



ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ  
МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ  
METAL CONSTRUCTIONS**

2022, ТОМ 28, НОМЕР 4, 183–194

EDN: HDREOU

УДК 62.225:693.54(08)

(22)-0448-1

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**В. М. Анищенко<sup>1</sup>, А. Н. Миронов<sup>2</sup>**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>voce.ne@mail.ru, <sup>2</sup>andreyexp@mail.ru*

*Получена 22 декабря 2022; принята 27 января 2023.*

**Аннотация.** В статье рассматривается анализ применения трубобетонных конструкций в мостостроении и строительстве высотных зданий России, Украины, США, Японии, Австралии, КНР и других стран. Указаны преимущества и недостатки трубобетонных конструкций, представлены некоторые виды несущих конструкций в виде трубобетонных колонн с различным армированием бетона внутри трубы: с неармированным трубобетонным сердечником; трубобетонным сердечником, армированным высокопрочной арматурой; жесткий рамный узел; сопряжение колонны с перекрытием. Рассмотрены некоторые виды узлов сопряжения трубобетонной колонны с ригелями, а также трубобетонные конструкции колонн, в которых отсутствует сцепление бетонного ядра со стальной трубой-оболочкой, что создает дополнительные преимущества в уменьшении стоимости строительства многоэтажных высотных зданий. В статье упоминается ряд отечественных ученых, которые занимались исследованием трубобетонных конструкций и внесли значительный вклад в развитие расчета, проектирования и строительства объектов с применением данных конструкций. В результате выполненного анализа литературных источников с последующим выявлением проблем при проектировании трубобетонных конструкций была определена актуальность исследования узлов сопряжения трубобетонных колонн с ригелями в высотном многоэтажном строительстве.

**Ключевые слова:** мостостроение, многоэтажное здание, трубобетонный элемент, бетонное ядро, стальная труба-оболочка, прочность трубобетона, колонна, ригель, жесткий рамный узел, поперечные деформации, напряженно-деформированное состояние.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ТРУБОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В БУДІВНИЦТВІ**

**В. М. Аніщенко<sup>1</sup>, А. М. Миронов<sup>2</sup>**

*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>voce.ne@mail.ru, <sup>2</sup>andreyexp@mail.ru*

*Отримана 22 грудня 2022; прийнята 27 січня 2023.*

**Анотація.** У статті розглядається аналіз застосування трубобетонних конструкцій в будівництві мостів і висотних будівель Росії, України, США, Японії, Австралії, КНР й інших країн. Вказано переваги і недоліки трубобетонних конструкцій, наведені деякі види несучих конструкцій у вигляді трубобетонних колон з різним армуванням бетону у трубі: з неармованим трубобетонним осереддям; трубобетонним осереддям, армованим високоміцною арматурою; жорсткий рамний вузол, сполучення колони з перекриттям. Розглянуті деякі види вузлів сполучення трубобетонної колони з ригелями,



а також конструкції колон, в яких відсутнє зчеплення бетонного ядра зі сталевією трубою-оболонкою, що надає додаткові переваги у зменшенні вартості будівництва багатоповерхових висотних будівель. У статті наведено ряд вітчизняних вчених, які виконували дослідження трубобетонних конструкцій і додали значний внесок у розвиток розрахунку, проектування і будівництва об'єктів із застосуванням даних конструкцій. В результаті виконаного аналізу літературних джерел з подальшим визначенням проблем при проектуванні трубобетонних конструкцій була визначена актуальність дослідження вузлів сполучення трубобетонних колон з ригелями у висотному багатоповерховому будівництві.

**Ключові слова:** будівництво мостів, багатоповерхова будівля трубобетонний елемент, бетонне ядро, сталева труба-оболонка, міцність трубобетону, колона, ригель, жорсткий рамний вузол, поперечні деформації, напружено-деформований стан.

## APPLICATION OF PIPE CONCRETE STRUCTURES IN CONSTRUCTION

Vladimir Anishchenkov<sup>1</sup>, Andrey Mironov<sup>2</sup>

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,*

*2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup> vove.ne@mail.ru, <sup>2</sup> andreyexp@mail.ru*

*Received 22 December 2022; accepted 27 January 2023.*

**Abstract.** The article examines the analysis of the use of pipe concrete structures in bridge construction and construction of high-rise buildings in Russia, Ukraine, USA, Japan, Australia, China and other countries. The advantages and disadvantages of pipe concrete structures are indicated, some types of load-bearing structures in the form of pipe concrete columns with various reinforcement of concrete inside the pipe are presented: with an unreinforced pipe-concrete core; a pipe-concrete core reinforced with high-strength reinforcement; a rigid frame assembly; the coupling of the column with the overlap. Some types of junctions of a pipe-concrete column with crossbars are considered, as well as pipe-concrete column structures in which there is no coupling of the concrete core with a steel shell pipe, which creates additional advantages in reducing the cost of construction of multi-storey high-rise buildings. The article mentions a number of Russian scientists who were engaged in research of pipe concrete structures and made a significant contribution to the development of calculation, design and construction of facilities using these structures. As a result of the analysis of literary sources with the subsequent identification of problems in the design of pipe concrete structures, the relevance of the study of junctions of pipe concrete columns with crossbars in high-rise multi-storey construction was determined.

