

УДК 666.983.

*И.А. Емельянова, д.т.н., проф., В.А. Воблых, к.т.н., доц., А.А. Задорожный, к.т.н., доц.,
А.С. Непорожнев, к.т.н., доц., С.А. Гузенко магистр
Харьковский государственный технический университет строительства и
архитектуры*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ НА КРУПНОЗЕРНИСТЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЯХ

Для розширення можливостей малогабаритного обладнання в умовах будівельного майданчика пропонується додатково в діючий технологічній схемі використати пневмоустаткування. Наведені результати експериментальних досліджень залежності швидкості стислого повітря від тиску в камері змішування пневмоустаткування після сопла Лаваля. Пропонується теоретична залежність руху часток крупного заповнювача (фракції 10...20 мм) в камері змішування пневмоустаткування. Наведена теоретична залежність для визначення об'єму повітря, що надходить із навколишнього середовища через додатковий патрубок.

Ключові слова: пневмоустаткування, камера змішування, розчинобетононасос, сопло Лаваля.

Для расширения возможностей малогабаритного оборудования в условиях строительной площадки предлагается дополнительно в действующей технологической схеме использовать пневмооборудование. Приведены результаты экспериментальных исследований зависимости скорости сжатого воздуха от давления в камере смешивания пневмооборудования после сопла Лаваля. Предлагается теоретическая зависимость движения частиц крупного наполнителя (фракции 10...20 мм) в камере смешивания пневмооборудования. Приведена теоретическая зависимость для определения объема воздуха поступающего из окружающей среды через дополнительный патрубок.

Ключевые слова: пневмооборудование, камера смешивания, растворобетононасос, сопло Лаваля.

In order to increase performance capabilities of small-size equipment in the conditions of the construction site, it is suggested that pneumatic equipment should be used in addition to the effective manufacturing scheme. The results of experimental investigations in dependence of compressed air rate on pressure in the chamber for mixing pneumatic equipment after Laval nozzle are presented. Theoretical dependence of the motion of a large filler particles (fractions 10...20 mm) in the mixing pneumatic equipment chamber is proposed. Theoretical correlation for determination of the volume of air coming from the environment through additional fitting pipe is presented.

Key words: pneumatic equipment, chamber for mixing, mortar-concrete pump, Laval nozzle.

Постановка проблемы. Для расширения возможностей использования новых двухпоршневых растворобетононасосов предлагается в технологический комплект малогабаритного оборудования включить пневмотранспортную установку (рис.1).

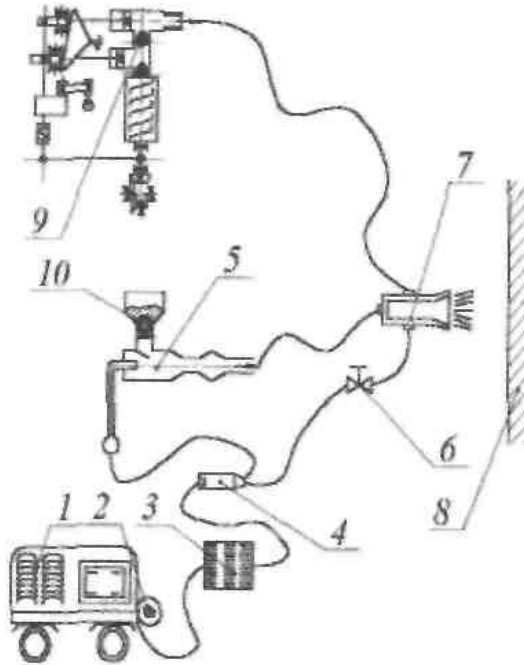


Рисунок 1 – Технологическая схема выполнения работ:

- 1 – компрессор; 2 – ресивер; 3 – воздушный фильтр; 4 – воздушный распределитель;
- 5 – пневмо-транспорт; 6 – регулировочный вентиль подачи воздуха;
- 7 – сопло с камерой смешения; 8 – бетонируемая поверхность;
- 9 – растворо-бетононасос; 10 – дозатор ячеяковый

Анализ последних исследований и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Пневмооборудование достаточно широко применяется в штукатурно-смесительных агрегатах и штукатурных станциях [3]. Оно в большинстве случаев используется в комплекте с пневматическими форсунками для механизированного нанесения растворов на поверхности, которые оштукатуриваются.

