

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<i>В. Алейник, С. Репин, К. Рулис.</i> Оценка влияния кориолисовой силы на работу механизма поворота башенного крана.....	2
<i>Е. Черная.</i> От азбуки пространственных построений к образу. (на примере гравюр Дж. Б. Пиранези).....	8
<i>И. Шереметов, И. Лагунин.</i> Эволюция Кремля – эволюция русского городского поселения.....	21
<i>С. Сычев, Г. Бадьин.</i> Интерактивный строительный проект производства работ (иППР) на основе BIM технологий при высокоскоростном возведении зданий из модульных систем.....	31
<i>В. Волков.</i> Контроль за распределением строительной нагрузки на фундаменты сооружений башенного типа.....	38

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОРИОЛИСОВОЙ СИЛЫ НА РАБОТУ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА БАШЕННОГО КРАНА

Вадим Алейник<sup>1</sup>, Сергей Репин<sup>2</sup>, Константин Рулис<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный Университет, Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д.4

vadim.aleynik@gmail.com<sup>1</sup>, repinserge@mail.ru<sup>2</sup>, rulys52@mail.ru<sup>3</sup>

### Аннотация

Рассмотрены вопросы влияния кориолисовой силы на работу механизма поворота башенного крана в период пуска в условиях совмещения рабочих движений (поворот стрелы и увеличение вылета). Представлены количественные зависимости параметров, характеризующих режим пуска механизма, от скорости перемещения грузовой тележки по стреле и от ветровой нагрузки. Графики этих зависимостей наглядно иллюстрируют заметное снижение производительности крана при неблагоприятном сочетании факторов, связанных с возникающим кориолисовым ускорением. А именно – если при совмещении рабочих движений поворота стрелы и изменения вылета на стрелу воздействует перпендикулярно направленная большая ветровая нагрузка, время пуска, составляющее большую часть времени работы механизма поворота, может возрасти на 20 и более процентов. Изложена методика расчетного исследования.

### Ключевые слова

Расчет механизма поворота, расчет механизмов крана, совмещение рабочих движений крана, кориолисово ускорение, кориолисова сила.

### Введение

Одной из современных тенденций в развитии конструкций башенных кранов является увеличение длины балочной стрелы и, соответственно, увеличение параметра «вылет». В настоящее время в больших моделях ведущих мировых производителей наибольшее значение этого параметра составляет 60 ...80 метров. Большая длина горизонтальной стрелы позволяет упростить рабочий цикл крана, исключив из него одно из четырех видов рабочих движений - передвижение машины по рельсам. В качестве сопутствующего эффекта можно отметить упрощение конструкции крана, улучшение его устойчивости и снижение трудоемкости подготовительных работ перед началом строительства. Большой диапазон изменения вылета предполагает также повышенную скорость передвижения по стреле грузовой тележки – до 120 м/мин. у современных кранов.

Совершенно очевидно, что выполнение рабочих циклов в реальной практике сопровождается совмещением движений, в частности, изменения вылета (передвижения грузовой тележки по стреле) и поворота стрелы. При совмещении этих движений грузовая тележка в неподвижной системе координат совершает сложное движение по плоской спирали. Из курса теоретической механики известно, что такое движение, даже при неизменных относительных скоростях совмещаемых движений, сопровождается наличием дополнительной силы, вызванной кориолисовым ускорением (Поляхов, 2015). В случае совмещения поворота с изменением вылета в сторону увеличения эта сила создает дополнительное сопротивление приводу механизма поворота. В известных изданиях (Александров, 1986; Вайнсон, 1989; Гохберг, 1988), посвященным теме расчетов крановых механизмов, не упоминается сила, вызванная влиянием кориолисова ускорения. В этой связи представляется актуальным вопрос о необходимости учета этого ускорения в методике проектирования механизма. Известны исследования, в которых кориолисово ускорение учитывается при решении задачи уменьшения раскачивания груза на ветвях грузового полиспаста крана. Решение предлагается разными способами: за счет установки дополнительных упругих и демпфирующих звеньев между стрелой и грузом (La Duc Viet, 2015), за счет реализации сложного закона изменения движущего усилия в период разгона механизма средствами системы управления частотно-регулируемого привода (Naoki Uchiyama, 2013), (Тепляков, 2004), за счет назначения оптимального значения угловой скорости вращения стрелы (Периг, 2011). Силу, вызванную кориолисовым ускорением, предлагают учитывать при расчетах не только кранов, но и других машин: экскаваторов на устойчивость от опрокидывания (Холявко, 2014), приводов рабочего оборудования лесопогрузчиков (Колесников, 2013).

## Материалы и методы

Кориолисово ускорение численно равно удвоенному произведению угловой скорости вращения и линейной скорости относительного движения. Вектор ускорения направлен перпендикулярно радиусу, соединяющему ось вращения с центром тяжести подвижной массы (рисунок 1).

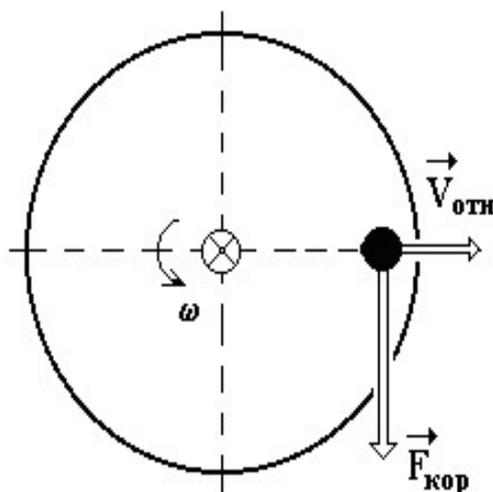


Рисунок 1. Направление кориолисовой силы при относительном движении массы по радиусу

Соответственно момент кориолисовой силы численно равен произведению кориолисова ускорения на массу и на радиус кривизны траектории. Применительно к грузовой тележке крана этот момент вычисляется как произведение кориолисовой силы на вылет по формуле:

$$M_{кор} = 2 m V \omega R, \quad (1)$$

где:

$m$  – масса грузовой тележки с грузом и с крюковой подвеской,

$V$  – относительная скорость передвижения тележки,

$\omega$  – угловая скорость вращения стрелы,

$R$  – вылет.

Для того чтобы оценить степень влияния кориолисова ускорения на работу механизма поворота, был выполнен расчет влияния совмещения движений (поворота и увеличения вылета) на время пуска этого механизма на примере башенного крана Liebherr 380 EC-B 12 Litronic. Кран оснащен балочной стрелой с максимальным вылетом 75 м. Регулируемая скорость передвижения тележки 0 – 120 м/мин. Частота вращения стрелы 0 – 0,8 об./мин. Суммарная мощность электродвигателей механизма поворота составляет 15 кВт. Массы и габаритные размеры металлоконструкций и других частей крана были взяты с сайта производителя машины (см. [http://www.liebherr.com/CC/de-DE/region-RU/products\\_cc.wfw/id-13180-0/measure-nonMetric](http://www.liebherr.com/CC/de-DE/region-RU/products_cc.wfw/id-13180-0/measure-nonMetric)).

Было принято допущение, согласно которому угловое ускорение в период пуска изменяется по линейному закону от начального значения  $\varepsilon_1$  до конечного  $\varepsilon_2$ . Соответственно этому время пуска вычисляется как отношение конечной угловой скорости к среднему угловому ускорению:

$$t = \int_0^{\omega} \frac{I}{\varepsilon} d\omega = \frac{2 \omega}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}$$

Угловые ускорения определяются из уравнения тягового баланса как избыток тягового момента ( $M_{тяг} - \Sigma M_{сопр}$ ), деленный на суммарный момент инерции  $J_{\Sigma}$  вращающихся частей:

$$\varepsilon = \frac{M_{\text{тяг}} - \Sigma M_{\text{сопр}}}{\Sigma J}$$

Тяговый момент в частотно регулируемом приводе кранового механизма предполагается приблизительно неизменным в течение всего периода пуска (Масандилов, 1998). Кратность пускового момента принята равной двум. Потери на трение учтены коэффициентом полезного действия  $\eta = 90\%$ .

$$M_{\text{тяг}} = \frac{N_{\text{эд}} \eta}{\omega_{\text{ном}}} \quad (2)$$

Суммарный момент сопротивления повороту в общем случае складывается из момента сил трения в опорно-поворотном устройстве  $M_{\text{тр}}$ , момента ветровых нагрузок  $M_{\text{в}}$  на стрелу и консоль с противовесом и момента, вызванного кориолисовой силой  $M_{\text{кор}}$ . Очевидно, что в начале пуска  $M_{\text{кор}}$  равен нулю, а в дальнейшем увеличивается до максимального значения пропорционально изменению угловой скорости и вылета. Было принято допущение о постоянстве момента ветровых нагрузок в течение всего периода пуска механизма.

$$\Sigma M_{\text{сопр}} = M_{\text{тр}} + M_{\text{в}} + M_{\text{кор}}$$

Для определения момента сил трения в опорно-поворотном устройстве использована известная методика (Александров, 1985) – применительно к популярному в кранах отечественного производства шариковому ОПУ-7 (ОП-2500).

Суммарный момент инерции  $\Sigma J$  складывается из постоянных моментов инерции стрелы с консолью и с противовесом и вращающихся масс привода  $J_{\text{пост}}$  и из переменных моментов инерции движущейся по стреле масс грузовой тележки  $Q_{\text{тел}}$ , крюковой подвески  $Q_{\text{кр}}$  и груза  $Q_{\text{гр}}$  ( $J_{\text{пер}}$  зависит от вылета):

$$J_{\text{пер}} = \frac{Q_{\text{тел}} + Q_{\text{кр}} + Q_{\text{гр}}}{R^2} \quad (3)$$

$$\Sigma J = J_{\text{пост}} + J_{\text{пер}}$$

В соответствии с вышесказанным процесс пуска описывается четырьмя зависимостями:

$$\varepsilon_1 = \frac{M_{\text{тяг}} - M_{\text{тр}} - M_{\text{в}}}{J_{\text{пост}} + J_{\text{пер}}} \quad (4)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{M_{\text{тяг}} - M_{\text{тр}} - M_{\text{в}} - M_{\text{кор}}}{J_{\text{пост}} + J_{\text{пер}}} \quad (5)$$

$$t = \frac{2\omega}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \quad (6)$$

$$R = R_0 + Vt \quad (7)$$

где  $R_0$  – вылет в начальный момент пуска механизма.

Последняя формула используется при вычислении  $J_{\text{пер}}$  и  $M_{\text{кор}}$ . После подстановки (7) в (1) и (3), (2) в (4), (3) в (4) и (5), (4) и (5) в (6) и последующих алгебраических преобразований вышеупомянутые зависимости сводятся к многочлену третьей степени с постоянными коэффициентами  $A_1, A_2, A_3$  и  $A_4$ :

$$A_1 t^3 + A_2 t^2 + A_3 t + A_4 = 0.$$

Отсюда искомое время пуска вычисляется как корень кубического уравнения.

Расчету подлежали два варианта работы крана по нагрузке:

1) масса груза  $Q = 12000$  кг, равна максимальной грузоподъемности, скорость грузовой тележки  $V = 60$  м/мин. равна половине максимальной;

2) масса груза  $Q = 6000$  кг, равна половине максимальной грузоподъемности, скорость грузовой тележки  $V = 120$  м/мин., максимальная.

В обоих вариантах вылет в начальный момент пуска  $R_0 = 7$  м, частота вращения стрелы после пуска  $0,8$  об./мин.

### Результаты

Результаты расчетов (Рисунок 2, 3, 4), свидетельствуют о влиянии на параметры пуска таких факторов, как скорость перемещения тележки по стреле и ветровая нагрузка. Нулевая скорость означает, что совмещение движений не происходит и, соответственно, кориолисово ускорение отсутствует. В расчетах принята ориентация вектора ветровой нагрузки перпендикулярно стреле, то есть наихудший вариант, создающий наибольшее сопротивление ее повороту.

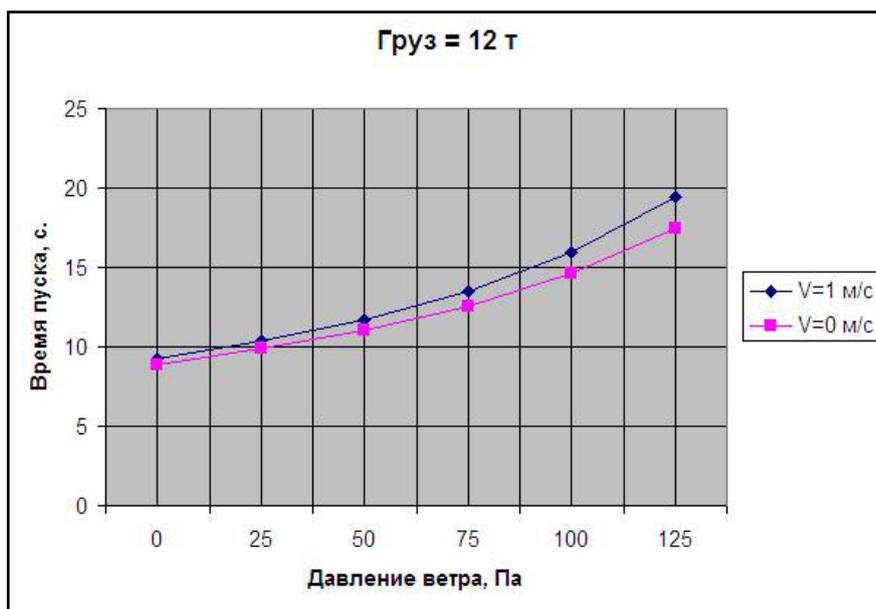


Рисунок 2. Время пуска механизма поворота с грузом 12 т в условиях разной интенсивности ветрового давления – при совмещении операций ( $V = 1$  м/с) и без совмещения ( $V = 0$  м/с)

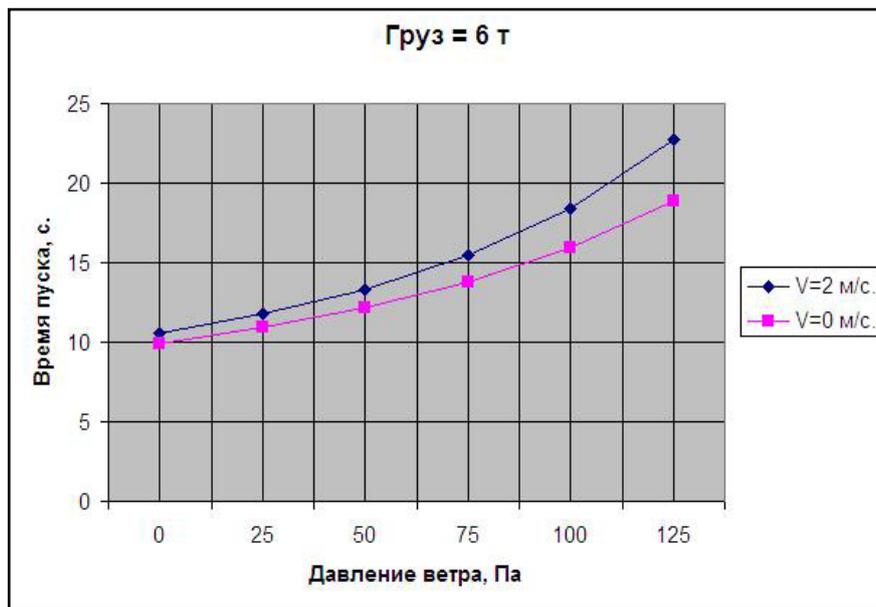


Рисунок 3. Время пуска механизма поворота с грузом 6 т в условиях разной интенсивности ветрового давления – при совмещении операций ( $V = 2$  м/с) и без совмещения ( $V = 0$  м/с)

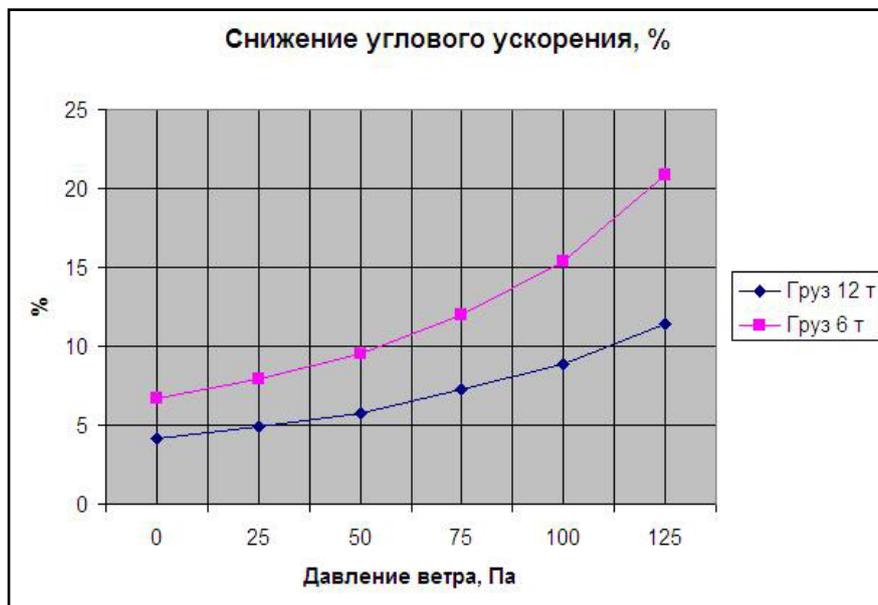


Рисунок 4. Вызванное совмещением операций относительное снижение углового ускорения стрелы к концу периода пуска в условиях разной интенсивности ветрового давления

## Выводы

Анализ представленных результатов позволяет сделать выводы:

1. Учет кориолисова ускорения при пуске механизма поворота крана в ситуации совмещения движений может заметно изменить результаты расчета таких параметров, как продолжительность пуска и угловое ускорение на завершающем этапе пуска. Увеличение времени пуска, составляющее большую часть времени работы механизма поворота, может превышать 20 %.

