

О сравнительных характеристиках видов пневмотранспорта в свете энергосбережения

Доклад

Казначеев С.В.,
технический директор
ООО «ИПК «МЕТАЛТЕК»

Содержание

1. Краткий обзор существующих схем транспортировки цемента, общепринятые предпочтения для выбора.
2. Преимущество и недостатки пневмовинтовых насосов по результатам эксплуатации
3. Преимущества и недостатки пневмокамерных насосов по результатам эксплуатации
4. Преимущества и недостатки "пневмопушек" по результатам эксплуатации
5. Преимущества и недостатки эрлифтов по зарубежным данным и результатам эксплуатации неполных аналогов
6. Преимущества и недостатки струйных насосов по результатам эксплуатации
7. Другие виды пневмотранспорта
8. Сравнительные характеристики по энергозатратам и другим показателям эффективности
9. Выводы о применимости каждого способа на цемзаводах, цементных терминалах, перевалочных базах и предприятиях ЖБИ

1. Краткий обзор

«Экспансия иностранных производителей на рынке оборудования для цементной промышленности ...» (и так далее) - так начинается рекламная интернет-статья к.т.н. Хлудеева В. И. об энергосбережении на транспорте цемента за счет модернизации монжусов. Наверное, нет смысла спорить или соглашаться с данным утверждением. Лучше постараться проанализировать, почему в том или ином случае применяется тот или другой вид пневмотранспорта, и попытаться оценить его эффективность.

Известно, что отчасти ситуация с типологией пневмотранспорта сложилась исторически с начала советских времен, когда внедрялись и копировались западные технологии. Затем появились успешные советские разработки. Потом наметилась тенденция поставки полностью импортных линий и заводов.

Однако дело не в этом, а скорее в том, что мировая теория и практика выдавала устойчивую, что называется, «картину маслом», основывающуюся на показателях производительности и соответствия техпроцессу. На большие расстояния со средней производительностью — камерные насосы (или монжусы); с высокой производительностью на средние расстояния — винтовые насосы (или фулеры); на большую высоту — подъемники (или эрлифты), на короткие расстояния с малой производительностью — струйные насосы (или эжекторы); при невозможности гравитационной или напорной выгрузки – вакуумные системы. Естественно, также принимались во внимание капиталовложения, габариты и энергозатраты, но как второстепенный фактор.

Сейчас, понятно, ситуация изменилась. Нет, конечно, технология не потеряла свою значимость. Но, «при прочих равных», энергоэффективность и стоимость обслуживания обретают приоритетный смысл при выборе решения в случае нового строительства или модернизации

участков пневмотранспорта.

Как известно, к недостаткам пневмотранспорта относят: кроме высокого удельного расхода электроэнергии на тонну перемещаемого материала еще и износ трубопроводов и других элементов пневмотранспорта. Да, правильно. Однако, вспоминая великого Эйнштейна, можно сказать: все относительно.

Поэтому давайте рассмотрим каждый вид пневмотранспорта в отдельности с учетом данных от служб Главного механика и Главного энергетика ряда заводов и терминалов, почерпнутых из нашего и партнерского опыта.

2. Пневмовинтовые насосы (сокращенно ПВН)

Неоспоримые преимущества:

- низкая высота конструкции;
 - необязательность наличия столба цемента;
 - необязательность встройки в линию воздухосборников;
 - возможность работы на среднем и низком давлении
- довольно притягательны для компоновки участка.

Основные параметры, заявляемые производителем:

- высокая надежность;
 - низкие расходы на техобслуживание;
 - объемы транспортировки до 400 т/ч;
 - расстояние транспортировки до 1500 м
- присущи, в большей степени, импортным изделиям (FL Smidth, IBAU, Claudis Peters и т.п.), но совершенно не согласуются с реалиями отечественных ТА-14, ТА-39, НПВ-60 и т.д. (к великому сожалению!).

Такие характерные черты ПВН, как:

- непрерывная транспортировка без пульсаций;
 - возможность частичной производительности;
 - устойчивость к ударам давления;
 - высота подачи до 35 м
- могут служить двоякую (как положительную, так и отрицательную) роль в том, или ином контексте.

Главные недостатки:

- потребление электроэнергии на привод шнека;
 - абразивный износ шнека и гильзы;
 - высокое потребление сжатого воздуха;
 - абразивный износ колен трубопроводов
- все это заставляет «считать копейчку» при составлении сметы на периодическое обслуживание.

3. Пневмокамерные насосы (сокращенно ПКН)

Стоит сразу отметить, что следует различать монжусы типа ТА-23, ТА-29, НО-324 и т.п., с одной стороны, и пневмокамерные насосы НПА-50, НКЦ-30, ПН-40 и т.д., с другой стороны, несмотря на общий принцип работы.