**Keywords:** bridge construction, multi-storey building, pipe concrete element, concrete core, steel mantle pipe, strength of pipe concrete, column, crossbar, rigid frame assembly, transverse deformations, stress-strain state.

### Введение

Современное строительство характеризуется увеличением высот зданий и пролетов перекрытий, возрастают крановые нагрузки в промышленных зданиях, увеличивается вес технологического оборудования, в мостовых сооружениях происходит увеличение пролетов, габаритов и транспортных нагрузок. Вследствие этого не-

обходимо применение элементов, которые имели бы высокую несущую способность при малых размерах поперечных сечений. Этим требованиям полностью соответствует трубобетон, состоящий из стальной трубы-оболочки, заполненной бетоном. В трубобетонных конструкциях эффективно используются физико-механические особенности материалов, что дает возможность

получить значительную экономию материалов, уменьшить размеры поперечного сечения элементов конструкций и их вес. Основной задачей высотного строительства является снижение веса зданий, их материалоемкости, уменьшение объема строительных конструкций и трудозатрат на их изготовление и монтаж. Для таких зданий применяются: рамная, связевая, рамно-связевая, каркасно-ствольная несущая системы. В рамных системах геометрическая неизменяемость и пространственная жесткость обеспечивается за счет жестких (рамных) узлов сопряжения колонн с ригелями. В статье рассматриваются вопросы создания эффективных и надежных конструкций из трубобетона, описаны преимущества и недостатки трубобетонных конструкций.

## Основная часть

### *1. Опыт использования трубобетона в несущих конструкциях мостов и высотном строительстве*

Для многоэтажных высотных зданий наиболее подходящей является каркасная или каркасно-ствольная несущая система. В данных системах изгибающие моменты, возникающие от горизонтальных нагрузок, воспринимаются преимущественно монолитными стволами или ядрами жесткости. Ставятся вопросы создания эффективных конструкций высокой надежности и минимального веса.

Этим требованиям удовлетворяют строительные конструкции из трубобетона (ТБ). ТБ является комплексной конструкцией, состоящей из стальной оболочки и бетонного ядра, которые работают совместно. ТБ элементы, имеющие небольшую гибкость и малые эксцентриситеты приложения продольной силы (что характерно для вертикальных несущих элементов каркасов высотных зданий), обладают исключительно высокой несущей способностью при относительно малых поперечных сечениях, являясь примером удачного сочетания ценных свойств металла и бетона. Это дает существенную экономию стали и бетона, приводит к уменьшению размеров сечений элементов, их массы и транспортных затрат, а также сохранение всех достоинств металлических конструкций в плане монтажа.

В архитектурно-строительном деле ТБ конструкции насчитывают более чем полувековую историю своего использования. Такие конструкции применялись в СССР, Европе, США, Японии и других промышленно развитых странах как в мостостроении, так и в строительстве высотных зданий.

В Европе, США, Японии, Китае и других развитых странах высотные здания преимущественно возводят по каркасно-ствольной конструктивной схеме с использованием трубобетонных технологий. Также трубобетонные технологии активно используются в комбинации с железобетонными конструкциями. В КНР с 1960-х годов начал применяться трубобетон при возведении высотных зданий, где создана нормативная база по проектированию и возведению для его массового использования в строительстве. В период 1991–2001 гг. были построены более 30 высотных зданий и 120 мостов (рис. 2) с применением таких конструкций [7]. По данным [2] в настоящее время в КНР построено более 100 небоскребов и ежегодно возводятся около 100 высотных зданий в 30–40 этажей с вертикальными несущими конструкциями из трубобетонных элементов.

В первых сооружениях с использованием трубобетона применялось многотрубное армирование, при котором несущим элементом был пакет из трубобетонных стержней малого диаметра (мост в предместье Парижа 1931 г., мост через реку Неву в Санкт-Петербурге) (рис. 1). Далее в 40-х годах с появлением монотрубной системы, считается развитием трубобетонных конструкций, к которым относятся различные конструкции мостов, фермы, опоры ЛЭП и т. д. [14].

Построенное производственное здание на Семилукском заводе огнеупоров с применением стоек рам из трубобетонных стержней диаметром 114 мм и толщиной стенки 4 мм наглядно демонстрирует экономический эффект. Масса отдельной несущей стойки снизилась более чем в 6 раз, их стоимость в 3,5 раза, а расход металла в 1,5 раза [3].

Под руководством профессора Л. И. Стороженко проводилось широкое внедрение трубобетонных конструкций при проектировании зданий и сооружений Криворожским горнорудным институтом. Применены трубобетонные колонны на строительстве общественных, гражданских



**Рисунок 1.** Мост через Неву с арками из многотрубного трубобетона.



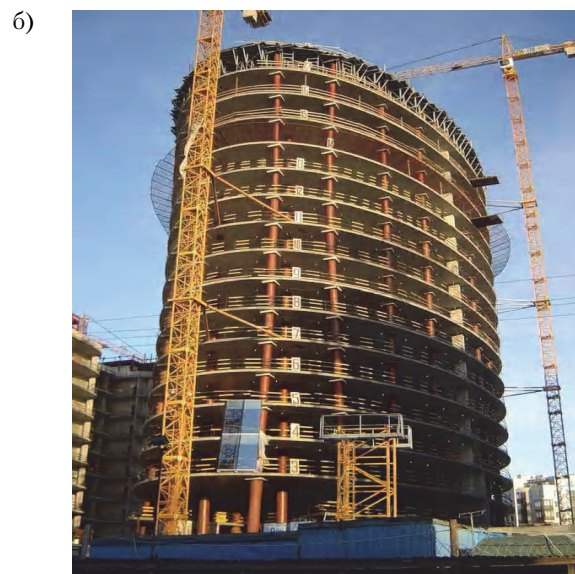
**Рисунок 2.** Трубобетонный арочный мост Chongqing Wushan Bridge.