2. Влияние кориолисова ускорения становится существенным при неблагоприятном сочетании двух факторов: большой скорости перемещения грузовой тележки по стреле и большого сопротивления повороту, вызванного поперечно направленной на металлоконструкции стрелы ветровой нагрузкой.

3. Для башенных кранов с большой скоростью тележки целесообразность учета фактора кориолисова ускорения при расчете мощности механизма поворота представляется вполне актуальной.

## Литература

Uchiyama, N. (2013). Simple rotary crane dynamics modeling and open-loop control for residual load sway suppression by only horizontal boom motion. *Mechatronics*, 23(8), pp. 1223–1236. DOI: 10.1016/j.mechatronics.2013.09.001

Viet, L.D. (2015). Crane sway reduction using Coriolis force produced by radial spring and damper. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 29(3), pp. 973–979. DOI: 10.1007/s12206-015-0211-1

Александров, М. (1986). *Грузоподъемные машины*. Москва: Машиностроение.

Александров, М. и др. (1985). *Подъемно-транспортные машины*. Москва: Высшая школа.

Гохберг, М. (ред.) (1988). *Справочник по кранам: В 2 т. Т. 1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов, и металлических конструкций*. Москва: Машиностроение.

Вайнсон, А. (1989). *Подъемно-транспортные машины*. Москва: Машиностроение.

Колесников, П., Моисеев, Г. (2013). Учет кориолисовых сил инерции при проектировании технологического оборудования поворотных лесопогрузчиков. *Новые материалы и технологии в машиностроении*, 18, с. 151–153.

Масандилов, Л. (1998). *Электропривод подъемных кранов*. Москва: Издательство МЭИ.

Периг, А., Стадник, А., Матвеев, И. (2011). О динамических режимах работы стрелового крана при постоянном угле вылета стрелы. *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*, 4 (25), с. 234–239.

Поляхов, Н. и др. (2015). *Теоретическая механика*. Москва: Юрайт.

Тепляков, А. (2004). Реализация оптимального управления частотным электроприводом механизма поворота. *Электромашинобудовання та електрообладання*, 62, с. 36–39.

Холявко, А., Капралов, П., Буева, А. (2014). Устойчивость экскаваторов. В: *сборнике материалов 10-й юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края*. Красноярск: Сибирский федеральный университет.

## ОТ АЗБУКИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОСТРОЕНИЙ К ОБРАЗУ. (НА ПРИМЕРЕ ГРАВЮР ДЖ. Б. ПИРАНЕЗИ)

Елена Чёрная

Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный Университет,  
Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д.4

[elena.chernaya.75@mail.ru](mailto:elena.chernaya.75@mail.ru)

### Аннотация

В статье раскрывается значение выставки «Пиранези до и после. Италия-Россия. XVIII-XXI века» проходившей в Музее изобразительных искусств им. А.С. Пушкина в Москве, осенью 2016 г., породившей новый резонанс научного интереса к творческому наследию архитектора.

Автор статьи посетила выставку. В процессе анализа экспозиции нашла подтверждение гипотезы о существовании единого изобразительного языка, азбуки «пространственных построений» в архитектурной графике Дж. Б. Пиранези. На примере серии гравюр «Вазы, канделябры, надгробия, саркофаги, треножники, светильники и древние орнаменты...» (1778 г.) в статье будет рассмотрена азбука «пространственных построений» мастера.

Пиранези творчески интерпретирует приемы архитектурной графики Андреа Палладио, привнося в них «пластический подход» свойственный искусству театральной декорации его учителя Дж. Валериани. Он создал систему контрастных противопоставлений структур композиций угловой и фронтальной перспектив, расставляемые им композиционные акценты выступали визуальным ориентиром, связующим листы серии. При таком подходе геометрическая структура композиции гравюр приобретает новые свойства, отличные от применяемого «ортогонального подхода» А. Палладио и системы фиксации формы при помощи чертежа или аксонометрий, применяемые его современниками.

Многомерность и многослойность графики - композиционный прием свойственна гравюрам других серий Дж. Пиранези, например, «Собрание различных видов Рима как древнего, так и нового...» (1752 г.). Синтез «линейного» и «пластического» подходов в процессе формирования композиции, где доминирует то одно то другое начало основа индивидуальной образности его работ. Для раскрытия истоков его композиционного мастерства мы рассмотрели графику его предшественников - Дж. Валериани и М. Риччи. На примере одного листа из серии «Тюрьмы» мы раскроем его процесс работы над пластической композицией.

Впервые автор статьи анализирует композицию листов серии «Вазы, канделябры, надгробия, саркофаги, треножники, светильники и древние орнаменты...». Автор статьи предлагает механизмы определения композиционного центра в «трехмерной» системе архитектурной графике Дж. Б. Пиранези.

### Ключевые слова

Язык архитектурной графики, композиция, угловая перспектива, пространственные построения, чертеж, ортогональные проекции, геометрическая структура, образ.

### Введение

20.09.2016-13.11.2016. в Музее изобразительных искусств им. А.С. Пушкина в Москве проходила выставка «Пиранези до и после. Италия-Россия. XVIII-XXI века». Необходимо отметить, что данный выставочный проект имеет международный резонанс.

Кураторы выставки:

- Историк искусства и архитектуры – Федерика Росси, известна, как автор многочисленных работ, посвященных архитектуре и художественной культуре России и Италии, представляет в своем лице Немецкий институт истории искусства во Флоренции. С 2012 года является приглашенным профессором на кафедре истории архитектуры и искусства в Московском архитектурном институте (МАРХИ);

- Семен Михайловский в настоящее время возглавляет Санкт-Петербургский государственный академический институт живописи, скульптуры и архитектуры имени И.Е. Репина. Почетный профессор Московского архитектурного института;

• Марина Майская, ведущий научный сотрудник, хранитель Отдела графики ГМИИ, специалист по итальянскому рисунку XV-XX вв. Автор трехтомного каталога-резюме итальянского рисунка из собрания ГМИИ, а также значительного ряда книг и статей по искусству графики.

Выставки разместились в пяти залах и на стенах Парадной лестницы. Под экспозицию были отданы три постоянных выставочных зала № 30, 19, 20 и два временных зала № 18, ранее отводимых под испанское и итальянское искусство XVIII века и № 21 - искусство Франции XVII века (рисунок 1).

Кураторы выставки Федерика Росси, Семен Михайловский, Марина Майская, Юлия Меренкова включили в экспозицию предметы, входящие в состав коллекции слепков, сделанных с антиков Музея изящных искусств в Москве (ныне ГМИИ им. А.С. Пушкина): гипсовые и бронзированные слепки, гальванокпии предметов быта, найденные на археологических раскопках в Помпеях и Геркулануме. Экспозицию выставки украшают пробковые модели из коллекции Научно-исследовательского музея при Российской Академии художеств (Пантеона, Пирамиды Цестия и др.) (рисунок 2).

В рамках выставочного проекта в залах музея и лектории (усадьбе князя Голицына, расположенного неподалеку от главного здания музея) проводятся встречи, как для взрослых, так и для детей, раскрывающие феномен архитектурной графики Дж. Б. Пиранези, роль его графического наследия в художественной культуре последующих столетий, до второй половины XX века.

Музеем изобразительного искусства им. А. С. Пушкина был издан фундаментальный каталог. В нем можно ознакомиться со статьями ведущих специалистов: российских (Марина Майская, Дмитрий Швидковский, Семён Михайловский, Николай Молок) и западно-европейских исследователей (Федерика Росси, Маурицио Кальвези, Летиция Тедеска, Джиневра Мариани и др.), раскрывающих следующие направления выставки:

1. От театральной декорации до цикла «Carceri...»;
2. От «Антологии памятников вечного города» до цикла «Пестум»;
3. Пиранези и изучение античного наследия;
4. Пиранези. Древности как источник вдохновения;
5. Пиранези и русская архитектура XVIII века;
6. Пиранези и Советская архитектура.

Такое многообразие тем научного исследования творческого наследия Дж. Б. Пиранези свидетельствует о существовании в нем как приемственности, так и новизны изобразительного языка, которые выявлены в статье.

### **Материалы и методы**

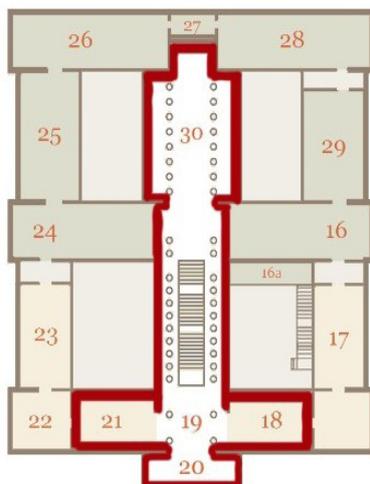
Графическая изобразительная культура у Пиранези сформировалась в процессе учебы и совместной работы со знаменитыми мастерами разных направлений пластических искусств, что повлияло на формирование его композиционного мышления, проявляющегося в геометрической структуре его работ. В статье рассмотрена часть листов серии «Вазы, канделябры, надгробия, саркофаги, треножки, светильники и древние орнаменты...», где архитектор стремился передать и сформировать у зрителя пространственное представление о форме на плоскости. Он воссоздает на гравюрах целостные античные антики, на основании их фрагментов.

В исследовании внимание направлено на анализ геометрической и пластической структур композиции работ Пиранези.

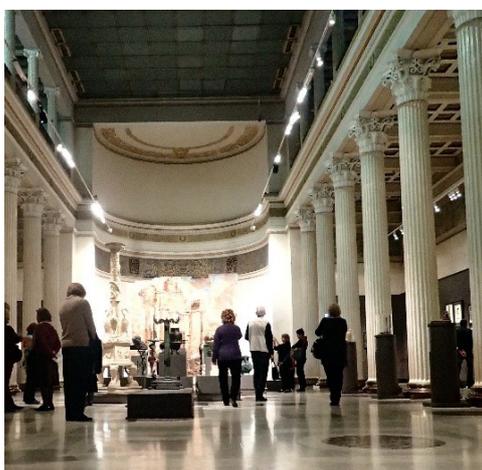
Наброски наглядно раскрывают профессиональные особенности рисунка мастера. В экспозиции выставки наброски Пиранези составляют очень малую группу. Они ценны тем, что фиксируют главную «движущую идею» (термин Ю.И. Курбатова) творца, которая отбрасывает все ненужное и способствует выстраиванию в представлении художника, а потом и на плоскости иерархической структуры композиции и ее элементов в процессе изобразительной работы. Далее идея кристаллизуется и получает свое материальное воплощение в процессе длительной работы на плоскости над композиционным эскизом или архитектурным проектом.

В связи с тем, что на выставке были представлены наброски художников-декораторов (Джузеппе Бибиена Галли, Джузеппе Валериани, Анжело Тозелли, Пьетро ди Готтардо Гонзага) и архитекторов классиков (Франческо Бибиена Галли, Дж. Б. Пиранези, Жан -Франсуа Тома де Томон), а также эскизы советских зодчих, выполняемые в рамках конкурсных проектов (Иван Александрович Фомин, Иофан Борис Михайлович, Мордвинов Аркадий Григорьевич, Лев Владимирович Руднев и др.) (рисунок 3), автору представилась такая возможность провести сопоставительный анализ выставляемых набросков, сравнить их с другими опубликованными в других изданиях.

При этом был осуществлен поиск ответа на вопрос: существуют ли общие, визуально обнаруживаемые, признаки единого композиционного процесса и системы языка его эстампов, архитектурной графики художественных изображений архитектуры и «технических чертежах», которая, возможно, была обнаружена



(а)



(б)



(в)



(г)



(д)

Рисунок 1. Интерьеры ГМИИ им. А.С. Пушкина в которых разместилась экспозиция выставки:  
а) план второго этажа ГМИИ им. А.С. Пушкина ( на плане выделены красным цветом); б) выставочный зал № 30; в) Парадная лестница; г) выставочный зал №20; д) Зал № 18



(a)



(б)



(в)



(г)

Рисунок 2. Выставка «Пиранези. До и после. Италия Россия XVIII-XXI века. Фотографии Е.А. Черной. Состав экспозиции выставки: а) макет Пантеона; б) гравюры Дж. Б. Пиранези и его помщника Ф. Пиранези и графика европейских и русских, советских архитекторов и театральных декораторов; в) медная доска с гравировкой Дж.Б. Пиранези; г) канделябр с аистами (гипс тонированный, литье по форме. Подлинник: мрамор XVIII в.)

и подхвачена его последователями, мастерами классиками и советского времени? Используют ли они ту же азбуку «пространственных построений»? Данное понятие было заимствовано из труда Б. В. Раушенбаха (1975) для подчеркивания значения перспективы как средства композиции.

Для выявления скрытых композиционных закономерностей в графике был взят, представленный на выставке, набросок Дж. Валериани (рисунок 4). Его сравнили с репродукцией наброска проекта декорации к опере «Сципион», представленной в труде М.С. Коноплевой «Театральный живописец Джузеппе Валериане» (1948).



(а)



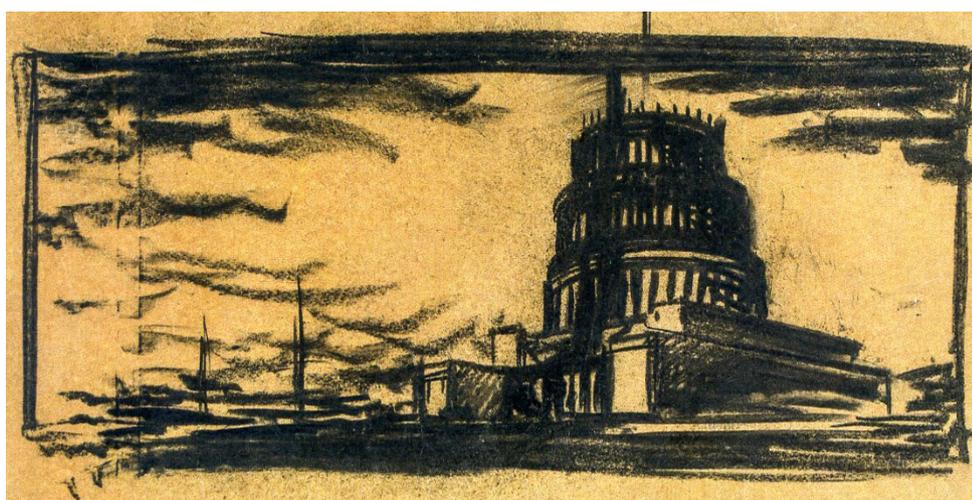
(б)



(в)



(г)



(д)

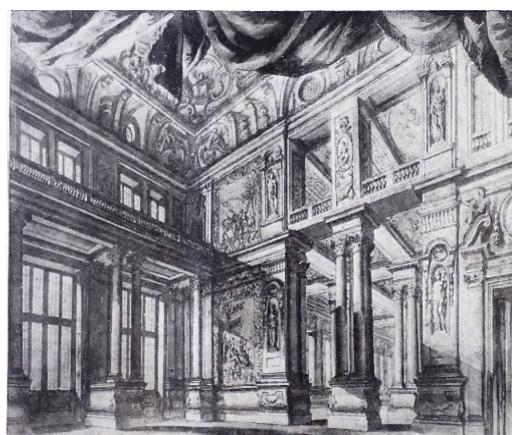
Рисунок 3. Наброски художников декораторов и архитекторов представленные на выставке «Пиранези. До и после. Италия Россия XVIII-XXI века» и в каталоге: а) Дж. Валериани. Внутренний двор тюрьмы. 1740-х. Перо, кисть, бистр, тушь 147x241. ГМИИ им. А.С. Пушкина, Москва; б) Пьетро ди Готтардо Гонзаго. Вид на городскую площадь и улицы. Голубая бумага, перо, кисть, бистр, тушь, акварель, карандаш. 181x271. ГМИИ им. А.С. Пушкина, Москва; в) Дж. Б. Пиранези. Арка Галлиена в Риме. 1740-е. Акварель, перо, тушь, карандаш. Университетская Библиотека Эстензе, Модена []; г) И.А. Фомин. Конкурсный проект «Здание Курского вокзала». Перспектива сквозь колоннаду обходной галереи. 1933. Калька, карандаш, уголь, пастель. 43,5x53,5. ГНИМА, Москва; д) Б.М. Иофан. Эскиз, принятый за основу проекта Дворец Советов в Москве. Перспектива. 1933. Вариант. Калька, уголь, лак 39,4x70,3 ГНИМА, Москва



(a)



(б)



(в)

Рисунок 4. Угловая перспектива в графике Марко Риччи и Дж. Валериани. От наброска к проектному варианту декорации: а) Марко Риччи. Внутренний двор воображаемого Дворца. Рисунок. Первая половина XVIII век Королевская коллекция, Виндзорский замок, Виндзор, Англия; б) Дж. Валериани. Интерьер дворцового зала. Перо, кисть, бистр, следы карандаша. 170x208. Около 1745. ГМИИ им. А.С. Пушкина, Москва; в) Дж. Валериани. Проект декорации к опере «Сципион» ГЭ, Санкт-Петербург (Коноплева, 1948)

Необходимо заметить, что Дж. Б. Пиранези «работает с римскими сценографами братьями Домеником и Джузеппе Валериани» (Сорокина, 2007), учениками венецианца Марко Риччи (мастер жанра «каприччо», он также изображал вымышленные пейзажи с древнеримскими руинами и театральные декорации). По мнению исследователя Н.И. Сорокиной, благодаря данному знакомству Пиранези «воспринял стиль» Риччи.

