

УДК 621.515; 621.43.031.3

Экспериментальный стенд для пневмотранспортирования сыпучих материалов

А.А. Бикинеева

Студент, кафедра «Вакуумная и компрессорная техника физических установок»

МГТУ им.Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Научный руководитель: Белотелова Л.Н., ассистент кафедры «Вакуумная и

компрессорная техника физических установок» МГТУ им.Н.Э. Баумана,

г. Москва, Россия,

МГТУ им.Н.Э. Баумана

bikineevaa@rambler.ru

1. Введение

Пневмотранспортные установки представляют собой комплекс устройств, обеспечивающих перемещение сыпучих материалов (пылевидных, порошкообразных, зернистых, измельченных и т.д.) или специальных транспортных средств (капсул, контейнеров с сырьем, готовой продукцией и т.д.) с помощью сжатого воздуха или разреженного газа.

Пневмотранспорт является одним из прогрессивных способов механизации и автоматизации перемещения насыпных грузов как в нашей стране, так и за рубежом. Этот вид транспорта нашел свое применение во многих отраслях промышленности и народного хозяйства.

Преимущества пневмотранспортирования:

- возможность перемещения сыпучих материалов по сложной траектории;
- защита окружающей среды от распыления транспортируемого материала;

- пневмотранспортные установки требуют относительно малых площадей для оборудования и материалопроводов (прокладка в любых труднодоступных местах);
- оборудования отличаются простотой эксплуатации, легкостью управления и возможностью автоматизации и дистанционного управления;
- улучшение условий труда на предприятиях химической, текстильной, легкой, пищевой промышленности и т.д.

Недостатки пневмотранспортирования:

- сравнительно высокий удельный расход электроэнергии на тонну перемещаемого материала;
- износ материалопроводов и других частей установки, соприкасающихся с транспортируемым материалом;
- различие видов транспортируемых материалов (особенно в строительстве – применение новых видов строительных материалов);
- как следствие предыдущего пункта, отсутствие в современной технической литературе достаточно обоснованных и проверенных методов расчета систем пневмотранспорта, что особенно ощущается в связи с появлением новых видов сыпучих материалов в различных отраслях промышленности и народного хозяйства.[3]

В связи с вышеизложенным, возрастает роль проведения широкой серии экспериментальных работ на специально оборудованных стендах.

Качественное проведение экспериментов обеспечивается выбором соответствующих источников повышенного давления воздуха, обеспечивающих подачу воздуха в материалопровод без примеси паров воды и масла и характеризующихся достаточно простым регулированием для изменения параметров нагнетаемого воздуха. Этим требованиям соответствуют вихревые машины, которые отличаются «сухой» проточной частью, отсутствием помпажных явлений при изменении сопротивления сети. Машины этого типа имеют характеристику, которая позволяет предотвратить появление завалов на линии пневмотранспортирования.

2. Описание экспериментального стенда

Исследование процессов пневмотранспортирования планируется проводить на экспериментальном стенде, имеющем горизонтальный материалопровод, исходя из геометрии предоставляемого технического помещения.

