

1866, nr 101. – S. 3.

25. Truskawiec : «Naftusia», krytydeptak [Dokumentikonograficzny] / CBNPolona [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.polona.pl/dlibra/doccontent2?id=18262&from=&from=generalsearch&dirids=23&lang=en>

26. Truskawiec-Zdrój, deptak przy Marysi [Dokument ikonograficzny] / CBN Polona <http://www.polona.pl/dlibra/doccontent2?id=16790&from=&from=generalsearch&dirids=23&lang=en>

27. Truskawiec-Zdrój, «ŹródłoMarjiideptak» [Dokumentikonograficzny] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.polona.pl/dlibra/doccontent2?id=28168&from=&from=generalsearch&dirids=23&lang=en>

28. Truskawiec, zdrojMaryiikrytydeptak [Dokumentikonograficzny] [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.polona.pl/dlibra/doccontent2?id=28175&from=&from=generalsearch&dirids=23&lang=en>

29. Truskawiec-Zdrój, krytydeptakna «Adamówce» [Dokumentikonograficzny] / CBNPolona [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.polona.pl/dlibra/doccontent2?id=29513&from=&from=generalsearch&dirids=23&lang=en>

30. **Węclawowicz-Bilska E.** Historyczne założenia zdrojowisk w kształtowaniu współczesnych ośrodków balneologicznych w Polsce / Elżbieta Węclawowicz-Bilska. Monografia. – Kraków, 1990. – 108 s.

31. **Węclawowicz-Bilska E.** Uzdrowiska polskie. Zagadnienia programowo-przestrzenne / Elżbieta Węclawowicz-Bilska. – Kraków, 2008. – 166 s.

32. **Węglarz B. A.** Spacerkiem po starej Szczawnicy i Rusi Szlachtowskiej / B. A. Węglarz. – Pruszków, 1994. – S. 45.

33. **Zieleniewski M.** Ilustrowany opis zakładów zdrojowo-kąpielnych w Galicji istniejących / Michał Zieleniewski. – Kraków, 1871. – S. 2.

34. **Zieleniewski M.** Ilustrowany przewodnik w podróży do Szczawnicy / Michał Zieleniewski. – Kraków, 1869. – S. 7.

35. **Zieleniewski M.** Nowe łązienki w Krynicy pod względem architektonicznym, technicznym i balneoterapeutycznym / Michał Zieleniewski. – Kraków, 1866. – S. 31 – 32.

36. **Zieleniewski M.** Nowy chodnik kryty do przechadzki, przy zdroju mineralnym w Krynicy / M. Zieleniewski. „Tygodnik Ilustrowany”, 1869, nr 75, s. 265 – 266.

УДК 728.2:693.97.001.63:69.059.7

## ТРУБОБЕТОННЫЙ КАРКАС – РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

*И. Могилевцева, асс., О. Разумова, к. т. н., доц.*

**Ключевые слова:** *трубобетонный каркас, трубобетонные конструкции, объемно-планировочные решения*

**Введение.** Современные технологии в сфере строительства позволяют не только увеличить надежность зданий, но и сделать их значительно привлекательнее. Применяя разнообразные архитектурно-планировочные решения и новые технологии в строительстве, архитекторы имеют возможность для самовыражения и создания индивидуальных проектов, коренным образом отличающихся от предыдущих.

Сейчас во многих странах получил распространение такой вид монолитных железобетонных конструкций как трубобетон, его использование позволяет увеличить устойчивость зданий в несколько раз.

**Анализ публикаций.** В первых сооружениях с использованием трубобетона применялось многотрубное армирование, при котором несущим элементом был пакет из трубобетонных стержней малого диаметра. Примером использования многотрубных пакетов является арочный мост пролетом 9 м в восточном предместье Парижа, построенный в 1931 г. (рис. 2). Две арки этого моста состоят каждая из шести труб диаметром 60 × 3,5 мм, заполненных бетоном.