При сравнении двух набросков, сделанных Марком Риччи и Дж. Валериани, можно видеть, что оба выполнены в системе угловой перспективы, которую в дальнейшем так мастерски освоит Дж. Б. Пиранези. Рисунки перечисленных мастеров имеют одну композиционную схему. Из-за отсутствия данных о дальнейшем развитии эскиза Марко Риччи, проведем композиционный анализ работ Дж. Валериани (рисунок 4).

Первый набросок Дж. Валериани отличен от проекта декорации по геометрии – он имеет квадратную форму, а другой – прямоугольную. Художник-декоратор в наброске фиксирует все элементы своей будущей композиции, а в эскизе декорации составляет, согласует все эти части визуально, пластически и конструктивно, формируя целостную структуру (рисунок 4). Впоследствии Дж. Б. Пиранези усвоит эти композиционные уроки и творчески интерпретирует их композиционные приемы в серии «Темницы».

Вернемся к анализу экспозиции выставки. В зале № 30 в центральной зоне на одном из стендов была обнаружена интересная информация и факты: Пиранези руководил мастерской, занимавшейся реставрацией и продажей антиков. На основании небольших подлинных фрагментов Пиранези графически воссоздавал в своих гравюрах предметы римской утвари.

Первая мастерская Пиранези «находилась на виа дель Корсо, рядом с Французской академией», вторая – располагалась «на виа Сиспина». Как мы знаем с 1737 по 1793 года Французская академия в Риме размещалась во дворце Манчини (итал. Palazzo Mancini).

«Студенты Французской академии часто работали с Пиранези» и перенимали у него технику «молниеносного метода создания рисунка» – «схватывать основную тему, окрашенную эмоцией и жизнью без того, что

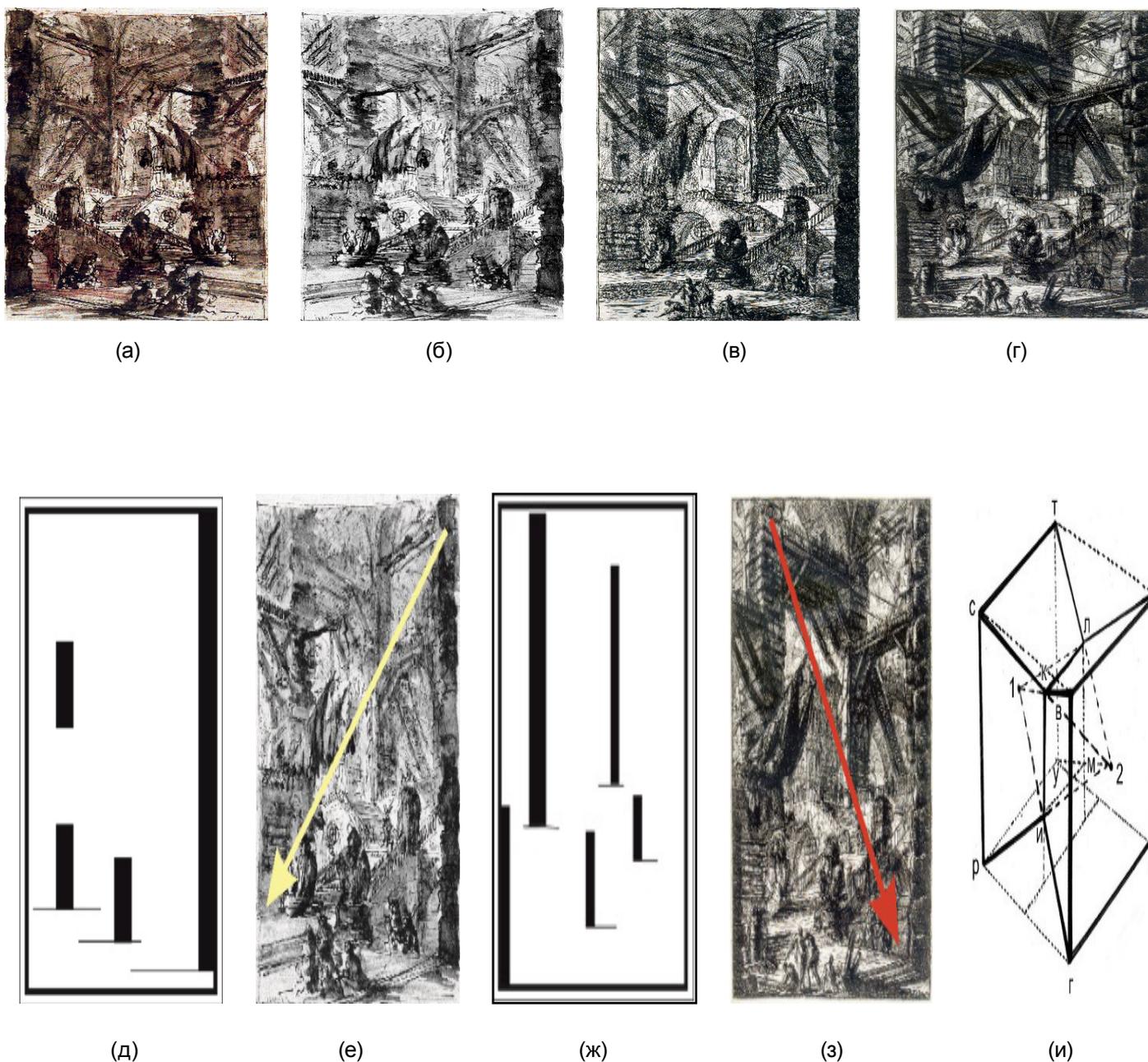


Рисунок 5. Серия «Тюрьмы» («Cfrsergi») (1749 г.): а) Дж. Б. Пиранези. Интерьер воображаемой темницы с трофеями. Перо и кисть коричневым тоном, красный мел. 1740 -е. Кунстхалле, Гамбург; б) отзеркаленный эскиз Дж.Б. Пиранези при помощи компьютерной программы Corel Photo-paint; в) Лестница с трофеями. Лист VIII Офорт с добавлением реза 561x415. I состояние. ГЭ, Санкт-Петербург; г) Лестница с трофеями. Лист VIII Офорт, резец. 550x405. V состояние. ГМИИ им. А.С. Пушкина, Москва; д) схема распределения черных пятен на эскизе и гравюре I состояния; е) направление движения в глубину пространства гравюры создаваемое пятнами; ж) схема распределения черных пятен на гравюре V состояния; и) направление движения из глубины пространства гравюры создаваемое пятнами к) Кубическая модель раскрывающая принцип пространственных построений пластической композиции пятен на плоскости, раскрывающий композиционно-пространственное мышление Дж.Б. Пиранези

кажется застылым и ненужным» (Сорокина, 2007, с.88). Сохранилось очень мало эскизов Пиранези, так как он придерживался мнения (со слов Ж.-Г. Лограна): «если мой рисунок завершен, то моя гравюра станет ничем иным как копией, в то время как напротив, я переношу на медный лист непосредственное впечатление, создавая оригинальное произведение».

Что подразумевает Пиранези под словами «непосредственное впечатление»? Как мы знаем, технология переноса рисунка на пластину в офорте осуществляется, при помощи кальки. На пластину переносятся основные линии формы и ее очертания. В дальнейшем линейные силуэты и форма изображаемого уточняются.

Прежде чем исследовать композицию гравюр серии «Вазы, канделябры, надгробия, саркофаги, треножники, светильники и древние орнаменты...» созданную Дж. Пиранези и вышедшую в свет в 1778 году рассмотрим спектр статей о интересующей нас теме. Статьи разделились на два направления. Первая группа авторов сосредотачивает свое внимание на исследовании вопроса исторического контекста их создания и объемно-пространственной композиции формы (Сорокина, 2007; Майская, 2016; P. Panza, 2013; Rieder, 1975). Вторая группа авторов проявляет исследовательский интерес к описанию копий выполненных с оригиналов или на основе листов серии (Ильина, 2016), или рассматривают серию гравюр как основу для объемно-пространственного воплощения в материале или ювелирном искусстве (Lowe, 2011; Wees, 2007; Udy, 1978).

На рисунке 5 представлен сопоставительный анализ композиции гравюры «Лестница с трофеями». Лист VIII. V состояние и серии «Темницы» (1749 г.), сравнивая его с наброском «Интерьер воображаемой темницы с трофеями» (1740 г.) – (Ипполитова, 2011). Мы выявили контрастное изменение пластической структуры гравюры на разных ее состояниях. Дж. Пиранези изменял первоначальную пластическую иерархию пятен на плоскости ища пути фиксации своего «непосредственного впечатления», понимаемого нами как объемно-пространственных представлений о изображаемом. Рассматривая гравюру можно видеть неизменность в композиции расположения на формате пятен изображаемых форм на первом эскизе и первом состоянии гравюры, в последствии уточняются конфигурация, границы пятен и «пространственные построения на картине» (термин Б. В. Раушенбаха). Изменяется их композиционная иерархия. (рисунок 5). На наброске и на первой гравюре I состояния доминирует движение в глубину пространства, от границ плоскости изображения (формата), а на гравюре V состояния движение идет в обратном направлении - из глубины формата. На последней гравюре обе силы приведены в такое динамическое равновесие способствующее формированию в представлении зрителя образа замкнутого архитектурного пространства и визуального движения в процессе рассматривания гравюры. Перемещение взгляда зрителя направляется художником при помощи композиции, организованной например по принципу «лабиринта» в котором, куда-бы мы зрительно не направляли свой взгляд всегда возвращаемся в одну точку - композиционный центр гравюры.



Рисунок 6. К вопросу о композиционной целостности гравюр: а) Репродукция одной из ваз (Amphore ou vase antique en bronze) Дж. Пиранези в издании 1905 года (Piranesi J.-B. *Vases, candelabres sarcophages, trepieds lampes et ornements divers: reproduction de l'edition originale.* – Paris: Auguste Vincent, editeur, 1905). Фундаментальная библиотека СПбГАСУ; б) Репродукция гравюры «Amphore ou vase antique en bronze» с текстом из издания 2000 года (Ficacci L., Giovanni Battista Piranesi: *The compl. etchings / Luigi Ficacci.* - Köln etc : Taschen, cop. 2000. - 799 с.)

В архитектуре, как мы знаем, «композиционный центр связан с основными частями на основе ритмического порядка и контрастного противопоставления. Выявление композиционного центра обеспечивается проращением интенсивности одного или группы свойств и их максимальной насыщенности в доминирующей части архитектуры» (Иконников, 2011).

Для осуществления анализа композиции гравюр серии «Вазы, канделябры, надгробия, саркофаги, треножники, светильники и древние орнаменты...» будем считать композиционным центром - зрительно выделяющуюся часть целого (элемент, зона, объект, пространство), контрастирующая по своим геометрическим, ритмическим, пластическим и качественным характеристикам со своим окружением. Она занимает первое место в иерархии структурного соподчинения частей (элементов форы) в композиции. Центров может быть несколько, если акцентировать внимание на анализе формы, потом на пространстве и, далее - плоскости мы выявим: предметный; пространственный и плоскостной центры. В результате их сопоставления окончательно и определяется зона расположения композиционного центра. Для зрительного выявления центра на гравюре Пиранези использует следующие типы контрастных противопоставлений пятен: по светлоте; ориентации, размеру, форме и др. Архитектор также использует текст, подчеркивающий плоскость и направляет наше внимание к основному тексту.

Необходимо отметить, что пояснительный текст на гравюрах Дж. Пиранези, придающий целостность композиции, не всегда факсимильно воспроизводился в репродукциях, например, в издании 1905 года (Piranesi, 1905) он или совсем отсутствует или частично сохранен. В альбоме 2000 года воспроизведен полностью (рисунок 6).

Экспозиция выставки зала № 30 включала архитектурную графику Пиранези, серию «Вазы, канделябры...». При данной развеске работ в интерьере была замечена некая закономерность их композиционного построения.

С одной стороны, оставаясь в рамках общепринятой системы фиксации информации о форме, методом чертежа (параллельного проецирования на плоскость), его графика Дж. Пиранези не разделяется на две части «техническую (чертеж, эскиз, демонстрационный чертеж с элементами рисунка) и художественное изображение» (Иконников, 2001), а представляет единое целое, где часть усиливает «идейно-художественный сторону» произведения, замысел художника (Раушенбах, 1975).

Мы изменили последовательность листов серии «Вазы, канделябры...» Дж. Б. Пиранези, чтобы раскрыть скрытую внутреннюю композиционную логику их построения.

Для графического воссоздания античных предметов он использует угловую и фронтальную перспективы. Ранее угловая перспектива широко использовалась художниками-декораторами и выполнялась на основе ортогональных проекций плана и фасада перспективных видов интерьера. В трактате художника-декоратора Фердинандо Галли Бибиены (1711 г.) можно видеть метод ее построения (рисунок 7).



Рисунок 7. Трактат Фердинандо Галли Бибиены (1711 г.), хранящийся в Фундаментальной библиотеке СПбГАСУ, Санкт-Петербург: а) Титульный лист; б) Угловая перспектива на примере интерьера

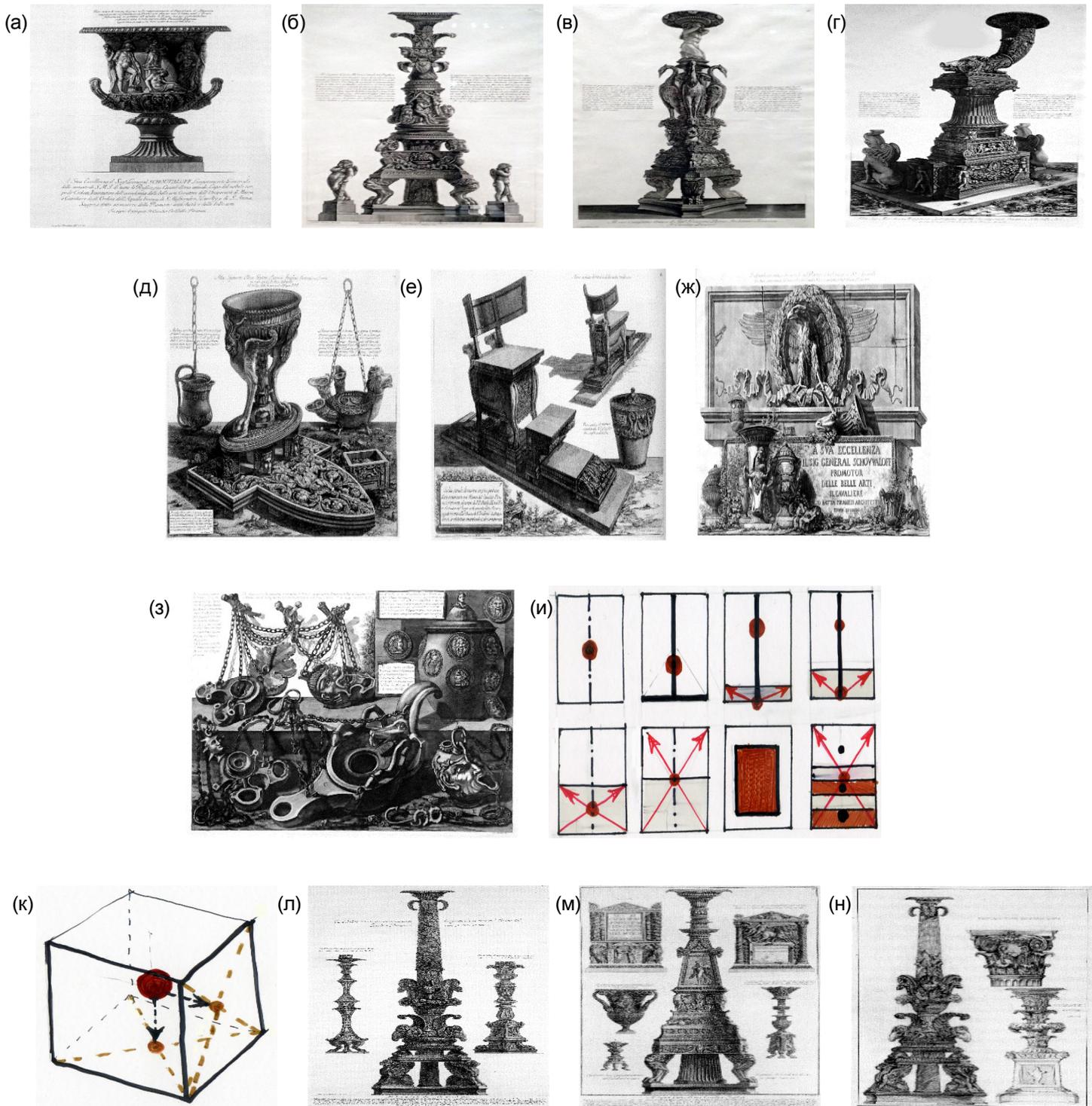
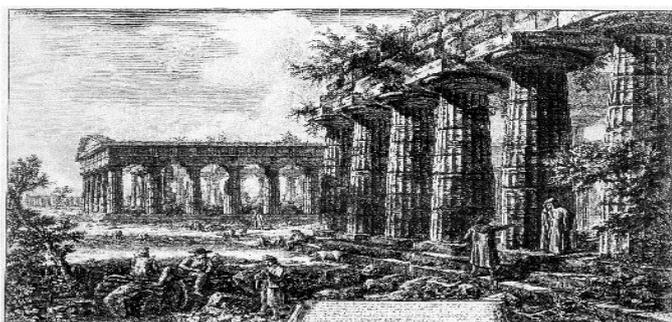


Рисунок 8. Алфавит пространственных построений композиций на плоскости, на примере серии гравюр «Античные Вазы, канделябры...» Дж.Б. Пиранези (ГМИИ им. А.С. Пушкина, Москва). Базовые принципы композиции первого урня ( работа с композиционным центром): а) мраморная ваза со сценой жертвоприношения Ифигении. Офорт, резец. 530x390. Гравировал Пиранези; б) канделябр из Палаццо Сальвиати (Канделябр Пиранези) 655x410. Гравер Пиранези; в) вид в перспективе большого мраморного канделябра, найденного на вилле Адриана в Тиволи. Офорт, резец. 663x415. Гравировал Пиранези; г) надгробный монумент с завершением в виде ритона с головой вепря. Офорт, резец; 670x420. Гравировал Пиранези; д) античный мраморный алтарь, бронзовые светильники и ваза. 448x495. Гравировал Пиранези; е) курульное кресло и мраморная ваза. Офорт, резец. 385x530. Гравировал Пиранези; ж) различные светильники и ваза, инкрустированная камнями. 388x535.гр. Пир. з) три канделябра. Офорт, резец 685x435. Гравировал Пиранези; и) Титульный лист ко второму тому серии с античным рельефом из портика церкви Санти Апостоли в Риме. Офорт, резец. 480x715. Гравировал Пиранези; к) проецирование формы, расположенной в геометрическом центре, на ортогональные плоскости; л) три канделябра, ваза и две погребальные урны. Офорт, резец. 675x432, гравировал Пиранези; м) три канделябра, ваза и две погребальные урны. Офорт, резец. 675x432; н) в дальнейшем эта комбинация языка будет продолжена в учебной работе студента-архитектора

Колли Н.Д. Учебная работа «Древний Рим» Бумага, карандаш, тушь



(а)



(б)



(в)



(г)

Рисунок 9. Выставка «Пиранези. До и после. Италия Россия XVIII–XXI века». Фотографии Джанлука Баронкелли (2016 г.) Фотография как средство выявления особенностей композиционного мышления Дж. Пиранези и его сына Ф. Пиранези, на примере серии работ «Виды Пестума»: а) Пиранези Дж.Б. Вид на колонны фасада базилики. Лист III. Офорт, резец. 502x680. ГМИИ им. А.С. Пушкина. Москва; б) Джанлука Баронкелли. Фотография, 2016 г.; в) Пиранези Дж.Б.. Храм Нептуна. Лист XI. Офорт, резец. 460x690. ГМИИ им. А.С. Пушкина. Москва; г) Джанлука Баронкелли

Архитектурная графика, «технические чертежи» Пиранези не двумерны, а трехмерны (x, y, z). Будим считать что в замкнутом кубообразном пространстве гравюры композиционный центр расположен на оси пересечения диагональных перспективных направлений (рисунок 8д, 8е, 8и, 8к).