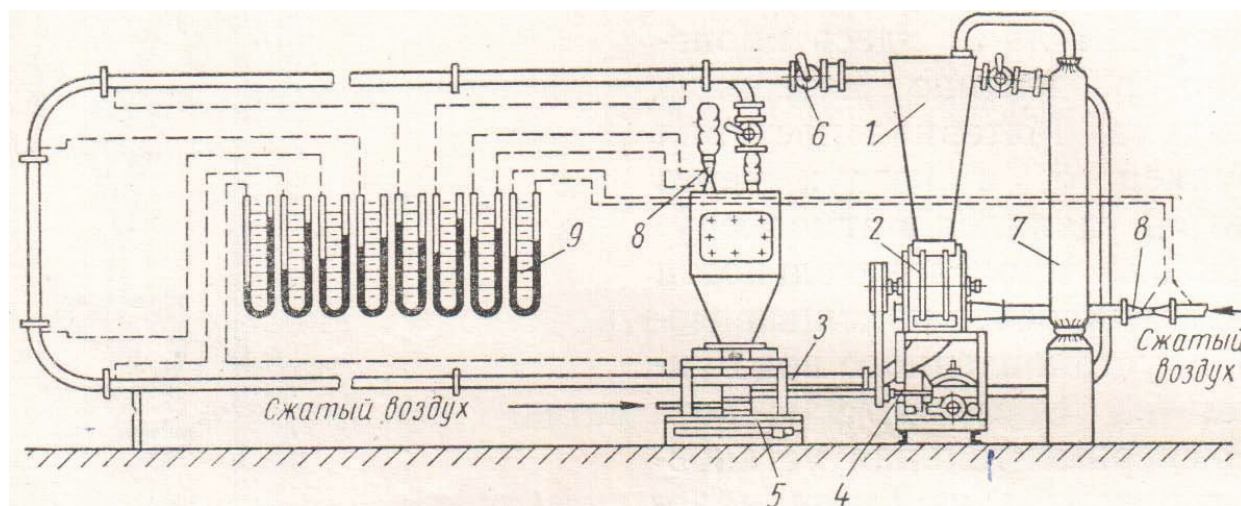


Рис. 1. Экспериментальный стенд:

1 – бункер; 2 – шлюзовой питатель; 3 – материалопровод; 4 – вариатор; 5 – весы;
6 – пробковые краны; 7 – тканевый фильтр; 8 – труба Вентури; 9 – трубные манометры

Экспериментальный стенд с горизонтальным материалопроводом (рис. 1) состоит из шлюзового питателя 2, над которым установлен бункер 1, материалопровода 3, весов 5 с бункером и фильтра 7.

Материалопровод имеет два горизонтальных участка и два небольших вертикальных участка. На трассе имеется четыре плавных отвода.

Транспортируемый материал из бункера 1 поступает в шлюзовой питатель 2, который одновременно служит и дозатором, так как число его оборотов меняется с помощью вариатора. В питатель также нагнетается сжатый воздух, поступающий от компрессора. Образовавшаяся в питателе аэросмесь транспортируется по материалопроводу в бункер 1. Воздух, удаляемый из установки, очищается в фильтре 7. Определение производительности осуществляется путем периодического направления материала в бункер весов 5.

С помощью трубных манометров 9 определяется величина потери давления в начале и в конце материалопровода, а также в промежуточных точках по длине материалопровода.

Кроме того предполагается оценить сопротивление переключателя, включенного в вышеприведенную схему.

3. Расчет сопротивления линии и выбор параметров нагнетателей

На экспериментальном стенде планируется исследование двух режимов пневмотранспортирования: пневмотранспортирование в режиме аэрозольтранспорта и в режиме малой концентрации.

По результатам предварительного расчета пневмотранспортной линии имеем: производительность установки в режиме аэрозольтранспорта 7 т/ч, в режиме малой концентрации 3 т/ч при общем диаметре материалопровода 0,1 м.

Сопротивление пневмотранспортной линии рассчитывалось следующим образом:

- режим аэрозольтранспорта: $\Delta H_m = 0.65 \cdot v_{в.ср}^{0.72} \cdot \mu$, кПа, [1]

где μ – весовая концентрация аэросмеси, кг/кг;

$v_{в.ср}$ – средняя скорость воздушного потока, м/сек;

- режим малой концентрации: $\Delta P_{общ} = \Delta P_{матер} + \Delta P_{под} + \Delta P_{разг} + \Delta P_{возд}$, кПа, [2]

где $\Delta P_{матер}$ – потери давления в материалопроводе, кПа;

$\Delta P_{под}$ – потери давления на подъем, кПа; $\Delta P_{разг}$ – потери давления на разгон, кПа;

$\Delta P_{возд}$ – сопротивление воздуха от выхода из нагнетателя до входа в материалопровод, кПа.

