

УДК 69.057.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВОЗВЕДЕНИЯ ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В КАРКАСНЫХ ЗДАНИЯХ

ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗВЕДЕННЯ ТРУБОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В КАРКАСНИХ БУДИНКАХ

A STUDY OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF PIPE-CONCRETE CONSTRUCTIONS IN TIMBER FRAME BUILDINGS

Югов А.М. д.т.н., проф., Таран В.В. к.т.н. (Донбасская Национальная Академия Строительства и Архитектуры, г. Макеевка)

Югов А.М. д.т.н., проф., Таран В.В. к.т.н. (Донбаська Національна Академія Будівництва і Архітектури, г. Макіївка)

Yugov A.M. d.t.n., prof., Taran V.V. Ph. D (Engineering) (Donbas national academy of civil engineering and architecture, Makeyevka)

Рассматривается возведение зданий с каркасом из сталежелезобетонных конструкций. Представлены основные достоинства и недостатки трубобетонных конструкций. Приведено описание существующих способов уплотнения бетонной смеси в металлической трубе. Определены показатели по удельной стоимости опалубки, заполнителя и трудоемкости монтажа металлической трубы-опалубки.

Розглянуто зведення будинків з каркасом із сталє залізобетонних конструкцій. Представлені основні переваги та недоліки трубобетонних конструкцій. Наведено опис існуючих методів ущільнення бетонної суміші в металевій трубі. Визначені показники щодо питомої вартості опалубки, заповнювача та трудомісткості монтажу металевої труби-опалубки.

Discusses the construction of buildings with frame of steel reinforced concrete structures. The main advantages and disadvantages of pipe-concrete constructions. Describes the existing way of ramming of concrete mixture in a metal tube. Assigned indicators on the unit costs of shuttering, filler and the labor intensity of mounting metal pipe-casing.

Ключевые слова: каркасные здания, трубобетон, колонны, трудоемкость, бетонирование, уплотнение.

Каркасні будинки, трубобетон, колони, трудомісткість, бетонування, ущільнення.

Timber frame buildings, pipe-concrete, columns, complexity, concreting, seal.

Введение. Технология монолитного строительства представляет собой возведение нераздельного высокопрочного каркаса из железобетона от фундаментной плиты до перекрытия верхнего этажа. Строительство многоэтажных зданий и зданий повышенной этажности с применением монолитного железобетона является одним из основных направлений социально-экономического развития страны. Возведение таких объектов влечет за собой разработку новых объемно-планировочных и конструктивных решений, а также более эффективных технологий, обеспечивающих повышение интенсивности возведения зданий, их эксплуатационной надежности и долговечности.

Рост объемов строительства именно из монолитного бетона, говорит о том, что он занимает подобающее место. В новых экономических условиях становятся востребованными новые технологии, ориентированные на высокие темпы возведения зданий строительства, высокое качество, снижение себестоимости.

При возведении жилых комплексов, объединяющих помещения социального и производственного назначения, монолитное строительство с применением опалубочных систем проявляет себя наилучшим образом. Универсальность конструкции и вариативность модульной сетки колонн позволяют в одном здании объединять жильё, помещения обслуживания, паркинги, спортивные сооружения и т.д. Кроме того, сама опалубка, оборудование для опалубки, используемые в монолитном строительстве, незаменимы в стеснённых условиях застройки крупных городов – облегчённые системы позволяют обходиться без тяжелого подъёмного оборудования и строительных кранов.

Современное производство опалубки позволяет придать строительному объекту максимальные характеристики негорючести, лёгкости перемещения – словом, опалубка соответствует всем современным требованиям к жилым помещениям и строительным технологиям.

Технологию монолитного домостроения невозможно представить без устройства возведения опалубки. Именно опалубкой определяется будущая форма элемента железобетонного каркаса, который принимает на себя основную нагрузку монолитного здания.

В настоящее время широкое применение нашли *сталежелезобетонные конструкции*, которые в своем составе объединяют бетон, арматурные стержни и стальной прокат. Наряду с высокими технико-экономическими показателями при возведении этих конструкций, во многих случаях удастся

полностью избавиться от необходимости использовать сборно-разборную опалубку. В качестве опалубки используются стальные прокатные профили и листы.

С архитектурной точки зрения следует отметить эстетичный внешний вид трубобетонных колонн. Это придает зданиям и сооружениям, построенным из них, несколько большую выразительность.

