

В. Д. БУДЮК, А. А. КОНДРАТЧИК, кандидаты техн. наук, В. В. ТУР, В. И. ГАШКО инженеры (Брестский инженерно-строительный ин-т); Ю. А. НИЦКИЙ, инж. (Госстрой БССР); С. Ф. ДЕНИСОВ, инж. (Белсельстрой); В. К. КОНДРАТЮК инж. (Брестский Облсельстрой)

## Цилиндрические сборные резервуары с применением напрягающего бетона

Ежегодно в Белорусской ССР при строительстве объектов агропромышленного комплекса возводится около 400 резервуаров объемом от 50 до 500 м<sup>3</sup>, более 100 канализационных насосных станций (КНС), 40 отстойников, 45 аэротенков, а также более 100 других сооружений систем водоснабжения и канализации. Значительную часть их составляют емкости для сбора и переработки отходов животноводческих комплексов.

Емкостные сооружения, как правило, возводятся прямоугольной в плане формы из сборного железобетона и цилиндрической формы из монолитного. Несмотря на экономичность цилиндрической формы, повышенная трудоемкость возведения и низкое качество монолитного железобетона ограничивают объемы применения этих емкостей.

Брестский инженерно-строительный институт совместно с Белсельстроем в течение ряда лет осуществляет широкую научно-техническую программу по разработке и внедрению емкостных сооружений различного назначения с использованием напрягающего бетона.

Как известно [1], напрягающий бетон в процессе расширения создает самоупрессовку, приобретая при этом плотную непроницаемую структуру. Применение напрягающего бетона в емкостях позволило объединить преимущества экономичной расчетной схемы осесимметричной цилиндрической оболочки с индустриальностью возведения сооружений из сборных элементов. Сборные элементы изготавливают из обычного бетона на портландцементе и соединяют между собой с помощью бессварных петлевых выпусков арматуры, которые замоноличивают напрягающим бетоном.

На основе базовой конструктивной схемы совместно с Брестсельстройпроект разработаны рабочие чертежи сборных самоупрессованных резервуаров объемом 100, 200, 250 и 500 м<sup>3</sup>. Основные габаритные размеры соответствуют требованиям серии 3-900.3, они приняты диаметром 6, 9, 12 м при высоте 3,6 и 4,8 м. Сборные элементы стенки запроектированы выпукло-вогнутой формы двух типоразмеров с радиусом кривизны внутренней поверхности 3 и 6 м и

высотой соответственно 3,6 и 4,8 м. Ширина панелей — 1300 мм, толщина — 140 мм. Соединение стенки с дном осуществляют с помощью опорной пяты, являющейся частью сборного элемента. Покрытие состоит из трапециевидных плит Т-образной формы, опирающихся на капитальную центральную колонну. Для покрытия резервуаров объемом 100 м<sup>3</sup> используют ребристые плиты серии 1.422.1-2 с двумя доборными плитами. Днище толщиной 150 мм запроектировано в монолитном и сборном вариантах.

Строительными организациями Белсельстроя и Главполесьеводроя Минводхоза СССР возведено более 130 самоупрессованных резервуаров объемом 100 и 250 м<sup>3</sup>. Сборные стеновые элементы изготавливали на заводах ЖБИ (по ТУ 69 БССР-362-84). Суммарный экономический эффект от внедрения таких резервуаров вместо типовых сборных прямоугольных составил 320 тыс. р. При этом экономия стали составила 312 т, цемента — 838 т, затраты труда сократились на 5900 чел.-дн.

