



сжатого воздуха. Порция смеси в бетоноводе движется за счет давления сжатого воздуха между воздушными прослойками, которые по геометрическим параметрам значительно превосходят порции транспортируемого материала. Таким образом, одновременно в трубопроводе движется незначительный объем бетонной смеси, что позволяет при низком давлении сжатого воздуха (0,2–0,6 МПа) транспортировать ее на значительные расстояния (250 м и более). Однако точные методы газодинамического расчета, установок для транспортирования бетонной смеси в порционном режиме до настоящего времени отсутствуют. Это значительно усложняет проектирование и производство бетонных работ с применением пневмоустановок подобного типа.

На кафедре "Технология строительного производства" Белорусского политехнического института проведен ряд исследований с целью определения основных факторов, влияющих на газодинамическую характеристику пневмоустановки. Она представляет собой зависимость между расходом воздуха в установке  $Q$  и потерей давления  $p$  и позволяет определить параметры подачи бетонной смеси в порционном режиме. Исследования проводились на лабораторной установке ПБЛ-1 с объемом нагнетательного резервуара  $0,22 \text{ м}^3$ .

Расход воздуха  $Q$  зависит от производительности применяемого компрессора. Для работы установки ПБ-1 вполне достаточно использование компрессора ДК-9М, имеющего подачу  $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

Потеря давления сжатого воздуха  $p_M$  на преодоление сопротивления движению порций бетонной смеси, движущихся в трубопроводе, является основной и зависит от их суммарной длины и качественных характеристик бетонной смеси.

Величина необходимого давления (в МПа) может быть определена по формуле

$$P_M = \frac{4\tau_0 l_{\text{пр}}}{d}, \quad (1)$$

где  $\tau_0$  — предельное напряжение сдвига бетонной смеси по стенке трубы, МПа;  $l_{\text{пр}}$  — суммарная длина порций смеси, движущихся в трубопроводе, м;  $d$  — диаметр трубопровода, м.

В практических расчетах для определения  $\tau_0$  в зависимости от расхода цемента  $\text{Ц}$  и водоцементного отношения  $\text{В}/\text{Ц}$  можно использовать следующую формулу НИИЖБа [ 2 ]:

$$\tau_0 = (0,105 - 5 \cdot 10^{-5} \text{Ц} - 0,1 \text{В}/\text{Ц}) \cdot 0,1 \text{ МПа}. \quad (2)$$

В связи со значительной дальностью транспортирования смеси в порционном режиме (250 м и более) и большим объемом воздуха, перемещаемым по трубопроводу, часть давления  $p_B$  теряется на преодоление сопротивления движения воздуха. Эти потери могут быть определены по следующей преобразованной формуле [ 3 ]:

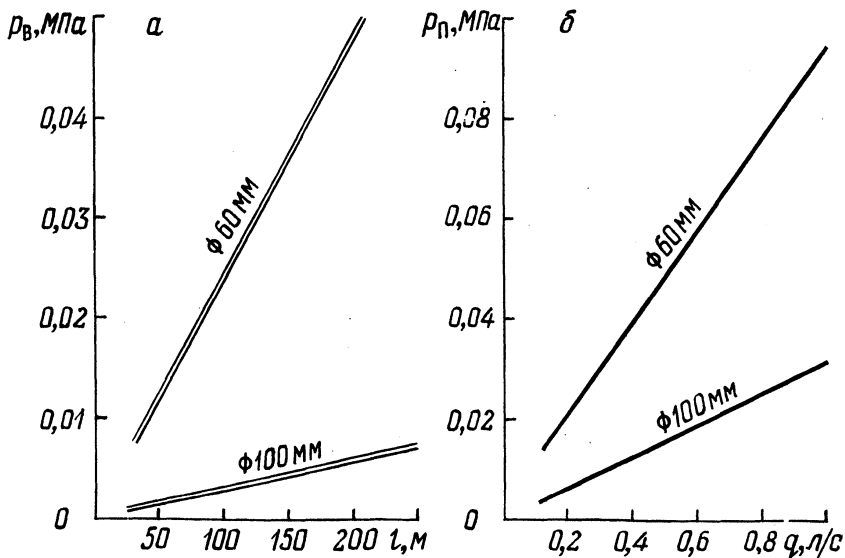


Рис. 1. График изменения потерь давления воздуха:  
 а — от длины трубопровода  $l$ ; б — от воздухопроницаемости порций бетонной смеси  $q$ .

$$p_B = 754 \frac{Q^{1,9}}{d^5 p_{cp}} \quad (3)$$

где  $Q$  — расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $d$  — диаметр трубопровода,  $\text{мм}$ ;  $p_{cp}$  — среднее давление в трубопроводе,  $\text{МПа}$ .

