

Рис.2. Оптимальный наружный диаметр d_e гибких трубобетонных элементов (бетонное ядро класса В12,5; труба – сталь марки ВСтЗпс4, коэффициент армирования $\mu_{pb} = 0,1$) в зависимости от продольного усилия N при расчетной длине:

$$1 - l_0 = 12 \text{ м}; 2 - l_0 = 10 \text{ м}; 3 - l_0 = 8 \text{ м}; 4 - l_0 = 6 \text{ м}; 5 - l_0 = 4 \text{ м}$$

На следующем примере рассмотрено практическое использование предлагаемой методики расчета поперечных сечений сжатых трубобетонных элементов с оптимальными параметрами.

Пример.

Необходимо подобрать сечение трубобетонной стойки (без учета гибкости), работающей на центральное сжатие. Продольное усилие, воспринимаемое стойкой $N = 4800 \text{ кН}$.

Трубобетонная стойка проектируется сплошного поперечного сечения с вибрированным бетонным ядром. Для трубобетонной стойки принимаем стальную бесшовную горячекатаную трубу из стали марки ВСтЗпс4 с расчетным сопротивлением $R_s = 235 \text{ МПа}$ и тяжелый бетон класса В25.

Определяем параметры, необходимые для расчета трубобетонной стойки.

Для принятого класса бетона В25 и марки стали ВСтЗпс4 из табл. 1 определяем оптимальный коэффициент армирования $\mu_{pb,opt} = 0,128$. Для бетона класса В25 коэффициент $\beta_{op} = 0,52$. Для $\mu_{pb,opt} = 0,128$ и стали марки ВСтЗпс4 устанавливаем $\gamma_{s2} = 0,86$. По табл. 3 для принятого $\mu_{pb,opt} = 0,128$ при $\delta_{red} = 0,1$ принимаем $\gamma_{pb2} = 0,822$.

Расчетное сопротивление бетона

$$R_{b,pb} = 0,65 \gamma_{pb} B(1 + 16,1 \mu_{pb,opt} \beta_{op}) = 0,65 \cdot 1,1 \cdot 25(1 + 16,1 \cdot 0,128 \cdot 0,52) = 33,1 \text{ МПа}.$$

В расчетных формулах используем:

$$R_{b,pb} = 33,1 \text{ МПа} = 3,31 \text{ кН/см}^2; R_s = 235 \text{ МПа} = 23,5 \text{ кН/см}^2.$$

Определяем требуемый внутренний диаметр трубы трубобетонной стойки (1)

$$d_{i,req} = \sqrt{\frac{1,273N}{\gamma_{pb2} \varphi_e (R_{b,pb} + \gamma_{s2} \mu_{pb} R_s)}} = \sqrt{\frac{1,273 \cdot 4800}{0,82 \cdot (3,31 + 0,86 \cdot 0,128 \cdot 23,5)}} = 35,5 \text{ см}.$$

Определяем требуемую толщину стенки трубы (2)

$$t_{s,req} = 0,5 d_{i,req} (\sqrt{1 + \mu_{pb,opt}} - 1) = 0,5 \cdot 35,5 (\sqrt{1 + 0,128} - 1) = 1,1 \text{ см}$$

Требуемый расчетный наружный диаметр трубы

$$d_{e,req} = d_{i,req} + 2t_{s,req} = 35,5 + 2 \cdot 1,1 = 37,7 \text{ см}.$$

По стандарту стальных труб, выпускаемых промышленностью, принимаем трубу с наружным диаметром $d_e = 377 \text{ мм}$ и толщиной стенки $t_s = 10 \text{ мм}$. Для принятых размеров трубобетонной стойки площадь поперечного сечения трубы $A_s = 115,2 \text{ см}^2$; площадь поперечного сечения бетонного ядра $A_b = 1000 \text{ см}^2$; коэффициент армирования $\mu_{pb} = 0,115$.

