

№1 (01) ▪ 2016

Февраль

---

---

**СОВРЕМЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО  
И АРХИТЕКТУРА**

***MODERN CONSTRUCTION AND  
ARCHITECTURE***

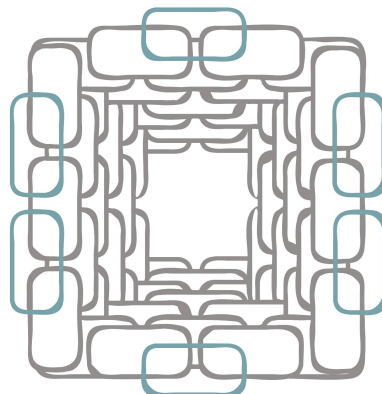
---

---

**ISSN 2411-3581 PRINT**

Екатеринбург  
2016

**СОВРЕМЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО  
И АРХИТЕКТУРА  
MODERN CONSTRUCTION  
AND ARCHITECTURE  
ISSN 2411-3581 PRINT**



Периодический теоретический и научно-практический журнал.  
Выходит 4 раз в год.  
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.  
Главный редактор: Логинов Г.Ю.  
Адрес редакции: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская,  
д. 4, корп. А, оф. 17.  
Электронная почта: [editors@modern-construction.ru](mailto:editors@modern-construction.ru)  
Сайт: [www.modern-construction.ru](http://www.modern-construction.ru)

---

Подписано в печать 10.02.2016.  
Тираж 900 экз.  
Заказ 26118  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",  
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

**№1 (01) 2016  
Февраль**

**Современное строительство и архитектура** рецензируемое научное издание, посвященное вопросам строительства, архитектуры и дизайна, которое предоставляет возможность опубликовать свои научные достижения аспирантам, преподавателям вузов, лицам, имеющим ученую степень, общественным деятелям, деятелям культуры и образования, политикам из стран СНГ и дальнего зарубежья.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких либо ограничений. Тип лицензии СС поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПИ № ФС 77 – 62248.**

**Члены редколлегии:**

Клюева Н.В., доктор технических наук  
Чекаева Р.У. кандидат архитектуры  
Ярцев В.П. доктор технических наук

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ТОНКОСЛОЙНЫХ ОТСТОЙНИКОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНОПРОИЗВОДСТВ.....	5
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ ВЫБРОСОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В ВОЗДУХЕ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ...	7
ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ И АГЛОМЕРАЦИИ .....	13
ПРИНЦИПЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	16
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНОЙ РАМЫ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ ОШИБКАХ СБОРКИ И МОНТАЖА .....	22
ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ЗОНЫ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ.....	26
АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАБЕРЕЖНЫХ КРУПНЫХ ПРИБРЕЖНЫХ ГОРОДОВ.....	39
ОБОСНОВАНИЕ СУЩНОСТИ И КРИТЕРИЕВ «ЗЕЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА».....	47
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА.....	50
АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЗДУХА И ВОДЯНОГО ПАРА С ПОЗИЦИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	53
PHYSICAL EQUIPMENT SPECTROSCOPIC STUDY OF COAL ASH.....	57
УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ НА ОСНОВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРТА С ОРГАНИЗАЦИЕЙ-ЗАКАЗЧИКОМ ЭКСПЕРТНЫХ УСЛУГ .....	61

и бизнеса, оно быстро деградирует. В связи с этим городское планирование с помощью разработанных правил и механизмов должно постоянно регулировать рыночные потенциалы и соответствующие финансовые ресурсы, направляя их не на очередное «надувательство», а в первую очередь на решение первоочередных, общественно значимых задач, во вторую - частных, коммерческих и лишь в последнюю, рекламно - populistских.

Дальнейшее развитие крупнейших городов должно быть основано не на простом, примитивном количественном росте за счет механического приращения города в ущерб, особо ценным пригородным территориям, а на основе качественных показателей – выходе на нормативно высокую плотность застройки, обусловленную массовым применением инновационных форм средне и малоэтажной высокоплотной застройки городского типа, ликвидацией ветхого и аварийного жилья, реконструкцией и реновацией устаревающего жилого фонда, а также выноса промпредприятий за городскую черту. Цель современной территориальной политики – это не освоение новых пространств и бездумное агломерирование, а реабилитация сельскохозяйственных и промышленных зон, конверсия обширных городских деградирующих районов, т.е. – полномасштабная реконструкция и реновация.