Целью настоящей работы является анализ конструктивных и организационно-технологических особенностей возведения монолитного каркаса здания с применением трубобетонных конструкций.

Достоинства и недостатки трубобетонных конструкций. Изготовленные в заводских условиях трубобетонные колонны используются в мостостроении, где очень большие нагрузки. При возведении высотных зданий, где нагрузки не столь велики, колонны выполняются в построечных условиях (рис. 1).

Недостатки, присущие трубобетонным конструкциям:

- высокая стоимость стальных труб большого диаметра;
- пониженная, по сравнению с обычным железобетоном, коррозионная стойкость, что ведет к дополнительным затратам на ее обеспечение;
- возможность расслоения бетонной смеси при заполнении труб небольшого диаметра;
- отсутствие надежных вариантов стыков трубобетонных колонн с несущими конструкциями перекрытий многоэтажных зданий;
- возможность разрыва металлической оболочки под действием внутреннего давления паров связанной воды, освобождающейся при сильном нагревании во время пожара.

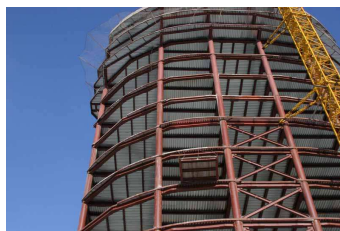


Рис. 1 – Возведение каркаса здания с применением трубобетонных колонн: подземная и надземная части здания

Наряду с недостатками можно отметить и положительные качества трубобетона помимо высокой силы сжатия, легкости, устойчивости к нагрузкам:

- возможность экономии на строительных материалах – опалубке, так как стальная труба уже является опалубочной системой;
- металлическая труба в трубобетоне является наружной поверхностью возводимой конструкции, поэтому может иметь различную отделку, выполненную в заводских условиях. Учитывая заводское или полигонное

изготовление размеры, форма и конфигурация могут быть различными в зависимости от требований проекта

- использование передовых методов заливки бетона с помощью насосов;
- экономия арматуры и как следствие, снижение трудоемкости работ;
- сокращение трудозатрат, вследствие исключения процесса демонтажа с последующей обработкой поверхности, как готовой конструкции, так и опалубочной системы;
- возможность в зимнее время выполнять монтаж труб-оболочек, их сварку с закладными деталями, элементами перекрытия, а их бетонирование производить весной, что дает возможность вести строительство круглый год без какой-либо сезонности.

Теория и практика применения трубобетона. Значительный вклад в изучение трубобетонных элементов внесли исследования многих отечественных и зарубежных ученых и инженеров [1, 2, 3, 4, 5]. Авторами произведен анализ конструктивных особенностей и обзор экспериментальных и теоретических исследований прочностных и деформативных свойств трубобетонных конструкций (ТБК). Отмечены специфические особенности характера работы трубобетонных элементов в условиях кратковременного и длительного приложения сжимающей нагрузки, влияние гибкости и эксцентриситета нагружения на прочность ТБК. Выполненное обобщение основных преимуществ и недостатков ТБК позволило обозначить для них наиболее рациональную область применения - сильно нагруженные колонны высотных и многоэтажных зданий.

В опубликованных данных отмечена высокая несущая способность и эффективность ТБК круглого поперечного сечения. В условиях объемного напряженного состояния существенно повышаются прочностные и деформативные характеристики, улучшаются реологические свойства бетона.

Однако эксперименты свидетельствуют о невозможности полного использования прочностных свойств объемно сжатого бетонного ядра традиционных трубобетонных конструкций из-за их высокой деформативности. По результатам Р.С. Санжаровского [6] и данным опытов деформации укорочения центрально сжатых ТБК могут достигать 10÷15 % и более. В связи с этим, с чисто практической точки зрения достигаемая в опытах предельная величина нагрузки для таких элементов большого интереса не представляет, так как для вертикальных несущих конструкций подобные деформации не допустимы.

Выполненный анализ особенностей работы сжатых трубобетонных элементов позволил сделать вывод о целесообразности дальнейшего совершенствования не только конструкции, но и технологии их возведения.