На рисунке 8 представлены разные композиции графических листов серии «Вазы...» от ортогональной проекции на плоскость к угловой и фронтальной перспективам. Зона композиционного центра, относительно границ формата, расположена то выше его геометрического центра, то ниже. Архитектор использует композицию с двумя и тремя центрами, когда единый композиционный центр распадается на подцентры. Как мы знаем, две пересекающиеся диагональные линии, идущие от границ формата гравюры, выявляют его геометрический центр, так и два перекрещивающиеся направления в пространстве так же могут фиксировать пространственный центр. Начало «диагонального хода в глубину» (проф. термин), идущего от границ формата в пространство гравюры, выявляется автором гравюр при помощи плоскости, обозначенной пояснительным текстом.

Для формирования объемно-пространственных представлений у зрителя об изображаемой форме, Пиранези использует ряд приемов. Первый прием композиции построен на контрасте объема формы и плоскости фона, обозначенной сопроводительным текстом. Зона главного композиционного центра совпадает с геометрическим центром гравюры (рисунок 8а, 8б).

Второй прием – организация глубины при помощи угловой перспективы. Здесь, Дж. Пиранези, при помощи чередования фронтальных и ракурсных плоскостей, нашел равновесие между ними. Ось равновесия композиции зафиксирована перекрещивающимися диагональными направлениями, образуемыми плоскостями, изображаемых на гравюре предметов быта. Композиционный центр смещен вправо от геометрического центра формата (рисунок 8в, 8г, 8д, 8е).

Третий прием – построение глубины пространства при помощи чередования ортогональных проекций. При этом, проекции разнятся по своим размерным характеристикам пятна, включают элементы, сопоставимые по каким-либо параметрам. Такой прием композиции – «масштабной скачек», предполагает уменьшение размера пятна на втором плане и способствует формированию иллюзии глубины на плоскости (рисунок 8 л, 8м, 8н).

Четвертый прием – активизация фронтальной перспективы. Композиционный центр рассредоточен в нескольких подцентрах, формирующих зону главного композиционного центра формата (рисунок 8и).

Зная, что серия «Вазы, канделябры...» Дж. Б. Пиранези вышла в свет с 1768 г («с 1768 года, начала выпуска отдельных гравюр с изображением памятников античного прикладного искусства»), осуществив сопоставительный анализ части ее листов, мы можем утвердительно сказать, что в ней архитектор фиксирует азбуку композиционных приемов своих пространственных построений, которую он апробировал ранее в серии «Raccolta di varie vedute di Romma...» (Собрание различных видов Рима как древнего, так и нового...) (1752 г.). Здесь, композиция строится при помощи наложения, синтеза нескольких структур, разных уровней, а в серии «Вазы, канделябры...» она более наглядна.

В части экспозиции выставки, разместившейся на Парадной лестнице, представлены гравюры серии «Виды Пестума». Кураторы выставки сопроводили их фотографиями, сделанными Джанлукой Баронкелли в 2016 году, иллюстрирующими одну и ту же точку обзора пейзажа на фотографиях и гравюрах Пиранези, что способствует наглядности и раскрытию композиционного мышления Пиранези при их сравнении (рисунок 9).

При визуальном сопоставительном анализе композиции данных гравюр и фотографий, можно обнаружить несколько точек обзора (расположенных в плане по одной линии), что также заметила исследователь J. B. Rapp (2008), но рассматривая другую серию гравюр Дж. Б. Пиранези. Применяя несколько точек обзора, архитектор на гравюре уходит от ракурса, который мы видим на фотоснимках, где предметы, не входящие в зону «ясного видения», изменяют свои геометрические размеры (растягиваются) в следствии особенностей зрительного восприятия человека (Рынин, 1918).

### **Выводы**

Дж. Б. Пиранези в своем творчестве развил и подытожил накопленный ранее опыт своих предшественников и учителей, использовавших угловую перспективу, как изобразительное средство композиции на плоскости, необходимое для формирования архитектурного, художественного образа. Раскрывая его график, продумывает визуальный сценарий движения, как по плоскости, так и в пространстве гравюры. В одних случаях активизирует диагональные структурные линии, идущие от границ гравюры, в других, за счет контрастного противопоставления вертикального и горизонтального направлений, создает психологическое напряжение.

Для формирования глубины на плоскости сталкивает систему угловой и фронтальной перспектив. Создает образ динамического пространства на плоскости применяя несколько точек обзора.

### **Результаты**

Впервые проведен сопоставительный анализ композиции части листов серии «Вазы, канделябры, надгробия, саркофаги, треножники, светильники и древние орнаменты...» (1778 г.). Выявлена часть азбуки пространственных построений Дж. Б. Пиранези.

Применен метод системного подхода к анализу архитектурной графики Дж. Б. Пиранези, направленный на раскрытие его творческого метода, проявляющегося в целенаправленном и системном раскрытии художественного замысла.

### **Литература**

Lowe, A. (2011). Messing About with Masterpieces: New Work by Giambattista Piranesi (1720-1778). *Art in Print*, 1(1), pp. 14–24.

Panza, P. (2013). Sulla provenienza e il restauro di marmi antichi dal "Museo Piranesi". *Saggi e Memorie di Storia dell'Arte*, 37, pp. 62–75.

Rapp, J.B. (2008). A geometrical analysis of multiple viewpoint perspective in the work of Giovanni Battista Piranesi: an application of geometric restitution of perspective. *The Journal of Architecture*, 13(6), pp. 701–736.

Rieder, W. (1975). Piranesi at Gorhambury. *The Burlington Magazine*, 117(870), pp.582–584.

Rossi, F. (ed.) (2016). *Piranesi. Before and After, Italy – Russia, XVIII–XXI centuries: exhibition catalogue*. Pushkin State Museum of Fine Arts, September 19 – November 13, 2016. Moscow, Treviso.

Udy, D. (1978). Piranesi's "Vasi", the English Silversmith and his Patrons. *The Burlington Magazine*, 120(909), pp. 820–831.

Vincent, A. (ed.) (1905). Piranesi, J.B. Vases, candelabres, sarcophages, tripieds, lampes et ornements divers: reproduction de l'édition originale. Paris, p. 124.

Wees, B.C. (2007). Ancient Rome via the Erie Canal: The De Witt Clinton Vases. *Metropolitan Museum Journal*, 42, pp. 139–162.

Иконников, А.В. (2001). *Архитектура и градостроительство*. Москва: Стройиздат, с. 688.

Ипполитова, Ф.В., Коршунова, М.Ф., Успенский, В.М. (2011). *Дворцы, руины и темницы Джованни Баттиста Пиранези и итальянские архитектурные фантазии XVIII века: каталог выставки*. СПб: Издательство Государственного Эрмитажа, 399 с.

Коноплева, М.С. (1948). *Театральный живописец Джузеппе Валериани: Материалы к биографии и истории творчества*. Ленинград: Тип. им. Володарского Тип. Гос. Эрмитажа, 55 с.

Раушенбах, Б.В. (1975). *Пространственные построения в древнерусской живописи*. Москва: Издательство «Наука», с.184.

Рынин, Н. А. (1918). *Начертательная Геометрия*. Петрград: Типография Георгиевского комитета, с.240.

Сорокина, Н.И. (2005). К вопросу о творчестве Пиранези-реставратора. *Итальянский сборник*, 4, с. 246–255.

Сорокина, Н.И. (2007). *Творчество Дж. Б. Пиранези в контексте эпохи просвещения: диссертация на соиск. уч. степ. кандид. искусствоведения*. Москва, с.180.

## ЭВОЛЮЦИЯ КРЕМЛЯ – ЭВОЛЮЦИЯ РУССКОГО ГОРОДСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ

Иван Шереметов<sup>1</sup>, Игорь Лагунин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Астраханское отделение Кафедры ЮНЕСКО по сохранению градостроительных и архитектурных памятников, Россия, 414000, г. Астрахань, ул. Третьяковского, д. 2

<sup>2</sup> Псковское отделение Российского национального комитета ИКОМОС, Россия, 180006, г. Псков, ул. Гецена, 8 «а»

shrmtv@mail.ru<sup>1</sup>, ilagunin@mail.ru<sup>2</sup>

### Аннотация

Кремль рассматривается как первая ступень эволюции городского поселения в период укрепления Русского централизованного государства. Выделено пять основных функций кремлей. В настоящее время некоторые функции кремлей трансформированы либо замещены в результате музеефикации.

В кремле гармонично перемещаются акценты с одних функций на другие. Кремлёвский ансамбль эволюционирует вместе с городским поселением. Формирование и развитие кремлей представляет собой феномен всемирного наследия, являясь контрапунктом уникального российского градообразования. Для представления мировому сообществу понятия «русский кремль» как явления были установлены его базисные атрибуты и ключевые определения. Дана оценка роли сохранившихся кремлёвских комплексов в жизни муниципального образования на текущий период.

### Ключевые слова

Русский кремль, выдающаяся универсальная ценность, всемирное наследие, эволюция городского поселения.

### Введение

Кремль для русского города традиционно являлся эпицентром всех значимых событий в жизни поселения. Укрепленный центр становился местом рождения большинства русских городов. Отсюда русский город начинал свое развитие. И поскольку любой исторический период требует адекватных градостроительных решений, Кремль в русском поселении возникал как самостоятельный укрепленный поселенческий центр, а впоследствии, по мере развития, - как наиболее укрепленная и главная часть города. Нужно заметить, что народы многих стран строили крепости для защиты своих земель от врагов, но русский кремль только на начальном этапе обладал исключительно оборонительной функцией. В силу исторических причин, начиная с эпохи Великого переселения, восточные славяне изначально и повсеместно начинали обживать территории со строительства укрепленных центров, которые впоследствии становились духовными, ремесленными, торгово-экономическими, административными и политическими центрами развивающихся поселений городского типа, центрами селитебных территорий, и только позже - главным ядром города в современном понимании этого термина. Наиболее значительные кремли становились центрами управления древнерусских земель и княжеств. Уже во времена норманнского нашествия на Европу наша земля получила наименование – 'Gardaríke', то есть страна городов (крепостей) (Маковецкий, 2012).

Каждое поселение ограждалось, чтобы защитить его от грабежей, нашествий и междоусобиц, характерных для средневековья. Основой развитого поселения чаще всего по-прежнему оставался защищенный кремль - кром, детинец, стены которого были последним препятствием на пути врага, последней защитой. Большинство городов имели в своей структуре только одно внутреннее крепостное сооружение, но по мере развития, такое ядро оставалось лишь частью, хотя и главной, более развитой системы укреплений. Города естественно стремились к внешней защите своих торгов, жилых посадов земляными укреплениями, частоколами и другими линиями защиты. Некоторые, как правило, крупные города со временем возводили и имели не одно, а несколько колец каменных крепостных стен. Новые укрепленные части города, как правило, получали свои названия. Например, Москва включала, помимо Кремля и большого Земляного города, каменные Китай-Город и Белый Город; Псковская крепость на разных этапах состояла из нескольких линий каменных укреплений - Кремль (Кром), Домантова стена, Стена посадника Бориса, Средний город, Большой Окольный город, включавший укрепленное Запсковье; Астрахань в первой половине XVII в., как крепость, состояла из Кремля, Белого города и малой крепостицы - Житного двора. Но во всех случаях кремль, кремник, кром,

детинец оставался особой территорией города, наделенной многими ответственными и специфическими функциями, из которых оборонительная постепенно уходит на второй и третий план. Особенно показателен пример вечевое Пскова, в котором Кремль (Кром) оставался, прежде всего, духовно-политическим, репрезентативным и административным центром города-республики, а потом уже военно-оборонительным центром (скорее – стратегическим, как хранилище хлебных запасов и вооружения и последняя цитадель). При этом селитебная, торгово-ремесленная функции постепенно ушли из Крома на периферийные территории города. После утраты вечевого самостоятельности все более возрастают мемориальная и духовная функции Псковского кремля, который остается для псковичей историко-мемориальным и духовным центром - «Домом Святой Троицы» (рисунок 1).



Рисунок 1. Псковский Кремль. Общий вид ансамбля Кремля с северной стороны

### **Предмет, задачи и методы**

Кремль упоминается в российских хрониках, по крайней мере, с 1331 г. под термином 'кремник'. Его этимологию исследуют в рамках семантического анализа отдельных комплексов (Хаит, 2003). Центральная укрепленная часть русского средневекового поселения имела несколько старых названий 'детинец', 'кром', 'град' и некоторые другие. Существует версия, что слово 'кремль' произошло от греческого 'κρημνός', что означает 'крутой'. В средневековье сотни кремлей были построены на Руси. К сожалению, только около 30 из них сохранились до нашего времени. Географическое положение наиболее ярких представителей из сохранившихся показано на рисунке 2.

Как было отмечено на 36-й сессии Комитета всемирного наследия ЮНЕСКО, на карте они без преувеличения представляют «созвездие русских кремлей».

Русский Кремль - уникальное явление в градостроительном архитектурном наследии, тесно связанное с формированием и развитием городов, со всеми значительными событиями русской истории. Эта сентенция признана международным сообществом. В рамках соблюдения требований Конвенции об охране всемирного культурного и природного наследия и Оперативного руководства по выполнению Конвенции о всемирном наследии Московский Кремль, Новгородский Кремль, Казанский Кремль и Суздальский Кремль уже включены в Список всемирного наследия.

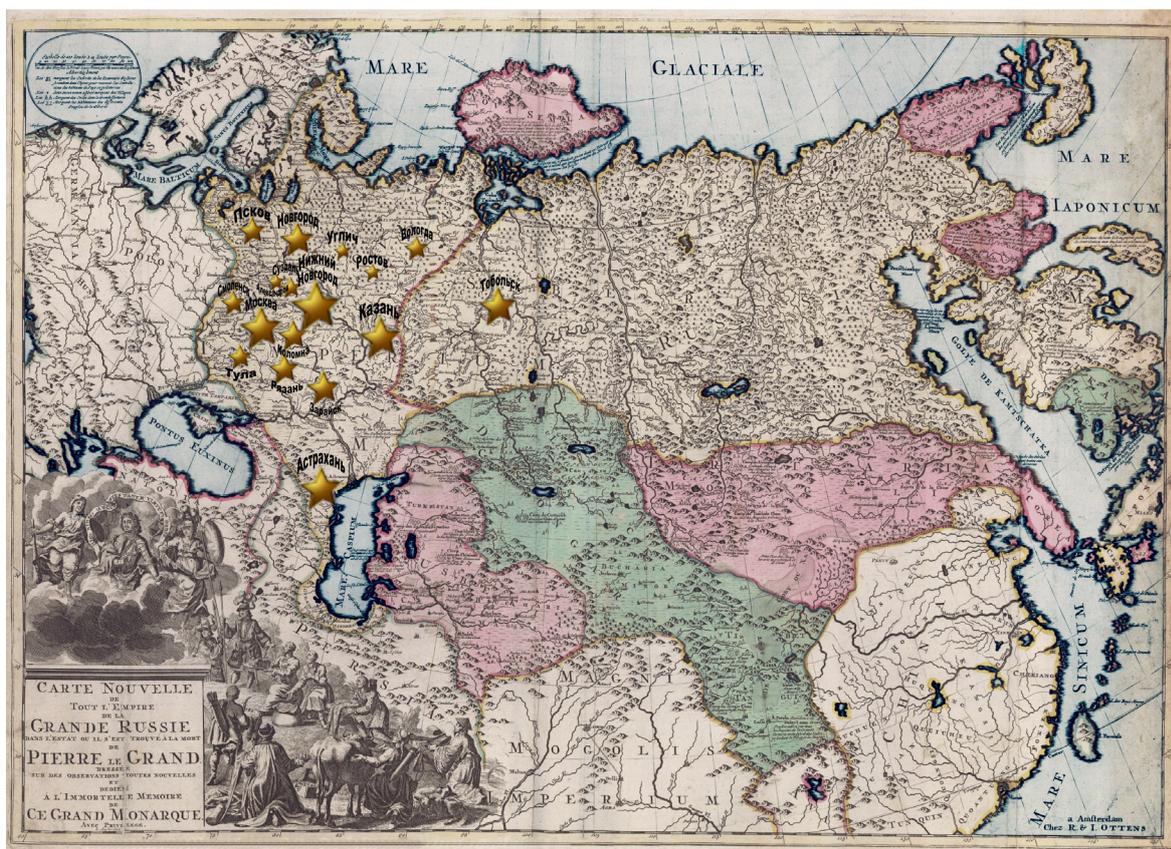


Рисунок 2. Расположение кремлей на исторической карте

На рисунке 1 они обозначены самыми крупными «звёздами». Такой механизм придания особого статуса выдающимся историко-культурным памятникам признан в международной практике наиболее эффективным. Следует отметить, что три из перечисленных кремлей номинированы в составе комплексов исторической застройки и только Казанский кремль - как самостоятельный архитектурный ансамбль. В 2010 году в предварительный список Всемирного наследия внесена специальная серийная номинация «Кремли России» («Russian Kremlins»), включающая на данном этапе наиболее выразительные памятники России - Астраханский, Псковский и Угличский кремли. Впоследствии, по мере подготовленности и в соответствии с требованиями ИКОМОС и Комитета всемирного наследия, предлагается расширить список внесением в серийную номинацию таких значительных и хорошо сохранившихся памятников, как Нижегородский, Тульский, Тобольский и Зарайский кремли, отвечающие базисным атрибутам и ключевым определениям номинации. Номинированные ранее кремли теоретически рассматриваются в рамках явления, но в серийную номинацию их включать нет необходимости, поскольку они уже являются объектами всемирного культурного наследия. Так как все рассматриваемые кремли помимо общих определений, обладают выдающимися индивидуальными особенностями, расширение номинации позволит рельефнее высветить уникальное явление мирового наследия.