и промышленных зданий, опор инженерных сооружений и др. [5].

В Санкт-Петербурге построено административное здание ОАО «Банк Санкт-Петербург» (рис. 3а). В качестве вертикальных несущих элементов высотной части здания приняты трубобетонные колонны с внутренним армированием пространственными каркасами. Из-за принятых узлов соединения трубобетонных элементов с перекрытиями (рис. 3б) стальная оболочка не выступает в роли обоймы, являясь лишь несъемной опалубкой, а заключенное внутри железобетонное ядро – традиционная железобетонная цилиндрическая колонна.

В КНР трубобетон впервые нашел свое применение в качестве колонн при строительстве станций Пекинского метрополитена. В настоящее время ТБ широко используется при возведении несущего каркаса высотных зданий.

По опубликованным данным, в течение последних десяти лет с применением каркасов из трубобетона в КНР построено уже более 40 небоскребов. В 1999 г. в г. Шинциэн построено 72-этажное торгово-административное здание «SEG Plaza» высотой 291,6 м (рис. 4). Основными вертикальными несущими конструкциями для главной башни являются 16 массивных трубобетонных колонн, размещаемых по контуру башни и



**Рисунок 3.** Общий вид здания ОАО «Банк Санкт-Петербург»: а) общий вид; б) процесс возведения каркаса здания.



**Рисунок 4.** Торгово-административное 72-этажное здание «SEG Plaza» (г. Шинциэн).

28 трубобетонных колонн с малым диаметром, образующих центральный ствол. Данное здание на сегодняшний день считается самым высоким с применением трубобетона. В надземной части имеется 72 этажа, в подземной – 4, общая высота составляет 291,6 м, общая площадь здания превышает 160 тыс. м<sup>2</sup>.

В 2010 году в Гуанчжоу (КНР) построено одно из самых высоких сооружений мира, это телебашня «Canton Tower» высотой 600 м (рис. 5),

имеющая уникальную архитектурную форму конического силуэта.

Монолитный железобетонный ствол замкнут оболочкой из треугольной решетки, состоящей из трубобетонных элементов (рис. 5б, в). Данная конструкция позволяет ветровым потокам проходить сквозь конструкцию без образования завихрений, что гарантирует устойчивость башни при образовании тайфунов [14]. Новая конструктивная система «SWMB», названная по наименованию разработавшей ее фирме «Skilling Word Magnusson Berkshire Inc.» в 1970-х годах, позволила построить еще более десятка высотных зданий в США, продемонстрировавших эффективность трубобетона. Особенностью системы является применение трубобетонных конструкций в качестве колонн из сверхвысокопрочного бетона [6].

Одним из первых зданий системы «SWMB» является 58-этажное административное здание «Two Union Square» высотой 230,7 м, построенное в 1988 г. в г. Сиэтл, США (рис. 6) [7, 8]. В данном здании вертикальными несущими конструкциями являются четыре массивные колонны из стальных труб, заполненных высокопрочным

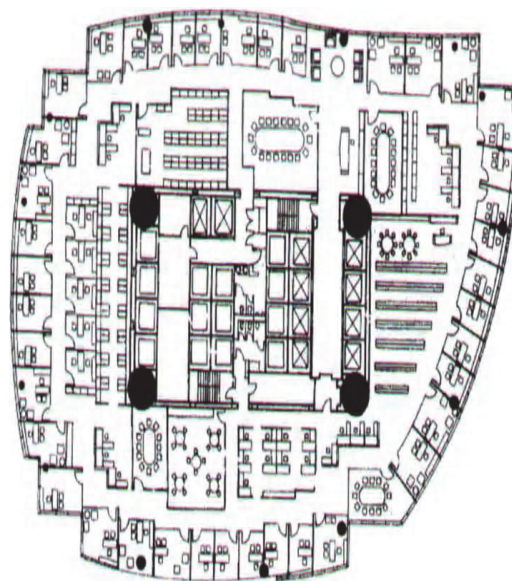


**Рисунок 5.** Телебашня «Canton Tower» высотой 600 м (г. Гуанчжоу): а) общий вид башни; б), в) оболочка из трубобетонных элементов.

а)



б)



**Рисунок 6.** 58-этажное высотного здания «Two Union Square» построенное по системе «SWMB» (г. Сиэтл, США): а) общий вид здания; б) план типового этажа.

бетоном (прочность на сжатие составляет 133 МПа при 56 сутках твердения), образующее центральное ядро, а по периферии здания вдоль наружных стен располагаются 14 трубобетонных колонн диаметром от 91 до 136 см в нижней части и до 41 см в верхней части здания.

Совместная работа ствола и наружных стен обеспечена стальными диагональными связями в уровнях 35–38 этажей, а также сталежелезобетонными конструкциями балок и плит междуэтажных перекрытий.