Вопрос работы пневмооборудования с целью транспортирования бетонной смеси с крупнозернистым наполнителем рассмотрен недостаточно.

Целью статьи является определение основных параметров использования предлагаемого технологического комплекта малогабаритного оборудования в составе пневмотранспортной установки и выбор ее типоразмера.

Основные результаты. Двухпоршневой растворобетононасос с принудительной загрузкой 9, подает мелкозернистую смесь в камеру смешения рабочего сопла 7. Одновременно с этим из пневматической установки 3 в камеру смешения сопла поступает крупный заполнитель (щебень до 20 мм). Здесь аэросмесь смешивается с гидросмесью, и уже

крупнозернистая готовая смесь наносится на торкретируемую поверхность или транспортируется к месту потребления.

В технологическую схему производства работ включены двухпоршневой растворобетононасос, который имеет кулачковый привод и пневматическая установка эжекторного типа с ячейковым питателем (рис.2).

Принцип работы пневмоустановки заключается в следующем: из центральной магистрали сжатый воздух подается в сопло Лавалья 7. Из ячейкового питателя 1 щебень подается на желоб 2, установленный под углом 50-60°, что позволяет ему вклиниться в центральный поток сжатого воздуха и попасть в камеру смешения 4. В камере наблюдается разрежение, которое способствует подосу воздуха из окружающей среды через патрубок 3. Таким образом, массовая концентрация воздуха в камере смешения 4 увеличивается. Давление понижается, а крупный наполнитель поступает в диффузор 5, где трубопровод в сечении расширяется до размера трубопровода 6. Перед диффузором давление растет, скорости по поперечному сечению трубопровода выравниваются, а щебень движется далее по трубопроводу.

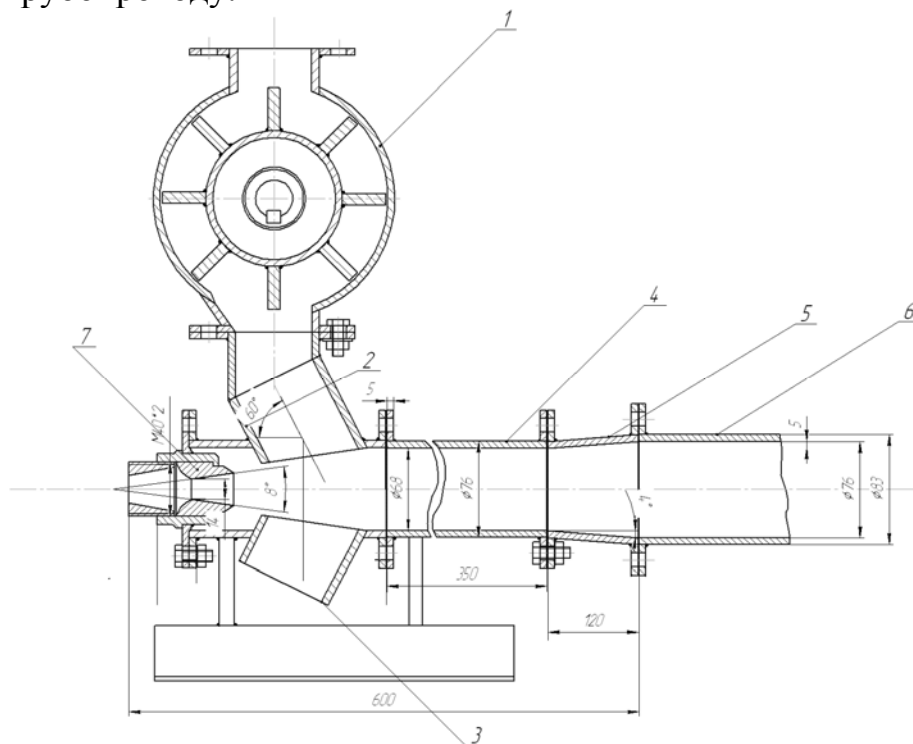


Рисунок 2 – Пневматическая установка эжекторного типа с ячейковым питателем:
1 – питатель ячейковый; 2 – направляющий желоб; 3 – патрубок для подсоса воздуха из окружающей среды; 4 – камера смешения; 5 – диффузор; 6 – транспортный трубопровод; 7 – эжектор (сопло Лавалья)

