

Т.Е.Шалимо, Г.А.Оленин, А.М.Песцова,
И.И.Тулупов, кандидаты техн. наук,
М.Ф.Марковский (БелНИИОУС Госстроя БССР)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЙ И ДАЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ БЕТОНОНАСОСАМИ

Основное влияние пористого заполнителя на перекачиваемость бетонных смесей, приготовленных с его использованием, заключается в повышенном водопоглощении этого заполнителя под воздействием давления, развиваемого бетононасосом.

Скорость фильтрации воды из цементного теста в пористый заполнитель (м/с) определяется выражением [1]:

$$v = \frac{[30(h + 0,05)^2 + 0,4](m_{к.з} - 0,01) \cdot 10^{-3}}{(0,7 + 0,2p)(t - 40) \cdot 10^{-2} + 0,6t \cdot 10^{-2} + \frac{5,5 - 10p}{12p + 2,8}},$$

где h – средняя толщина раздвижки зерен заполнителя, м;
 $m_{к.з}$ – объемная концентрация капиллярной воды, иммобилизованной заполнителем до приложения давления; p – давление, МПа; t – длительность приложения давления, с.

Цель настоящей работы – экспериментально исследовать распределение давлений по длине бетоновода при транспортировании бетонных смесей на пористых заполнителях, а также установить максимально возможную дальность транспортирования. Распределение давлений по длине бетоновода исследовано при транспортировании смесей по стальному бетоноводу диаметром 100 мм стационарным бетононасосом С-296. Давления измерялись по длине бетоновода месдозами стаканного типа. Для бетонных смесей использовали три вида заполнителей: аглопорит фракции 0–20 мм, керамзит фракции 5–20 мм, плотный щебень фракции 5–20 мм и тонкодисперсную добавку – отвальную золу. Значение относительного водосодержания цементного теста в бетонных смесях колебалось от 1,21 до 1,78, что обеспечило подвижность от 7 до 22 см. При подборе составов смесей на пористых заполнителях водосодержание смеси устанавливали исходя из условия обеспечения компенсации водопоглощения заполнителей под давлением.

Как видно из представленных на рис. 1 данных, изменение давлений по длине бетоновода носит ярко выраженный нелинейный характер, проявляющийся сильнее в начале бетоновода. Это обусловлено возрастанием водопоглощения пористых заполните-

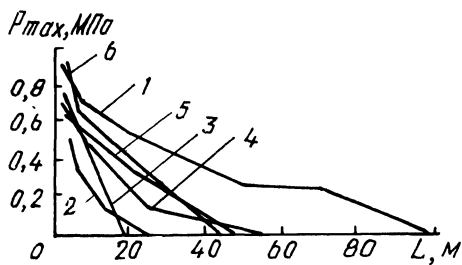


Рис. 1. Распределение давлений по длине прямолинейного бетоновода при подаче бетонных смесей на различных видах заполнителей бетононасосами: 1 – аглопоритобетон; Ц+3=579+268=847 кг; ОК=22 см; 2 – аглопоритобетон; Ц=440 кг; ОК=10 см; 3 – аглопоритобетон; Ц=420 кг; ОК=7 см; 4 – аглопоритобетон; Ц=400 кг; ОК=15 см; 5 – аглопоритобетон; Ц+3=381+233=614 кг; ОК=14 см; 6 – керамзитобетон; Ц=482 кг; ОК=15 см.

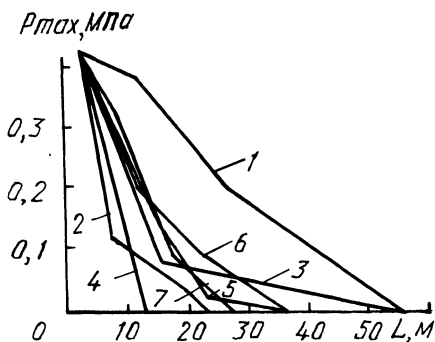


Рис. 2. Влияние вида заполнителей и состава бетонов на дальность подачи их бетононасосом при постоянном давлении на вводе: 1 – аглопоритобетон; Ц+3=579+268=847 кг; ОК=22 см; 2 – аглопоритобетон; Ц=440 кг; ОК=10 см; 3 – аглопоритобетон; Ц=420 кг; ОК=7 см; 4 – аглопоритобетон; Ц=400 кг; ОК=15 см; 5 – аглопоритобетон; Ц+3=381+233=614 кг; ОК=14 см; 6 – керамзитобетон; Ц=482 кг; ОК=15 см; 7 – тяжелый бетон; Ц=382 кг; ОК=9 см.