Уточняем расчетное сопротивление бетона

$$R_{b,pb} = 0,65 \cdot B(1 + 16,1 \mu_{pb,opt} \beta_{op}) = 0,65 \cdot 25(1 + 16,1 \cdot 0,115 \cdot 0,5) = 31,3 \text{ МПа}.$$

Определяем несущую способность центрально сжатой трубобетонной стойки (3)

$$N_{per} = R_{b,pb} A_b + \gamma_{sb2} R_s A_s = 3,31 \cdot 1000 + 0,82 \cdot 23,5 \cdot 115,2 = 5350 \text{ кН}.$$

Так как $N_{per} = 5350 \text{ кН} > N = 4800 \text{ кН}$, несущая способность запроектированного трубобетонного элемента обеспечена.

Выводы На основе сказанного выше, в процессе проектирования, можно определить оптимальные параметры центрифугированного трубобетонного элемента в зависимости от известных нагрузок и физико-механических характеристик материалов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лукша Л.К. Прочность трубобетона. – Минск: Вышейша школа, 1977. – 95 с.
2. Долженко А.А. Трубчатая арматура в железобетоне // Дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01. – Воронеж : ВИСИ, 1967. – 413 с.
3. Росновский В.А. Трубобетон в мостостроении. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 110 с.
4. Стороженко Л.И. Объемное напряженно-деформированное состояние железобетона с косвенным армированием. – Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.23.01. – М.: ВЗИСИ, 1985. – 48 с.
5. Стороженко Л.И., Плахотный П.И., Черный А.Я. Расчет трубобетонных конструкций с использованием ЭВМ. – К.: Будівельник, 1991. – 120 с.

УДК 624.012.45

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТРУБ, ЗАПОЛНЕННЫХ ЦЕНТРИФУГИРОВАННЫМ БЕТОНОМ

Ефименко В.И., Сухан А.П., Сухан С.П.

Криворожский технический университет, г.Кривой Рог

Постановка проблемы. Распространение в практике строительства получает центрифугированный железобетон. Известно, что элементы из центрифугированного трубобетона обладают всеми преимуществами, свойственными как обычному трубобетону, так и центрифугированному

железобетону, и они могут применяться для тех же целей.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы Несмотря на то, что конструкции с использованием центрифугированных трубобетонных элементов находят применение как в промышленном так и в гражданском строительстве на данный момент не разработаны типовые конструктивные узлы стыковки конструктивных деталей в одну конструкцию.

Анализ последних исследований показывает все более широкое использование трубобетонных элементов в различных областях строительства. Так разработано достаточно большое количество различных строительных конструкций для промышленных зданий с использованием трубобетонных элементов [1,2,3].

Формулировка целей статьи Осуществить опытное проектирование некоторых типов несущих строительных конструкций из центрифугированного трубобетона. Показать возможные варианты исполнения отдельных стыков строительных конструкций и отдельных конструкций в целом.

Основная часть В соответствии с договором о сотрудничестве с ВНАКТИ (Москва), ведущей в бывшем СССР организацией по исследованию, проектированию и строительству зданий и сооружений методом подъема этажей, было разработано и принято активное участие в проектировании несущих трубобетонных колонн с многослойным ядром для 16-этажного 120-квартирного жилого дома типа "крест", возводимого методом подъема этажей.

Основными несущими конструкциями здания являются колонны, воспринимающие вертикальные и горизонтальные нагрузки. Часть вертикальных нагрузок воспринимает ядро жесткости – ствол лестнично-лифтовой шахты, который обеспечивает пространственную жесткость здания в целом.

Несущие колонны состоят из пяти ярусов и имеют одинаковый диаметр $d_e = 402$ мм при толщине стенки трубы $t_s = 6$ мм. При этом колонна первого яруса, имеющая высоту 16,22 м, выполнена из центрифугированного трубобетона с заполненной бетоном полостью. Бетонное ядро комплексного сечения из бетона класса по прочности на сжатие В25 (рис. 1).

Трубобетонные колонны четырех верхних ярусов выполнены без заполнения полости, при этом в колоннах последнего яруса использован бетон класса по прочности на сжатие В20. Высота колонн второго, третьего и четвертого ярусов по 8,85 м. Высота колонн пятого яруса – 6,87 м.

