

## ЭЖЕКЦИЯ ВОЗДУХА СЫПУЧИМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ В СИСТЕМАХ АСПИРАЦИИ

**Даниченко Н.В., Гераскина Э.А., Хоменко О.И.**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
г.Одесса, Украина*

Перемещение сыпучих материалов воздушной среде вызывает ее противодействие. В результате действия сил аэродинамического сопротивления, например, в пневмотранспортных материалопроводах происходит перемещение сыпучих материалов. А при гравитационном падении твердых частиц проявляется их эжекционное действие, т.е. увлечение воздуха движущимися частицами. Удаление загрязненного воздуха от мест его сосредоточения легко осуществить при устройстве укрытий у агрегатов с учетом эжекции воздуха, являющихся источником вредностей в помещении.

Благодаря применению систем аспирации можно предотвратить или значительно уменьшить проникновение вредностей в помещения. Эти системы, удаляя сравнительно небольшие объемы воздуха позволяют достичь значительного эффекта.

На предприятиях стройиндустрии протяженность самотечных трубопроводов составляет многие сотни метров. Поэтому необходимо знать и направленно использовать эжектирующее действие сыпучих материалов в самотечных трубопроводах.

На рис.1 представлены схемы движения сыпучего материала в вертикальном и наклонном самотеках.

Значение эжекционного давления воздуха, обусловленного гравитационным перемещением сыпучих материалов по самотечным трубопроводам, можно определить по формулам:

- для вертикального самотечного трубопровода

$$H_{эв} = G/F * [ g * h/wc - (wk - wo) * \lambda_m * h/D * wc ], \quad (1)$$

- для наклонного самотечного трубопровода

$$H_{эн} = \lambda_n * S * \rho * wc^2/2 * l/Fc, \quad (2)$$

где  $G$  – массовый расход материала, кг/с;  $F$  – площадь поперечного сечения самотечного трубопровода,  $m^2$ ;  $w_0, w_c, w_k$  – начальная, средняя и конечная скорости движения материала, м/с;  $h$  – высота падения продукта, м;  $D$  – диаметр самотечного трубопровода, м;  $S$  – площадь поверхности контакта материала и воздуха,  $m^2$ ;  $\lambda_m, \lambda_n$  – коэффициенты трения между частицами материала и стенками самотечного трубопровода и между потоками материала и воздуха.

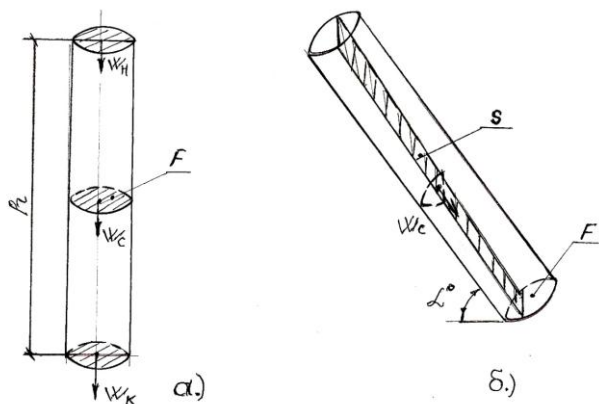


Рис. 1. Схемы движения сыпучего материала в а.) вертикальном и б.) наклонном самотеках

Эжекционное давление расходуется на перемещение и поддержание разности давлений воздуха между концами самотечного трубопровода, т.е.

$$H_э = H_в + \Delta H, \tag{3}$$

При отсутствии движения воздуха в самотечном трубопроводе величина эжекционного давления будет равна разности давлений воздуха между концами трубопровода и может быть измерена с помощью манометра.

Объем эжектируемого по самотечным трубопроводам воздуха можно определить по формуле:

$$L_э = F \sqrt{2(H_э - \Delta H) / (\lambda * b / D + \sum \xi)} \rho, \tag{4}$$

где  $b$ ,  $D$  - длина и диаметр самотечного трубопровода, м;  $\lambda$ ,  $\xi$  – коэффициенты аэродинамического сопротивления прямолинейных и местных участков самотечного трубопровода.