Экспериментальные исследования проводились на пневмоустановке, представленной на рисунке 3 и рисунке 4.

Пневмоустановка (рис.4) позволяет контролировать давление перед эжектором: из ресивера 1 сжатый воздух через воздушный шланг 3

поступает к регулировочному вентилю 4. Давление определялось с помощью анемометра.

Была найдена скорость воздуха, которая необходима для нормального введения крупного заполнителя ($d_{MAX} = 20\text{ мм}$) в поток мелкозернистой бетонной смеси, поступающей из растворобетононасоса (рис.5).



Рисунок 3 – Экспериментальная пневмотранспортная установка

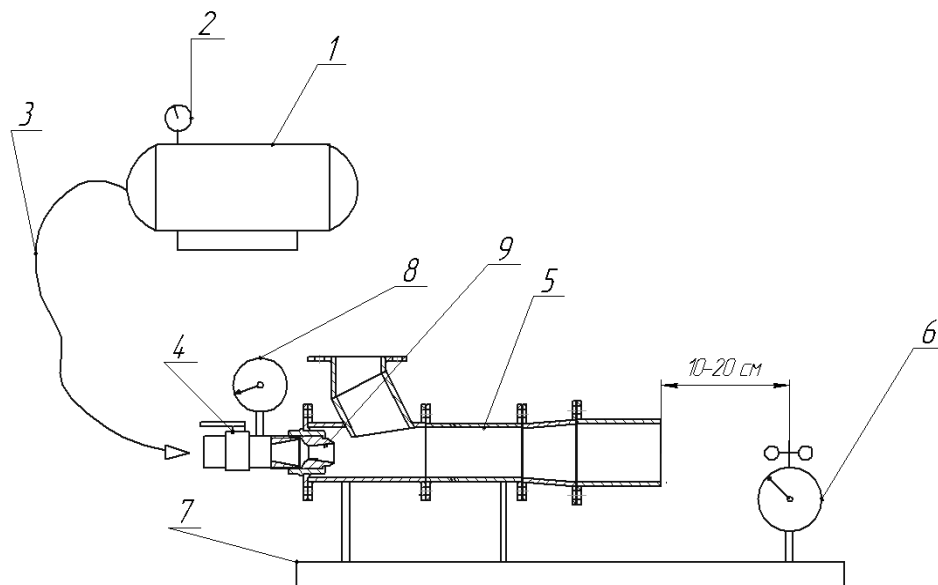


Рисунок 4 – Принципиальная схема экспериментальной установки:

- 1 – компрессор; 2 – датчик давления в ресивере компрессора; 3 – воздушный шланг;
- 4 – регулировочный вентиль; 5 – трубопровод; 6 – анемометр ручной; 7 – рама;
- 8 – манометр давления перед соплом Лавалья; 9 – сопло Лавалья

Из графической зависимости видно, что наибольшая средняя скорость потока воздуха $v_{\text{сред}} = 45\text{ м/с}$ достигается при давлении сжатого воздуха в системе $P_{\text{д.с}} = 0.6\text{ МПа}$, что позволяет использовать на строительной площадке передвижные компрессорные установки таких моделей: ПКС -5.25, ДК -9, ДК - 11.