Применительно к зданиям, возводимым методом подъема этажей, разработан узел опирания перекрытия на трубобетонную колонну. Сопряжения колонн между собой, база и оголовок выполнены по аналогии выполнения подобных элементов из стальных труб без заполнения. В целом использование трубобетонных колонн по сравнению с железобетонными позволяет экономить полезную площадь помещений здания. Трубобетонные колонны имеют эстетичный внешний вид и хорошо вписываются в оригинальное объемно-планировочное решение жилого дома.

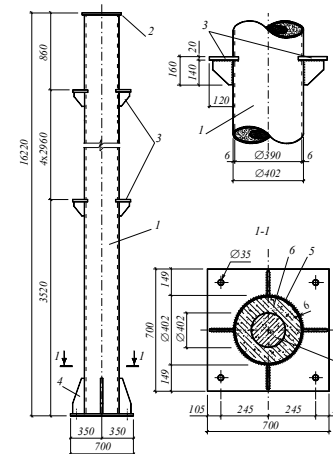


Рис. 1. Трубобетонная колонна жилого дома, возводимого методом подъема этажей:

1 – стержень колонны; 2 – оголовок; 3 – опорные консоли;
4 – база; 5 – стальная труба; 6 – центрифугированное
бетонное ядро; 7 – бетон заполнения полости ядра

Трубобетонные несущие конструкции с ядром из фибробетона запроектированы для цеха электролиза меди. Проект выполнен в соответствии с договором о сотрудничестве с ЦНИИПромзданий.

Здание цеха электролиза меди представляет собой 4-пролетный отдельно стоящий производственный корпус размерами в плане 156×121 м. В цехе электролиза меди нет мостовых кранов. Но из-за больших пролетов трубобетонные колонны, являющиеся основными несущими конструкциями пространственного каркаса здания, воспринимают значительные нагрузки. На рис. 3 изображена одноветвевая трубобетонная колонна среднего ряда цеха. В зависимости от воспринимаемой нагрузки стержни колонн запроектированы из труб с внешним диаметром $d_e = 720$ мм, 530 мм, 478 мм, имеющих толщину стенки трубы соответственно – $t_s = 10$ мм, 7 мм и 5 мм. Преимущество применения трубобетона в данном случае – это гарантированная обеспеченность защиты внешней поверхности металла от коррозии, так как поверхность трубобетонных колонн открыта и доступна для осмотра, очистки и окраски. Трубчатая форма поперечного сечения менее подвержена коррозионному воздействию и на ней меньше скапливается пыль. Такие конструкции могут с успехом эксплуатироваться как в цехах по производству меди, так и в других им подобных производствах.

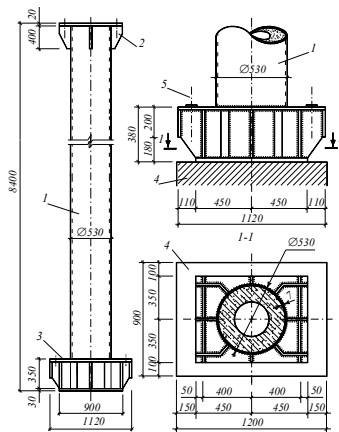


Рис. 2. Одноветвевая трубобетонная колонна среднего ряда производственного здания:

1 – стержень колонны; 2 – оголовок; 3 – база; 4 – фундамент; 5 – ось анкерных болтов

Совместно с ЦНИИПромзданий в соответствии с договором о творческом сотрудничестве запроектированы несущие конструкции из центрифугированного трубобетона для производственных зданий ломоперерабатывающих комплексов. Перед специалистами, проектирующими подобные объекты, всегда была сложность выбора типа конструкций и особенно вида их поверхности. Эта причина заключается в том, что в соответствии с действующими нормами проектирования к несущим конструкциям, работающим в условиях ломоперерабатывающих цехов, предъявляются особые требования по отношению к сопротивлению ударным нагрузкам. Опыт эксплуатации железобетонных конструкций, работающих в подобных условиях, показал, что в железобетонных конструкциях происходит постепенное откалывание бетонного защитного слоя. Неудовлетворительно работают в этих условиях и стальные конструкции. В процессе эксплуатации из-за постоянных ударных воздействий в элементах несущих конструкций наблюдаются вмятины и загибы, приводящие, в конце концов, к потере местной устойчивости элемента и потере несущей способности конструкции. Поэтому для ломоперерабатывающих комплексов вполне целесообразно применять трубобетонные колонны, в которых бетон, находящийся внутри трубы, предохраняет стальную трубу от образования вмятин и потери местной устойчивости.