Из зависимостей (1), (2), (4) следует, что величина эжекционного давления и объемов перемещаемого по самотечным трубопроводам воздуха зависит от их параметров, физико-механических свойств материала и степени герметизации самотечного трубопровода.

Статическое давление внутри самотечных трубопроводов распределяется следующим образом: вверху – разрежение, внизу – избыточное. Для снижения объемов эжектируемого воздуха необходимо уменьшить скорость движения материала, увеличить его удельный массовый расход и максимально герметизировать самотечный трубопровод.

Для расчетов в таблице 1 приведены объемы эжектируемого воздуха для вертикальных самотечных трубопроводов.

При определении объемов эжектируемого воздуха в наклонных самотечных трубопроводах вышеуказанные значения объемом воздуха необходимо умножить на коэффициент  $a$ , значение которого зависят от угла наклона самотечного трубопровода к горизонтальной плоскости см. таблица 1.

Таблица 1. Объемы эжектируемого воздуха по вертикальным самотечным трубопроводам движущимся сыпучим материалом, м<sup>3</sup>/ч.

Высота трубы, м.	Массовый расход, т/ч			
	20	30	40	60...100
2	120	140	150	160
4	175	220	270	300
8	270	315	390	470
12	560	640	735	910
15	640	770	910	1100

Таблица 2. Коэффициент  $a$ , значение которого зависят от угла наклона самотечного трубопровода к горизонтальной плоскости

Угол наклона, град	85-90	75	65	45
Коэф. $a$	1,0	0,6	0,52	0,4

Как известно пылевыделение возможно из укрытий оборудования в местах избыточного давления воздуха. Установлено, что статическое давление воздуха изменяется по всему самотечному трубопроводу и протяженному укрытию (цепному и ленточному конвейерам, нории) при отсосе из них воздуха. Поэтому путем отсоса воздуха даже в одной точке можно создать разрежение в оборудовании практически любой точке герметизированной транспортно – технологической линии.

Объем воздуха, подлежащий отсосу в аспирационную сеть ( $L_a$ ), рассчитывают по условиям баланса прихода и расхода воздуха:

$$L_э + L_n = L_a + L_{ун} + L_{выт}, \quad (5)$$

где  $L_э$  – объем воздуха, поступающий в машину вместе с материалом по самотечным трубопроводам;  $L_n$  - объем воздуха, поступающий через неплотности за счет разрежения в машине;  $L_{ун}$  - объем воздуха, увлекаемый материалом из машины по самотечным трубопроводам;  $L_{выт}$  - объем воздуха, вытесняемый накапливающимся в машине (бункере) материалом.

Анализ формулы для расчета объемов аспирируемого воздуха показывает, что составляющие объемов воздуха от площади поперечного сечения, от герметичности и протяженности подводящих и отводящих самотечных трубопроводов, величины разрежения в укрытии оборудования и степени его герметичности, физико-механических свойств перерабатываемых материалов и их массового расхода.

Расчеты показывают, что средние скорости движения эжекционного воздуха в самотечных трубопроводах не превышают 4...5 м/с, а в укрытиях норий и цепных конвейеров 2...3 м/с. При таких незначительных скоростях аэродинамическое давление в коробе цепного конвейера типа ТСЦ-100 (длиной 50м) или труба нории (высотой 40м) составляет 20...50 Па. Для практических расчетов можно принять удельные потери давления на перемещение воздуха в цепных конвейерах и норийных трубах равными 1Па на 1м.

Данные полученные по эжекционному давлению воздуха в самотечных трубопроводах, позволяют рекомендовать для инженерных расчетов их аэродинамического сопротивления при противотоке воздуха и сыпучего материала потери давления, равными 50 Па в вертикальных самотечных трубопроводах высотой до 1 м и наклонных – до 2 м. С учетом принятых положений можно принципиально изменить и существенно упростить компоновку аспирационных сетей предприятий стройиндустрии.