В рассмотренных работах недостаточно внимания уделяется проблеме выбора технологии устройства трубобетонных колонн. С появлением на рынке многообразия опалубочных элементов, изменения архитектурно-конструктивных решений, отделке поверхностей возникает вопрос о выборе

технологии устройства монолитных колонн в гражданских зданиях. Проблема выбора технологии связана с ответом на вопрос: насколько технологична та или иная конструкция, в каких условиях использования она технологична.

Немаловажную роль при выборе параметров процессов устройства монолитных колонн в каркасных гражданских зданиях оказывают объемно-планировочные решения зданий, конструктивные решения, климатические условия, а также производственные (организационные) факторы. Оказывают влияние также и управляющие, контролирующие, внешние факторы на трудоемкость и продолжительность технологического процесса. Помимо этого необходимо решить вопрос по рациональному составу бетонной смеси, ее подаче и уплотнению в период возведения каркаса здания.

Оценка монтажной технологичности выполняется на основе абсолютных и относительных показателей расчетом по различным критериям: степени сборности, блочности и заводской готовности; трудоемкости, стоимости и продолжительности монтажа; точности изготовления и обеспечения собираемости отдельных конструктивных частей или узлов (при сборке технологического оборудования). Эти показатели можно дополнять и показателями конструктивной и технологической преемственности, рациональности используемого материала; уменьшения объемов и сложности транспортирования, сборочных и подгоночных операций и т.п.

Для выявления более технологичного варианта при устройстве монолитных колонн необходимо рассматривать критерии, влияющие на снижение материалоемкости и стоимости строительной продукции.

Усовершенствование технологии работ в строительстве заключается в том, что трудозатраты по устройству монолитных трубобетонных конструкций должны уменьшаться, а продуктивность процесса увеличиваться. При этом работы должны отвечать проектному качеству, а проектное качество - нормам.

Организационно-технологические особенности возведения трубобетонных колонн в каркасных зданиях. На начальном этапе конструктор оценивает принятие того или иного решения по устройству вертикальных несущих конструкций непосредственно для проектируемого здания, с учетом его функционального назначения и объемно-планировочных решений. Так, для гражданских каркасных зданий наиболее приемлемо решение устройства колонн в сборно-разборной опалубке с последующей отделкой. Тогда как в паркингах и в технических этажах возможно устройство монолитных колонн в металлической несъемной опалубке – трубобетона, без учета дополнительных эстетических требований по антикоррозионной защите. При этом учитывается не только этажность и, соответственно, нагрузка на несущие конструкции, но и дальность расположения завода-изготовителя конструкций.

Устройство монолитных колонн в несъемной опалубке – комплексный процесс, включающий *заготовительные процессы* по изготовлению опалубки, арматурных каркасов, арматурно-опалубочных блоков, приготовлению бетонной смеси (процессы заводского производства), а также *построечные процессы* – установка опалубки и арматуры, транспортирование и укладка бетонной смеси, выдерживание бетона.

Эффективность строительства в значительной мере зависит от правильного выбора транспортных средств и осуществления комплексной механизации транспортных процессов, включающих в себя погрузку, перемещение и выгрузку грузов на строительной площадке.

Наиболее широко в строительстве используется автомобильный транспорт. Основными достоинствами его являются большая скорость, высокая маневренность, способность передвигаться по кривым участкам пути с малым радиусом закругления и преодолевать крутые подъемы дорог, возможность доставки разнообразных грузов непосредственно к объекту строительства.

От вида перевозимых грузов зависят не только методы выполнения погрузочно-разгрузочных работ, выбор такелажных и монтажных средств для их перемещения, но и коэффициент использования грузоподъемности и вместимости транспортных средств, от которого в свою очередь зависят тарифы на перевозки, а также трудоемкость транспортных работ.

От вида опалубки зависит степень заполнения контейнеров для перевозки, площадь складирования и количество подъемов и подачи на монтажную высоту.

Количество элементов опалубки на принятую захватку будет различным, следовательно, количество подъемов и перемещений также изменится.

При применении стальной трубчатой оболочки для возведения колонн необходимо решить ряд принципиальных вопросов — монтаж опалубки, ее выверка, временное и окончательное проектное закрепление. Должны быть разработаны средства механизации, обеспечение принудительного и безвыверочного монтажа ее элементов.

При монтаже опалубки в виде металлической обоймы, трудоемкость возрастает ввиду увеличения веса несъемной опалубки. При этом монтажный кран задействован как при подаче контейнера с опалубкой на монтажный горизонт, так и при ее поштучной подаче на место установки.