Рис. 1. Пример здания с применением трубобетона

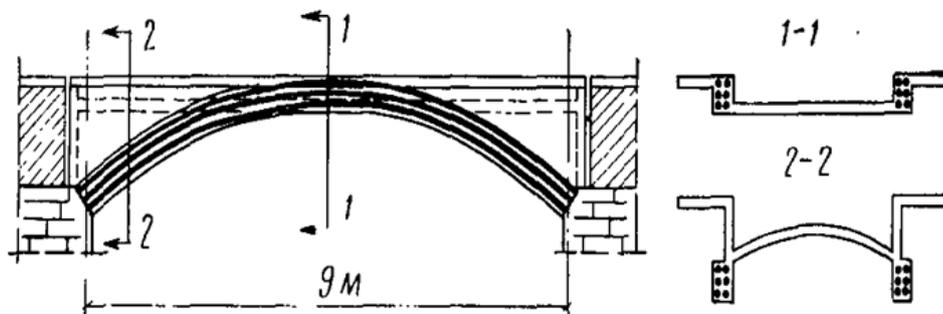


Рис. 2. Мост в предместье Парижа

В 1936 г. под руководством академика Г. П. Передерия был сооружен мост пролетом 101 м через р. Нева в Санкт-Петербурге, в котором применена известная схема безраскосной фермы. Крупногабаритный пакет из 40 труб диаметром  $140 \times 5$  мм использован в качестве верхнего параболического пояса пролетного строения. Трубы изготовлены из малоуглеродистой стали марки Ст5. Впоследствии система пакетного трубобетона не применялась из-за сложности изготовления.



Рис. 3. Общий вид моста через р. Нева

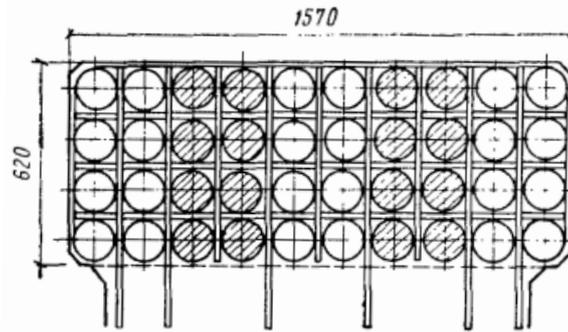


Рис. 4. Поперечное сечение арки моста

**Цель статьи.** Изучить историю возникновения трубобетонных конструкций. Рассмотреть конструкционные и строительно-технические свойства трубобетона, а также показать возможность его применения в самых различных областях строительства.

Началом широкого развития трубобетонных конструкций следует считать появление монотрубной системы. В 1940-х годах проф. В. А. Росновский предложил использовать в качестве конструктивного элемента мостов одну тонкостенную стальную трубу, заполненную бетоном, и в ряде проектов показал ее преимущества по сравнению с обычными решениями. Им были предложены различные конструкции мостов с применением такого решения, а впоследствии по одному из этих предложений был построен железнодорожный мост через р. Исеть вблизи г. Каменск-Уральский.