#### Литература

1. Материалы Всероссийской конференции "Развитие городских агломераций России: проблемы и перспективы" Новосибирск 20.03.2015
2. Материалы урбанистической конференции "Города и территории завтра" Новосибирск 31.10.2015

#### References

1. Materialy Vserossijskoj konferencii "Razvitie gorodskih aglomeracij Rossii: problemy i perspektivy" Novosibirsk 20.03.2015
2. Materialy urbanisticheskoi konferencii "Goroda i territorii zavtra" Novosibirsk 31.10.2015

DOI: 10.18454/mca.2016.01.4

Барабаш М.С.<sup>1</sup>, Киевская Е.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор, Национальный авиационный университет; <sup>2</sup>ассистент, Киевский национальный университет строительства и архитектуры

#### ПРИНЦИПЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

#### Аннотация

*Статья посвящена параметрическому моделированию строительных объектов. Особенность подхода заключается в том, что при построении модели здания формируется база данных, в которой каждому элементу модели соответствует перечень дополнительных атрибутов. В результате чего, строительные объекты проектируются как единое целое, и изменение одного параметра приводит к автоматическому изменению связанных с ним атрибутов и всей модели в целом.*

**Ключевые слова:** параметрическое моделирование, BIM-технологии, система автоматизированного проектирования, интеграция.

Barabash M.S.<sup>1</sup>, Kievskaya E.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD in Engineering, professor, National Aviation University;

<sup>2</sup>assistant, Kyiv National University of Construction and Architecture

#### THE PRINCIPLES OF PARAMETRIC MODELING OF CONSTRUCTION PROJECTS

#### Abstract

*The article is devoted to the parametric modeling of construction projects. The peculiarity of the approach is that the construction of the building model, a database in which each element of the model corresponds to the list of additional attributes. As a result, construction sites are designed as a unit, and the change of one parameter leads to the automatic change in attributes associated with it and the entire pattern as a whole.*

**Keywords:** parametric modeling, BIM-technology, computer-aided design, integration.

**П**отребность проектных организаций в непрерывной безбумажной технологии архитектурно-строительного проектирования привело к повсеместному развитию технологии информационного моделирования зданий (BIM-технологии.), в основе которой лежит создание единой параметрической информационной модели здания, включающей всю необходимую информацию о будущем объекте.

По классическому определению BIM - технология (Building Information Modeling, Building Information Model) – это, во-первых, технология проектирования, включающая в себя сбор и обработку информации об объекте (архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и др.) со всеми имеющимися взаимосвязями. Во-вторых, 3D-модель здания, связанная с информационной базой данных, в которой каждому элементу модели соответствуют определенные атрибуты (геометрические, конструктивные, экономические и др.). Изменение какого-либо параметра приводит к автоматическому изменению всех параметров, связанных с данными (чертежи, визуализация, спецификации, календарный график).

#### Обзор литературы

Принципы параметрического моделирования и создание информационной модели строительных объектов отражены в работах современных ученых: М.С. Барабаш [1, 3], А.С. Городецкого [5], Пакидова О.И., Попова В.А., Скворцова А.В., В.В. Талапова [2], Мигунова В.В. и др.

На сегодняшний день не существует общепринятого определения и единых стандартов к построению информационной модели объекта. Но исследователями были сформированы основные принципы, которым она должна отвечать:

- Единая информационная модель является согласованным банком данных графической и описательной информации, базой данных проекта, общей для всех частей и этапов проекта. Информация извлекается из модели по необходимости.
- Основываясь на единой информационной модели объекта, формируется единая стратегия управления проектированием, производством и процессом реализации строительного объекта.
- Обеспечивается поддержка распределённых групп: люди, инструменты и задачи могут эффективно и совместно использовать эту информацию, что исключает избыточность, повторный ввод и потерю данных, ошибки при их передаче и преобразовании.
- Универсализация форматов обмена данными между программными комплексами различного назначения.

Практическим внедрением BIM-технологий для решения задач проектирования занимаются разработчики современных систем автоматизированного проектирования (САПР), такие как Autodesk, Bentley Systems, Nemetschek, Graphisoft, TEKLA, ЛИРА САПР и др.

#### **Постановка задачи**

На сегодняшний день одной из глобальных проблем проектирования является большое количество САПР, которые с одной стороны покрывают 90% задач, с другой – механизм передачи информации между этими программами до сих пор не выработан. Существуют общепринятые форматы моделей данных (например, IFC, XML, DXF-DWG, PDF), с помощью которых информационные модели можно интегрировать в различные САПР, но не все разработчики программных комплексов поддерживают эти форматы [3, 4]. Кроме этого, в каждом программном комплексе содержится разный набор информации об объектах строительства, что приводит к потере информации при импорте/экспорте моделей. Вариант передачи модели в урезанном виде и заполнения недостающих параметров является трудоемким и приводит к частичной потере информации о модели.

