

# ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ВЕРТОЛЕТНЫХ ПЛОЩАДОК

Сафиканов Р.Д., Пояркова Е.В.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

В связи с активизацией в последнее время современного строительства многофункциональных высотных зданий, сооружения морских стационарных нефтяных платформ актуальным стало рассмотрение вопроса возведения и расположения на этих объектах взлетно-посадочных вертолетных площадок.

Использование вертолетов как альтернативного вида транспорта в мегаполисах, республиканских и областных центрах становится все более востребованным ввиду практически ежедневного увеличения трафика автомобильного потока в этих городах. Наличие вертолетной площадки для летательной техники на кровле современного офисного или медицинского центров является как бы его сопутствующим обязательным атрибутом (см. рис.1). Размещение вертолетных площадок на крышах высотных домов уменьшает уровень шума от вертолетов на улицах города, и улучшает условия безопасности полетов, особенно при подходе к площадке, взлете или посадке. Целесообразность расположения вертолетных площадок на городских крышах заключается еще и в их использования службами экстренной помощи, таких как МЧС, пожарных, скорой медицинской помощи. При этом активными пользователями таких площадок, как правило, являются чиновники, бизнесмены и службы СМИ.



Рисунок 1 – Вертолетная площадка на кровле высотного здания

На современных морских стационарных платформах также располагаются взлетно-посадочные вертолетные площадки (см. рис. 2). При строительстве

стационарных платформ в качестве стояков успешно применяют сталебетонные (классический вариант названия «железобетонные») конструкции, представляющие собой комплексные элементы, состоящие из бетона, прокатных стальных профилей и стержневой арматуры, объединенных в некую гетерогенную систему для обеспечения совместной рациональной работы.



Рисунок 2 – Морская стационарная платформа с вертолетной площадкой

Типы подобных железобетонных конструкций, применяемых в строительстве, весьма разнообразны, однако особенный интерес вызывает его разновидность, представляющая собой трубобетонную конструкцию, состоящую из стальной трубы, заполненной бетоном. Эти конструкции обладают явным преимуществом среди аналогов железобетона, ввиду нахождения бетонного ядра в объемном напряженном стане, благодаря чему значительно возрастает несущая способность конструкции, а стенки трубы таким способом защищены от коррозионных поражений.

И в случаях возведения многофункциональных высотных зданий, и в случаях сооружения морских стационарных нефтяных платформ, имеющих взлетно-посадочные вертолетные площадки, современные прогрессивные строительные технологии диктуют использование в виде опорных элементов таких конструкций трубобетонные колонны. Быстрота и минимизация усилий для строительства делают их одними из наиболее целесообразных применяемых конструкций.

Как правило, при возведении высотных зданий с располагающимися на их крышах площадок для посадки вертолетов, с целью уменьшения затрат на их возведение, сокращения сроков строительства при обязательном сохранении (или повышении) несущей способности и прочностной надежности таких конструкций, используют трубобетонные элементы (см. рис. 3). Их использование позволяет увеличить сейсмостойкость зданий и сооружений в несколько раз. Поэтому анализ существующих методов повышения несущей способности таких конструкций и проблемы модернизации известных способов, представляет в настоящее время достаточно актуальную задачу.



Рисунок 3 – Возведение вертолетной площадки с использованием трубобетонных конструкций

Традиционно трубобетонная колонна (см. рис. 4) представляют собой металлическую обойму цилиндрической формы, внутри которой находится бетонное ядро.

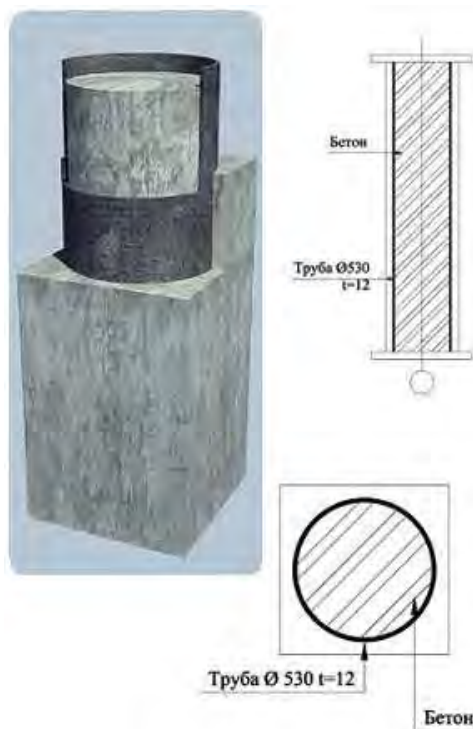


Рисунок 4 – Схема трубобетонной колонны

В результате применения подобного типа трубобетонных конструкций стоимость строительства снижается на четверть, а экономия металлических материалов составляет более половины себестоимости всей конструкции.

Основными материалом при изготовлении трубобетонных конструкции является стальная труба и бетон, маркировка которых подбирается из регламентирующих таблиц в соответствии с нормативными документами.

Стальной каркас в форме трубы играет роль сжимающего элемента, компенсирующего напряжения, вызванные изгибом конструкции или растягивающими усилиями от внешней нагрузки, создаваемой собственным весом плит перекрытий, различных антикоррозионных покрытий, а также динамическими и вибрационными воздействиями.