Стальная труба-опалубка колонн устанавливается строго вертикально поверх арматурного каркаса.

Устойчивость верхней части, как правило, обеспечивается сопряжением с поперечными элементами (балками) перекрытия. В нижней части сталебетонной конструкции - креплением к закладным деталям при помощи болтовых соединений или сварки.

При широком применении трубобетонных конструкций необходим индустриальный и высокопроизводительный способ заполнения труб бетоном, обеспечивающий высокую прочность и однородность бетонного ядра. Существуют три способа уплотнения бетона в трубах: глубинным вибрированием, штыкованием и внешним вибрированием.

Бетонная смесь в опалубку подается краном по схеме «кран-бункер» или с применением бетононасоса. При высоте опалубки колонн до 4 м заполнение бетоном осуществляется с помощью бады для бетонной смеси с нормальной скоростью заливки. Если стальная опалубка колонн выше 4 м, бетон подается по шлангу при помощи бетонного насоса.

При изготовлении трубобетонных конструкций в соответствии с предложением [7], возможно уплотнение бетонной смеси путем установки через отверстия в металлической трубе внутренних анкеров, снабженных лепестковыми муфтами. Подвижная часть последних имеет резьбовое соединение с анкером, обеспечивающее при его вращении раскрытие лепестков на заданный угол, и последующей укладке бетонной смеси, что обеспечивает совместную работу бетонного ядра и металлической трубы [7]. Целью изобретения является повышение несущей способности трубобетонных конструкций путем увеличения адгезии бетона с внутренней поверхностью металлической трубы за счет устройства цилиндрических анкеров, снабженных раскрывающимися лепестковыми муфтами, обеспечивающими плотный контакт с внутренней поверхностью трубы (рис. 2).

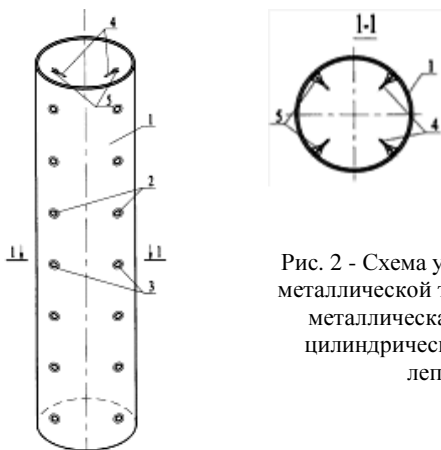


Рис. 2 - Схема уплотнения бетонной смеси в металлической трубе через отверстия, где 1 - металлическая труба, 2 – отверстия, 3 - цилиндрические выемки, 4 - анкера, 5 - лепестковые муфты

Известен еще также один метод подачи и уплотнения бетона в трубе [8]. При изготовлении трубобетона путем подачи бетонной смеси по растворопроводу во внутренний объем вертикально выставленной трубы и уплотнения смеси вибрированием, укладываемую бетонную смесь подвергают вибрации наконечником растворопровода с одновременным

перемещением наконечника от нижнего основания трубы к ее верхней части со скоростью $1 \div 5$ см/с. (рис. 3).

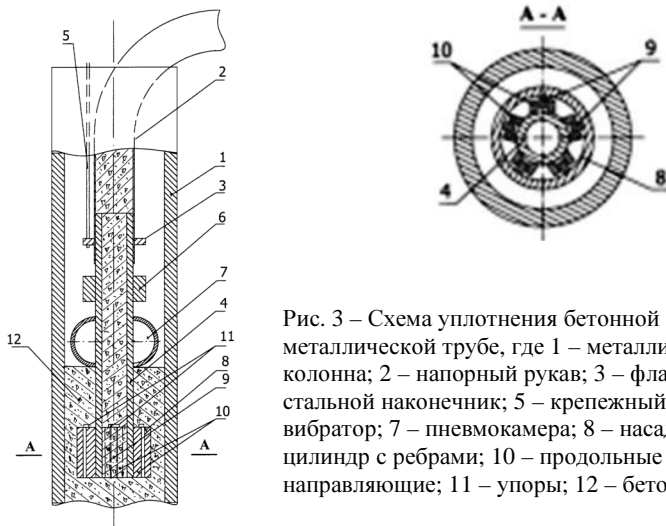


Рис. 3 – Схема уплотнения бетонной смеси в металлической трубе, где 1 – металлическая труба-колонна; 2 – напорный рукав; 3 – фланец; 4 – стальной наконечник; 5 – крепежный трос; 6 – вибратор; 7 – пневмокамера; 8 – насадка; 9 – цилиндр с ребрами; 10 – продольные направляющие; 11 – упоры; 12 – бетонная смесь

Обоснованием для выбора рациональных технологических решений возможно лишь после систематизации технологических процессов и факторов, определяющих технологию и организацию выполнения работ.