лей под давлением и связанным с ним повышением реологических характеристик смесей, а поскольку давление в начале бетоновода всегда выше, то их влияние будет сказываться больше. Эксперименты также показали, что значение продольного градиента давления зависит от расхода вяжущего и тонкодисперсной добавки, вида и крупности используемого заполнителя, соотношения фракций, а также подвижности смеси и ее водосодержания. В частности, при перекачивании аглопоритобетонной смеси состава № 1 с суммарным содержанием цемента и золы 847 кг и ОК = 22 см потери давления на начальном участке бетоновода длиной 10 м равны 0,05 МПа (11,6%), в то время как для смеси состава № 5 с расходом цемента 400 кг и ОК = 15 см их значение достигает 0,33 МПа (76%). Существенно влияет состав смесей и на дальность их перекачивания. Из данных, представленных на рис. 2, видно, что при снижении расхода цемента, увеличении предельной крупности фракций и содержания пористых заполнителей дальность транспортирования смесей уменьшается. Результаты, полученные при перекачивании бетонных смесей на керамзите и кварцевом песке, несущественно отличаются от данных, полученных для аглопоритобетонных смесей на пористом песке.

Сравнение характера распределения давлений при транспортировании смесей на пористых (составы 1–5) и плотных (состав 7, рис. 1, 2) заполнителях показывает, что для обычных смесей распределение давлений по бетоноводу носит линейный характер, что согласуется с данными других исследователей [2–4].

Следующей важной задачей экспериментов было исследование влияния местных сопротивлений на потери давлений. По этому вопросу даже для бетонных смесей на плотных заполнителях имеются лишь немногочисленные сведения. Что касается легкобетонных смесей, то таких данных практически нет, в связи с чем авторами проведены специальные экспериментальные исследования. В опытах были использованы два вида сужающих насадок: переходный конус с углом сужения 1° на 1 м в соответствии с рекомендациями [2] и переходную вставку с углом перехода 90° ; кроме того, исследованы потери давления на поворотных участках. На рис. 3 приведены экспериментальные данные потерь давления на переходной вставке, переходном конусе и поворотных участках в зависимости от давления перед ними для аглопоритобетонной смеси (составы 4, 5) тяжелого бетона (состав 7). Из приведенных данных следует, что потери давления на местных сопротивлениях есть функция давления в них, а следовательно, зависят от расположения их на бетоновode. При давлении в переходном конусе 1,75 МПа потери в нем примерно равны потерям давления в переходной вставке. При давлении более 1,75 МПа потери его на переходном конусе превышают потери давления на вставке; при меньших давлениях имеем обратную картину.

Экспериментальные значения давлений по длине бетоновода и максимальная дальность транспортирования легкобетонных смесей сравнивались с их расчетными величинами, полученными по разработанным авторами зависимостям (1) и (2) [5]:

Рис. 3. Зависимость между давлением перскачивания и потерями давления на местных сопротивлениях:
1 – опытные данные на переходной вставке; 2, 3 – то же, для аглопоритобетона и тяжелого бетона на переходном конусе; 4 – то же, на поворотном участке.

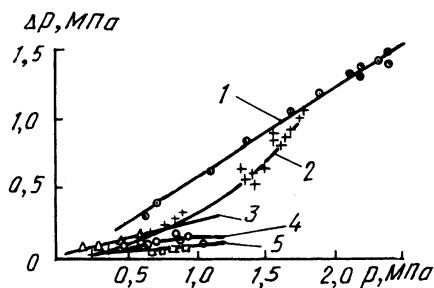


Таблица 1

Зависимость дальности подачи от состава бетонной смеси

Дальность подачи	Состав смесей					
	1	2	3	4	5	6
Расчетные значения, м	124,6	20,8	61,8	20,3	43	44,9
Опытные данные, м	120	20,5	66	20,2	43	45,4
Погрешность, %	+3,8	+1,5	-6	+0,5	0	-1