Наряду с русскими кремлями сохранились ансамбли, лишь схожие с ними по архитектурной стилистике, фортификационным приёмам, объёмно-планировочным решениям. К ним относятся городские крепости, укрепленные монастыри, замки или укрепленные правительственные (Александрова слобода) и духовные резиденции (Ростовский кремль). Однако самые существенные и характерные особенности рассматриваемого феномена заключаются не во внешних признаках, а в функциях, присущих именно кремлям. Главное назначение крепости – размещение гарнизона, поддержание его боеспособности, усиление его оборонительных возможностей. Основное предназначение монастырского комплекса – духовное совершенствование, уединение для молитвы, убежище от мира для обитателей монастыря. Главные задачи замка – размещение правителя, его личного войска, управленческих структур и прислуги, и обязательная изоляция от окружающего зависимого населения. В той или иной степени элементы указанных выше функций российских кремлей проявляются и в данных комплексах, но, в отличие от кремлей, превалирует в каждом лишь одна главная функция. Русский кремль отличает полифункциональность и особая специфика, не присущая укрепленным центрам Востока или Запада. Русский кремль изначально существовал как цитадель не только для городского,

но и окружающего населения округа, административной территории; духовный центр и средоточие власти, ее политических атрибутов. Нельзя также преуменьшать роль кремлей, как хранилищ стратегических воинских и продовольственных припасов, главных меморий, художественных и духовных ценностей, документальных архивов и торговых эталонов (яркий пример – Оружейная палата, сокровищница столичного Московского кремля). В случае внешней угрозы за стенами кремля, как последнего общественного(!) убежища, укрывалось и держало оборону всё население города и округа. Это обстоятельство также существенно отличает кремли от других похожих комплексов.

### Результаты и обсуждение

В связи с изложенными постулатами, в рамках подготовки номинации «Кремли России» («Russian Kremlins») к включению в Список объектов всемирного наследия были сформулированы главные особенности, характеризующие русские кремли (Makovetsky, 2012). К названным выше трём основным функциям русских кремлей добавлены и другие, которые обязательно сопутствуют этой первооснове города. Развёрнутый перечень указанных функций представлен в таблице 1.

Таблица 1. Главные функциональные особенности русских кремлей

№ п/п	Функции	Развёрнутая формулировка
1	Административные (Политические)	Все формы административного управления концентрировались в Кремле. Здесь было место размещения Воеводы – Представителя Государя, Приказная Изба, состоящая из религиозных служащих и мелких чиновников, ответственных за деловую переписку и ведение архивов города, были расположены суд и тюрьма.
2	Оборонительные	Кремль играл ключевую роль как цитадель города. В случае, если противник преодолевал внешние укрепления города, все население города и воины укрывались в Кремле, где держали осаду. Для этого здесь были организованы склады для оружия и боеприпасов, амбары для хранения продуктов питания, обычно скважины с пресной водой находились на территории Кремля.
3	Религиозные	Выполнение роли религиозного центра. Соборы удивительной красоты строились в Кремле. Кроме главного Собора, во многих Кремлях возводились еще несколько церквей. Это было очень важно для распространения православия на Руси. Что касается больших Кремлей, например, Москвы, Астрахани, Коломны и Казани, здесь даже монастыри были расположены на их территории.
4	Селитебные (Размещение населения)	Кремль, особенно в больших городах, имел довольно много жилых домов. Москва, Астрахань, Казанский и Нижегородский Кремль были сильно переполнены особенно в 18-ом столетии. Дома самых привилегированных граждан располагались на территории Кремля.
5	Торговые	Внутри кремлей торговля была незначительной. Между тем, основной рынок города был устроен рядом - с внешней стороны стен Кремля. Это занимало целые площади, в качестве примера – Красная площадь в Москве.

В течение многих столетий русские кремли выполняли свои главные функции. В результате, кремль – это не только городская крепость, он стал специфическим центральным районом города, где были сконцентрированы органы управления, храмы с религиозными святынями, стратегические запасы, а также жилища самых важных горожан и военные гарнизоны. Особенность городов-республик Великий Новгород и Псков - воинский гарнизон и жилища гражданских правителей в Кром и Детинец не допускались. Таким образом, функции кремля зависели от особенностей политического устройства земель.

На первом этапе эволюции города Кремль и был городом. Потом, как правило, обрастал посадками. У стен кремля развивался торгово-экономический центр поселения. Вдоль дорог, ведущих к проездным башням Кремля, развивались посады, дороги превращались в уличную сеть городской застройки (Севан, Ильвицкая, 2005). На всем протяжении жизни города кремли сохраняют за собой значение главной градостроительной доминанты. И в настоящее время Кремль в России - древняя цитадель, которая исторически сформировала

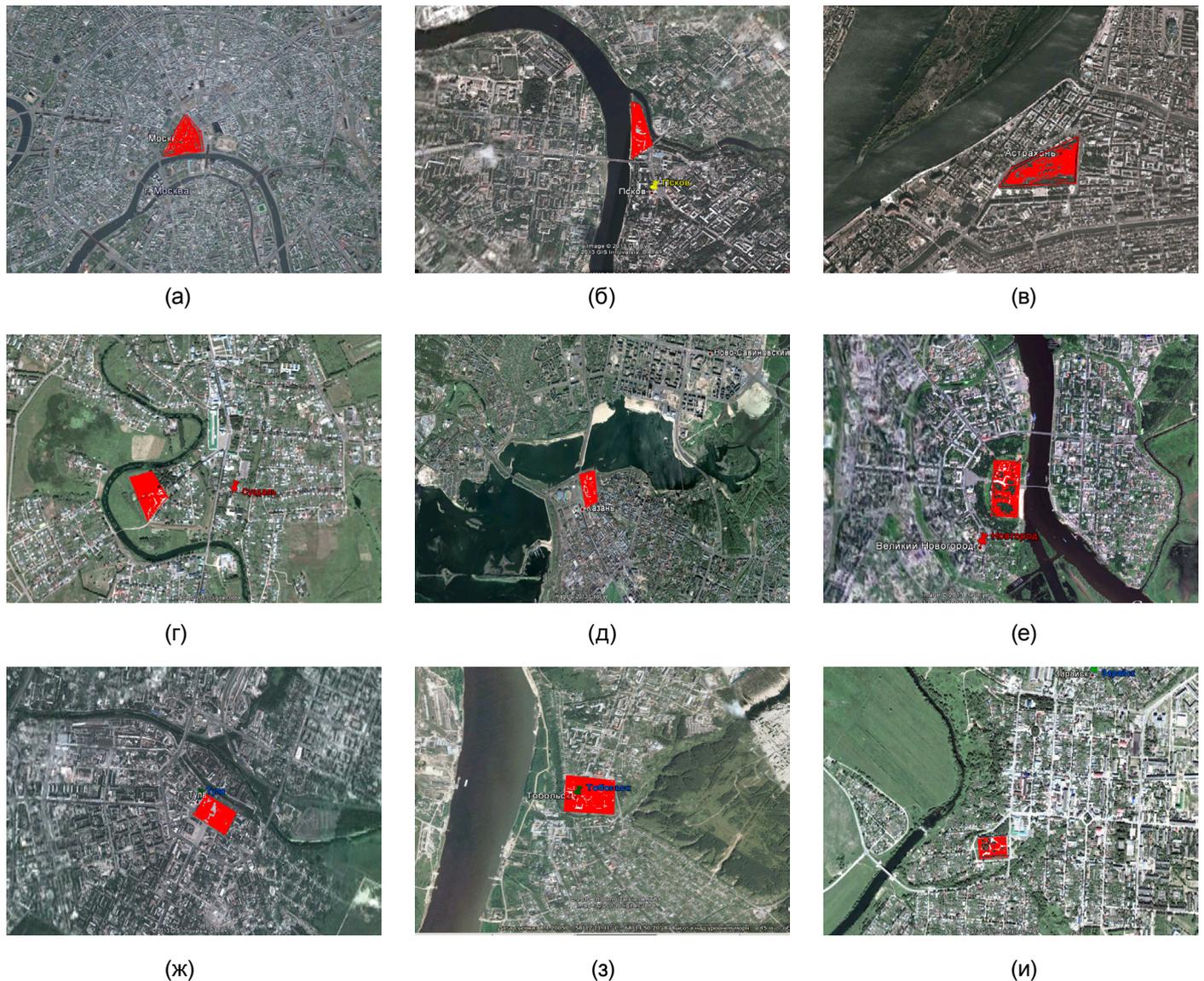


Рисунок 3. Расположение кремлёвских ансамблей в современной городской застройке:

а) в Москве, б) в Пскове, в) в Астрахани, г) в Суздале, д) в Казани, е) в Великом Новгороде, ж) в Туле, з) в Тобольске, и) в Зарайске

главное ядро и определила структуру многих российских городов. Расположение некоторых кремлёвских ансамблей на территории муниципальных образований в текущий момент показано на рисунке 3.

В ряде планировок сильнее угадывается градообразующая роль кремля, в других случаях – слабее, но всегда однозначна гармоничная интеграция исторического ансамбля в современную городскую застройку. Город и кремль всегда существовали неразрывно. Это всегда одно целое. Можно сказать, что именно кремль определял структуру развития будущего города. Наиболее типична схема такого развития, которая начиналась с мысового (секторного) укрепленного поселения (будущий кремль). Далее она продолжалась секторным развитием посадских застроек. Затем превращалась в сегментную схему застройки, стремясь к кругу. Эволюцию такого русского города можно наблюдать в Великом Новгороде и как наиболее законченный вариант - в Москве (исторический город в пределах Садового кольца).

Кремли постоянно совершенствовались, даже на заре своего формирования. Начиная с 11 века, они перестраивались в камне или кирпиче, окружались сухими рвами или рвом с водой, дополнялись земляными валами фортификаций. Дворец князя, соборы, особняки бояр и высших чинов духовенства, арсеналы и житницы возводились, как правило, в Кремле. Сохранившиеся кремли сформировались или были выстроены заново преимущественно в 16-17 веках, как правило, на местах бывших дерево-земляных укреплений.

Наиболее выразительным примером такого развития является Московский Кремль. До 14-го века место, где позднее сформировался Кремль, было известно как "Град Московский". "Град" был значительно расширен

князем Юрием Долгоруким в 1156 году. В 1366-1368 гг. Дмитрий Донской заменил дубовые укрепления периметра крепости на стены из белого известняка. Наряду с усилением укреплений Московского Кремля, в 1500-1511 гг. стены и башни Пскова, Великого Новгорода перестраивались и укреплялись. Окончательное становление единого Древнерусского государства и внешние опасности потребовали создания единой системы внешней обороны, основой которой стали русские кремли. Юго-восточные подступы к Москве, были защищены могучими цитаделями: один за другим каменные кремли были построены в Туле (1514-1521), Коломне (1525-1531), Можайске (1541), Казани (1555), Серпухове (1556). В конце 16 века города-крепости, как форпосты русского государства, были созданы на Волге: Самара (1586), Саратов (1590), Царицын (ныне Волгоград) (1589), Астрахань (1558). Укрепленные поселения были построены в Сибири: Тюмень (1596), Тобольск (1587), Тара (1594), Сургут (1504) и другие. Финальный аккорд - строительство западной пограничной Смоленской крепости (1597-1602).

Таким образом, за короткий период времени, в 16 веке в России была создана единая национальная целостная система кремлёвских комплексов. Она охватывает практически все земли, объединенные к этому времени под эгидой Государства Российского. Особенностью этого времени является строительство кремлей-крепостей, которые изначально защищают весь периметр сложившихся поселений (Смоленск, Нижний Новгород, Астрахань). Российские кремли стали основой оборонительной системы, оставаясь активными центрами градообразования. Это один из основных факторов, объединивших на определенном этапе все кремли в единое целое. Становление и развитие каждого кремля – важнейший исторический компонент формирования российского государства.

Учитывая вышеизложенное, становится очевидным, что понятие «русский кремль» имеет многозначный характер и развивалось на протяжении тысячелетия, изменяя свои основные характерные черты и определения. Следует отметить, что эта многозначность иногда позволяет исследователям приписывать к русским кремлям иные укрепленные центры и поселения.

Для представления мировому сообществу понятия «русский кремль», как явления нами были установлены его базисные атрибуты и ключевые определения (Шереметов, Лагунин, 2013). Предложены 9 ключевых определений и атрибутов понятия «русский кремль», наиболее полно отвечающих представлениям о самобытности данного явления и обосновывающие его выдающуюся универсальную ценность. Они представлены в таблице 2. Здесь же указано, в каких кремлёвских ансамблях наиболее ярко и рельефно отражены те или иные базисные атрибуты. Поскольку только в серийной номинации можно выразить наиболее полно выдающиеся особенности, разные этапы развития, подтвердить ключевые определения и раскрыть атрибуты этого удивительного и универсального для России объекта культурного наследия «русский кремль».

Таблица 2. Базисные атрибуты и ключевые определения понятия «русский кремль»

№ п/п	Ключевое определение (атрибут)	Наиболее яркие представители
1	Центр образования выдающегося исторического древнерусского города, хранящий память о многовековой истории городского поселения от начального этапа его создания; памятник археологии, истории, нематериальных свидетельств и ценностей.	Московский, Псковский, Угличский кремли
2	Оригинальный, уникальный по своей структуре центральный ансамбль древнего русского города, выдающийся политический, административный и репрезентативный центр исторического города, сохранивший в архитектуре, планировочных решениях следы разных исторических эпох.	Московский, Псковский, Новгородский кремли
3	Хранитель следов и памятников межнациональных и межэтнических культурных контактов в истории России.	Казанский, Астраханский кремли
4	Уникальный памятник и достижение самобытного русского и международного фортификационного искусства, памятник героической оборонной истории Российского государства.	Тульский, Нижегородский, Астраханский кремли
5	Выдающийся, целостный ансамбль каменного зодчества, сохранивший редкие образцы национальной архитектуры, которые вошли в хрестоматию русской архитектуры; а также – образцы монументальной живописи, прикладного искусства, примеры самобытного мастерства, использования традиционных технологий и материалов местной художественной школы.	Московский, Астраханский, Псковский, Угличский кремли

6	Выдающаяся градостроительная доминанта и центр градостроительной структуры исторического русского города, слитой с природным ландшафтом.	Тобольский, Псковский кремли
7	Редкий по красоте и сохранности исторический ансамбль в панораме древнего русского города и в городском ансамбле, пример органичного слияния с природным окружением, ландшафтом и историческими застройками.	Московский, Зарайский, Астраханский кремли
8	Уникальный пример ансамбля мемориально-сакрального значения в русском городе.	Угличский кремль
9	Духовный православный и сакральный центр русского города, в ансамбле которого заглавную роль играют выдающиеся храмы, соборы, некрополи, памятники церковной архитектуры и археологии.	Суздальский, Новгородский кремли

Бесспорно, оставаясь колыбелью города, кремль в различные исторические периоды позиционировался по-разному. Развитие это не всегда приводило к усилению атрибутов, свойственных именно кремлям. При вырождении каких-либо из определяющих функций, комплекс переставал соответствовать ключевым атрибутам понятия «русские кремли». Например, Александровский кремль был превращён в царскую резиденцию, ряд кремлей стал резиденциями духовных учреждений.

В соответствии с разработанными авторами формулировками основных атрибутов русских кремлей, получивших наивысшее развитие в истории Российского государства и обладающих выдающейся универсальной ценностью для мировой культуры, а также в соответствии с основными функциями, присущими данным объектам, понятию «русские кремли» полностью удовлетворяют сохранившиеся комплексы, представленные в таблице 3. Здесь знаком «!» отмечены наиболее рельефно проявившиеся атрибуты в указанных кремлёвских комплексах. Все прочие ансамбли не могут быть охарактеризованы полным составом ключевых определений. В одних случаях атрибуты были с течением времени утрачены, в других – не получили развития. Однако все без исключения сохранившиеся кремлёвские комплексы остаются «сердцем» города. В большинстве городов, где сохранены кремлёвские ансамбли, они остаются градостроительными доминантами и продолжают играть свою роль в жизни поселения. Кремли нередко формируют структуру общественного центра, являются площадками проведения различного уровня массовых мероприятий, служат главным атрибутом программ культурного туризма.