Большинство САПР трудно приспособить для получения настоящей информационной модели здания из-за огромных трудозатрат на ввод, обработку и изменение данных. Более современные объектно-ориентированные САПР поддерживают работу с элементами трехмерной модели как с отдельными объектами и их атрибутами. При этом двумерные чертежи можно создавать на основе трехмерных моделей, а семантические данные из атрибутов объектов использовать для создания спецификаций. Но моделирование по-прежнему остается на уровне графического изображения здания. Согласование изменения модели и ее атрибутов, хранящихся в базе данных, процесс трудоемкий, который в некоторых случаях требует использовать дополнительные программы. Для сложных проектов задача согласованного изменения данных становится в разы сложнее.

Исходя из этого, актуальной задачей сегодня является создание обобщенной информационной модели здания, основанной на BIM-технологии (модели 2D-5D). Одним из распространенных методов решения этой задачи является параметрическое проектирование (или просто параметризация), основанное на создании модели с использованием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами. Во всех программных комплексах, задействованных в конкретном проекте, существует свои варианты моделей. Для хранения параметров элементов модели проектируется база данных, которая содержит: геометрические параметры объектов (размеры, объем и т.д.); физические параметры объектов (масса, материал, физические константы и т.д.); присвоенные (назначенные) параметры объектов (имя, сечение, маркировка, ГОСТ и т.д.).

Параметрическая модель здания интегрирует трехмерную модель (геометрию и данные) и модель поведения элементов (историю изменений). На основе такой информационной модели формируется вся рабочая документация. Документация по модели при малейших изменениях обновляется автоматически. Согласованное изменение модели напоминает изменение ячеек таблицы, значения которых заданы формулами. Сами формулы позволяют автоматизировать вычисления, а системы параметрического моделирования зданий автоматизируют получение строительной документации.

#### **Модель параметрического моделирования информационной модели здания**

На практике применяется различные методы параметризации, и общепринятого решения по их использованию до сих пор нет. Наиболее распространёнными являются: табличный, иерархический и вариационный методы [8].

Табличная параметризация заключается в создании таблицы параметров типовых элементов. Создание нового экземпляра элемента производится путем выбора из таблицы.

В процессе иерархической параметризации (параметризации на основе истории построений) формируется «дерева построения» всех элементов модели с их детализацией (группа элементов – элемент).

Вариационная, или размерная, параметризация основана на построении эскизов (с наложением на объекты эскиза различных параметрических связей) и наложении пользователем ограничений в виде системы уравнений, определяющих зависимости между параметрами.

Математическая модель параметрического проектирования обобщенной информационной модели здания, определяется [6]: множеством компонентов  $M_i$  и множеством моделей проектных решений  $\{D_{sol-1}, \dots, D_{sol-n}\}$ .

$$M_i = \langle S, P, V_r, C, R, P_r, cf \rangle, \text{ где}$$

S – набор элементов структуры  $\{s_1, \dots, s_n\}$ ;

P – набор параметров  $\{p_1, \dots, p_n\}$ ;

$V_r$  – набор значений параметров  $\{V_1, \dots, V_n\}$ , где  $V_i = \{v_{i1}, \dots, v_{in}\}$  – набор значений каждого параметра;

C – набор ограничений на значения  $\{c_1, \dots, c_n\}$ ;

R – набор требований, предъявляемых к модели  $\{r_1, \dots, r_n\}$ ;

$P_r$  – набор предпочтений  $\{P_{r_1}, \dots, P_{r_n}\}$ ;

$cf$  – глобальная стоимостная функция.

Элемент структуры  $s_i$  определяет примитивный элемент модели проектирования. Параметр  $p_i$  – характеристика  $i$ -го элемента структуры. Каждый параметр связан с диапазоном значений  $v_i$ , предопределенным множеством величин, который присваивается в  $p_i$ . Существует  $m$  возможных значений для параметра и  $n$  параметров. Размер пространства проектирования  $N = m * n$ . Значения функционально-зависимых параметров однозначно определены функциональными зависимостями или требованиями. Функционально-независимые параметры называются ключевыми, а их значения определяются степенями свободы в процессе проектирования, т.е. действительным размером пространства проектирования [6].

Рассмотрим процесс параметризации на примере интеграции 2D модели в 3D, с использованием формированием таблиц параметров.