Согласно [5], внутренний диаметр трубы трубобетонной колонны подбирается по формуле:

$$d_i = \sqrt{\frac{1,273 \cdot N}{[\gamma_{pb2} \cdot \gamma_{bs} \varphi (R_b^* + \gamma_{s2} \mu_{s2} R_s)]}}$$

где  $\gamma_{pb2}$  – коэффициент длительного сопротивления;

$\gamma_{bs}$  – коэффициент условия работы;

$\varphi$  – коэффициент продольного изгиба;

$R_b^*$  – расчетное сопротивление бетона в трубобетоне;

$\gamma_{s2}$  – коэффициент условия работы стали трубы;

$\mu_{s2}$  – коэффициент армирования;

$R_s$  – расчетное сопротивление стали трубы;

$N$  – продольное усилие в элементе.

Толщина стенки трубы устанавливается согласно расчетам по формуле:

$$t = 0,5 d_i \left( \sqrt{1 + \mu_{pb}} - 1 \right),$$

где  $d_i$  – внутренний диаметр трубы;

$\mu_{pb}$  – коэффициент армирования.

Расчет металлической обоймы с бетонным ядром и армирующими элементами производится по различным методикам. Одной из распространенных норм является Eurocode 4 [1]. Запас несущей способности с учетом изгиба трубы и совместной нагрузки на сжатие-изгиб рассчитывается по формуле:

$$N_{EC4} = \eta_a A_a f_{yd} + A_c f_{cd} \left( 1 + \eta_e \frac{t f_y}{d f_c} \right),$$

где  $A_c$  и  $A_a$  – площади бетона и арматуры соответственно в поперечном сечении колонны;

$f_{cd}$ ,  $f_{yd}$  – расчетные значения прочности бетона на сжатие и предел текучести стали;

$f_c$ ,  $f_y$  – нормативные значения прочности бетона на сжатие и предела текучести стали;

$\eta_a$ ,  $\eta_e$  – постоянные коэффициенты, зависящие от гибкости колонны.

Однако, результаты расчетов по этой формуле дают несколько недостоверную оценку несущей способности конструкции [2]. Погрешность результатов расчетов составляет порядка 15 %.

На сегодняшний день известны различные методики расчета элементов трубобетонных колонн [3]. Для стран СНГ расчет производится по формуле:

$$N \leq N_{per} = \varphi \gamma_{bs} (R_b^* A_b + \gamma_{s2} R_s A_s),$$

где  $R_b^*$  - расчётное сопротивление бетона в трубобетоне;

$\varphi$  - коэффициент продольного изгиба;

$A_s$  и  $A_b$  - геометрические характеристики поперечного сечения;

$\gamma_{bs}$  - коэффициент условия работы бетона;

$\gamma_{s2}$  - коэффициент условия работы арматуры.

По сравнению с железобетонными конструкциями, армированными стальными прутками, экономические показатели трубобетонных конструкций выше ввиду отсутствия необходимости придачи формы сечения, за счет служения оболочки моделью опалубки. Бетон, находясь в обойме, повышает устойчивость колонны, что является одной из важных его характеристик. Образование трещин снижается за счет присутствия металлической оболочки. Использование комбинации подобных материалов позволяет облегчить возведение трубобетонной конструкции, которая в свою очередь будет выполнять функции пожарной безопасности, за счет увеличения стойкости открытому огню.

Несмотря на вышеуказанные преимущества конструкции трубобетонных колонн, имеют также и недостатки [4]. В частности, бетон может отслаиваться от стенки трубы, за счет разности начальных коэффициентов поперечной деформации бетона и стали ( $\nu_b \approx 0,18 \dots 0,25$ ,  $\nu_s \approx 0,3$ ). Устранение такого повреждения конструкции возможно за счет использования различных армирующих элементов. Так, в трубе делаются отверстия, в которые вставляют анкерные болты с раскрывающимися элементами, что дает лучшее взаимодействие бетонного ядра и со стенкой металлической обоймы. Таким образом, данные ввертки являются некими кристаллизаторами в бетонной смеси в процессе его затвердевания.

#### Список литературы

1. Eurocode 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Общие правила для зданий: Пер. с нем. – Полтава: ПНТУ, 1997. – 180 с.
2. Kuranovas, A. Load-bearing capacity of concrete-filled steel columns / A. Kuranovas, D. Good, A. Kvedaras, S. Zhong // Journal of civil engineering and management. 2009. Vol. 15, No. 1. P. 21–33.
3. Стороженко, Л. И. Сравнение методик расчета трубобетонных конструкций / Л. И. Стороженко, А. В. Семко // Коммунальное хозяйство городов. Науч.-техн. сб. Вып 63. К.: Техшка. - 2005. - с. 59-70.
4. Кришан, А. П. Трубобетонные колонны для многоэтажных зданий / А. П. Кришан // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2009. - №4. - с. 75-80.
5. Стороженко, Л. И. Расчет трубобетонных конструкций / Л. И. Стороженко, П. И. Плахотный, А. Я. Черный - Киев : Будивельник, 1991. - 120 с.