Отличия ПКН от монжусов:

- существенно меньшие габариты по высоте;
 - отсутствие необходимости регистрации в Ростехнадзоре из-за меньшего объема – до 1,0 м³ на высоких давлениях;
 - отсутствие движущихся механизмов внутри камеры
- предпочтительно сказываются в системах с производительностью в пределах 40 т/час цемента от 1 насоса. Принято считать, что с увеличением объема камерного насоса растет производительность.

На практике прямой зависимости нет, много других факторов влияет на итоговую цифру.

Неоспоримые общие преимущества ПКН и монжусов:

- высокая надежность;
 - низкие расходы на техобслуживание;
 - возможность частичной производительности;
 - настройка режима с псевдооживлением потока;
 - сравнительно невысокое энергопотребление источников сжатого воздуха
- в разной степени относятся к ПКН и к монжусам.

Основные параметры:

- производительность до 150 т/час (по зарубежным данным) и до 100 т/час (по отечественным);
 - расстояния транспортировки до 3500 м (по зарубежным данным) и 1000 м (по отечественным);
 - высота подачи до 50 м
- свидетельствуют о широком круге применимости ПКН и монжусов на разных заводах.

Главные недостатки:

- большая высота, чем у других насосов;
 - прерывистый (пульсирующий) поток;
 - соблюдение требования ПБ как к сосудам, работающим под давлением (для монжусов);
 - наличие столба цемента для быстрого заполнения камеры;
 - наличие воздухоотделителей во избежание просадки давления;
 - сравнительно высокий удельный расход сжатого воздуха 80-120 м³ на тонну (для монжусов)
- все это требует специальных мер и решений (а значит, дополнительных затрат) для повышения эффективности.

Справедливости ради, следует признать, что конструкция ПКН и монжусов позволяет искать, находить и внедрять наиболее эффективные режимы и способы засыпки и выкачки из камеры – образно выражаясь, необъятный простор для творчества.

4. Пневмопушки

Одним из таких результатов творчества является использование «миникамерного» (или пневмоимпульсного) насоса, иначе говоря, пневмопушки, работающего по принципу плотного слоя. Зачинателями данного метода являются зарубежные фирмы Clyde Bergemann и Claudis Peters, а в России – к.т.н. Ермаков В.В, институт ЭНИН, и к.т.н. Мочалов В.Н., институт МИЭТ.

Достоинства пневмопушки:

- компактность;
 - низкие расходы на техобслуживание;
 - настройка режима с высокой плотностью потока (а значит, с меньшим абразивным износом трассы)
- могут «дать фору» любому другому виду пневмотранспорта.

Заявленные обладателями патента РФ свойства:

- сравнительно низкое удельное потребление сжатого воздуха 5-20 м³ на тонну;
 - существенно низкое энергопотребление источников сжатого воздуха;
 - расстояния транспортировки до 800 м;
 - высота подачи до 50 м
- заставляют многих специалистов пристально присмотреться к данному методу (что, впрочем, не всегда удается).

Нижеуказанные недостатки:

- необходимость проектирования каждой системы индивидуально;
- возможность «схлопывания» (закупоривания) пневмотранспорта при нарушении совокупности исходных параметров;
- достаточно ощутимый удар каждой порции в приемной точке;
- влияние «человеческого фактора» на непрерывную безотказную работу

- весьма незначительны (здесь можно было бы поставить смайлик).

Однако, отсутствие устойчиво сложившейся картины всех параметров системы на разных (хоть и немногочисленных) производственных площадках не позволяет априори спрогнозировать существенный порядок эффективности применения пневмопушки. В особенности, это касается протяженных трубопроводов (более 200 м) и вертикальных участков, где требуется дополнительная инъекция сжатого воздуха.

В общем, метод достаточно «молодой» - всего 10-12 лет в России. И, возможно, в будущем его ждет успех.

5. Эрлифты и пневмоподъемники

Пневматическим подъемником (эрлифтом) принято называть установку нагнетательного типа, транспортирующую смеси высокой концентрации на вертикальных участках. Внешне подъемник напоминает камерный насос с верхним выходом, но загрузка происходит с помощью шнекового питателя, как у ПВН.

Достоинства эрлифтов:

- высокая технологическая надежность;
 - возможность частичной производительности;
 - возможность работы на низком давлении;
 - непрерывный режим работы;
 - существенно низкое удельное потребление сжатого воздуха 2-20 м³ на тонну;
 - сравнительно низкое энергопотребление источников сжатого воздуха;
 - малый износ трубопровода
- приятно «радуется глаз» как технологам, так и механикам, почти не взирая на страну-изготовитель.