В 2D модели содержится геометрическая модель стен (Рис.1), которые представлены отрезками W1-W4. Отрезки W1 и W3 связаны условием вертикальности, отрезки W1 и W2 – условием перпендикулярности. На отрезок W4 наложена связь «горизонтальность».

На примере представлено шесть связей, которые можно описать уравнениями (Таблица 1). Данную систему уравнений можно представить в виде графа (Рис.2). Вершинами графа будут параметры, входящие в уравнения, и сами уравнения.

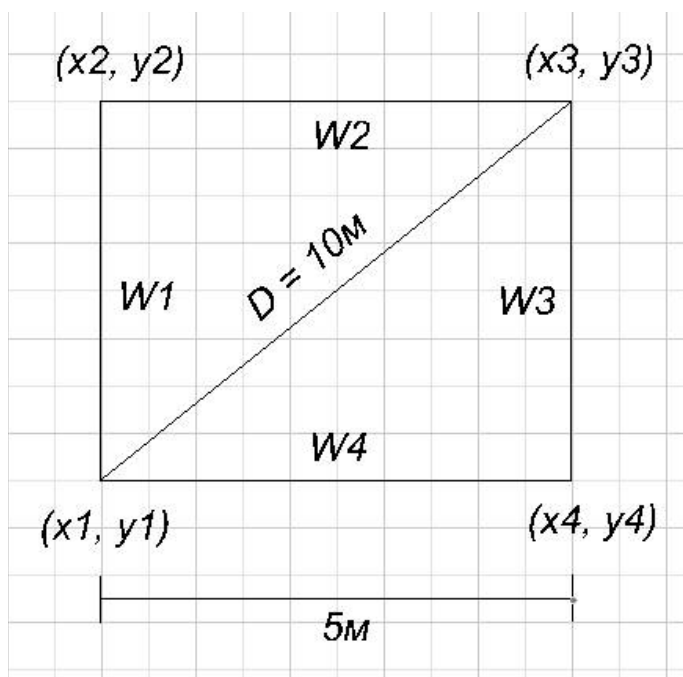


Рис. 1 – 2D модель параметризации

Таблица 1 – Описание параметров 2D модели с помощью уравнений

Связи		Уравнения	
Название	Описание	Номер	Условие
W1	Вертикальная	(1)	$x1 - x2 = 0$
W3	Вертикальная	(2)	$x3 - x4 = 0$
W4	Горизонтальная	(3)	$y1 - y4 = 0$
W1	Вертикальный размер	(4)	$(x1 - x4)^2 - 25 = 0$
D	Диагональный размер	(5)	$(x1 - x3)^2 + (y1 - y3)^2 - 100 = 0$
W1 и W2	Перпендикулярность	(6)	$(x1 - x2) * (x2 - x3) + (y1 - y2) * (y2 - y3) = 0$

На графе наглядно продемонстрированы зависимости между параметрами. Первой итерацией принимается решение, какой параметр нужно выразить из каждого уравнения (Рис.2). Такие параметры обозначены жирными линиями. Пунктирными линиями обозначены параметры, которые не должны меняться в процессе расчёта (например, координаты  $x1$  и  $y1$ ).

Исходные координаты контура:  $x1=10, y1=10, x2=10, y2=40, x3=20, y3=40, x4=20, y4=20$ .