Разработаны канализационные насосные станции диаметром подземной части 4,5; 6,0 и 9,0 м при глубине заложения подводящего коллектора 4,0; 5,5 и 7,0 м. Стеновые панели выпукло-вогнутой формы толщиной 200 мм и шириной 1300 мм запроектированы трех типоразмеров с радиусом кривизны 3 м и различ-

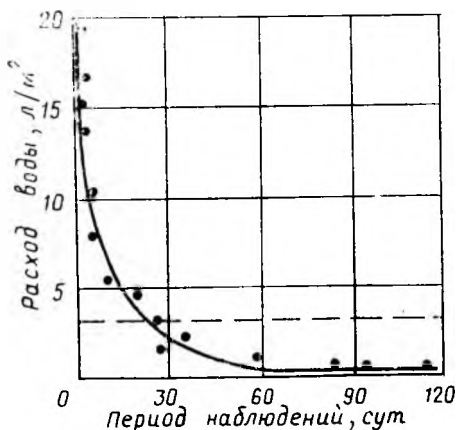
ной высотой в зависимости от глубины подводящего коллектора. Изготовление стеновых элементов может осуществляться в одной форме с переставными перегородками. Строительство канализационных насосных станций предусмотрено открытым способом, а также методом опускных колодцев, для чего стеновые панели имеют ножевую часть.

По сравнению с типовыми решениями сметная стоимость сборных многоугольных канализационных насосных станций снижена на 7...8 тыс. р., расход стали уменьшен на 6...7 т, цемента на 8...9 т. Экспериментальное строительство показало высокую индустриальность возведения и экономичность разработанных конструкций канализационных насосных станций.

Обследования построенных в течение последних 12 лет самоупрессованных резервуаров показали их хорошие эксплуатационные качества. Однако на ряде объектов уровень воды в них оказался ниже расчетного, так как на протяжении длительного периода эксплуатации их не пополняли водой. Это привело к падению достигнутого самоупрессования в результате усадки бетона. После заполнения резервуара водой самоупрессование полностью восстанавливается, что подтверждается результатами измерения расхода воды (см. рисунок).

На нескольких объектах было произведено вскрытие защитного слоя бетона. Глубина карбонизации поверхностного слоя напрягающего бетона стыков в зависимости от срока эксплуатации составила от 5 мм за 3 года до 16...18 мм за 12 лет. В бетоне на портландцементе эти характеристики изменялись соответственно от 8 до 23 мм, что свидетельствует о более низкой его коррозионной стойкости по сравнению с напрягающим. На всех вскрытых участках напрягающего бетона коррозии арматуры не обнаружено.

Эксплуатационная надежность емкостных сооружений определяется качеством заделки стыков напрягающим бетоном. Расчетные величины самоупрессования бетона от 0,6 до 1,2 МПа достигаются при использовании напрягающего цемента марки НЦ-20. Такой цемент до 1986 г.



Суточные потери воды на 1 м<sup>2</sup> смачиваемой поверхности за период наблюдений  
 — нормативные потери

Показатель	Объем резервуара, м <sup>3</sup>			
	100	200	250	500
Расход стали, т	1,64 (1,046) 3,00	4,44 4,59	5,06 (3,221) 5,38	10,44 8,59
Расход железобетона, м <sup>3</sup>	21,16 (18,6) 40,1	41,34 67,1	46,44 (37,5) 80,6	56,54 112,0
Трудоемкость, чел.-дн.	110 (107) 176	187 198	208 (201) 262	294 337

Примечания. Над чертой — самонапряженных резервуаров (шифр 625/83÷628/83), под чертой — по типовому проекту 901-4-58.83. В скобках — для усовершенствованных конструкций.

по ТУ 21-20-18-80 выпускало производственное объединение Волковыскцементошифер Белоруссии. Затем оно перешло на выпуск безусадочного цемента по ТУ 21 БССР 213-85, не обеспечивающего требуемые величины самонапряжений бетона. В настоящее время напрягающий цемент в ограниченном объеме поставляется Пашийским заводом, расположенным на расстоянии более 3000 км от потребителя, что нельзя признать целесообразным. Потребность в напрягающем цементе марки НЦ-20 только по Белсельстрою в 1987 г. составляет 12 тыс. т, а с расширением объемов применения самонапряженных резервуаров увеличатся еще на 6 тыс. т в год.