Рассмотрим принципиальные аспирационные транспортно-технологические системы предприятий стройиндустрии. Состав оборудования линии приемы сыпучего сырья включает бункер, конвейер, норию, конвейер. Пылевоздушные потоки образуются в основном на следующих участках: бункер – конвейер, конвейер – нория, нория - самотечном трубопроводе на участке нория - цепной конвейер. Соответственно этому в укрытиях образуются зоны повышенного и пониженного давления воздуха.

На Рис. 2 показана схема подключения к аспирационной системе оборудования участка приема сыпучего сырья.

Отсос воздуха можно осуществлять двумя способами: первый – подключить к аспирационной сети все места повышенного давления: бункер, конвейер, норию, цепной конвейер; второй - подключить к аспирационной сети бункер, башмак и головку нории, конвейер. При втором способе протяженность воздуховодов существенно уменьшается, а количество пыли, увлекаемой аспирационным воздухом, снижается, что обуславливает предпочтительность второго способа.

Для нашего примера площадь живого сечения решетки над приемным бункером должна быть минимальной. Открытыми должны быть только те участки, через которые сыпучий материал из транспортных средств поступает в приемный бункер. Для уменьшения площади контакта падающего потока материала с воздухом и уменьшением объема эжектируемого воздуха следует применять откидные уплотнительные щиты.

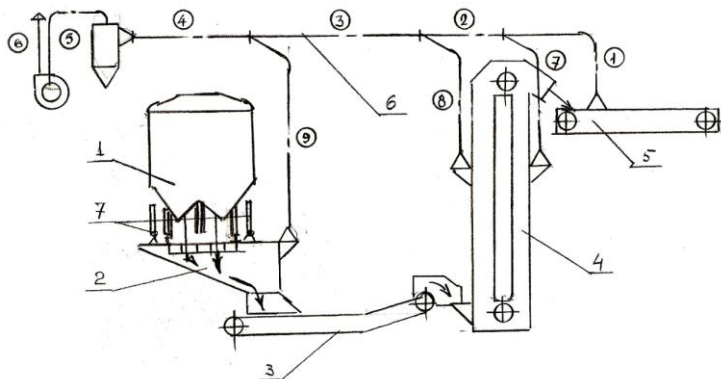


Рис. 2 Схема подключения к аспирационной системе оборудования участка разгрузки железнодорожного вагона где 1- железнодорожный вагон; 2 - бункер; 3 – конвейер; 4 – нория; 5 - цепной конвейер; 6 - аспирационная сеть; 7- уплотнительные щиты

Объем аспирируемого воздуха из приемного бункера определяют по формуле баланса прихода и расхода воздуха

При максимальном массовом расходе материала 100т/ч и высоте падения 2м см. Табл. 1  $L_э = 160 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $v_n$  - скорость воздуха в отверстиях, 0.2м/с;  $F_n$ —площадь неплотностей приемного бункера, 3м<sup>2</sup>;  $G_m$  – объемная масса материала, 46м<sup>3</sup>;  $t$  – время разгрузки, 180с; получим:

$$La_{\text{бун}} = 160 + ((0,2 * 3)*3600) + ((46 / 180)*3600) = 3240 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Значения объемов аспирируемого воздуха из нории НЦ-100 (рабочая и холостая трубы) и цепного конвейера ТСЦ-100 получены из нормативной документации:

$$La_{\text{нор. раб.}} = 450 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad La_{\text{нор. хол.}} = 450 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad La_{\text{цеп}} = 420 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Для всей аспирационной системы:

$$La = 3240 + 450 + 450 + 420 = 4560 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Величина давления в аспирационном патрубке приемного бункера с учетом эжекционного давления создаваемого сыпучим материалом при высоте падения 2м и насыпном лотке составляет:

$$Na_{\text{бун}} = 50 + 50 = 100\text{Па}$$

Давление в каждом из аспирационных патрубков нории с учетом эжекционного давления в сбрасывающей коробке конвейера составляет:

$$Na_{\text{нор}} = 30 + 50 = 80\text{Па}$$

Давление в аспирационном патрубке цепного конвейера с учетом эжекционного давления в наклонном самотеке до 2м и разрежении в бункере составляет:

$$Na_{\text{цеп}} = 50 + 50 + 30 = 130\text{Па}$$

Проводились также исследования полей скоростей воздушного потока, эжектируемого вертикальной струей песка см. рис. 3.