Рис. 5. Общий вид моста р. Исеть вблизи г. Каменск-Уральский

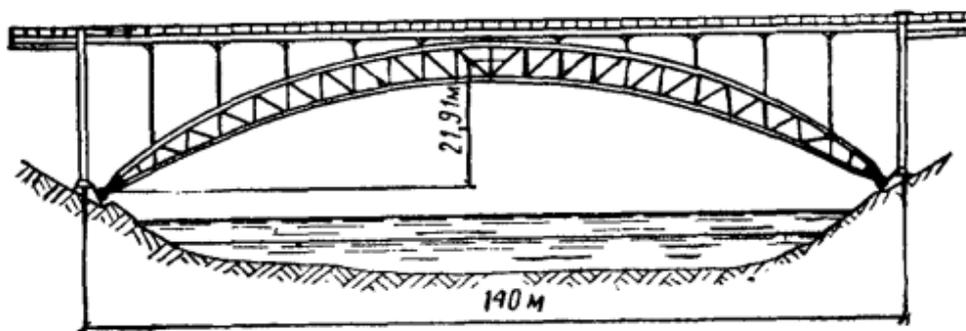
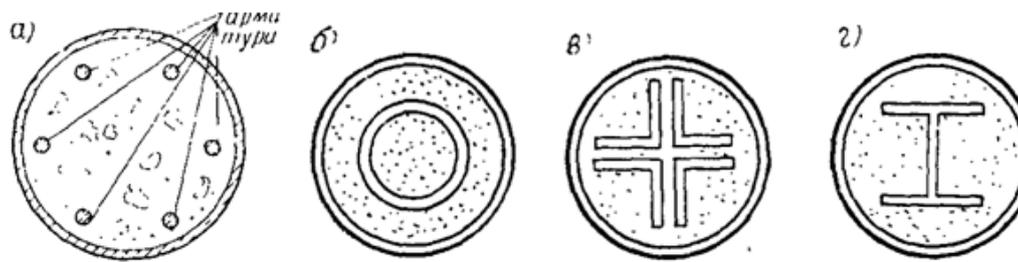
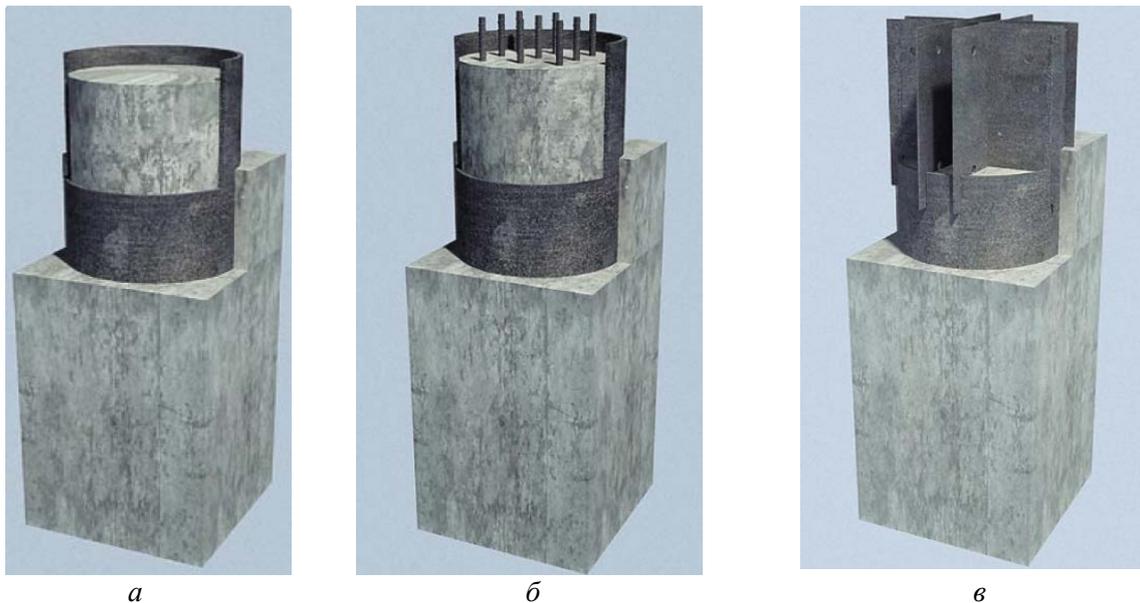


Рис. 6. Схема конструкции моста р. Исеть

**Изготовление трубобетона.** При изготовлении трубобетона используются круглые цилиндрические, а также призматические (квадратные или прямоугольные) трубы. В некоторых случаях внутри бетонного ядра устанавливается арматура: гибкая – в виде стержней или жесткая – уголки, двутавры и др. В нашей стране такие конструкции используют для свай, представляющих собой металлические цилиндрические оболочки диаметром 1 600 мм с армированным бетонным ядром. Армирование ядра позволяет уменьшить диаметр оболочки и, следовательно, поперечный габарит конструкции, что имеет большое значение.



*Рис. 7. Армирование бетонного ядра:  
а – гибкой арматурой; б – жесткой арматурой в виде трубы;  
б' – то же, уголком; г – тоже, двутавром*



*Рис. 8. Примеры армирования бетонного ядра:  
а – трубобетонный сердечник неармированный; б – то же, с высокопрочной арматурой;  
в – жесткий рамный узел, колонна с перекрытием*

**Технология заполнения труб бетоном.** 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.

Наиболее эффективным и универсальным является внешнее вибрирование, осуществляемое с помощью вибростола с вертикальным и гармоническими колебаниями. При этом способе трубы, прочно прикрепленные к вибростолу в вертикальном положении, вибрируют вместе с ним. Бетон подается сверху через загрузочные воронки в вибрирующую трубу, заполняет ее и одновременно уплотняется.