Таблица 3. Характеристика кремлей, соответствующих базисным атрибутам и ключевым определениям

№ п/п	Наименование	Пункты ключевых атрибутов	Характеристика объекта
1	Московский кремль	1(!), 2(!), 3, 4, 5(!), 6, 7, 8, 9	Выдающийся и наиболее развитый в архитектуре пример ансамбля кремля столичного значения, сохранившего не только следы многовековой истории, но и выдающиеся ансамбли крепостной, гражданской, церковной архитектуры и сохраняющий значение главного политического центра и символа страны.
2	Новгородский кремль	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9(!)	Выдающийся древний ансамбль столичного кремля Земли Новгородской, перестроенный в кирпиче после присоединения к единому централизованному государству. Сохраняет в своем ансамбле такие выдающиеся памятники архитектуры и искусства как храм Святой Софии сер. XI века и «Памятник тысячелетия России» как символ одной из первых столиц Древней Руси (1862 год).
3	Суздальский кремль	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9(!)	Кремль столицы одного из древнейших русских княжеств, сохранивший такие памятники как собор Рождества Богородицы XII в. и Архиерейские палаты XV-XVII вв.

4	Казанский кремль	1, 2, 3(!), 4, 5, 6, 7, 8, 9	Выдающийся пограничный кремль-крепость сер. XVI в. бывшей столицы Казанского ханства с соборным комплексом, следами и памятниками истории двух национальных культур.
5	Псковский кремль	1, 2, 3, 4, 5(!), 6(!), 7, 8, 9	Комплекс VIII-XIX вв. Сохраняет археологические следы и памятники 1100-летней истории города; уникальные для русского города структуры политического вечевого столичного центра, в т.ч. храмовый ансамбль Довмонта города (памятник археологии под открытым небом). Выдающийся по красоте архитектурный ансамбль в панораме исторического города, слитый с природным окружением.
6	Угличский кремль	1, 2, 3, 4, 5(!), 6, 7, 8(!), 9	Комплекс X-XVII вв. – пример дерево-земляного укрепления, пережившего несколько строительных этапов и сохранивший ансамбль каменных строений сакрально-мемориального значения, в том числе древнейший сохранившийся на Руси княжеский «Дворец удельных князей», храм «Царевича Дмитрия на крови» XVI в., построенный на берегу Волги, на месте гибели последнего законного наследника престола, сына Ивана Грозного (1592 г.). Здесь сохранили замечательные ансамбли настенных росписей, в том числе, посвященных местным событиям.
7	Астраханский кремль	1, 2, 3(!), 4, 5, 6, 7(!), 8, 9	Комплекс XVI-XVII – нач. XX в. – кремль-крепость заключительного периода развития русского крепостного зодчества с выдающимися по совершенству крепостными устройствами, сохранившимися в полном ансамбле, включая воинские постройки XIX в. Храмовый ансамбль кремля включает выдающийся пример русского барокко - Успенский собор с уникальной, примыкающей к нему возвышенной круглой площадкой Лобного места.
8	Нижегородский кремль	1, 2, 3, 4(!), 5, 6, 7, 8, 9	Кремль XIV-XVI вв. Хорошо сохранившийся многобашенный ансамбль одного из крупных кремлей-крепостей на Волге, утративший стратегическое значение после взятия Казани. Каменное строительство начато в к. XIV в.
9	Зарайский кремль	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7(!), 8, 9	Комплекс I четв. XVI в. Один из наиболее хорошо сохранившихся каменных кремлей с 7 башнями и 3 воротами. Сохранил храмы к. XVII и нач. XX вв., административное здание и здание Духовного училища XIX в.
10	Тульский кремль	1, 2, 3, 4(!), 5, 6, 7, 8, 9	XVII в. Уникальный по местоположению в скрытой на местности низине, каменный Тульский кремль являлся главным укрепленным центром Большой засечной черты и наиболее боевой южной крепостью Российского государства.

11	Тобольский кремль	1, 2, 3, 4, 5, 6(!), 7, 8, 9	Ансамбль к.XVII в. Хорошо сохранившийся ансамбль одного из самых поздних и самый восточный из русских каменных кремлей, выстроенного после покорения Сибирского ханства. Замечательный по местоположению в природно-исторической панораме города.
----	-------------------	------------------------------	---

В настоящее время, как уже было отмечено, некоторые функции кремлей трансформировались, другие замещены в процессе музеефикации и современного приспособления. Данные трансформации чаще всего коррелируют с изменениями развивающегося города. В кремле проводятся масштабные культурные мероприятия, здесь креативные авторы находят площадки для реализации творческих замыслов. Это можно конкретизировать на примере Астраханского кремля. Горожане, отчасти привыкшие к традиционно проводимым на территории кремля Дням русской письменности, новогодним и масленичным гуляниям, в сентябре 2012 года собрались на премьеру. В результате пятилетней подготовки на соборной площади Астраханский государственный театр оперы и балета представил новую постановку – оперу Модеста Петровича Мусоргского «Борис Годунов». Выбор далеко не случаен. Борис Годунов, ещё до того, как взойдёт на российский престол, был наместником Астраханского царства. Это эффектное культурное событие ещё раз напомнило тот исторический факт, что именно при этом правителе Астраханский кремль стал каменным и в таком виде дошёл до наших дней. Астраханский кремль стал наиболее совершенным оборонительным сооружением Московского государства. Вместимость территории кремля была таковой, что в случае нападения вражеских войск всё население могло укрыться за его крепкими стенами. Выполняя функцию города, в котором размещалось население, Кремль имел важное социальное значение и был тесно связан с окружающими его слободами. Здесь же были сконцентрированы все формы административного управления и место размещения представителя Государя – воеводы (Шереметов, Левитан, 2013).

Учитывая современные тренды коммуникационных технологий, оценить отношение населения к такому важному, с точки зрения истории, объекту как кремлёвский ансамбль можно изучив реакцию интернет-сообщества. Стартовавший в марте 2013 года проект «Россия 10» в онлайн-режиме демонстрирует интерес граждан к кремлёвским комплексам (<http://10russia.ru>). В «золотую десятку» в ходе всероссийского голосования уверенно вошел «Ансамбль Псковского кремля», который стал еще ранее брендовым знаком древнего ганзейского Пскова. Всё это полностью согласуется с принципами ЮНЕСКО, отраженными в Руководстве об охране всемирного наследия в главе I.C. Здесь согласно п.15 «т» стороны Конвенции берут на себя обязательства «использовать просветительские и информационные программы для укрепления уважения и привязанности своих народов к культурному и природному наследию».

Сложный механизм взаимодействия историко-культурного комплекса с современным муниципальным образованием предполагает и обратную связь. Не только кремль отвечает нуждам города, но и общество заботится о кремле. Органы власти субъектов федерации и муниципалитеты, как правило, координируют с государственными структурами свои программы, направленные на сохранение памятников и, согласно п.15 «b» главы I.C Руководства об охране всемирного наследия, «приданию наследию определенных функций в общественной жизни». Министерством культуры Российской Федерации разработан «План организационно-финансовых мероприятий федеральной целевой программы "Культура России (2012-2018 годы)", который утверждён Приказом Министерства культуры Российской Федерации № 88 от "05" февраля 2013 г. Программа включает проведение проектных и реставрационных работ на кремлёвских комплексах Пскова, Порхова, Тулы, Астрахани, Рязани, Великого Новгорода и других подобных объектов (<http://mkrf.ru>).

## Выводы

Таким образом, Кремль – альфа и омега эволюции российского городского поселения. Являясь первоосновой, он определял планировочную структуру будущего русского города. С появлением Кремля формировался административный статус населённого пункта. Обеспечивая безопасность, Кремль способствовал развитию торговли, и, следовательно, процветанию поселения. Все важные для развития города аспекты усиливались при наличии Кремля. Кремль стал отправной точкой эволюции городского поселения. Но он и сейчас остаётся историческим центром города. Кремлёвские комплексы, соответствующие ключевым атрибутам и определениям, сохранили свою значимость в жизни городского поселения с учётом современных тенденций. Например, такие элементы комплексов как фортификационные, музеефицированы либо трансформированы в мемориальные, что обуславливает интерес к объекту не только исследователей, но и других групп населения. Некоторые функции – градостроительная, репрезентативная, роль духовного и административного центра – иногда сохраняются и поныне. Территория кремлей обогащается культурно-туристической составляющей, что соответствует потребностям сегодняшнего дня. Кремли на протяжении всей истории своего существования изменялись в унисон городу. Эволюционируя вместе с городским поселением,

в них гармонично перемещаются акценты с одних функций на другие. Формирование и развитие кремлей представляет собой феномен всемирного наследия, являясь контрапунктом уникального российского градообразования.

### **Благодарность**

Авторы признательны Александру Валентиновичу Сычёву (региональному представителю ИКОМОС в г. Угличе) за подготовленную информацию об объектах Угличского кремля.

### **Литература**

- Maikovetsky, I.(ed.) (2012). *The Kremlins of Russia. Astrakhan. Pskov. Uglich*. Astrakhan: LLC Printing-house "Nova", p.156.
- Маковецкий, И. (ред.) (2012). *Кремли России. Астрахань*. Астрахань: ООО «Типография «Нова», с.120.
- Севан, О., Ильвицкая, С. (2005). Кремль в структуре российского города: социокультурные функции. *Обсерватория культуры*, 3, с. 78–83.
- Хаит, В. (2003). Семантика кремлей и Московский кремль. В: *Кремли России, Материалы и исследования, Выпуск XV*. Москва: Гос. ист.-культур. музей-заповедник «Московский Кремль», с. 16–23.
- Шереметов, И., Лагунин, И. (2013). Базисные атрибуты и ключевые определения понятия «Русский кремль». *Научный потенциал регионов на службу модернизации*, 1(4), с. 124–131.
- Шереметов, И., Левитан, И. (2013). Фортификационный аспект эволюции Астраханского кремля в процессе укрепления Русского централизованного государства. *Научный потенциал регионов на службу модернизации*, 1(4), с. 131–136.

## **ИНТЕРАКТИВНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ (ИППР) НА ОСНОВЕ BIM ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ ИЗ МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Сергей Сычев<sup>1</sup>, Геннадий Бадьин<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный Университет, Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д.4

sasychev@ya.ru<sup>1</sup>, gennady.badin@mail.ru<sup>2</sup>

### **Аннотация**

Излагается концепция и методология интерактивного проектирования проектов производства строительных работ на основе использования технико-информационных моделей, технологических схем и макетов строительных объектов в системе 3D. В статье представлены особенности и принципы ускоренной сборки (монтажа, демонтажа) унифицированных модульных конструкций, способы предварительно изготовленных на заводе блок-секций, их транспортирования и монтажа быстровозводимых модульных зданий. Высокая скорость строительства обеспечивается качественным интерактивным проектом производства работ, логистикой изложения последовательности и полноты информации, применением BIM технологий, безусловным применением постоянного контроля качества производства работ на всех стадиях строительства с автоматическим контролем точности установки строительных конструкций и выполнения строительно-технологических операций.

### **Ключевые слова**

Быстрая сборка, унифицированные модульные конструкции, предварительно изготовленные на заводе, быстровозводимые модульные здания, высокая скорость строительства, проект производства работ, логистика, BIM технологии, контроль качества, контроль точности.

### **Введение**

В современных условиях строительного производства имеется острая необходимость разработки методологии комплексной оценки и анализа эффективности инженерных решений, выбора в конкретных условиях строительства рациональной технологии выполнения монтажа объемных модулей. Ускорение научно-технического прогресса в области высокоскоростного строительства зданий из модулей невозможно без широкого внедрения принципиально новых технологий, обеспечивающих высокую производительность труда, эффективность и качество возведения зданий из модулей. Поиск оптимальной технологии модульного строительства зданий связан с определением совокупности параметров и характеристик системы, которые обеспечивают минимизацию приведенных затрат, трудоемкости и продолжительности работ, социально-экологические, эргономические и другие требования (Адам, 2001; Асаул, 2004; Афанасьев, 2000; Афанасьев, 1998; Болотин, 2011; Верстов, 2010; Казаков, 2015).

В последние годы мы редко встречаем в практике строительства детально разработанный проект производства работ. Это объясняется следующими причинами: отсутствием соответствующих организаций и специалистов, грамотных проектировщиков, инженеров-конструкторов, способных быстро и качественно выполнить проектный заказ; устаревшая нормативно-справочная база, учитывающая безопасность, экологичность, эффективность, технологичность проекта; отсутствие заказов и потребности обязательного наличия данного документа ППР для строительства и сдачи проекта гос. комиссии. Вместо детального графика производства работ представляется квартальный график объемов финансирования. Динамичная технология производства строительно-монтажных работ заменяется статичным стройгенпланом, совмещенным с ситуационным планом всех инженерно-технических коммуникаций. Усиление влияния организации работ над технологией часто дает негативные сбои в части безопасности строительных работ, приводит к аварийным ситуациям, травмам, гибели рабочих, к разрушению конструкций зданий (Матвеев, 2000; Угорелова, 2000; Anderson, 2007; Day, 2011; Fudge, 2011; Knaack, 2012).

Проект производства работ (ППР) - организационно-технологический документ, разрабатываемый для реализации проекта и рабочей документации и определяющий технологии строительных работ

(технологические процессы и операции), качество их выполнения, сроки, ресурсы и мероприятия по безопасности (МДС 12-81.2007).

Технологическая карта (ТК) - организационно-технологический документ, разрабатываемый для выполнения технологического процесса и определяющий состав операций и средств механизации, требования к качеству, трудоемкость, ресурсы и мероприятия по безопасности (МДС 12-29.2006).

Резюмируя вышесказанное можно сказать, что имеются противоречия в проектной документации по производству работ, обязательной для выполнения при строительстве любого объекта.

### **Предмет, задачи и методы**

Целью исследований ученых СПбГАСУ является разработка первого в России интерактивного ППР (иППР) на основе BIM (информационное моделирование зданий) технологий, предлагается концепция, которая по оценке разработчиков технологии позволит получать многомерную визуализацию процесса монтажа конструкций здания в любой момент времени, сборки сложных узлов, точности установки конструкций и агрегатов технологического оборудования, благодаря размещенным в монтажных элементах датчиках. Проектировщики и непосредственные строители в процессе выполнения СМР смогут видеть, как, в какой последовательности и при помощи каких технических средств (кранов, подъемников, лебедок и др. механизмов) нужно выполнять монтаж (демонтаж, сборку) конструкций или иную задачу. Внедрение в производство интерактивных технологических процессов сборки позволит коренным образом изменить и дополнить действующую систему конструкторско-технологической подготовки проекта. При этом многократно может быть проверена надежность, прочность, устойчивость, безопасность выполнения конкретного рабочего процесса. В результате мы значительно сократим продолжительность строительства, уменьшим трудоемкость работ, добьемся правильного соотношения «цены и качества» проекта, удешевим процесс изготовления новых изделий в заводских условиях. Значительно уменьшаются риски проектных ошибок, повышается качество рабочей документации, а следовательно и качество выполнения строительных работ. Интерактивная работа отличается от обычной виртуальной реальности тем, что проектировщик видит окружающую действительность, с учетом наложения дополнительных факторов и условий, в которых будет возводиться проектируемый объект. При проектировании информация вводится через специальные очки, в которых могут быть заданы визуальные команды, пошагово ориентирующие технологические расчеты, варианты расстановки техники или правильные действия инженера (Бадьин, 2015; Казаков, 2015; Сычев, 2015; Сычев, 2015).

Основная цель создания интерактивного проекта производства работ – реализовать инструментарий, позволяющий на основе объективных (т.е. полученных с помощью измерительной аппаратуры, обладающей определённым классом точности в зависимости от требований по контролю и для которой проводится государственная сертификация через поверочные лаборатории) и актуальных данных создавать модели строящихся (реконструируемых) объектов и проводить анализ и оценку соответствия текущего статуса (состояния) реальных объектов на всех этапах строительства и реконструкции принятым проектно-конструкторским решениям с последующей оценкой объёмов и стоимости выполненных работ (Рисунок 1). Кроме того, система интерактивного ППР (иППР) должна «уметь» вносить необходимые изменения в графики строительства (реконструкции) объектов на основе полученных данных, характеризующих соответствие текущего статуса строительства (реконструкции) объектов с требованиями планирующих и контролирующих органов. На основе иППР может быть построена система поддержки и принятия решений для органов контроля и управления строительной индустрией (её отраслей). Важнейшей функцией иППР является поиск наиболее рациональных вариантов контроля и управления с учётом влияния различных факторов.

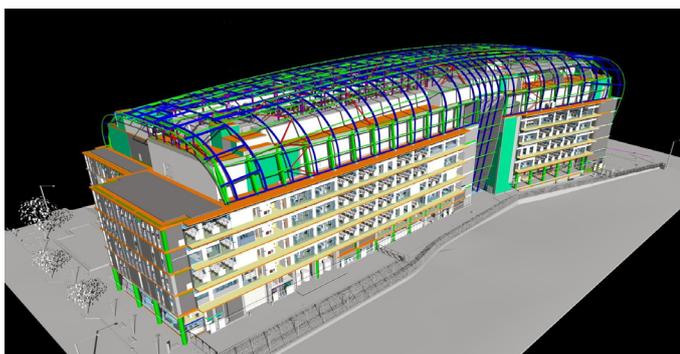


Рисунок 1. Интерактивная модель проекта производства работ высокоскоростного возведения зданий с мансардой из модульных систем (слева) и средства виртуальной реальности (справа) строительства на основе BIM технологий

Основной метод, который используется в исследованиях авторов это совмещение информационных моделей зданий с, реальной ситуацией хода строительства, которая достаточно тесно интегрируется и с запасами конструкций, парком машин, нормативными требованиями, техническими регламентами, учитывающими контроль качества, безопасность, надежность, эффективность строительства (рисунок 2).