Но такие заявляемые свойства подъемников, как:

- настройка режима с псевдооживлением потока и с плотным слоем;
 - высота транспортировки до 120 м (по зарубежным данным) или до 35 м (по отечественным);
 - производительность до 900 т/час (по зарубежным данным) или до 100 т/час (по отечественным)
- заставляют задуматься о соответствии российских образцов импортным прототипам.

Главные «минусы»:

- практически полная невозможность транспортирования по горизонтали;
 - большие сопротивления при наличии трубопровода с коленами и разветвлениями;
 - потребление электроэнергии на привод шнека;
 - абразивный износ шнека и гильзы
- накладывают значительные ограничения на применение эрлифтов.

Но все же принцип транспорта на малых скоростях остается весьма притягателен для специалистов.

6. Струйные насосы (сокращенно ПСН)

Струйные насосы представляют собой простейшую конструкцию с соплом-эжектором в интенсифицирующей камере и предназначены для небольших потоков твердых материалов. В зависимости от требуемых условий эксплуатации могут быть выполнены с аэрационным днищем и без него.

Положительные качества ПСН:

- компактность;
 - низкие расходы на техобслуживание;
 - возможность работы на низком давлении;
 - надежность вследствие простоты конструкции;
 - отсутствие подвижных элементов в транспортном потоке;
 - непрерывный режим работы
- на первый взгляд, могут привлечь внимание инженеров-технологов и проектировщиков.

Однако следующие характерные признаки расставляют все по своим местам:

- объемы транспортировки до 10 т/ч;
- расстояние транспортировки до 100 м;
- высокое потребление сжатого воздуха;
- высота подачи до 15 м;
- поступление воздуха обратно в исходный бункер, что препятствует полному опорожнению - как говорится, «чудеса бывают, но редко».

Несмотря на это, опыты и эксперименты по совершенствованию струйных насосов продолжаются. Родственники ПСН – донные или боковые пневморазгрузатели - выдают выше производительность при усложненной конструкции. Вера в творческий потенциал русского человека неиссякаема. Есть чем гордиться.

7. Другие виды пневмотранспорта

Для горизонтального транспорта цемента и других сыпучих материалов известен способ гравитационного перемещения в аэрожелобах. При этом цемент, смешанный с воздухом под низким давлением, при уклоне 3-7° под действием силы тяжести может перемещаться на некоторые расстояния с малой скоростью и с низкими энергозатратами. Подробно этот способ в данной работе не рассматривается из-за сравнительно малого распространения в настоящее время и необходимости стыковки с другими видами транспорта (обычно механическими).

Следующий способ пневмотранспорта – с использованием ячеякового (или роторного, или шлюзового питателя) редко применяется для цемента из-за его абразивных свойств, довольно быстро выводящих из строя лопатки питателя и нарушающего его герметичность. Вследствие чего резко падает производительность системы, изначально сравнительно высокая.

Также не рассматривается вакуумный тип пневмотранспорта из-за локальности применения, необходимости стыковки с другими видами транспорта (нагнетательными), сложности и высокой стоимости оборудования. Ради шутки можно сказать, что представители KOVAKO или CNBM с удовольствием ответят на Ваши вопросы по вакуумным системам.

8. Сравнительные характеристики

Переходим к рассмотрению комплексных показателей эффективности. Для оценки того или иного вида пневмотранспорта достаточно взять следующие критерии: экономические (капиталовложения и эксплуатационные расходы), технологические (характеристики и конструкция) и экологические (охрана труда и эргономика).

По капиталовложениям в пневмотранспортное оборудование исследуемые виды располагаются в порядке убывания: монжусы, пневмовинтовые насосы, эрлифты, пневмокамерные насосы, струйные насосы, пневмопушки. По капиталовложениям в тягодутьевое оборудование – также в порядке убывания: ПВН, подъемники, ПСН, монжусы, ПКН, пневмопушки. По стоимости СМР – монжусы, ПКН, эрлифты, ПВН, ПСН, пневмопушки. По энергозатратам – ПВН, эрлифты, ПСН, монжусы, ПКН, пневмопушки. По затратам труда, а также стоимости ЗИП и комплектующих – ПВН, эрлифты, монжусы, ПКН, пневмопушки, ПСН.

По производительности в порядке убывания: эрлифты, ПВН, монжусы, ПКН, пневмопушки, ПСН. По дальности подачи – монжусы, ПКН, ПВН, пневмопушки, ПСН, эрлифты. По высоте подачи – эрлифты, монжусы, ПКН, пневмопушки, ПВН, ПСН. По удельному потреблению сжатого воздуха на тонну цемента – ПВН, ПСН, монжусы, ПКН, пневмопушки, эрлифты. По габаритам – монжусы, ПКН, эрлифты, ПВН, ПСН, пневмопушки. По конструкции в порядке упрощения – эрлифты, монжусы, ПВН, ПКН, пневмопушки, ПСН. По обвязке другим технологическим оборудованием в порядке упрощения: монжусы, ПКН, пневмопушки, ПВН, эрлифты, ПСН.