Существует также инъекционный способ заполнения трубы бетоном. При использовании данного способа бетон подается снизу вверх по трубе через отверстие в ее боковой грани.

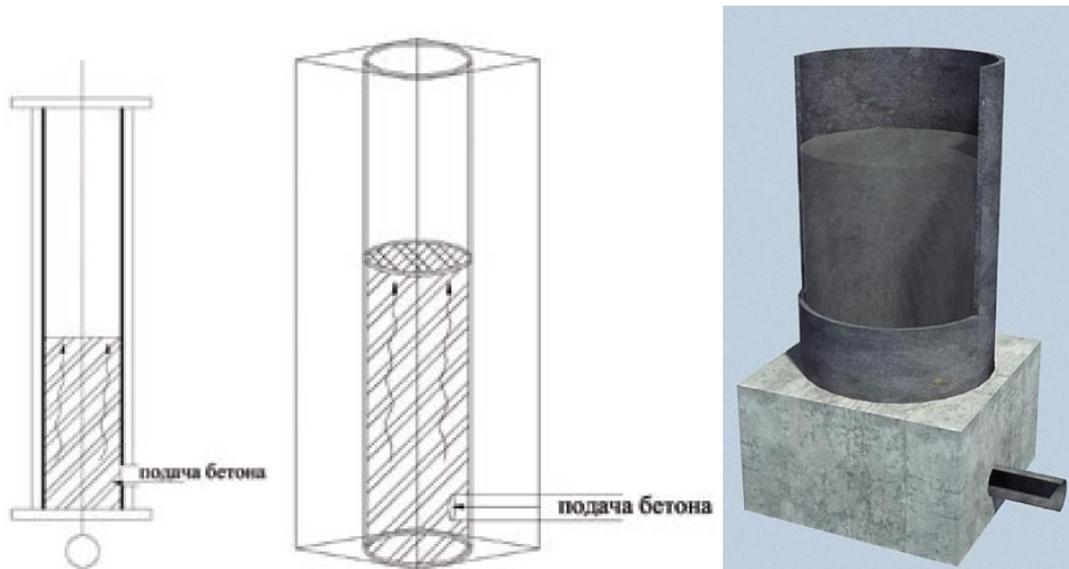


Рис. 9. Схема заполнения трубы бетоном инъекционным способом

**Преимущества трубобетона.** Если говорить о конкретных показателях, то данная технология:

- ✓ позволяет в 1,5 – 2 раза снизить расход бетона;
- ✓ в 1,8 – 3 раза снижает массу конструкции;
- ✓ вдвое экономит затраты труда в связи с отсутствием арматурных, сварочных работ и работ по монтажу опалубки;
- ✓ по сравнению со стальными конструкциями применение трубобетонных колонн позволяет в 1,5 – 2 раза сократить расход металла при одинаковой массе конструкций;
- ✓ трубобетонные конструкции обладают всеми достоинствами металлических конструкций в плане монтажа, отличаясь при этом более высокой огнестойкостью;
- ✓ конструктивные свойства трубобетона позволяют применять его в самых различных областях строительства;
- ✓ конструкции с трубобетоном работают более гибко, по сравнению с обычными армированными опорами, и выдерживают значительно большие нагрузки;
- ✓ в открытой опалубке бетон всегда имеет усадку, в жесткой оболочке, наоборот, происходит его распирание;
- ✓ металл, работая в связке с бетоном в закрытой конструкции, обеспечивает гораздо более высокий коэффициент устойчивости, чем в конструкциях с армированным открытым бетоном;
- ✓ в трубобетоне трещин практически не бывает.

