.
2. Reed A. R. Powder and Bulk Engineering / A. R. Reed. – 1990. – № 3. – P. 35–41.
3. Малис А. Я. Исследование работы камерного питателя / А. Я. Малис, М. Г. Касторных // Труды ВНИИЗ. – 1966. – Вып. 55.
Malis A. Ya. Issledovaniye raboty kamernogo pitatelya (Blow Tank Operation Research) / A. Ya. Malis, M. G. Kastornykh // Trudy VNIIZ. – 1966. – Вып. 55.
4. Смольский С. И. Исследование пневматической выгрузки пылевидных материалов из транспортных резервуаров саморазгружающегося судна: автореф. канд. дис. к. т. н. / С. И. Смольский. – Л.: ЛИВТ, 1969.
Smolskiy S. I. Issledovaniye pnevmaticheskoy vygruzki pylevidnykh materialov iz transportnykh rezervuarov samorazgruzhayushchegosya sudna: avtoref. kand. dis. k.t.n. (Dusty Materials Unloading from Transport Vessels of Self Unloading Ships) / S. I. Smolskiy. – L.: LIVT, 1969.
5. Островский Г. М. Пневматический транспорт сыпучих материалов в химической промышленности / Г. М. Островский. – Л.: Химия, 1984. – 104 с.
Ostrovskiy G. M. Pnevmaticheskiy transport sypuchikh materialov v khimicheskoy promyshlennosti (Bulk Materials Pneumatic Conveying in Chemical Industry) / G. M. Ostrovskiy. – L.: Himiya, 1984. – 104 s.
6. А. с. 1216099 СССР, МКИ В65G53/46. Пневмозатвор камерного питателя / М. Н. Чальцев и др. – Оpubл. 07.03.86, Бюл. № 9
A. s. 1216099 SSSR, MKI B65G53/46. Pnevmozatvor kamernogo pitatelya (Blow Tank Pneumatic Lock) / M. N. Chaltsev i dr. – Opubl. 07.03.86, Byul. № 9.
7. А. с. 1416403 СССР, МКИ В65G53/40. Устройство для загрузки сыпучего материала пневмотранспортную установку / М. Н. Чальцев и др. – Оpubл. 5.08.88, Бюл. № 30
A. s. 1416403 SSSR, MKI B65G53/40. Ustroystvo dlya zagruzki sypuchego materiala (The Device for Bulk Materials Loading) / M. N. Chaltsev i dr. – Opubl. 15.08.88, Byul. № 30.
8. А. с. 1668257 СССР, МКИ В65G53/40. Питатель для пневматической подачи сыпучего материала / М. Н. Чальцев и др. – Оpubл. 07.08.91, Бюл. № 29
A. s. 1668257 SSSR, MKI B65G53/40. Pitatel dlya pnevmaticheskoy podachi sypuchego materiala (Feeders for Bulk Materials Pneumatic Feed) / M. N. Chaltsev i dr. – Opubl. 07.08.91, Byul. № 29.