Так, для вышеуказанного здания в Сиэтле фирме удалось снизить затраты на строительство по сравнению с аналогом из железобетонных колонн на 30 %, в частности, расход стали составил 58 кг на 1 м<sup>2</sup> площади против 122 кг, затрачиваемых обычно для зданий такой этажности. Применение трубобетона позволило осуществлять бетонирование каркаса высотного здания со скоростью 4 этажа в неделю [8]. Специалисты США также отмечают, что применение трубобетонных колонн с высокопрочным бетоном обеспечивает сейсмостойкость высотных зданий.

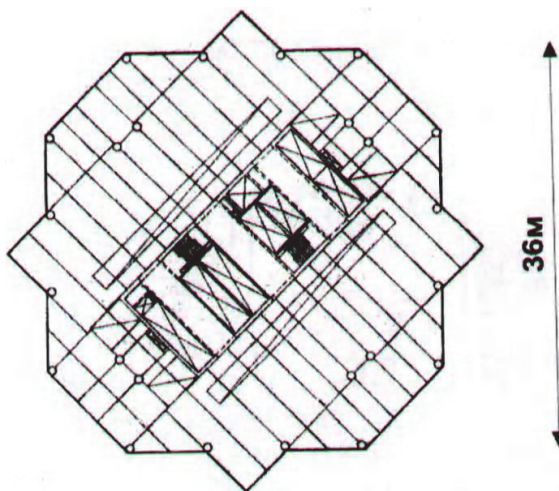
Низкую материалоемкость, высокую огнестойкость трубобетона, возможность сочетания с различными конструкциями перекрытий отмечают французские специалисты, разрабатывающие каркасные конструктивные системы зданий с несущими колоннами из трубобетона.

Первое в Австралии жилое здание из трубобетонных колонн в 46 этажей построено в 1990 г. в Мельбурне. Ядро здания образовано прямоугольными сталебетонными центральными шахтами, состоящими из лифтовых и инженерных отсеков, а также лестничного пространства. Каждое перекрытие представляет собой комплекс плит из монолитного железобетона и стальных балок. По периферии здания расположено 24 трубобетонные колонны (рис. 7). Длина каждой секции трубы равна 8 м (на два этажа).

На двух концах стальных труб в каждой секции внутренней поверхности прикреплены кольца для оказания сопротивления срезу и для обеспечения совместной работы стали и бетонного ядра. Толщина стенки стальной трубы на каждом этаже снижается от 16 мм на нижних до 8 мм на самых верхних этажах. Соответственно прочность бетона в трубах уменьшается от 70 МПа на нижних и до 30 МПа на верхних этажах.

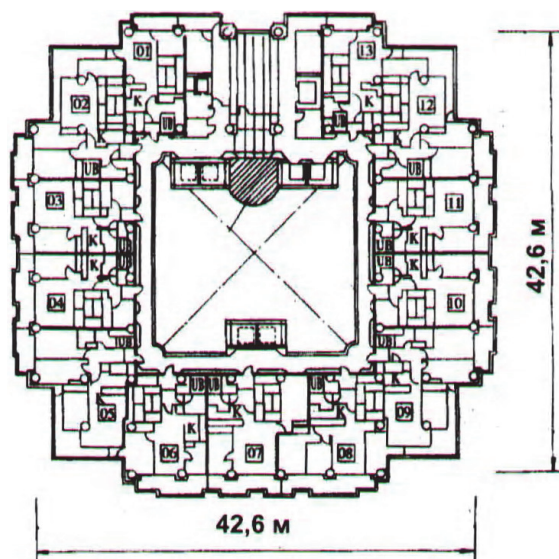
Бетонирование полых металлических труб производилось при помощи бетононасоса сразу на 4 этажа самоуплотняющейся бетонной смесью без организации вибрирования [1]. Отмечена значительная экономия сроков и средств при строительстве здания.

В Японии применение трубобетона позволило увеличить объем строительства жилья.



**Рисунок 7.** План жилого здания с трубобетонными колоннами в г. Мельбурне, Австралия.

Высотное здание в 57 этажей высотой 185,8 м построено в г. Кавагучи, недалеко от Токио. Площадь участка застройки составила 1 982 м<sup>2</sup>, общая площадь здания 66 057 м<sup>2</sup>, в нем расположены 650 квартир (рис. 8). Несущим остовом здания является каркас из трубобетона, стальные трубы с 1-го по 21-й этаж имеют диаметр 812,8 мм и толщиной стенки 22...40 мм, с 22-го по 42-й этаж – диаметр 711,2 толщиной стенки 12...28 мм, с 43-го по 55-й этаж – 609,6



**Рисунок 8.** План высотного жилого высотного здания с трубобетонными колоннами в г. Кавагучи, Япония.

толщиной стенки 12...22 мм. По прочности бетон внутри труб соответственно, составлял: 60, 54 и 48 МПа. Стальные трубы делятся на секции на каждом этаже. Перекрытие заполняли бетоном по этажам. Строительство высотного здания заняло 15 месяцев [1].