### Результаты исследования и обсуждение

Предложенные очки для иППР внешне не отличаются от обычных однако, они показывают дополнительную информацию о многих характеристиках и технико-экономических показателях процессов: скорости передвижения кранов, машин, механизмов, транспорта; расстояниях безопасной зоны работы; производительности и трудоемкости работ; По оценке авторов технология интерактивного информационного ППР, позволит получать трехмерную визуализацию процесса монтажа конструкций, сборки сложных узлов и агрегатов технологического оборудования с учетом безопасности производства работ и точности монтажа элементов, при использовании в конструкциях вмонтированных пьезометрических, GPS или ГЛОНАСС датчиков. По существу все нормы СП, СНиП, ЕНиР, ВНИР, ТЭР, МРТ..... включены в память ПК с приемным устройством очков. Не нужно делать бумажный чертеж в многократной версии.

В координатной системе изображения можно на электронном листе сделать все установки, привязки монтажных элементов к сетке здания для пространственной ориентации монтажа конструкций с датчиками, перемещения элементов и редактирование объекта; многократно проверить различные варианты и версии прежде чем вывести чертеж на плоттер. Может быть создано несколько плавающих видовых экранов для сложных объектов. После сравнительного анализа и сопоставления выбирается оптимальный вариант, который будет окончательным решением конкретной инженерной задачи.

Главным преимуществом BIM иППР возможность оперативного получения необходимой технической информации, зачастую без дополнительных запросов к проектировщику и вышестоящему руководству. Преимущества технологии интерактивного BIM ППР очевидны, поскольку модель позволяет наблюдать проект изнутри, все взаимосвязи и детали объемно-планировочных и инженерно-технологических решений, применяемых материалов и оборудования.

Строительные компании при реализации девелоперских проектов сталкиваются с необходимостью контроля полноты и качества выполнения строительно-монтажных работ. Своевременно получать актуальную информацию о ходе строительства, постоянно контролировать исполнение технических планов по строительству можно на основе различных источников: отчетов, по средствам связи, непосредственно со строительных площадок. Но есть и более эффективный, простой и быстрый способ получения информации для принятия решений – Система контроля хода строительства. Она позволяет получать сводные оценки по всем строящимся объектам в режиме реального времени и, при необходимости, произвести оперативный анализ критических ситуаций прорабом, начальником участка, главным инженером.

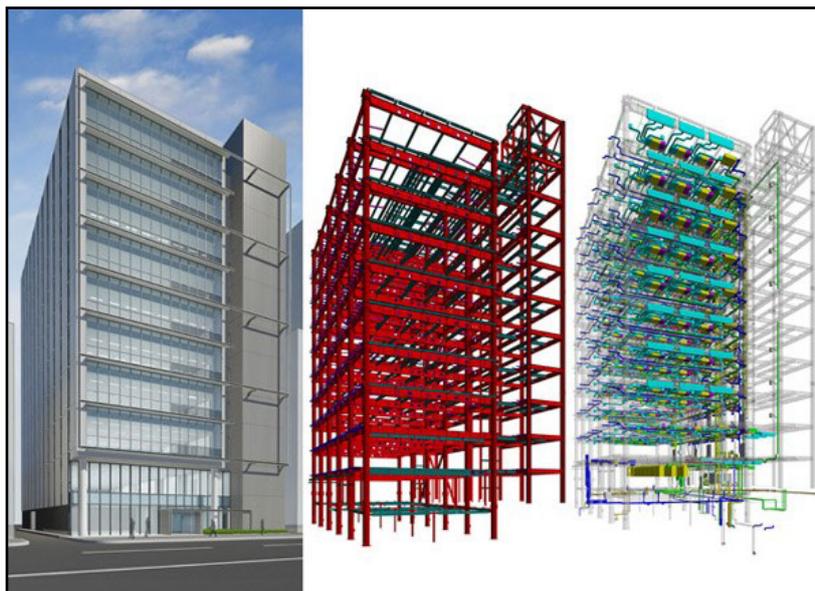


Рисунок 2. Пример построения 3D модели быстровозводимого модульного здания, как основы для создания 5D интерактивного проекта производства работ на основе BIM технологий

Таким образом, интерактивная система контроля производства работ, как главный результат исследований представляет собой единое электронное пространство, созданное за счёт интеграции информационных технологий, используемых всеми специалистами, участвующими в создании объекта – от изысканий и проектирования до строительства. Внедрение такой системы организации производства работ следует рассматривать как инновационный подход, направленный на приобретение новых конкурентных преимуществ строительной компанией и получение реальной экономической отдачи от вложенных в строительный проект средств. Правильно настроенная информационная система интерактивного ППР направлена на осуществление постоянного мониторинга происходящих процессов в управляемом объекте относительно заданной программы его развития, помогает вскрывать причины возникающих отклонений, неиспользования резервов и возможностей повышения эффективности строительного производства, помогает выработать варианты оптимальных решений по устранению складывающейся неблагоприятной ситуации, в виде не точно смонтированных конструкций, нарушении требований ППР, сокрытие брака.

Соответственно, услуги объективного контроля этапов строительства посредством иППР заключаются в формировании поколений пространственных данных о строящемся объекте и представляют собой:

- Услугу сбора информации на основе получения спутниковых данных, аэросъёмки и наземного лазерного сканирования – как комплекса мероприятий, направленных на формирование поколений пространственных данных, предоставление пространственных данных для реализации контрольной функции, в том числе на этапе проектно-изыскательских работ.
- Услугу обработки данных, включающую в себя передовые технологии по цифровой обработке пространственных данных, оценку состояния этапов строительства объектов и инфраструктуры, а также выполнение международных норм и требований ГОСТ, СП, СНиП.
- Услугу анализа, оценки и визуализации объективной информации, представляющую собой систему мероприятий по сравнению данных объективного контроля о текущем состоянии строительства объектов с проектно-конструкторской документацией в соответствии с этапами строительства, требованиями ГОСТ и нормативно-технической документацией, в том числе проектно-конструкторской документацией, и поддержание базы данных в актуальном состоянии.

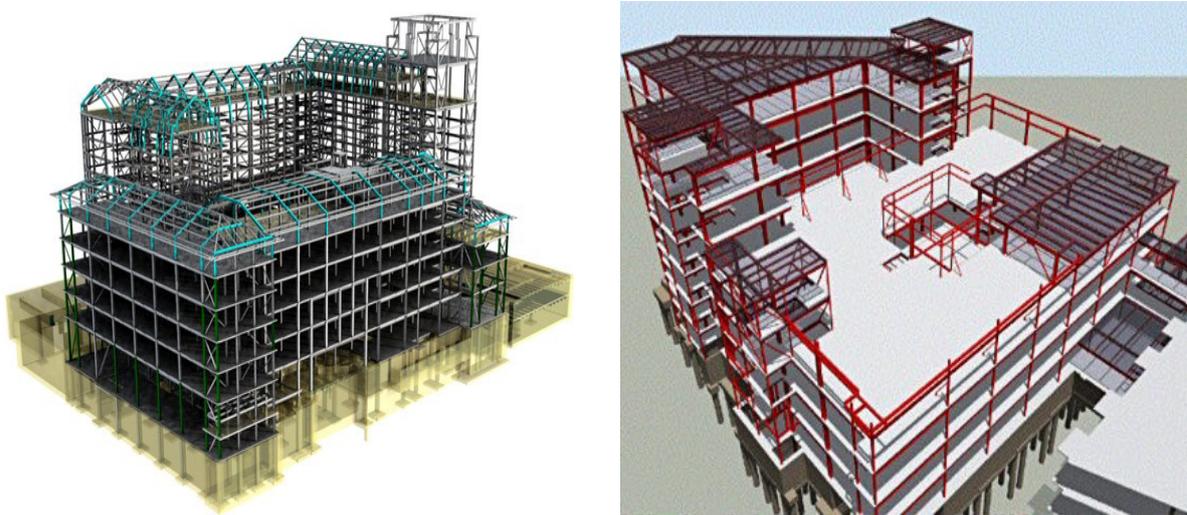


Рисунок 3. Примеры построения 3D модели быстровозводимого модульного здания с мансардой, как основы для создания 5D интерактивного проекта производства работ на основе BIM технологий

**Процедура интерактивного контроля состоит из нескольких этапов.** Контрольные замеры происходят один раз в отчётный период (например, по закрытию рабочего дня). Результаты замеров заносятся в соответствующие отчётные документы, сметы и т.п., в соответствии со штатной процедурой уполномоченным лицом (контроллером, прорабом и т.д.). Съёмка объекта строительства производится с фиксированных мест, углов обзора, и т.п. инструментальными средствами – тем же уполномоченным лицом, либо со стационарно установленных камер. Отчёты заносятся в базы данных, из которых происходит выгрузка в ГИС в соответствии с моделью BISDM. Ключевая процедура – сравнение реальных параметров строительства с проектными документами.

Отметим основные источники данных для сравнения:

- отчётная документация за отчётный период (занесённая в виде баз данных или соответствующих пунктов в проект);
- результаты натурной съёмки;
- ГИС–BISDM-модель объекта, полученная из CAD;
- ГИС-модель актуального состояния здания (BISDM).

### Геоинформационная модель на основе ArcGIS – архитектурное решение для системы объективного контроля строительных проектов

Современные СОК строительства работают с 4D-моделями сооружаемых объектов. 4D объединяет 3D-модель объекта с соответствующими работами календарно-сетевых графиков строительных работ и включает в себя 4 параметра: три пространственные координаты и время. Такая модель позволяет визуально отследить все ошибки планирования, моделируя процесс строительства во времени. Следует отметить, что основа любой системы объективного контроля – это геоинформационная система (ГИС), которая является виртуальным воплощением строительной площадки (или площадок), на которой объекты взаимосвязаны друг с другом в географическом пространстве. ГИС позволяет пользователям получить доступ к информационной модели, графику выполнения строительных работ и другой информации по выбранному объекту, а руководству всех уровней – оценивать состояние строительства в целом на всех площадках. Можно сказать, что СОК – это тематическая ГИС, реализующая возможности ГИС и технологические решения по сбору, обработке и созданию необходимых данных об объекте строительства.

За последние 30 лет основные методы формирования и управления среды строительной деятельности и в смежных отраслях промышленности оказались нестабильными. В настоящее время заинтересованные стороны в строительных проектах чаще всего используют такие технологии, как информационная модель здания (BIM) наряду с другими, традиционными системами автоматизированного проектирования (САПР) для создания и хранения данных о зданиях. Кроме того, используется BISDM – информационная модель внутреннего пространства здания, модель данных, которая используется в ПО ГИС, позволяющая эффективно обмениваться геоданными с другими платформами и взаимодействовать с ними (рисунок 4, 5).

Задачей руководителей строительных предприятий является запрос, анализ и представление этой информации для всех зданий в пределах района или ещё большего географического региона. При этом во многих случаях данные о стройке содержатся в электронных таблицах, а также в твёрдых или электронных поэтажных планах без реально организованной системы управления данными.

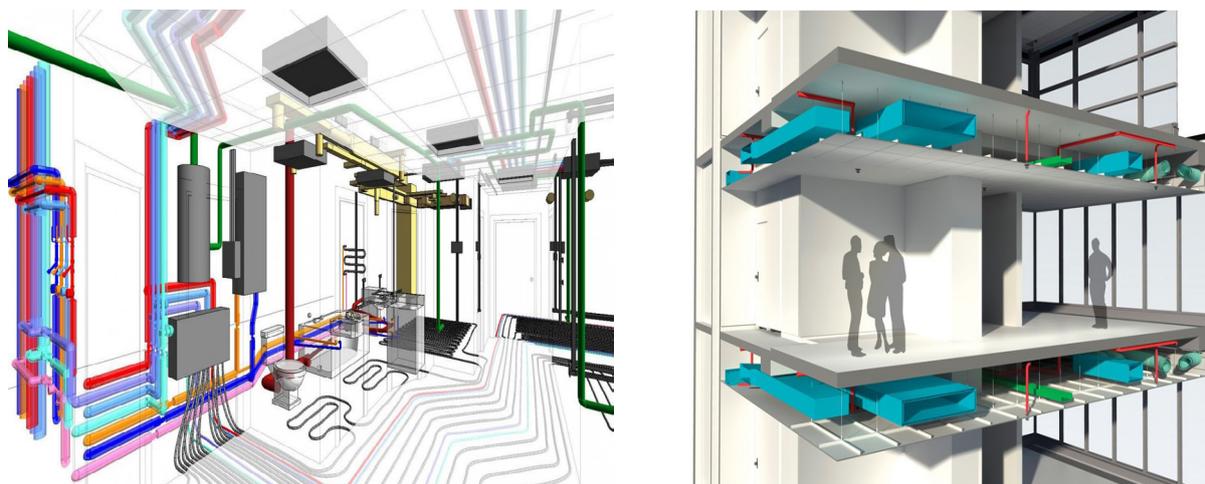


Рисунок 4. Построение 4D модели быстровозводимого модульного здания с детализацией встроенных в модули инженерных сетей, как основы для создания 5D интерактивного проекта производства работ на основе BIM технологий



Рисунок 5. Построение 4D модели интерактивного проекта производства работ монтажа модульного здания, как основы для создания 5D на основе BIM технологий

За счёт импорта и агрегирования в ГИС геометрических и текстовых данных из нескольких файлов BIM и/или CAD, вся мощь BIM ППР - модели может быть использована и расширена путём интеграции её со связанными пространственными данными о прилегающей местности, районе, регионе (рисунок 6).



Рисунок 6. Импортированные в ГИС BIM-данные, объединённые в общей 5D модели (координаты, время, движение) проекта производства СМР с возможностью перемещения по объекту, помещённые в «окружающий мир».

Значительную роль в управлении проектом строительства выполняет Integrated Workplace Management System – интегрированная система управления рабочим пространством (IWMS). Содержательную часть по управлению всем жизненным циклом проекта строительства может взять на себя программа **IBM TRIRIGA**. Функционал TRIRIGA позволяет решать целый комплекс задач по строительству, мониторингу и обслуживанию и может поставляться по модулям в зависимости от требований заказчика.

### Заключение

Основные результаты исследований приведены в общих выводах статьи. На данный момент авторами ведутся разработки в области совместимости расчетной, нормативной и BIM-моделей здания, в дальнейших исследованиях станет возможным внести корректировки в BIM-модель по результатам расчетов в режиме конвертации файлов расчетных программных комплексов, что поможет избежать несоответствия расчетной модели здания и принятым конструктивно-технологическим решениям и сделает экспертизу построенного объекта и производство СМР более эффективной. Также, авторы ведут дальнейшие разработки по созданию опытного прототипа совместно с учеными ЦНИИ Роботехники, ИТМО, МГСУ и СПбГАСУ с целью продемонстрировать преимущества виртуальной сборки полносборных зданий для скоростного строительства в условиях Санкт-Петербурга и Крайнего Севера.

Выводы:

1. Разработана методология(методика, алгоритм, программа)

IT-высокотехнологичной системы монтажа быстрособираемых зданий, определены зависимости параметров монтажных процессов от технологических характеристик модулей заводского изготовления,

средств комплексной механизации и автоматизации монтажного оборудования (продолжительность операций, трудоемкость работ сократились на 40%, точность монтажа стыков повысилась на 50%).

2. Разработан интерактивный проект производства работ на основе технико-информационных моделей, технологических карт и макетов строительных объектов в системе 5D из унифицированных модульных конструкций. Новый иППР учитывает изменения в динамике строительства. Он — оперативный документ, основанный на обширной базе фактических данных по материалам, машинам, автоматическим механизмам, способам и методам производства работ.

3. Предложена система комплексно-виртуального сопровождения при визуальном проектировании и выборе оптимального варианта проекта производства работ и проекта организации строительства, которая позволяет отказаться от распечатки большого объема бумажной документации. Визуальное проектирование на основе интерактивного проекта производства работ повышает качество ППР и ПОС на 50–55%, дает экономию: при монтаже до 15% от стоимости работ и материалов; времени при монтаже модулей до 20%; за счет точности расчетов до 10%; до 30% от фонда оплаты труда; на оборудовании и материалах до 20% от их стоимости; до 30% на времени и стоимости проектирования.