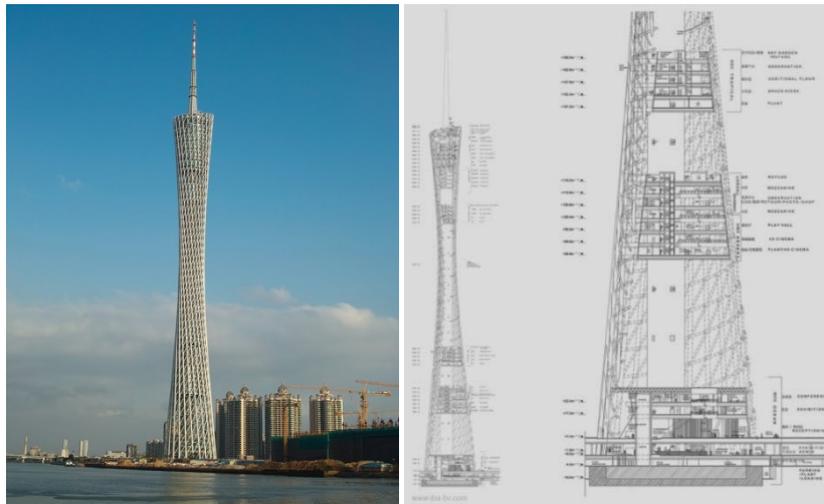
**Недостатки трубобетона.** К недостаткам можно отнести следующие моменты:

- относительно 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 зданий;
- возможность отслаивания бетонного ядра от оболочки вследствие неблагоприятного влияния усадки бетона;
- возможность разрыва металлической оболочки под действием внутреннего давления паров связанной воды, освобождающейся при сильном нагревании во время пожара;
- сложность обеспечения совместной работы бетонного ядра и внешней стальной оболочки при эксплуатационных нагрузках .

Строительство с применением трубобетонных каркасов. В мире накоплен достаточный опыт строительства высотных сооружений с применением трубобетона и монолитных конструкций в сейсмоопасных зонах. В качестве примера можно упомянуть Японию или Китай, где, несмотря на расположение крупных городов в зонах высокой сейсмичности,

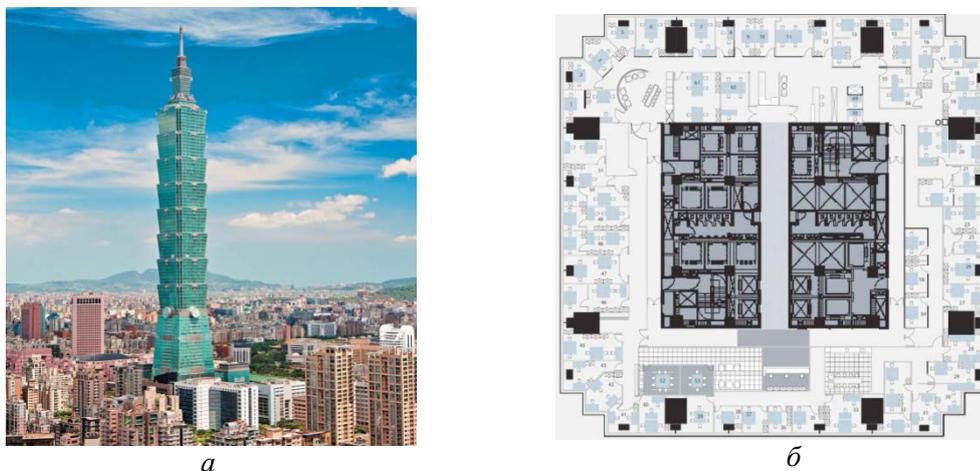
возводятся небоскребы, которые неоднократно выдерживали мощные удары подземной стихии. В Китае ни одно из 80-этажных зданий (!) не пострадало во время землетрясений.

В нескольких новых небоскребах в Китае, в частности, в 610-метровой башне в Гуанчжоу, в качестве несущих конструкций предусмотрено использование трубобетона.



*Рис. 10. Телебашня в Гуанчжоу, Китай*

Комбинированные стале – Железобетонные несущие конструкции применены и в 508-метровой мегабашне в Тайпэе, столице Тайваня. В качестве колонн там использованы сварные металлические короба сечением  $2,4 \times 3,0$  метра, заполненные бетоном. Каждая из колонн рассчитана на нагрузку 38 тысяч тонн.