Японскими специалистами фирмы «Симидзу» [9] в начале 90-х годов разработано новое конструктивное решение трубобетонных колонн, в которых отсутствует сцепление между бетоном и стальной трубчатой обоймой посредством предварительной смазки внутренней поверхности стальной трубы запатентованным составом, способствующим скольжению бетона относительно стенок в процессе деформирования конструкции. При этом нагрузка, приложенная к колонне, передается только на бетонное ядро с помощью распределительной плиты, входящей внутрь металлической трубы, тем самым стальная оболочка не вовлекается в работу на сжатие, а испытывает только растягивающие усилия в кольцевом направлении. Таким образом, возникают наиболее благоприятные условия для оптимального использования прочностных свойств двух материалов: высокой прочности бетона на сжатие и стали на растяжение. Результаты экспериментальных исследований и сопоставительный технико-экономический анализ показали, что разработанная трубобетонная конструкция для колонн 50-этажного здания позволит снизить их стоимость на 20...40 % по сравнению с железобетонными колоннами и снизить площадь поперечного сечения трубобетонных колонн в два раза.

В процессе проектирования здания мэрии г. Wuppertal (Германия) была поставлена задача о возведении несущих колонн из трубобетона, диаметром не более 600 мм, обладающих противопожарными свойствами и способные передавать нагрузку в 8 000 кН. Для решения данного вопроса были применены двойные трубобетонные колонны, при этом трубы внешних слоев имеют диаметр 558 мм с толщиной стенки 12,5 мм. Трубы внутренних слоев имеют диаметр 406,4 мм с толщиной стенки 17,5 мм. В случае сильного пожара и воздействия на конструкции высокой температуры – нагрузку на себя примет внутренняя труба и ее бетонное ядро. Таким образом, немецкие инженеры добились ненормированного предела огнестойкости колонн, и даже в случае

сильного пожара, какое-либо связанное с этим разрушение или ослабление исключено [1].

## 2. Развитие трубобетона в России и странах СНГ

В Украине ведется проектирование и строительство 17-этажных жилых домов с применением в металлическом каркасе трубобетонных стоек (рис. 9). Применение данной технологии позволяет практически уйти от сезонности в строительстве, а также значительно сократить трудовые и энергетические затраты в процессе возведения. Установлено, что эта технология на 15% дешевле, чем применение традиционных конструкций.

Значительный вклад в развитие технологии ТБ и расчета ТБ конструкций внесли российские ученые: А. А. Долженко, А. И. Кикин, Р. С. Санжаровский, А. Л. Кришан, М. Я. Бикбау, А. В. Курочкин и др. Установлены преимущества ТБ при возведении жилых и общественных зданий повышенной этажности. В развитие высотного домостроения существенный вклад внесли работы

С. В. Николаева, Ю. Г. Граника, В. И. Травуша, А. И. Карпенко, В. А. Харитонов и др. Значительный вклад в исследования ТБ линейных элементов внесли украинские учёные: Л. И. Стороженко, А. В. Семко, Д. А. Ермоленко, О. И. Лапенко.

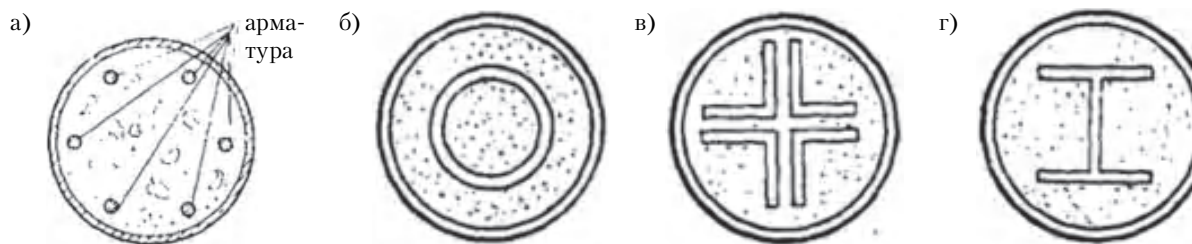
В последнее время ведутся работы по оптимизации конструкции ТБ элементов (рис. 10, 11). В частности, предпринимаются попытки обеспечить совместную работу бетонного ядра и оболочки на всех этапах нагружения конструкций. Одной из задач при использовании ТБ элементов является создание определенных условий, при которых обеспечивается совместная работа стальной оболочки и бетонного ядра.

Основным фактором при возведении высотных зданий с учетом применения ТБ элементов является обеспечение совместной работы бетонного ядра и стальной оболочки при эксплуатационных нагрузках, что является существенным конструктивным недостатком данных конструкций. В связи с этим не решен вопрос моделирования трубобетонного элемента в доступных со-