Как видно из графика (рис. 1, а), построенного для  $p_{cp} = 0,3 \text{ МПа}$  и  $Q = 10 \text{ м}^3/\text{мин}$ , потери давления составляют значительную величину, которая возрастает с уменьшением диаметра трубопровода.

Потери давления  $p_{II}$  наблюдаются также в связи с воздухопроницаемостью порций бетонной смеси, что объясняется структурным строением материала и незначительной длиной порций ( $0,4\text{--}0,6 \text{ м}$ ). Возрастает требования к качеству бетонной смеси, транспортируемой в порционном режиме: порция должна сохранять свою структурную форму (не растекаться в трубе) и, кроме того, пропускать как можно меньше воздуха. В результате исследований, проведенных в БПИ на специальном приборе, выведена формула для определения потерь давления вследствие воздухопроницаемости смеси

$$p_{II} = 254,8 \frac{q l^2}{v_{cp} p d^2 l_B^2} \quad (4)$$

где  $q$  — воздухопроницаемость смеси, л/с;  $l$  — длина трубопровода, м;  $v_{cp}$  — средняя скорость движения порции смеси по трубопроводу, м/с;  $p$  — давление воздуха, МПа;  $d$  — диаметр бетоновода, мм;  $l_B$  — длина воздушной прослойки в трубопроводе между порциями бетонной смеси, м.

На графике (рис. 1,б), построенном для  $l = 100$  м,  $v_{cp} = 4$  м/с,  $p = 0,3$  МПа,  $l_B = 6$  м, показана зависимость влияния воздухопроницаемости порций смеси на потери давления сжатого воздуха в трубопроводе диаметрами 60 и 100 мм. С целью уменьшения этих потерь необходимо провести исследования по определению влияния качественных характеристик составляющих и бетонной смеси на ее воздухопроницаемость при различных давлениях в системе. Большое значение имеет также изучение формирования структуры порции и ее размеров.

На основе исследования можно сделать следующие выводы:

1. При расчете параметров пневмоустановок и организации производства работ с их применением весьма важно учитывать все факторы, влияющие на подачу бетонной смеси в порционном режиме, особое внимание обращая на качественные характеристики бетонной смеси.

2. Давление сжатого воздуха для транспортирования бетонной смеси по трубопроводам в порционном режиме должно превосходить потери на преодоление сопротивления движению смеси и воздуха, а также потери вследствие воздухопроницаемости смеси, может быть выражено формулой

$$p \geq p_M + p_B + p_{II}.$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Транспортировка жестких бетонных смесей по трубопроводам/ С.С. А т а е в, В.В. Б а г у ц к и й, А.С. С т а ц е н к о и др. — Механизация строительства, 1978, № 2, с. 14–16. 2. К и м К.Н., С о й н о в а Л.И. О сопротивлении движения бетонной смеси по трубе. — В сб.: Технология и свойства тяжелых бетонов. М., 1974, с. 49–60. 3. М а л и с А.Я. Пневматический транспорт сыпучих материалов при высоких концентрациях. — М., 1969, с. 134–147.

УДК 621.86

В.П.ИВАНОВ, инж. (БПИ)

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМОНОЛИЧИВАНИЯ СТЫКОВ КОЛОНН КОЛЬЦЕВОГО СЕЧЕНИЯ

Технология изготовления железобетонных конструкций методом центрифугирования получила в СССР широкое распространение при производстве стоек ЛЭП, а также напорных и безнапорных труб, колонн одноэтажных зданий и др. Этот метод нашел дальнейшее развитие в изготовлении двухъярус-