$$\sigma_x = \sigma_0 e^{bx} - A(1 - e^{bx}), \quad (1)$$

$$l_{\max} = \frac{1}{b} \ln \frac{A}{A + \sigma_{\text{пасп}}}, \quad (2)$$

где $A = \frac{\tau_{\text{Оп.с}}^{\text{нач}}}{k} + \frac{\gamma_{\text{см}}(W/g \pm \sin \alpha)}{4k}$; $b = \frac{-4k}{d}$; l - дальность подачи, м; $\tau_{\text{Оп.с}}^{\text{нач}}$ - начальное предельное напряжение сдвига бетонной смеси; k - параметр линейности, связывающий значения $\tau_{\text{Оп.с}}^{\text{нач}}$ с давлением; $\gamma_{\text{см}}$ - средняя плотность смеси; W - ускорение движения смеси; g - ускорение силы тяжести; α - угол наклона бетоновода к горизонтали (знаки "+" и "-" перед $\sin \alpha$ соответствуют случаям движения смеси снизу вверх и сверху вниз соответственно); d - диаметр бетоновода.

Приведенное в табл. 1 сравнение экспериментальных данных с расчетными свидетельствует о хорошей сходимости результатов.

Результаты выполненных экспериментальных исследований имеют важное практическое значение, поскольку они получены с использованием промышленного бетононасосного оборудования на бетоноводом значительной протяженности. На основании полученных данных авторами была разработана методика расчета потерь давления по длине бетоновода и максимальной дальности транспортирования легкобетонных смесей бетононасосами с учетом местных сопротивлений, что позволяет решать основные технологические вопросы, связанные с трубопроводной подачей и укладкой легких бетонов в монолитные конструкции.

Л и т е р а т у р а

1. Песцова А.М. Влияние технологических режимов на качество железобетонных изделий при формовании с немедленной распалубкой. - В кн.: Тез. сообщ. к 8-й Всесоюз. конф. "Повышение эффективности и качества бетона и железобетона". Харь-

ков, 1977, ч. II и III, с. 36. 2. Руководство по укладке бетонных смесей бетононасосами и установками. - М.: Стройиздат, 1978, с. 26. 3. Ивянский Г.Б., Коюшев В.Д., Каганович Е.М. Организация и технология транспортирования бетонных смесей по трубопроводам. - М.: Стройиздат, 1969, с. 125. 4. Weber R. Rohrförderung von Beton. - Düsseldorf, 1963, S. 3-49. 5. Шалимо Т.Е., Оленин Г.А., Тулупов И.И. К вопросу о расчете давлений в бетоноводах при движении по ним бетонных смесей на пористых заполнителях. - В сб.: Механика и технология на композиционных материалах: Материалы 2-а Национална конференция. - София: Болгарская Академия Наук, 1979, с. 795-798.

УДК 666.972.1

Т.Е.Шалимо, А.П.Пашков, И.И.Тулупов,
кандидаты техн. наук, В.Н.Карасик
(БелНИИОУС Госстроя БССР)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗДУХОВОВЛЕКАЮЩЕЙ ДОБАВКИ СНВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ МАССЫ ПЕРЕКАЧИВАЕМЫХ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Исследования, выполненные БелНИИОУС Госстроя БССР, позволили разработать основные положения технологии трубопроводного транспорта легкобетонных смесей [1]. Опытно-промышленная проверка на бетоноводе длиной 100 м с использованием бетононасоса С-296 подтвердила справедливость разработанных условий обеспечения перекачиваемости легкобетонных смесей и методики расчета максимальной дальности их подачи и потерь давления по длине бетоновода. Исследованиями была также установлена возможность получать перекачиваемые легкие бетоны марок 200-300 со средней плотностью 1650-1700 кг/м³.

Один из возможных путей дальнейшего снижения их объемной массы - это поризация легких бетонов за счет использования воздухововлекающих добавок. Последние обычно используются в строительной практике в качестве порообразующих добавок для получения конструктивно-теплоизоляционных легких бетонов марок до 100 или для повышения морозостойкости и водонепроницаемости бетонов.

Авторами исследовалась эффективность использования воздухововлекающих добавок в перекачиваемых легких бетонах. Целесообразность их применения в рамках поставленной задачи