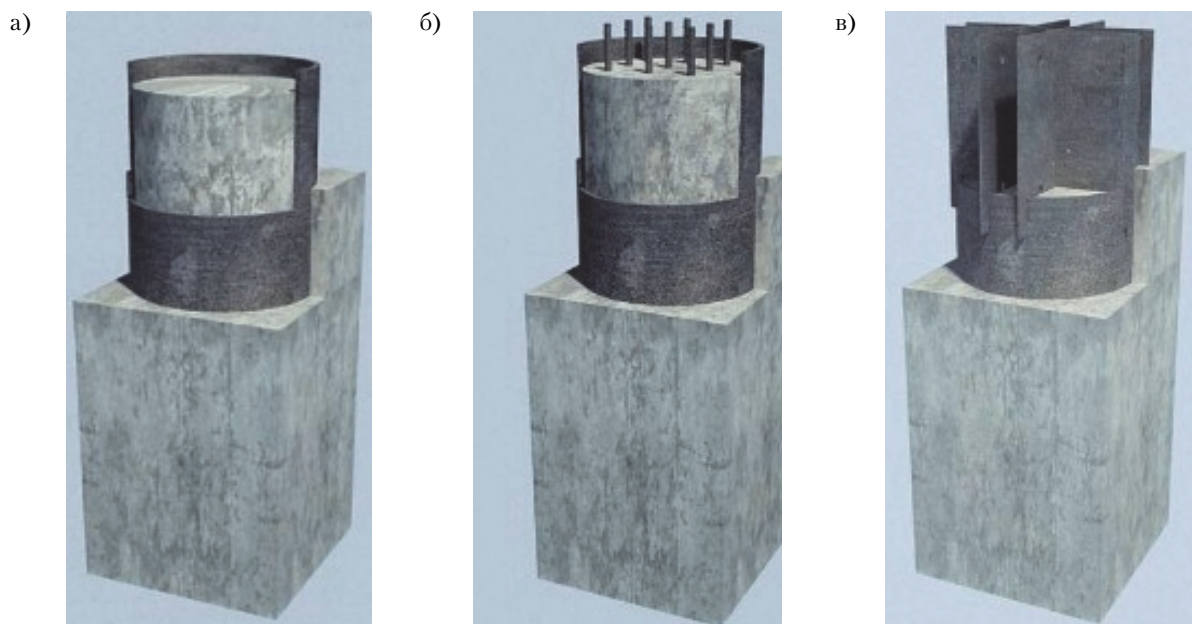


Рисунок 9. Общий вид каркаса здания со стойками из трубобетона в Украине.





**Рисунок 10.** Армирование бетонного ядра: а) гибкой стержневой арматурой; б) жесткой арматурой в виде трубы; в) то же, уголками; г) то же, двутавром.



**Рисунок 11.** Примеры армирования бетонного ядра: а) трубобетонный сердечник неармированный; б) то же, с высокопрочной арматурой; в) жесткий рамный узел, сопряжение колонны с перекрытием.

временных вычислительных комплексах, основанных на МКЭ («Scad Office», Лира-САПР и т. п.), где необходимо учитывать в комплексе физико-механические свойства разных материалов, а также сцепление бетонного ядра с внутренней поверхностью стальной оболочки-трубы.

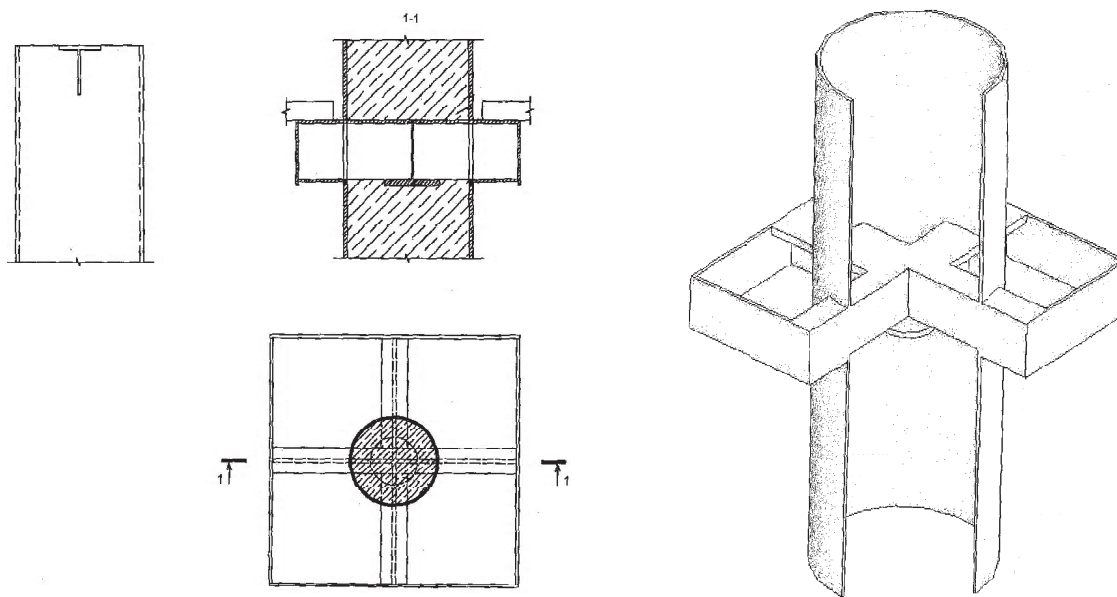
Широкому применению ТБ конструкций в России и Украине препятствует отсутствие отечественных нормативных документов по их расчету и проектированию, особенно узловых сопряжений с ТБ элементами.

Хотя прочность трубобетона изучалась многими исследователями на протяжении десятков лет, существующие методы расчета существенно отличаются друг от друга. В них не учитываются или не полностью учитываются физико-меха-

нические свойства двух материалов, недостаточно отражаются основные особенности и специфика сопротивления трубобетона деформированию в зависимости от характера действующей нагрузки.

При возведении высотных зданий из ТБ следует учитывать устройство стыковых соединений колонн по высоте и перекрытиям, что требует дополнительной проработки основных конструктивных узлов сопряжения с другими конструкциями здания и разработки принципиально новых конструктивно-технологических решений (рис. 12).