В результате расчетов и полученных данных, были построены следующие зависимости:

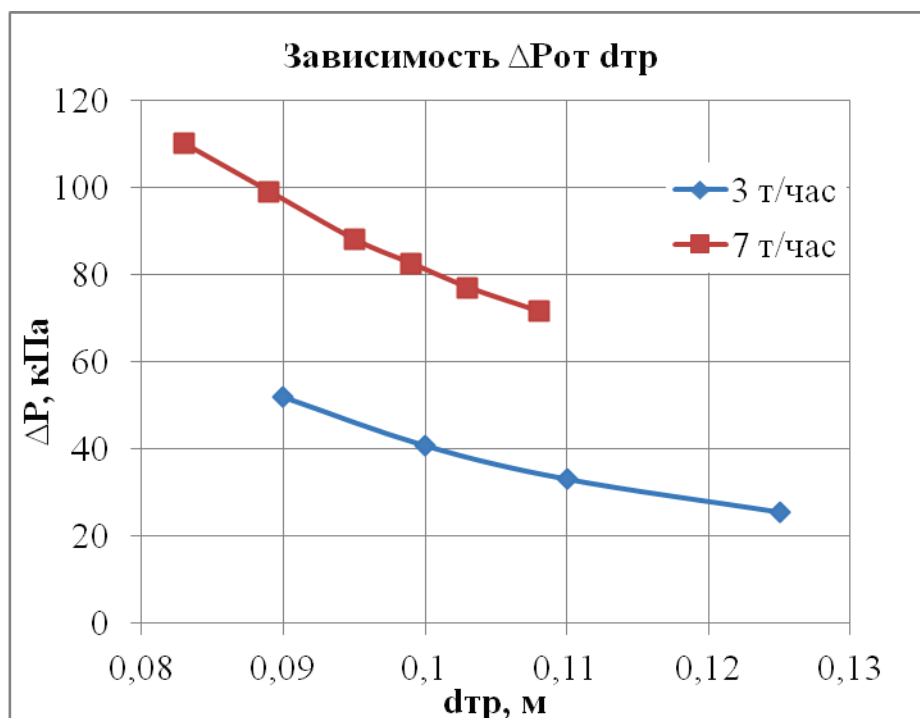


Рис. 2. Зависимость сопротивления от диаметра материалопровода

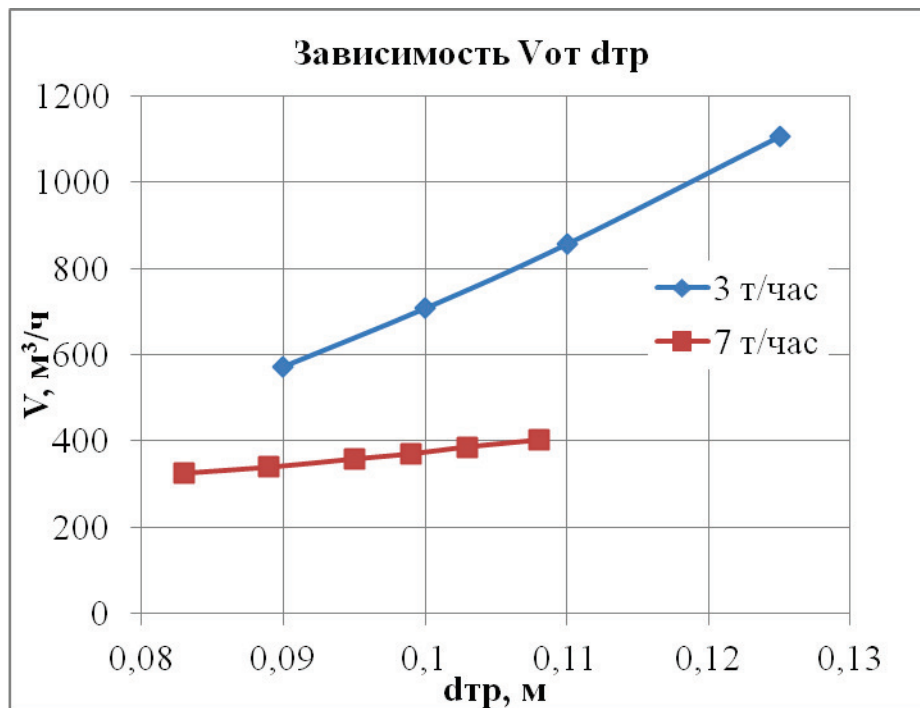


Рис. 3. Зависимость расхода воздуха от диаметра материалопровода

На основе проведенных расчетов и полученных зависимостей, были выбраны оптимальные параметры вихревого нагнетателя:

$$V_{нагн} = 370 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Delta P_{нагн} = 40 \text{ кПа};$$

$$d_{тр} = 0,1 \text{ м}.$$

При разных режимах пневмотранспортирования, целесообразно применять следующие компоновки нагнетателей:

- в режиме аэрозольтранспорта: два нагнетателя, соединенные между собой последовательно;
- в режиме малой концентрации: два нагнетателя соединены между собой параллельно.