По абразивному износу трубопроводов, и как следствие, запылению в порядке убывания:

ПВН, ПСН, монжусы, ПКН, пневмопушки, эрлифты. По нагрузке на аспирационную систему – ПВН, монжусы, ПСН, пневмопушки, ПКН, эрлифты. По уровню шума – ПВН, эрлифты, пневмопушки, монжусы, ПКН, ПСН. По эргономике техобслуживания – ПСН, пневмопушки, ПКН, монжусы, эрлифты, ПВН.

	Типы пневмотранспорта	ПВН	Эрлифт	Монжус	ПКН	ПСН	Пневмопушка
		Распределение мест в порядке убывания (1 → 6)					
<i>А. Экономические показатели эффективности</i>							
1	Капиталовложения в оборудование транспорта	2	3	1	4	5	6
2	Капиталовложения в тягодутьевое оборудование	1	2	4	5	3	6
3	Стоимость строительно-монтажных работ	4	3	1	2	5	6
4	Эксплуатационные энергозатраты	1	2	4	5	3	6
5	Затраты труда на обслуживание	1	2	3	4	6	5
6	Стоимость ЗИП и комплектующих	1	2	3	4	6	5
<i>В. Технологические показатели эффективности</i>							
7	Производительность пневмотранспорта	2	1	3	4	6	5
8	Дальность подачи пневмотранспорта	3	6	1	2	5	4
9	Высота подачи пневмотранспорта	5	1	2	3	6	4
10	Удельное потребление сжатого воздуха на тонну	1	6	3	4	2	5
11	Габариты насосного оборудования	4	3	1	2	5	6
12	Сложность конструкции насосного оборудования	3	1	2	4	6	5
13	Сложность обвязки другим оборудованием	4	5	1	2	6	3
<i>С. Экологические показатели эффективности</i>							
14	Нагрузка на аспирационную систему	1	6	2	5	3	4
15	Абразивный износ трубопроводов и пыление	1	6	3	4	2	5
16	Уровень шума пневмотранспорта	1	2	4	5	6	3
17	Удобство эксплуатации и обслуживания	6	5	4	3	1	2

9. Выводы

Итак, мы подробно рассмотрели различные особенности непосредственно основного элемента пневмотранспорта – насосов разных типов. Поняли, что этим звеном не ограничивается вся пневмотранспортная линия или установка и ее характеристики.

Свою лепту вносят тягодутьевые машины: компрессоры, воздуходувки - производительность сжатого воздуха, потребляемая мощность, стоимость, уровень автоматизации и т.д. Влияют на итоговую оценку параметры трассы – диаметр, длина, перепад высот, количество и угол поворотов, количество и угол ответвлений, тип запорно-переключающей арматуры. Весомый вклад дает грамотная аспирация процесса. Ну и, естественно, самые главные параметры для выбора – производительность, деньги и пресловутый «человеческий фактор».

И именно на основе совокупности показателей всех звеньев системы можно оценить эффективность применения того или иного типа пневмотранспорта либо на цементных заводах, либо на терминалах с ж/д разгрузками, либо на заводах ЖБИ.

«Что же можно посоветовать, - спросите Вы меня, - инженеру, технологу, энергетика, механику или просто координатору проектов в плане грамотного выбора пневмотранспортной установки?»

Обычно после этого риторического вопроса во многих статьях и работах следует приглашение: обращайтесь, мол, к проектировщикам и специалистам (сиречь авторы и докладчики) и «будет вам благо».

Но в этом случае теряется ценность пусть небольшого, но исследования и хоть плохонького, но сравнительного анализа. Задача стояла на основе опыта и практических сведений, взятых из реальных условий, донести до уха внимательных слушателей всю многогранность такой простой и всем известной, на первый взгляд, штуки, как пневмотранспорт цемента.

Напоследок кратко скажу, что развитие пневмотранспорта и его усовершенствование в России в настоящее время идет в следующих направлениях:

- создание наиболее эффективных способов транспортирования с целью увеличения экономичности и надежности пневмотранспорта;
- совершенствование существующих и разработка новых систем и методов расчета пневмотранспорта и его элементов;
- полная автоматизация работы пневмотранспортных линий.

Иначе говоря, нет предела совершенству. Но, с другой стороны, и нет идеального оборудования на все случаи жизни.

«Каждый выбирает для себя...», - как поется в песне.