*Рис. 11. Высотное здание Taipei 101 в Тайване, Китай:*

*а – общий вид; б – план этажа*

**Украина.** Логично и экономически целесообразно в стране, изобилующей рудными месторождениями и металлопрокатными заводами, вести строительство с применением металлокаркаса, особенно учитывая тот факт, что экспорт металлопродукции уменьшается, и увеличение внутреннего потребления отечественной продукции для поддержания общего объема производства становится все более актуальным. Нужно помнить, что в Украине за последние десятилетия значительно сокращен объем кирпичного и каркасно-панельного домостроения. Панельное домостроение (самый быстрый и дешевый вид строительства на протяжении последних 40 лет) сведено «на нет» за счет уменьшения количества домостроительных комбинатов с 84 в советское время до 8 производственных комбинатов сегодня. Увеличение же монолитно-каркасного домостроения требует значительных капиталовложений на опалубку, оно зависит от погодных условий, характеризуется значительной материалоемкостью и, как следствие, – достаточно высокой стоимостью и

значительными сроками строительства.

Металлокаркасное же строительство в трубобетонном варианте обладает всеми достоинствами традиционного домостроения, но экономичнее и быстрее, как минимум в два раза. Уже поэтому строительство на основе трубобетона должно стать на поток вместо панельного домостроения. При этом нам не нужно заново, как в советское время, нести расходы и создавать 84 новых домостроительных комбината – по этой технологии такие комбинаты просто ненужны. Производство организуется непосредственно на строительной площадке, а о скорости строительства уже упоминалось.

Экономичность и скорость – не главный «козырь» трубобетона, во многих случаях важнее его сверхустойчивость, способность выдерживать длительные предельные нагрузки (вспомним трагедии с обрушениями российского аквапарка и торгового центра, сколько погибло людей!) Кроме того, земля в городах дорожает, стройки «растут» ввысь, а строить высотки с применением трубобетона, как показала мировая практика, и дешевле (доступность), и быстрее (не нарушается ритм жизни города), и надежнее (строим-то на века): в трубобетоне, как ни в какой другой конструкции, идеально сочетаются свойства металла, как обоймы, работать на изгиб и растяжение и способность бетона работать на сжатие.

Что касается применения трубобетона современными днепропетровскими застройщиками, то в этой области успешно работает компания «Созидатель», которая возвела по этой технологии здания, АЖК «Аркадиевская башня» и АЖК «Днепровский» (рис. 12 – 14).



*Рис. 12. АЖК «Аркадиевская башня»*



*Рис. 13. АЖК «Днепровский»*



Рис. 14. Возведение АЖК «Днепровский» с использованием трубобетонного каркаса

В ПГАСА ведется активная работа по изучению трубобетонных конструкций. Применение этой конструктивной системы используется для разработки и выполнения дипломных проектов на различных кафедрах академии (рис. 15, 16).



Рис. 15. Проектные предложения жилого многофункционального комплекса.  
Автор – студ. С. Картынник, руководитель – асс. И. Н. Могилевцева

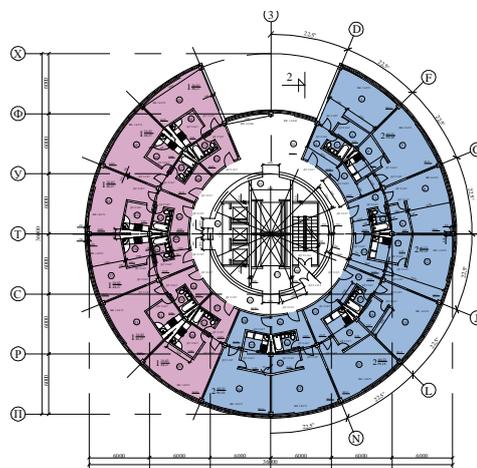
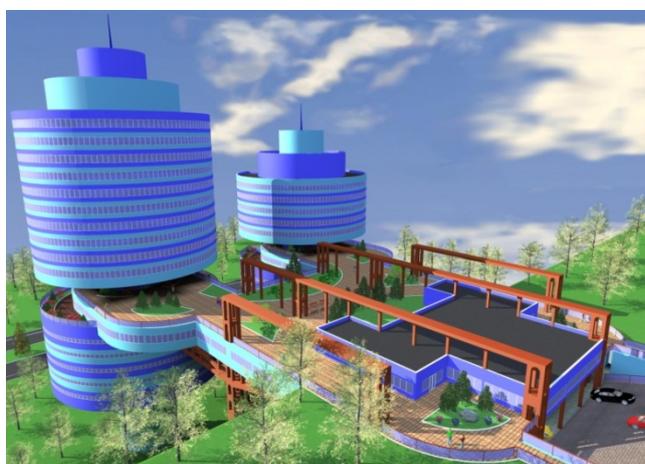