Несмотря на значительную экономич-

ность разработанных конструкций резервуаров по сравнению с типовыми, выявлены резервы дальнейшего снижения их материалоемкости, трудоемкости, а также повышения надежности [2]. Это достигается за счет укрупнения сборных стеновых элементов и совершенствования конструкции покрытия. Увеличение номинальной ширины стеновых панелей до размеров, кратных  $\lambda$ , изменяет характер их работы на нагрузки, возникающие при транспортировании и монтаже. Такие элементы могут рассматриваться как короткие цилиндрические оболочки, работающие в направлении образующей, как балки с криволинейным очертанием поперечного сечения, что приводит к существенному снижению расхода рабочей

арматуры. При укрупнении стеновых элементов вдвое уменьшается количество стыков, за счет чего повышается надежность сооружения, а также снижаются затраты на монтаж элементов.

Покрытие резервуаров разработано из сборных ребристых элементов, образующих при диаметре емкости 6 м плоский диск, а при больших диаметрах — пространственно работающую конструкцию без внутренних колонн.

Основные технико-экономические показатели разработанных вариантов конструкций резервуаров приводятся в таблице.

В текущей пятилетке намечено в полном объеме осуществить строительство самонапряженных резервуаров и канализационных насосных станций, что позволит получить годовой экономический эффект по Белорусской ССР более 1,5 млн. р.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология напрягающего цемента и самонапряженных железобетонных конструкций / Под ред. В. В. Михайлова, С. Л. Литвиера. — М.: Стройиздат, 1985. — 183 с.
2. Будюк В. Д., Кондратчик А. А., Тур В. В. Самонапряженные резервуары на объектах агропромышленного комплекса // Проектирование и инженерные изыскания. — 1986. — № 5. — С. 48.

УДК 666.9.055:666.974.6:691.147

А. Н. ОБУХОВ, инж., И. Ф. РУДЕНКО, д-р техн. наук, проф. (ЦМИПКС при МИСИ); С. А. СЕЛИВАНОВА, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Повышение прочности сталефибробетона на НЦ при роликовом формовании

Исследования НИИЖБа, а также результаты эксплуатации роликовых устройств в опытно-производственных и производственных условиях свидетельствуют об экономической эффективности безвибрационной технологии, обеспечивающей получение из жестких и особо жестких мелкозернистых смесей плотного бетона с высокой прочностью [1, 2]. Она повысилась вследствие применения стальной фибры [3, 4], которая в процессе роликового формования располагается в бетоне изделия наиболее рационально — горизонтально. Установлено, что прочность сталефибробетона прямо пропорциональна прочности матрицы и проценту армирования  $\mu$ . Ограничение верхнего предела  $\mu$  (1,6%) связано с тем, что увеличение процента армирования с целью повышения физико-механических харак-

теристик фибробетона приводит к перерасходу фибры, повышает вероятность ее комкования при перемешивании, снижает стабильность состава фибробетонной смеси и однородность прочности в изделии. Уменьшение процента армирования при сохранении прочности фибробетона достигается повышением прочности матриц. Этот вопрос имеет практическое значение, в том числе для обеспечения строителей новыми эффективными тонкостенными дисперсно-армированными конструкциями, ежегодная потребность в которых составляет более 1 млн. м<sup>2</sup>.

С учетом свойств и опыта применения напрягающего бетона [5] исследовали жесткие мелкозернистые смеси на НЦ-40 и ПЦ с сопоставимыми физико-механическими показателями по ГОСТ 10178—76 (табл. 1).

Для экспериментов использовали пески Подмосковных карьеров с  $M_k=1,85$ , пустотностью 45,84,  $\rho=2650$  кг/м<sup>3</sup>, металлическую фибру МЕТИЗ диаметром 0,5 мм, длиной 50 мм.

Влияние на бетон (матрицу) вида и расхода цемента, также  $V/C$  оценивали по результатам испытаний образцов размером 4×4×16 см. Режим ТВО принят постоянный: выдерживание 2..6 ч, подъем температуры до 60°C — 3 ч, изотермический прогрев — 5 ч, остывание — 4 ч. Последующее твердение происходило в условиях цеха при  $t=15..20$ °C. Составы и физико-механические характеристики бетонов приведены в табл. 2, из которой видно преимущество использования НЦ при аналогичных условиях твердения во всем диапазоне рассмотренных составов, характеризующихся различной степенью