Применение ТБ требует дополнительных исследований основных узлов соединения с другими конструкциями. Широкое применение ТБ



**Рисунок 12.** Стыковое соединение перекрытия с трубобетонной колонной, предложенное А. Л. Кришан, А. С. Мельничук (пат. РФ №71999, Е04В 5/43).

конструкций в строительстве сдерживается недостаточным количеством литературных источников и стандартов по их расчету и проектированию. Несмотря на то, что ТБ конструкции ранее изучались и существуют некоторые методики расчета, – предлагаемые методики расчета не позволяют учитывать действительное напряженно-деформированное состояние бетонного ядра и стальной оболочки и часто демонстрируют значительное расхождение с экспериментальными данными.

### Заключение

1. Существующие методики расчета трубобетонных элементов существенно отличаются друг от друга. В них не учитываются в комплексе физико-механические свойства двух разных материалов, неполно отражаются основные особенности и специфика сопротивления

трубобетона деформированию в зависимости от характера действующей нагрузки.

2. Указанные недостатки трубобетонных конструкций свидетельствуют о том, что на сегодняшний день остается весьма актуальной задача разработки, исследований и практического использования узловых соединений трубобетонных элементов между собой и с другими конструкциями.
3. Актуальным остаётся анализ проблем, возникающих у специалистов на стадии расчета и проектирования высотных зданий с применением трубобетонных конструкций и пути их решения.
4. Необходимы исследования работы рамных узлов трубобетонных конструкций, используемых в многоэтажных зданиях, с разработкой рекомендаций по их расчёту и проектированию на основании теоретических и экспериментальных исследований.

### Литература

1. Кикин, А. И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном / А. И. Кикин, Р. С. Санжаровский, В. А. Труль. – Москва: Строиздат, 1974. – 144 с. – Текст: непосредственный.

### References

1. Kikin, A. I.; Sanzharovsky, R. S.; Trull, V. A. Concrete-filled steel pipe structures. – Moscow: Stroizdat, 1974. – 144 p. – Text: direct. (in Russian)

2. Берг, О. Я. Исследование неупругих деформаций и структурных изменений высокопрочного бетона при длительном действии сжимающих напряжений / О. Я. Берг, А. И. Рожков. – Текст : непосредственный // Труды ЦНИИС. – 1969. – Выпуск 70. – С. 11–18.
3. Скворцов, Н. Ф. Прочность сталетрубобетона : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Скворцов Николай Федорович. – Москва, 1953. – 453 с. – Текст : непосредственный.
4. Несторович, А. П. Прочность трубобетонных элементов диаметром 500 мм и более при осевом сжатии : специальность 05.23.01 «Строительные конструкции» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Несторович Александр Павлович ; Научно-исследовательский институт бетона и железобетона. – Москва, 1987. – 236 с. – Текст : непосредственный.
5. Долженко, А. А. Трубобетонные конструкции на строительстве производственного здания / А. А. Долженко. – Текст : непосредственный // Промышленное строительство. – 1965. – № 6. – С. 23–26.
6. Воскобийник, О. П. Особливості роботи трубобетонних стійок з корозійними пошкодженнями сталеві оболонки / О. П. Воскобийник, І. О. Пархоменко, Я. В. Томлін. – Текст : непосредственный // Галузеве машинобудування, будівництво : збірник наукових праць. – 2011. – № 1 (29). – С. 93–98.
7. Семко, О. В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій : монографія / О. В. Семко. – Київ : Сталь, 2004. – 316 с.
8. Римшин, В. И. Механика деформирования и разрушения усиленных железобетонных конструкций / В. И. Римшин, Ю. О. Кустикова. – Текст : непосредственный // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. – 2007. – № 3 (15). – С. 53–56.
9. Горев, В. Металлические конструкции. В 3 томах. Том 1. Элементы конструкций : учебник для строительных вузов / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов. – Москва : Высшая школа, 2004. – 551 с. – Текст : непосредственный.
10. Шулер, В. Конструкции высотных зданий / В. Шулер. – Москва : Стройиздат, 1979. – 248 с. – Текст : непосредственный.
11. Mills, L. L. Compressive strength of plain concrete under multi axial loading conditions / L. L. Mills, R. M. Zimmerman. – Текст : непосредственный // Journal of ACI. – 1970. – Issue 10. – P. 802–807.
12. Gardner, N. J. Structural behavior of concrete filled steel tubes / N. J. Gardner, E. R. Jacobson. – Текст : непосредственный // Journal of ACI. – 1967. – Volume 64. – Issue 7. – P. 404–413.
13. Boyd, P. F. Seismic performance of steel-encased concrete columns under flexural loading / P. F. Boyd, W. F. Cofer, D. I. McLean. – Текст : непосредственный // Journal of ACI. – 1995. – Volume 92, № 3. – P. 353–364.
2. Berg, O. Ya; Rozhkov, A. I. Investigation of inelastic deformations and structural changes in high strength concrete under long term action of compressive stresses. – Text : direct. – In: *Scientific works of the Research Institute of Construction*. – 1969. – Issue 70. – P. 11–18. (in Russian)
3. Skvortsov, N. F. Strength of steel pipe concrete : dissertation for the degree of Doctor of Engineering. – Moscow, 1953. – 453 p. – Text : direct. (in Russian)
4. Nesterovich, A. P. Strength of pipe concrete elements with a diameter of 500 mm or more in axial compression : Thesis of Ph. D. in Engineering ; Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete. – Moscow, 1987. – 236 p. – Text : direct. (in Russian)
5. Dolzhenko, A. A. Pipe concrete structures at the construction of an industrial building. – Text : direct. – In: *Industrial engineering*. – 1965. – № 6. – P. 23–26. (in Russian)
6. Voskobyinyk, O. P.; Parkhomenko, I. O.; Tomilin, Ya. V. Peculiarities of work of pipe concrete pillars with corrosion damage of steel shell. – Text : direct. – In: *Industry engineering, construction : a collection of scientific papers*. – 2011. № 1 (29). – P. 93–98. (in Ukrainian)
7. Semko, O. V. Critical aspects of calculation of steel concrete structures : monograph. – Kyiv : Stal, 2004. – 316 p. – Text : direct. (in Ukrainian)
8. Rimshin, V. I.; Kustikova Yu. O. Mechanics of deformation and destruction of reinforced concrete structures. – Text : direct. – In: *News of Orel State Technical University. Series: Construction and Transport*. – 2007. – № 3(15). – P. 53–56. (in Russian)
9. Gorev, V. V.; Uvarov, B. Yu.; Filippov V. V. Metal structures. In 3 volume. Volume 1. Elements of structures : textbook for builds. universities. – Moscow : Vishaya shkola, 2004. – 551 p. – Text : direct. (in Russian)
10. Shuler, V. High rise buildings. – Moscow : Stroizdat, 1979. – 248 p. – Text : direct. (in Russian)
11. Mills, L. L.; Zimmerman, R. M. Compressive strength of plain concrete under multi axial loading conditions. – Text : direct. – In: *Journal of ACI*. – 1970. – Issue 10. – P. 802–807. (in English)
12. Gardner, N. J.; Jacobson, E. R. Structural behavior of concrete filled steel tubes. – Text : direct. – In: *Journal of ACI*. – 1967. – Volume 64. – Issue 7. – P. 404–413. (in English)
13. Boyd, P. F.; Cofer, W. F.; McLean, D. I. Seismic performance of steel-encased concrete columns under flexural loading. – Text : direct. – In: *Journal of ACI*. – 1995. – Volume 92, № 3. – P. 353–364. (in English)
14. Chah, S. P. Effect of confinement on the ductility of lightweight concrete / S. P. Chah, A. E. Naamam, I. Moreno. – Text : direct. – In: *International Journal of Cement Composite a Lightweight Concrete*. – 1983. – Volume 5. – Issue 1. – P. 15–25. (in English)
15. Sheikh, S. A.; Urumeri, S. M. Analytical model model for concrete confinement in tied columns. – Text : direct. – In: *Journal of the Structural Division*. – 1982. – Volume 108. – Issue 12. – P. 2707–2722. (in English)