Эффективность тех или иных строительных конструкций обуславливается расходом материалов, необходимых для их производства, трудозатратами и, в конечном итоге, стоимостью этих конструкций «в деле».

Анализ литературных источников по применению трубобетонных конструкций доказывает, что достигается экономия материалов, трудозатрат и стоимости. Например, по сравнению с металлическим пролетным строением фактическая стоимость трубобетонного моста, построенного В.А. Росновским, оказалось на 20% меньше [9]. При этом экономия металла составила 52%.

В таблице 1 приведены показатели по удельной стоимости опалубки, стоимости заполнителя, стоимости колонны “в деле” и трудоёмкости монтажа.

Предусмотрено применение тяжелого бетона класса по прочности С10/15...С25/30. В сравнительной таблице 1 приведены так же показатели по стоимости самоуплотняющегося бетона. Данное сравнение выполнено с целью сокращения затрат труда на уплотнение бетонной смеси в период ее укладки. Уплотнение выполняется с использованием глубинных вибраторов. Применение самоуплотняющегося бетона исключает процесс уплотнения бетонной смеси.

Таблица 1

Показатели на одну колонну сечением 600х600 мм, высотой h=3000 мм

№	Материал опалубки, стоимость, грн/м ²	Вид бетонной смеси	Удельная стоимость опалубки, грн.	Стоимость заполнения, грн.	Стоимость колонны "в деле", грн.	ТР, чел-час
1	Стальная труба диам. 530х6 мм h=3000 мм М = 0,301 т Ц = 1640,95грн/п.м	тяжелый бетон	4266,47	676,80	6661,34	11,2
		самоуплотняющийся бетон		846,00	6923,6	

Выводы. Применение труботонных конструкций позволяет сократить трудозатраты, так как исключается процесс демонтажа опалубки с последующей обработкой поверхности, как готовой конструкции, так и опалубочной системы.

В труботонных колоннах упрощаются конструкции стыков, и уменьшается металлоемкость.

Конструкции консолей труботонных колонн – сварные и могут быть решены в различных вариантах с учетом архитектурно-строительных требований.

Изготовление колонны выполнимо как в условиях заводов, так и в условиях строительной площадки.

1. Стороженко Л.И., Семко А.В. Сравнение методик расчета труботонных конструкций // Коммунальное хозяйство городов. Науч.-техн. сб. Вып 63. К.: Техшка. - 2005. - с. 59-70.
2. Стороженко Л.И., Пенц В.Ф., Коршун С.Г. Труботонні конструкції промислових будівель: Монографія. – Полтава: ПолНТУ, 2008. – 202 с.
3. Стороженко Л.И., Тимошенко В.М., Нижник О.В. та інш. Дослідження і проектування сталі залізобетонних структурних конструкцій: Монографія. – Полтава: АСМІ, 2008. – 262с.
4. Бикбау М.Я. Практика и перспектива применения труботона в строительстве высотных зданий // Сб. док. II Международного симпозиума по строительным материалам КНАУФ для СНГ, 2005. с. 45-56.
5. Кришан А.Л., Ремнев В.В. Труботонные колонны для высотных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2009. - №10. - с. 22-24.
6. Санжаровский Р.С. Несущая способность сжатых труботонных стержней // Бетон и железобетон. 1971. - №11. - с. 27-28.
7. Способ повышения несущей способности труботонных конструкций. Афанасьев А.А., Курочкин А.В. Патент №2417290 на изобретение: БИПМ, 2011,-№12.
8. Способ изготовления труботона и устройство для его осуществления Е04G21/08 Бикбау М.Я., Тимербулатов Т.Р.. Патент №2262574 на изобретение: БИПМ, 2003.
9. Росновский В.А. Труботон в мостостроении. М.: Транселдориздат, 1963.-110 с.