4. Расчет вихревых нагнетателей

При расчете вихревых ступеней проанализированы варианты одноступенчатой и двухступенчатой схем при одностороннем и двухстороннем выполнении проточной части.[4]

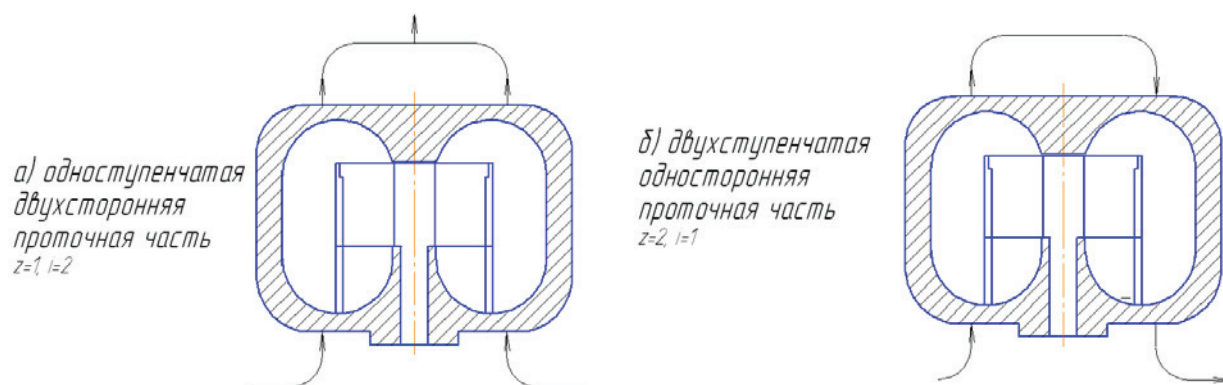


Рис. 4. Варианты компоновки проточной части вихревой ступени

В работе использовалась характеристика вихревой ступени с периферийно-боковым каналом, грушевидной формой меридионального сечения и кольцевой заслонкой на нагнетании. Данный тип проточной части характеризуется высоким напором и эффективностью. А применение заслонки снижает количество «балластного» газа и повышает эффективность работы вихревой ступени.[5], [6]

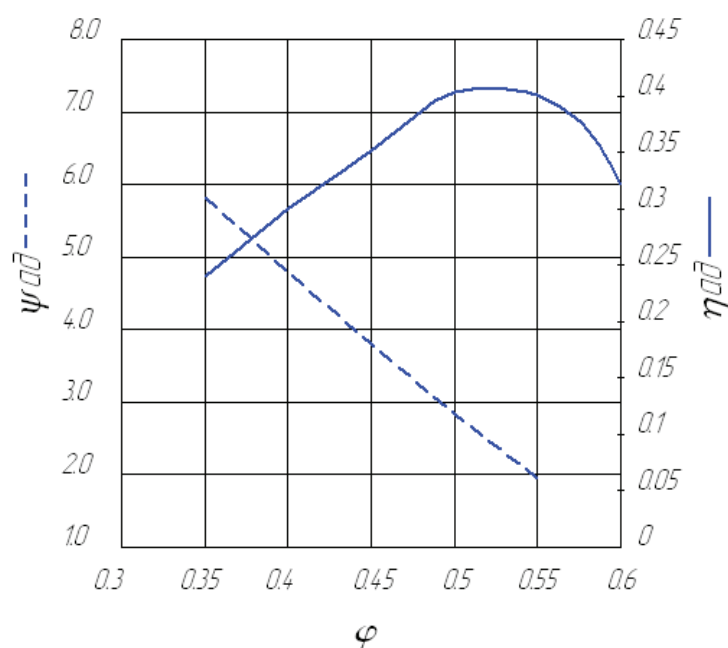


Рис. 5. Характеристика вихревой ступени с грушевидным меридиональным сечением и кольцевой заслонкой на нагнетании,

где ϕ – коэффициент расхода ступени,

$\psi_{ад}$ – адиабатический коэффициент напора ступени,

$\eta_{ад}$ – адиабатический КПД ступени.