Поэтому для цеха по переработке лома была запроектирована двухветвевая колонна из центрифугированного трубобетона. Цех представляет собой однопролетное прямоугольное в плане здание размером 120×36 м, общей площадью 4416 м². Пролет здания 36 м, оборудован двумя магнитно-рейферными мостовыми кранами грузоподъемностью по 12,5 т. Двухветвевая трубобетонная колонна выполнена из стальных труб диаметром $d_e = 325$ мм и толщиной стенки трубы $t_s = 5$ мм. Толщина слоя центрифугированного бетонного ядра составляет $t_b = 80$ мм (рис. 3).

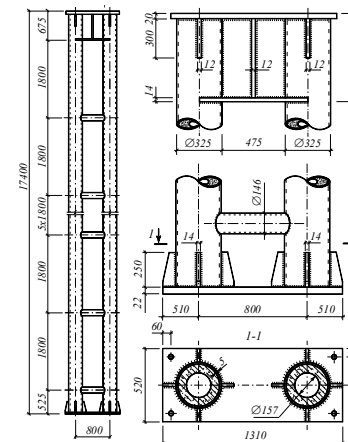


Рис. 3. Двухветвевая трубобетонная колонна одноэтажного производственного здания

Для двухпролетного производственного здания с пролетами по 24 м была запроектирована сегментная трубобетонная ферма с верхним поясом, заполненным центрифугированным бетоном. Диаметр трубы верхнего пояса $d_e = 245$ мм при толщине стенки трубы $t_s = 7$ мм. Толщина бетонного слоя центрифугированного ядра $t_b = 55$ мм. Для заполнения использовался бетон класса по прочности на сжатие В25. Нижний пояс фермы запроектирован из трубы диаметром $d_e = 450$ мм с толщиной стенки трубы $t_s = 7$ мм без заполнения бетоном. Трубобетонные раскосы и стойки имеют диаметр $d_e = 90...114$ мм при толщине стенок $t_s = 4$ мм (рис. 4).

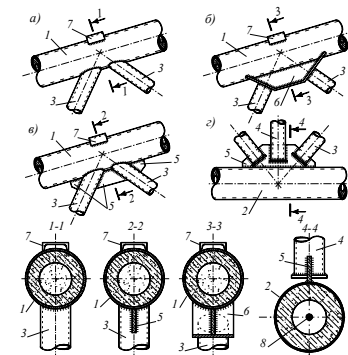


Рис. 4. Возможные способы соединения раскосов и стоек с поясами трубобетонной фермы:

1 – верхний пояс; 2 – нижний пояс; 3 – раскосы; 4 – стойка; 5 – косынка; 6 – упорная косынка; 7 – опорный столик; 8 – предварительно напряженный элемент

Статический расчет фермы произведен по аналогии со стальными фермами. Элементы из центрифугированного трубобетона рассчитывались на центральное сжатие. Сопряжение элементов в узлах выполнено с помощью фасонки, приваренных к нижнему и верхнему поясам фермы.

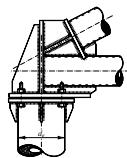


Рис. 5. Опорный узел центрифугированной трубобетонной фермы

На рис. 5 показан один из возможных вариантов решения опорного узла центрифугированной трубобетонной фермы. Использование центрифугированного нижнего пояса дает возможность применить его предварительное напряжение. Предварительно напряженным элементом могут служить арматурные пряди или канаты, размещаемые в полости нижнего пояса. При этом усилие предварительного напряжения подбирается примерно равным расчетному усилию растяжения нижнего пояса. В итоге центрифугированный нижний пояс фермы в эксплуатационном состоянии испытывает минимальные напряжения.