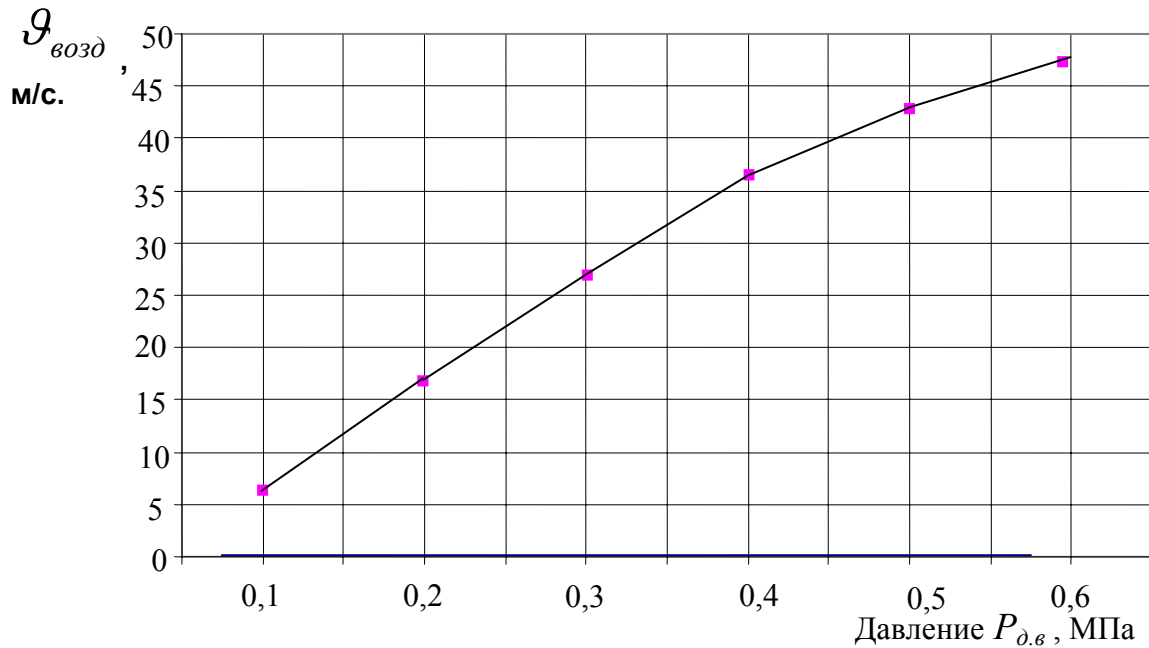


Рисунок 5 – Зависимость скорости сжатого воздуха $v_{возд}$ от давления $P_{д.в.}$ в камере смешения пневмоустановки после сопла Лавалья

Поток сжатого воздуха на начальном участке, поступающий через сопло Лавалья в единицу времени, имеет энергию E_0 [1]:

$$E_0 = \left(\frac{\rho_{\epsilon} \cdot v_0^2}{2} + P_{д.в.} \right) \cdot S_0 \cdot v_0, \quad (1)$$

где ρ_{ϵ} – плотность воздуха при давлении $P_{д.в.}$, $кг/м^3$;

v_0 – скорость истечения воздуха в камеру смешения, м/с;

$P_{д.в.}$ – давление компрессорной установки, МПа;

S_0 – поперечное сечение сопла Лавалья, $м^2$.

Скорость движения частиц крупного заполнителя фракций 10...20 мм в камере смешения пневмотранспортной установки после сопла Лавалья может быть найдена при условии, если во внимание не брать подъемную силу, по формуле [2]:

$$v_{щ} = \frac{\eta \cdot v_0}{\eta + 1 \cdot v_0} \cdot v_0 = \frac{\frac{0,75 \cdot C}{d_{щ.i} \cdot \rho_M} \cdot \rho_{\epsilon} \cdot v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}}{\frac{0,75 \cdot C}{d_{щ.i} \cdot \rho_M} \cdot \rho_{\epsilon} \cdot v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} + 1} \cdot v_0, \quad (2)$$

где ρ_M – средняя плотность щебня, $кг/м^3$;

$\eta = \frac{0,75 \cdot C}{d_{щ.i} \cdot \rho_M} \cdot \rho_{\epsilon} \cdot v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$ – зависимость перемещения частицы

различного диаметра по времени от уровня ввода щебня из желоба в камеру смешения.