## Литература

- Anderson, M., Anderson, P. (2007). *Prefab prototypes: Site-specific design for offsite construction*. Princeton Architectural Press, 123 p.
- Day, A. (2011). When modern buildings are built offsite. *Building engineer*, 86(6), pp. 18–19.
- Fudge, J., Brown, S. (2011). Prefabricated modular concrete construction. *Building engineer*, 86(6), pp. 20–21.
- Кнаак, У., Chung-Klatte, Sh., Hasselbach, R. (2012). *Prefabricated systems: Principles of construction*. De Gruyter, 67 p.
- Адам, Ф.М. (2001). *Совершенствование технологии строительства модульных быстровозводимых малоэтажных зданий*, Дис. канд. техн. наук. СПб: СПбГАСУ, с.154.
- Асаул, А.Н. и др. (2004). *Теория и практика использования быстровозводимых зданий*. СПб: Гуманистика, с.463.
- Афанасьев, А.А. и др. (2000). *Технология возведения полносборных зданий*. Москва: АСВ, с.287.
- Афанасьев, А.В., Афанасьев, В.А. (1998). *Организация строительства быстровозводимых зданий и сооружений. Быстровозводимые и мобильные здания и сооружения: перспективы использования в современных условиях*. СПб: Стройиздат, с. 226–230.
- Бадьин, Г.М., Сычев, С.А. (2015). *Анализ дефектов монтажа и эксплуатации быстровозводимых конструкций*. Пенза: Издательский Дом «Академия Естествознания», № 2, с. 218–223.
- Болотин, С.А., Дадар, А.Х., Птухина, И.С. (2011). Имитация календарного планирования в программах информационного моделирования зданий и регрессионная детализация норм продолжительностей строительства. *Инженерно-строительный журнал*, 7(25), с. 82–86.
- Верстов, В.В., Бадьин, Г.М. (2010). Особенности проектирования и строительства зданий и сооружений в Санкт-Петербурге. *Вестник гражданских инженеров*, 1(22), с. 96–105.
- Казаков, Ю.Н., Сычев, С.А. (2015). Система возведения домов заводского изготовления. В: сборнике материалов Международной научно-практической конференции «Наука и образование в жизни современного общества». Тамбов, с. 63–65.
- Казаков, Ю.Н., Сычев, С.А., Никольский, М.С. (2015). Инновационная технология быстрого возведения экономических жилых домов из оптимизированных сэндвич-панелей в России. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 9(4), с. 577–586.
- Матвеев, Е.П. (2000). *Теория, методы и технологии реконструкции жилых зданий различных периодов постройки*. дис.докт. техн. наук. Москва: МГСУ, с.48.
- ЦНИИОМТП (2007а). *Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства и проекта производства работ*. МДС 12-81.2007. Москва.
- ЦНИИОМТП (2007б). *Методические рекомендации по разработке и оформлению технологической карты*. МДС 12-29.2006. Москва.
- Сычев, С.А. (2015). Оценка качества технологии высокоскоростного возведения зданий из блок-модулей с учетом критерия безопасности. *Жилищное строительство*, 8, с. 3–8.
- Сычев, С.А. (2015). Оценка технологичности монтажа зданий и сооружений из модулей. *Заводской глобальный научный потенциал*, 9 (54), с. 37–41.
- Угорелова, Н.В. (2000). *Автоматизация монтажа сборных строительных конструкций*. Диссертация кандидата технических наук. Москва, с. 167.

## КОНТРОЛЬ ЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ СТРОИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА ФУНДАМЕНТЫ СООРУЖЕНИЙ БАШЕННОГО ТИПА

Виктор Волков

Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный Университет,  
Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д.4

[tnvolkova@energaziz.ru](mailto:tnvolkova@energaziz.ru)

### Аннотация

Приведены задачи и традиционный подход к организации натуральных инструментальных наблюдений за вертикальными деформациями инженерных сооружений башенного типа. Рассмотрены вопросы, связанные с интерпретацией и использованием результатов повторных геодезических наблюдений при изучении деформаций фундаментов сооружений башенного типа. При этом приводится алгоритм обработки результатов повторного нивелирования деформационных марок, установленных по периметру фундамента, позволяющий вычислять величины взаимных смещений осадочных марок, обусловленных проявлением локальных деформаций фундаментов, которые протекают на фоне общей равномерной осадки групповых оснований фундамента. Показана возможность выявления направления общего крена фундамента для принятия эффективных управленческих решений, связанных с корректировкой технологического процесса строительства в части перераспределения строительной нагрузки по периметру фундамента возводимого сооружения башенного типа с целью устранения его крена.

### Ключевые слова

Сооружения башенного типа, осадки, деформации фундаментов, повторные геодезические наблюдения, крен фундамента, перераспределение нагрузки на фундамент, устранение крена фундамента.

### Введение

К современным инженерным сооружениям башенного типа, работа которых зависит от строгого соблюдения проектных решений в процессе строительства и их устойчивости в процессе эксплуатации, относят реакторные отделения и градирни атомных станций, доменные печи, элеваторы, телевизионные башни и другие высотные сооружения.

Для высотных сооружений башенного типа характерно концентрирование нагрузки, достигающей десятков тысяч тонн и более (Михелев и др., 1977, Большаков и др., 1980), на незначительных по размерам фундаментах (чаще фундаментных плитах). Сосредоточенная огромная нагрузка на фундаменты и их основания вызывает быстротечную и значительную осадку возводимого высотного сооружения.

Отличительной особенностью высотных сооружений башенного типа является их чувствительность к сравнительно малым по величине кренам фундаментов, являющихся следствием неравномерных деформаций (уплотнений) грунтовых оснований фундаментов сооружений. В процессе строительства неравномерные деформации грунтовых оснований даже при однородных по строению и физико-механическим свойствам (сжимаемости), очень часто возникают по причине неодинаковой строительной нагрузки, приходящейся на фундамент.

### Предмет, задачи и методы

Технология строительства сооружений башенного типа предусматривает сопровождение строительных работ геодезическими наблюдениями за деформациями возводимого сооружения. Достаточно сказать, что ни одно строительство сооружений башенного типа не обходится без повторных высокоточных геодезических наблюдений, по результатам которых устанавливается наличие (отсутствие) осадок фундаментов сооружений, т.е. ведется пассивный контроль за осадками фундаментов и порождаемых ими таких деформаций, как крены.

Практика геодезических наблюдений за деформациями инженерных сооружений башенного типа (Большаков и др., 1980; Брайт и др., 1959; Ганьшин и др., 1981; Клаф и др., 1979; Михелев и др., 1977; Volkov, 2015; Costachel, 1967; Mishra, 2011; Rincon, 2013) показывает на необходимость контроля за распределением строительной нагрузки, передаваемой от части возводимого сооружения башенного типа фундаменту и

грунтам со стороны повторных геодезических наблюдений, что обеспечивает надежное проектное состояние сооружения как во время его строительства, так и в период эксплуатации.

В строительстве инженерных сооружений башенного типа отсутствует методика распределения строительной нагрузки по результатам повторных высокоточных и точных геодезических наблюдений, к которым относится повторное нивелирование деформационных марок, заложенных по периметру фундаментных плит возводимых высотных сооружений. Пассивный контроль за осадками таких деформационных марок позволяет вычислять лишь крены по отдельным направлениям, соединяющим две деформационные марки, которые не позволяют установить общий крен фундаментной плиты и его азимут, что, в свою очередь, исключает возможность контролировать и изменять строительную нагрузку, приводящую к возникновению крена возводимого сооружения.

Для решения указанных задач разработана специальная методика обработки результатов повторного нивелирования деформационных марок, позволяющая осуществлять контроль и распределение нагрузки на фундаменты сооружений башенного типа в период их строительства по выявленным общим кренам фундаментов, протекающим на фоне общих равномерных осадок, и разработки алгоритма их устранения.

### Результаты и обсуждение

Сущность предлагаемой методики состоит в следующем. Неравномерные деформации оснований порождают крен (наклон) фундамента сооружения, который характеризуется известными в инженерно-геодезической практике показателями – наклонами в направлении продольной  $i_x$  и поперечной  $i_y$  осей сооружения (Большаков и др., 1980; Костерин, 1990; Filiatrault et al., 2013; Paz, 2012). В предлагаемой методике с целью корректировки технологической схемы строительства предлагается установить также характеристику максимального прогрессирующего общего наклона фундамента сооружения  $i_{max}$  и его направление (азимут). С этой целью на фундаменте возводимого башенного сооружения по периметрам фундамента и сооружения закладываются деформационные марки (рисунок 1), которые повторно нивелируются через промежуток времени  $T$  (Нивелирование I и II классов, 1982; Жарников и др., 1990). Первый и последующие циклы повторных геодезических наблюдений включают прокладку нивелирных ходов от опорного нивелирного знака до каждой из деформационных марок  $j = 1, m$ . По результатам нивелирования в первом цикле вычисляют превышения между деформационными марками и их отметки  $H_1, H_2, \dots, H_m$ .

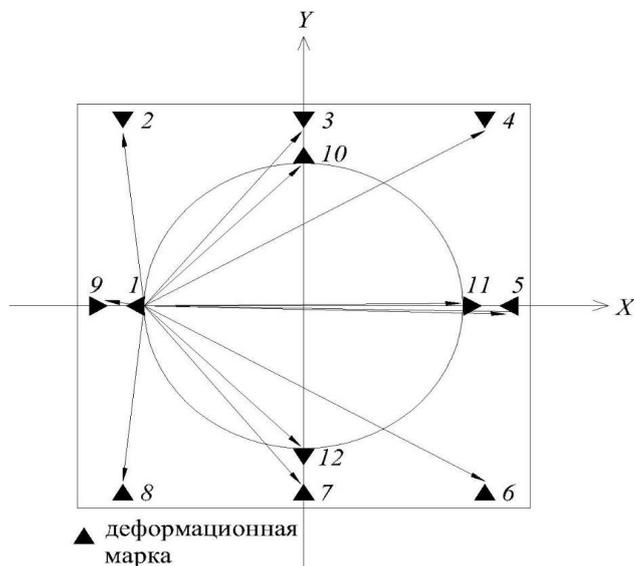


Рисунок 1. Схема размещения деформационных марок (на примере фундаментной плиты реакторного отделения атомной станции)

Поочередно принимая за начало координат деформационные марки  $1, 2, \dots, m$  по измеренным превышениям вычисляют в 2-х сопоставляемых циклах отметки остальных деформационных марок. Сопоставляя отметки каждой деформационной марки из 2-х циклов получают 1-й ряд расхождений  $\delta_{kj}$ . Аналогично, принимая за начало координат 2-ю, 3-ю, ...,  $m$ -ю деформационные марки, получают  $m$  рядов расхождений  $\delta_{kj}$  ( $k=1, m$  и  $j=1, m$  – соответственно номера деформационных марок, для которых вычисляются расхождения отметок, и исходных, принятых за начало координат).

Таким образом составляется таблица (таблица 1) этих рядов расхождений, представляющая собой квадратическую симметричную матрицу  $A_m$  с диагональными элементами  $\delta_{kj}=0$ , симметрично равными по абсолютной величине, но противоположными по знаку не диагональными элементами  $\delta_{kj} = -\delta_{jk}$ .

Таблица 1. Значения средних смещений деформационных марок

jk	Номер исходной деформационной марки					
	1	2	3	4	...	m
1	0	$\bar{\delta}_{12}$	$\bar{\delta}_{13}$	$\bar{\delta}_{14}$	...	$\bar{\delta}_{1m}$
2	$\bar{\delta}_{21}$	0	$\bar{\delta}_{23}$	$\bar{\delta}_{24}$	...	$\bar{\delta}_{2m}$
3	$\bar{\delta}_{31}$	$\bar{\delta}_{32}$	0	$\bar{\delta}_{34}$	...	$\bar{\delta}_{3m}$
4	$\bar{\delta}_{41}$	$\bar{\delta}_{42}$	$\bar{\delta}_{43}$	0	...	$\bar{\delta}_{4m}$
...	...	...	...	...	...	...
m	$\bar{\delta}_{m1}$	$\bar{\delta}_{m2}$	$\bar{\delta}_{m3}$	$\bar{\delta}_{m4}$	...	0
$[\bar{\delta}_{kj}]$	$[\bar{\delta}_{k1}]$	$[\bar{\delta}_{k2}]$	$[\bar{\delta}_{k3}]$	$[\bar{\delta}_{k4}]$	...	$[\bar{\delta}_{km}]$
$\frac{ \bar{\delta}_{kj} }{m-1}$	$\frac{ \bar{\delta}_{k1} }{m-1}$	$\frac{ \bar{\delta}_{k2} }{m-1}$	$\frac{ \bar{\delta}_{k3} }{m-1}$	$\frac{ \bar{\delta}_{k4} }{m-1}$	...	$\frac{ \bar{\delta}_{km} }{m-1}$

Величина  $\bar{\delta}_{cp,j}$  представляет собой значение среднего смещения  $j$ -ой деформационной марки относительно всех деформационных марок, произошедшего за период времени  $T$  между двумя циклами повторного нивелирования.

Суждение о дестабилизации и сохранении высотного положения деформационных марок за промежутки времени  $T$  осуществляется из анализа значений:

$$S_{cp} = \frac{|\bar{\delta}_{kj}|}{m-1}$$

При этом к деформационным маркам, сохранившим высотное положение, относят марки, для которых соблюдается неравенство (Волков и др., 2015; Михелев и др., 1977):

$$|S_{cp}| \leq t_{\beta} \mu \sqrt{\pi S_{cp,j}}$$

где  $\mu$  - средняя квадратическая погрешность единицы веса,  $\pi S_{cp,j}$  - обратный вес величины  $S_{cp,j}$ ,  $t_{\beta}$  - коэффициент перехода от средних квадратических погрешностей к предельным.

В противном случае деформационная марка относится в разряд неустойчивых, т.е. получивших значительную осадку.

Разности значимых средних смещений  $\bar{\delta}_{j+1} - \bar{\delta}_j$ ,  $\bar{\delta}_{j+2} - \bar{\delta}_j$ , ...,  $\bar{\delta}_{j+m} - \bar{\delta}_j$  показывают взаимные (локальные) смещения деформационных марок  $j$  и  $j+1$ ,  $j$  и  $j+2$ , ...,  $j$  и  $j+m$  за время  $T$ .

Приняв одну из главных осей сооружения (фундамента) башенного типа, проходящую через одну из устойчивых деформационных марок (узловую) за «начальную», определяются азимуты направлений  $A$ , проходящих через узловую и другие марки (применительно к нашему примеру (рисунок 1)  $A_{1-2}$ ,  $A_{1-3}$ ,  $A_{1-4}$ , ...,  $A_{1-12}$ ). По выбранным направлениям 1-2, 1-3, 1-4, ..., 1-12 определяют частные крены  $i_{1-2}$ ,  $i_{1-3}$ ,  $i_{1-4}$ , ...,  $i_{1-12}$ .

$$i_{1-2} = \frac{\bar{\delta}_1 - \bar{\delta}_2}{T \cdot S_{1-2}} \cdot \rho'', \quad i_{1-3} = \frac{\bar{\delta}_1 - \bar{\delta}_3}{T \cdot S_{1-3}} \cdot \rho'', \quad i_{1-12} = \frac{\bar{\delta}_1 - \bar{\delta}_{12}}{T \cdot S_{1-12}} \cdot \rho'', \quad (1)$$

где  $S$  – расстояние между «начальной» и  $j$ -ой деформационными марками,  $\rho = "206265"$ .

Наклоны фундамента (в нашем случае фундаментной плиты) по выбранным направлениям представлены уравнениями, составляющими систему:

$$i_{1-2} = i_x \operatorname{Cos} A_{1-2} - i_y \operatorname{Sin} A_{1-2}$$

$$i_{1-12} = i_x \operatorname{Cos} A_{1-12} - i_y \operatorname{Sin} A_{1-12}$$

где  $i_x$  и  $i_y$  – частные крены вдоль выбранных направлений, определяются из решения уравнений (2) по методу наименьших квадратов.

Значения общего крена в линейной мере вычисляются по формуле (Волков, Севергин, 1989):

$$I = \sqrt{i_x^2 + i_y^2}. \quad (2)$$

Азимут (дирекционный угол), характеризующий направление общего крена, определяется по формуле (Волков, Севергин, 1989):

$$\operatorname{arctg} A_{\text{общ}} = \frac{i_y}{i_x}. \quad (3)$$

При дальнейшей загрузке плиты вдоль линии с азимутом  $A_{\text{общ}} \pm 180^\circ$  крен фундамента и, следовательно, сооружения башенного типа, уменьшается.

### Вывод

Предлагаемый способ позволяет по данным повторных геодезических наблюдений разрабатывать графики нагрузки фундаментов сооружений башенного типа (реакторных отделений атомных электростанций, элеваторов, доменных печей и др.) с учетом неравномерности деформаций грунтов оснований в процессе строительства.

### Литература

Costachel, A. (1967). Einigeneue Aspectebei Prdzisionsnivelements zur Bestimmung der Senkung von Bauten. *Vermessungstechnik*, 7: 250–257.

Filiatrault, A. et al. (2013). *Elements of Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. Paris: Presses inter Polytechnique.

Mishra, D.C. (2011). *Gravity and Magnetic Methods for Geological Studies*. Hyderabad: BS Publications.

Paz, M. (2012). *Structural Dynamics: Theory and Computation*. Berlin: Springer Science & Business Media.

Rincon, L. (2013). Evaluation of the environmental impact of experimental buildings with different constructive systems using Material Flow Analysis and Life Cycle Assessment. *Applied Energy*, 109, pp. 544–552.

Volkov, V. (2015). Program- and Goal-Oriented Approach to Organization of Monitoring Deformations of Buildings and Structures. *Applied Mechanics and Materials*, 725-726: 118–123.

Большаков, В. и др. (1980). *Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам*. Москва: Недра.

Брайт, П. и др. (1959). *Измерение осадок и деформаций сооружений геодезическими методами*. Москва: Геодезиздат.

Волков, В. и др. (2015). Новый подход к математической обработке результатов повторных геодезических наблюдений, используемых в архитектурно-строительной практике. *Вестник гражданских инженеров*, 6 (53): 216–221.

Волков, В., Севергин, Е. (1989). Исследование влияний вертикальных движений земной коры на устойчивость энергетических объектов. *Геодезия и картография*, 2: 23–26.

Ганьшин, В. и др. (1981). *Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов*. Москва: Недра.

Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР Нивелирование I и II классов (практическое руководство) (1982). Москва: Недра.

Жарников, В. и др. (1990). О классах геометрического нивелирования для контроля деформаций. *Геодезия и картография*, 9: 22–26.

Клаф, Р. и др. (1979). *Динамика сооружений*. Москва: Стройиздат.

Костерин, Э. (1990). *Основания и фундаменты: Учеб. пособие для вузов (3-е изд., перераб. и доп.)*. Москва: Высш. шк.

Михелев, Д. и др. (1977). *Геодезические измерения при изучении деформаций крупных инженерных сооружений*. Москва: Недра.

НИИОСП им. Герсеванова Госстроя России Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений (1975). Москва: Стройиздат.