Для трубобетонных элементов с обычными вибрированными ядрами приварку фасонки и различных деталей к трубе можно также осуществлять и до заполнения трубы-оболочки бетоном. Для центрифугированного трубобетона эти работы выполняются после бетонирования.

Так как в процессе центрифугирования труба-оболочка трубобетонного элемента играет роль формы, а приваренные к ней детали мешают процессу центрифугирования, то сварочные работы могут производиться только после заполнения трубы центрифугированным бетоном.

Выводы. Обобщая изложенное выше можно сказать, что использование центрифугированных трубобетонных элементов в строительных конструкциях не сложнее аналогичных традиционных узлов и стыков железобетонных и металлических конструкций, также вполне рационально использование данного типа конструкций как в гражданском так и в промышленном строительстве.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Л.И.Стороженко, В.Ф.Пенц, С.Г.Коршун Трубобетонні конструкції промислових будівель. : Монографія. - Полтава: ПолтНТУ, 2008. -202 с.
2. Стороженко Л.И., Ефименко В.И., Пенц В.Ф. Строительные конструкции из стальных труб, заполненных центрифугированным бетоном. – К.: “Четверта хвиля”, 2001. – 144 с.
3. Стороженко Л.И., Ефименко В.И., Плахотный П.И. Изгибаемые трубобетонные конструкции. – К.: Будівельник, 1994. – 104 с.

УДК 624.014:69.059.4

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА РАБОТУ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ ПОКРЫТИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

к.т.н Жаданова К.Ф., инж. Сайгак Н.Г.,

Запорожская государственная инженерная академия

За последние годы наблюдается увеличение числа аварий и разрушений строительных конструкций объектов различного назначения. Эта тенденция характерна для большинства регионов Украины. По статистике от общего числа аварий 19% случаев произошло в период строительства, 77% — в период эксплуатации и 4% — при проведении ремонтных работ [1]. По более ранним данным анализа, выполненного ЦНИИПромзданий [2], 32% от общего числа составляют аварии одноэтажных зданий со стальным каркасом. Частота таких аварий примерно в 10 раз превышает эту величину для зданий с железобетонным каркасом. Наименее надежными элементами стального каркаса являются стропильные и подстропильные фермы: на них приходится 57% аварий стальных конструкций. Обеспечению безаварийной эксплуатации зданий и сооружений служат своевременные обследования технического состояния конструкций, и проводимая в настоящее время паспортизация объектов застройки.

Вопросы оценки технического состояния конструкций решаются на основе натурных обследований с выявлением дефектов и повреждений. Для анализа действительной работы конструкций выполняют проверочные расчеты.

Опыт эксплуатации довольно часто указывает на то, что основной причиной неработоспособного состояния строительных конструкций являются температурные деформации, возникающие вследствие естественных перепадов температур.

Из статистики сооружений известно, что в стальных фермах, представляющих собой статически определимые системы, никаких дополнительных усилий от перепада температур не возникает, так как температурные деформации будут гаситься шарнирными опорами, одна из которых подвижная.

Расчетные схемы ферм покрытий, основанные на представлении их разрезными свободнолежащими на шарнирных опорах, 30-40 лет назад были преобладающими. Такие схемы позволяют легко получить максимальные усилия в элементах ферм, что, на первый взгляд, является гарантией их надежности. Однако фактический материал, полученный в результате обследования технического состояния элементов покрытий эксплуатируемых зданий [3, 4] показывает, что стропильные и подстропильные фермы во многих случаях работают как конструкции, имеющие шарнирно неподвижные опоры. Так, в работе [3] показано, что более 60% (34 из 50) стропильных ферм покрытия корпуса №3 электролизного производства Запорожского алюминиевого комбината (ЗАЛК) имеют дефекты по всей длине нижних поясов в виде схождения уголков, образующих сечение, изгибов в плоскости ферм (вверх) или выгиба из их плоскости. Такие дефекты однозначно