По результатам расчета вихревой ступени в двух разных вариантах компоновки проточной части получены следующие зависимости:

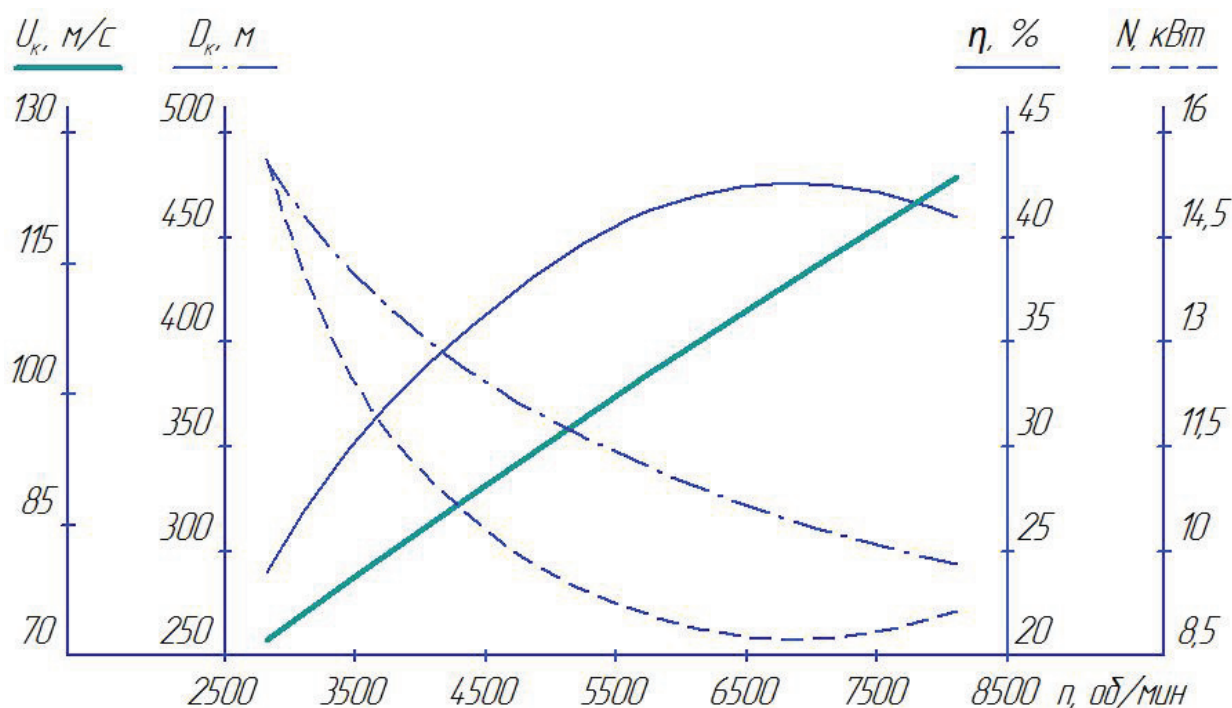


Рис. 6. Параметры вихревой ступени при $V_{\text{нагн}} = 370 \text{ м}^3/\text{ч}$; $\Delta P_{\text{нагн}} = 40 \text{ кПа}$. Схема а)