**Вывод.** Полученные экспериментальные и расчетные величины объемного расхода воздуха и давления были использованы при проектировании систем аспирации в Одесском морском торговом порту.

## Summary

**Based on the analysis of air ejection bulk building materials for the construction industry enterprises, provides a methodology for calculating the basic aerodynamic parameters of aspiration systems.**

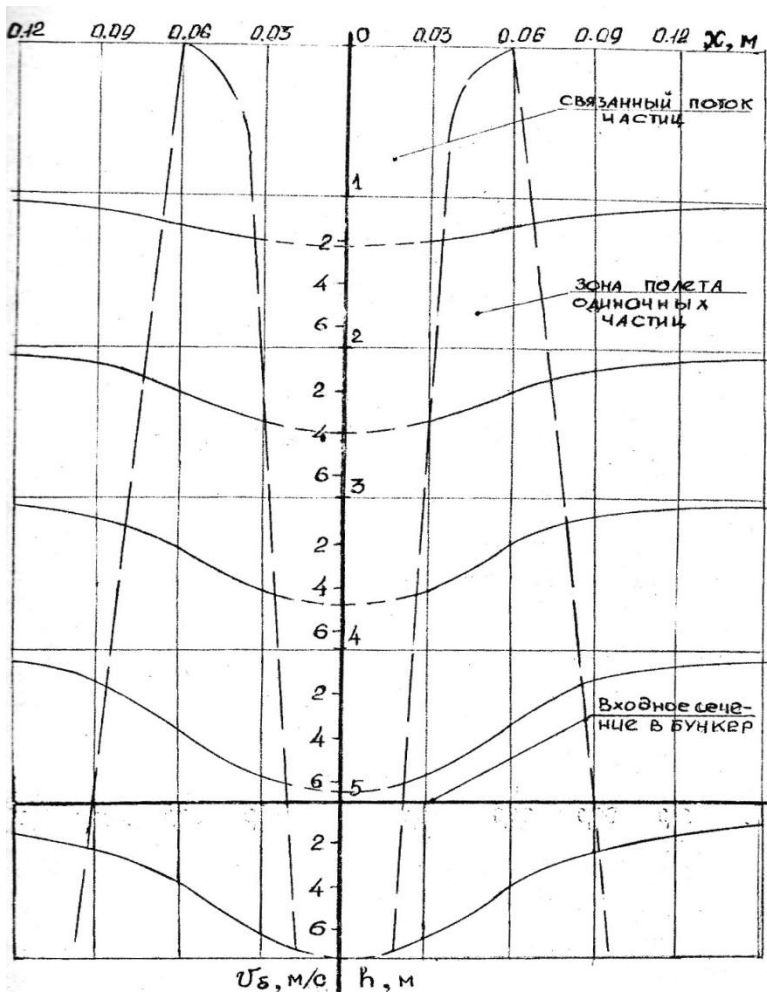


Рис. 3. Поля скоростей воздушного потока, эжектируемого вертикальной струей песка

### Литература

1. Богословский В.Н. Отопление и вентиляция. Ч. 2. Вентиляция./ Под ред. Богословского В.Н. - М.: Стройиздат, 1976. - 439 с.
2. Ткачук А.Я., Довгалюк В.Б. Аеродинаміка вентиляції: Навчальний посібник. - ІВНВКП "Укреліотех", 2009. - 376 с.