14. Chah, S. P. Effect of confinement on the ductility of lightweight concrete / S. P. Chah, A. E. Naamam, I. Moreno. – Текст : непосредственный // International Journal of Cement Composite a Lightweight Concrete. – 1983. – Volume 5. – Issue 1. – P. 15–25.
15. Sheikh, S. A. Analytical model model for concrete confinement in tied columns / S. A. Sheikh, S. M. Urumeiri. – Текст : непосредственный // Journal of the Structural Division. – 1982. – Volume 108, Issue 12. – P. 2707–2722.
16. Kupfer, H. B. Behavior of concrete under biaxial stresses / H. B. Kupfer, H. K. Hilsdorf, H. Rusch. – Текст : непосредственный // Journal of ACI. – 1969. – Issue 8. – P. 656–666.
16. Kupfer, H. B.; Hilsdorf, H. K., Rusch, H. Behavior of concrete under biaxial stresses. – Text : direct. – In: *Journal of ACI*. – 1969. – Issue 8. – P. 656–666. (in English)

**Анищенко Владимир Михайлович** – ассистент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: прочность и деформативность рамных узлов со стойками из трубобетона и ригелями двутаврового сечения.

**Миронов Андрей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: усталостная прочность металлических конструкций, концентрация напряжений в узлах ферм с применением широкополочных двутавров и гнутосварных замкнутых профилей, напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонных конструкций, в том числе трубобетонных конструкций.

**Анищенко Володимир Михайлович** – асистент кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: напружено-деформований стан жорстких вузлів трубобетонних конструкцій, робота вузлів трубобетонних конструкцій в умовах динамічних впливів.

**Миронов Андрій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: втомлена міцність металевих конструкцій, концентрація напружень у вузлах ферм із застосуванням широкополочкових двотаврів та гнуто-зварних замкнених профілів, напружено-деформований стан сталезалізобетонних конструкцій, у тому числі трубобетонних конструкцій.

**Anishchenkov Vladimir** – Assistant, Metal Structures and Constructions Department Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: strength and deformation of frame units with columns from pipe-concrete and I-beam crossbars.

**Mironov Andrey** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fatigue strength of metal structures, stress concentration in truss nodes using wide-field I-beams and bent-welded closed profiles, stress-strain state of steel-reinforced concrete structures, including pipe-concrete structures.