Рис. 16. Проектные предложения жилого многофункционального комплекса.  
Автор – студ. Ю. Коняхина, руководитель – О. В. Разумова

**Выводы.** Широкое применение трубобетонных конструкций сдерживается отсутствием нормативных документов по их проектированию и расчету. Несмотря на весьма обстоятельные исследования в этой области, надо признать, что до сих пор нет надежной и приемлемой для практического использования расчетной модели трубобетонного сечения в предельном состоянии, адекватно отражающей его специфические особенности.

Использование именно этой конструктивной системы дает огромные возможности архитекторам для разработки самых необычных зданий и сооружений, практически без ограничений, позволяя воплотить в жизнь самые смелые объемно-планировочные решения.

Трубобетонные конструкции экономичны. Их применение уменьшает вес сооружения в 2 – 3 раза, трудозатраты – в 4 – 5 раз, стоимость в 2 – 3 раза по сравнению с железобетонными. По сравнению с металлическими конструкциями при незначительном увеличении веса достигается существенное уменьшение стоимости (до 40 %) и расхода стали (в 2 – 3 раза).

Прекрасные конструкционные и строительно-технические свойства трубобетона позволяют применять его в самых различных областях строительства: мостостроении, строительстве метро, промышленных, жилых и общественных зданий различной этажности.

Поэтому можно сделать вывод, что дальнейшие исследования в этой области необходимы, полезны и перспективны.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Кикин А.** Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном / А. И. Кикин, Р. С. Санжаровский, В. А. Трулль // М. : Стройиздат, 1974 г. – 144 с.
2. **Турчин Л.** Трубобетон: строим в два раза быстрее, легче, экономичней, надежней / Л. Турчин, Блог Леонида Турчина // Режим доступа: <http://blog.liga.net>
3. **Иванов А.** Трубобетонные конструкции / А. С. Иванов // Железобетонные изделия и конструкции. – 2011. – № 10. – С. 13.
4. **Хамиев Р.** Трубобетон – технология будущего / Р. Хамиев // Строительный вестник. Элек. Издание // Режим доступа: <http://subscribe.ru/archive/build.gsv/200702/28114728.html>
5. **Кикин А.** Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. / А. И. Кикин, Р. С. Санжаровский, В. А. Трулль. М. : Стройиздат, – 1974.
6. **Лукша Л.** Прочность трубобетона / Л. К. Лукша. – Минск : Высшая школа, 1977. – 96 с.
7. **Горев В.** Металлические конструкции / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов // В 3т. Т.2. Конструкции зданий: учеб. для строит. вузов и др. – М. : Высшая школа, 1999. – 528 с.
8. **Горев В.** Металлические конструкции / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов // В 3т. Т.1. Элементы конструкций: учеб. для строит. вузов – М. : Высшая школа, 2004. – 551 с.
9. **Шуллер В.** Конструкции высотных зданий / В. Шуллер. – М. : Стройиздат, 1979. – 248 с.

УДК 728.2:693.97.001.63:69.059.7

### ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И АРХИТЕКТУРНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАЛЬНЫХ КАРКАСОВ

*О. В. Разумова, доц., к. т. н.*

**Ключевые слова:** *формообразование, конструктивная схема, стальной каркас высотных зданий, архитектурно-пространственная и функциональная организация зданий*

**Введение.** Анализ опыта архитектурно-пространственного проектирования и конструирования архитектурных форм с использованием стальных каркасов в Европе и за океаном показал, что его принципы будут актуальными на протяжении еще многих лет. И еще более актуальными они будут при использовании именно стальных каркасов повышенной прочности для формирования архитектуры зданий и сооружений.

Каркас здания представляет собой систему, состоящую из несущих стоек или колонн, опирающихся на них перекрытий, покрытий и связей, обеспечивающих неизменяемость пространственной геометрической формы и устойчивость здания.