C – коэффициент лобового сопротивления, зависящий от формы зерна щебня и числа Рейнольдса R_e .

h – расстояние от уровня ввода щебня из желоба в камеру смешения до уровня стенки трубопровода, м;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Для зерен щебня величина коэффициента C принимается равной. ($C=0,1 \dots 0,4$);

Если обозначить через $M_{\text{щебня}}$ массу щебня, поступающего за 1с в камеру смешения пневмоустановки, то масса распределяется по трубопроводу на длине $l_{\text{тр}} = \frac{\eta}{\eta+1} \vartheta_0 + 1$ и равна $m_{\text{щ}} = \frac{M_{\text{щебня}}}{v_0 \frac{\eta}{\eta+1}}$.

Ограничивая распределение массы щебня 2-3 частицами по сечению трубопровода, необходимо выполнить условие:

$$M_{\text{щебня}} \leq \frac{(2 \dots 3) \pi d_{\text{щ}}^2}{6} \cdot \rho_{\text{щ}} \cdot v_0 \frac{\eta}{\eta+1}. \quad (3)$$

При массе 200 гр/с, подаваемой в поток мелкозернистой бетонной смеси, это условие соблюдается для среднего диаметра частиц щебня $d_{\text{ср}}=15$ мм при давлении сжатого воздуха $P=0,6$ МПа.

Определение объема воздуха, подсосываемого из окружающей среды через патрубок 3 согласно расчетной схеме (рис.6) можно произвести, пользуясь зависимостью:

$$Q = 2\pi \left[\frac{2\mu(R-r)}{C_1 \rho_g} + \frac{4\mu^2}{C_1^2 \rho_g^2 v_0} \ln \frac{1 + \frac{C_1 \rho_g v_0}{2\mu} \cdot r}{1 + \frac{C_1 \rho_g v_0}{2\mu} \cdot R} \right], \quad (4)$$

где μ – динамическая вязкость воздуха, Па·с;

R, r – радиусы трубы и среды, м;

ρ_g – плотность воздуха, кг/м^3 ;

C_1 – коэффициент трения;

Q – объем воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$.

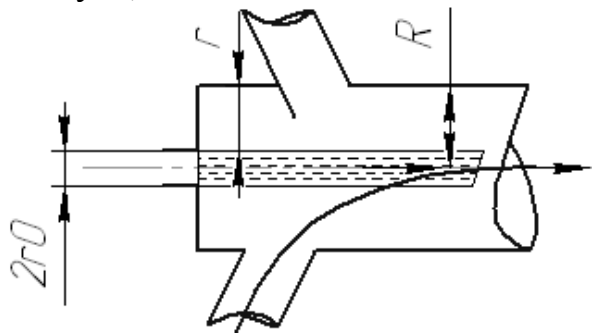


Рисунок 6 – Расчетная схема для условий подсоса воздуха

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Таким образом, произведенные расчеты, согласно вышеприведенным зависимостям, показали, что при соблюдении нормального транспортирования уже крупнозернистой смеси по трубопроводу в трубопроводе достаточен расход воздуха $Q_в=8$ м³/мин. При этом за счет побочного поступления в результате подсоса через патрубок 3 экономится расход воздуха в размере 30%, что позволяет ограничиться использованием передвижной компрессорной установки ПКС-5,25.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузмичев В.Е. *Законы и формулы физики: Справочник* / В.Е. Кузмичев. – К.: Наукова думка, 1989.
2. Емельянова И.А. *Использование пневмотранспорта для расширения технологических возможностей малогабаритного оборудования при транспортировании строительных смесей и выполнении торкрет-работ* / И.А. Емельянова, А.Н. Баранов, А.А. Задорожный, С.А. Гузенко // *Промислова гідравліка і пневматика*. – 2007. – Вип. 2 – С. 11–13.
3. Онищенко О.Г. *Механізація опоряджувальних робіт у будівництві* / О.Г. Онищенко, Б.Ф. Драченко, О.В. Головкін. – К.: Урожай, 1998. – 320 с.