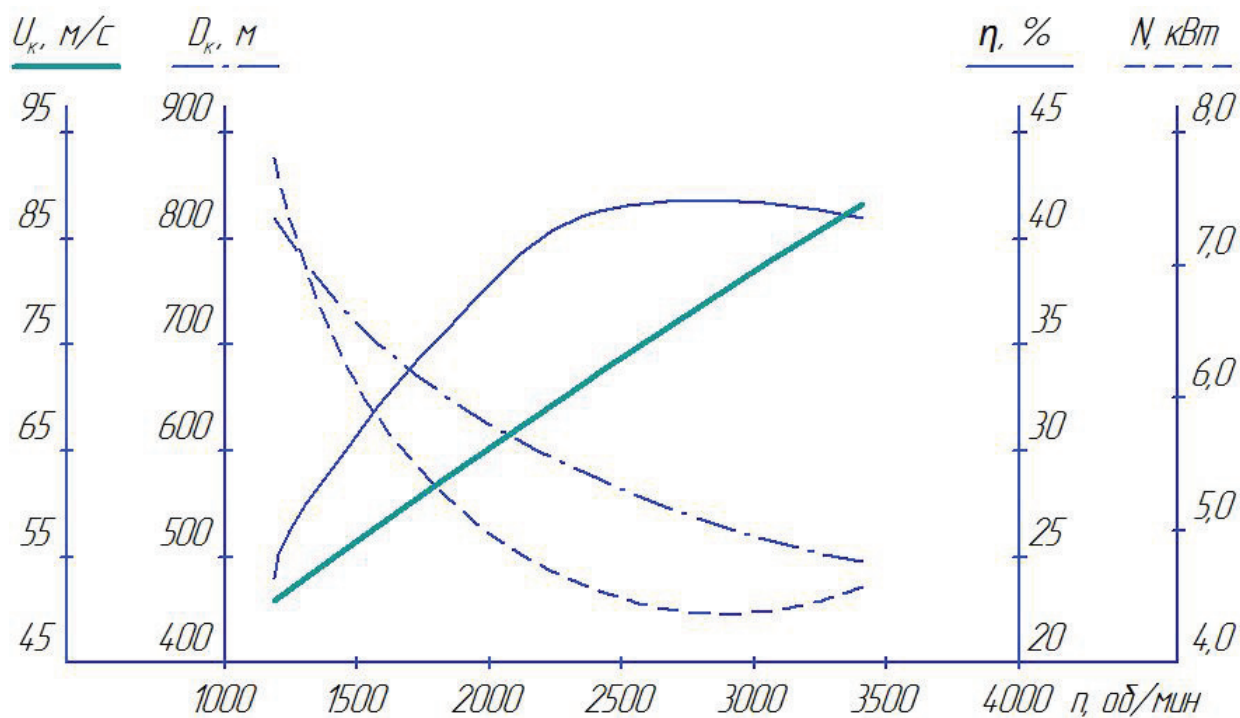


Рис. 7. Параметры вихревой ступени при $V_{\text{нагн}} = 370 \text{ м}^3/\text{ч}$; $\Delta P_{\text{нагн}} = 40 \text{ кПа}$. Схема б)

Выводы

1. Обоснована необходимость проведения экспериментальных работ по исследованию процесса пневмотранспортирования;
2. Предложена схема экспериментального стенда;
3. По результатам расчета сопротивления линии выбраны параметры вихревых нагнетателей;
4. Проведен расчет вихревого нагнетателя для различных компоновочных схем вихревой ступени.

Список литературы

1. А.Я. Малис. Пневматический транспорт сыпучих материалов при высоких концентрациях. «Машиностроение», 1969, стр. 177.
2. В.Р Бурсиан. Пневматический транспорт на предприятиях пищевой промышленности. Изд. «Пищевая промышленность», М., 1964, 275 стр.
3. М.П. Калинушкин, М.А. Коппель, В.С. Серяков, М.М. Шапунов. Пневмотранспортное оборудование: Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. – 286с.: ил.
4. В.Н. Хмара. Теория и расчет вихревых вакуумных компрессоров. Учебное пособие, М. МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1988. – 44с.
5. Л.Н. Белотелова, П.А. Волошин, С.А. Оськин, М.А. Радугин, В.Н. Сергеев,
2. В.Н. Хмара. Исследование влияния аэродинамической схемы проточной части вихревой ступени на ее эффективность. Вестник МГТУ им. Н.Э. Выпуск №7(7)/2012.
6. Л.Н. Белотелова, П.А. Волошин, С.А. Оськин, М.А. Радугин, В.Н. Сергеев,
3. В.Н. Хмара. Экспериментальное исследование вихревой ступени с кольцевой заслонкой в зоне нагнетания. Вестник МГТУ им. Н.Э. Выпуск №7(7)/2012.