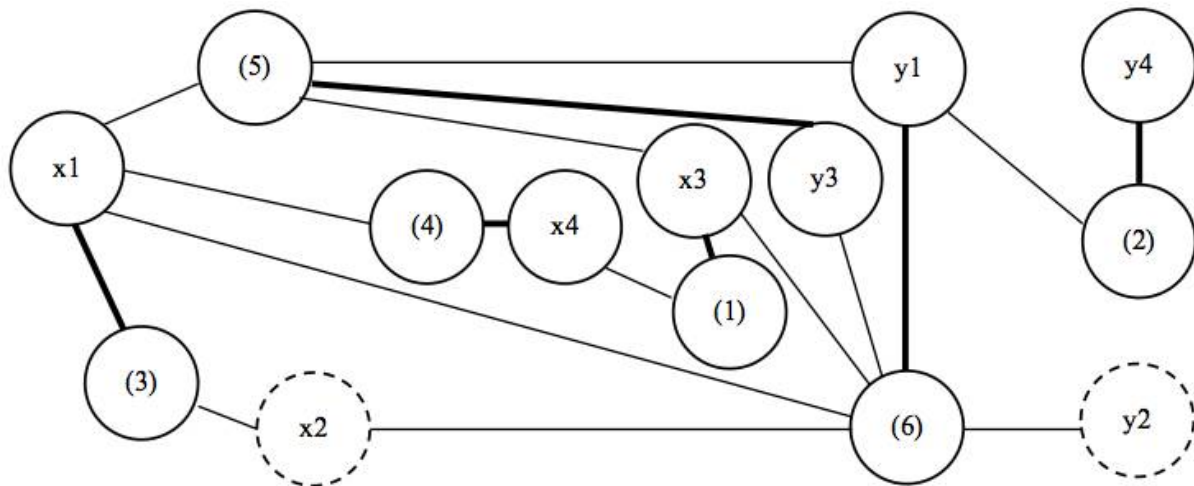


Рис. 2 – Граф зависимостей параметров

Стянув пары вершин, соединенных жирными линиями, получаем граф пересчета (Рис.3а). Оставшиеся ребра заменяем ребрами, ориентированными от параметра к связи. На этом графе представлена последовательность, в которой нужно подставлять параметры. Вычисление систем уравнений таким способом называется методом последовательного исключения. В графе подстановка параметров выполняется циклически, а уравнения решаются в одной системе.

Если в качестве вершин поставят соответствующие системы уравнений, а ребра графа выразить правильную последовательность расчета этих систем получим новый граф пересчета (Рис.3б). Расчет считается правильным, если в каждой итерации в решаемой системе количество неизвестных параметров соответствует количеству уравнений. Расчет начинается с тех систем, для которых на графе пересчета нет ни одной входящего ребра, и заканчивается после решения всех систем уравнений.

В результате расчета получаем значения:  $x_1=10$ ;  $y_1=31,34$ ;  $x_2=10$ ;  $y_2=40$ ;  $x_3=15$ ;  $y_3=40$ ;  $x_4=15$ ;  $y_4=31,34$ .

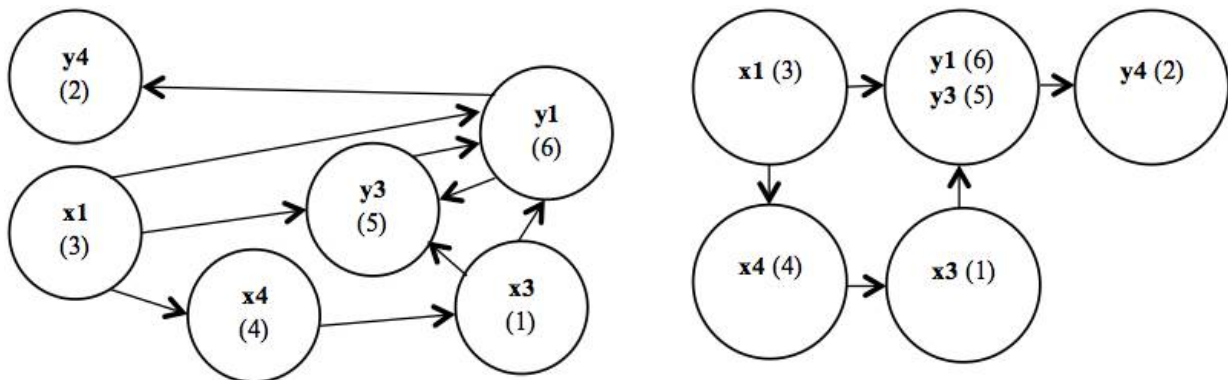


Рис. 3 – Граф пересчета:  
а) пересчет зависимостей; б) последовательность пересчета

Физические и присвоенные параметры стен, которые используются при построении 3D модели, представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Описание параметров 3D модели

Название	Тип	Высота	Толщина	Нижний уровень	Материал
W1	Наружная стена	3м	0,2м	0м	Кирпич
W2	Наружная стена	3м	0,2м	0м	Кирпич
W3	Наружная стена	3м	0,2м	0м	Кирпич
W4	Наружная стена	3м	0,3м	0м	Кирпич

### Программная реализация и примеры работы

На основе описанных моделей и методов параметризации в системе автоматизированного проектирования САПФИР-3D была разработана подсистема интеграции 2D модели, созданной в программе AutoCAD в 3D модель программы САПФИР-3D.

Для примера создаем графическую модель этажа здания (Рис.4) с выделением групп объектов, для которых будут назначены одинаковые параметры, в отдельные слои. Далее импортируем чертеж в программу САПФИР-3D, создаем 3D модель и формируем таблицу параметров (Рис.5).

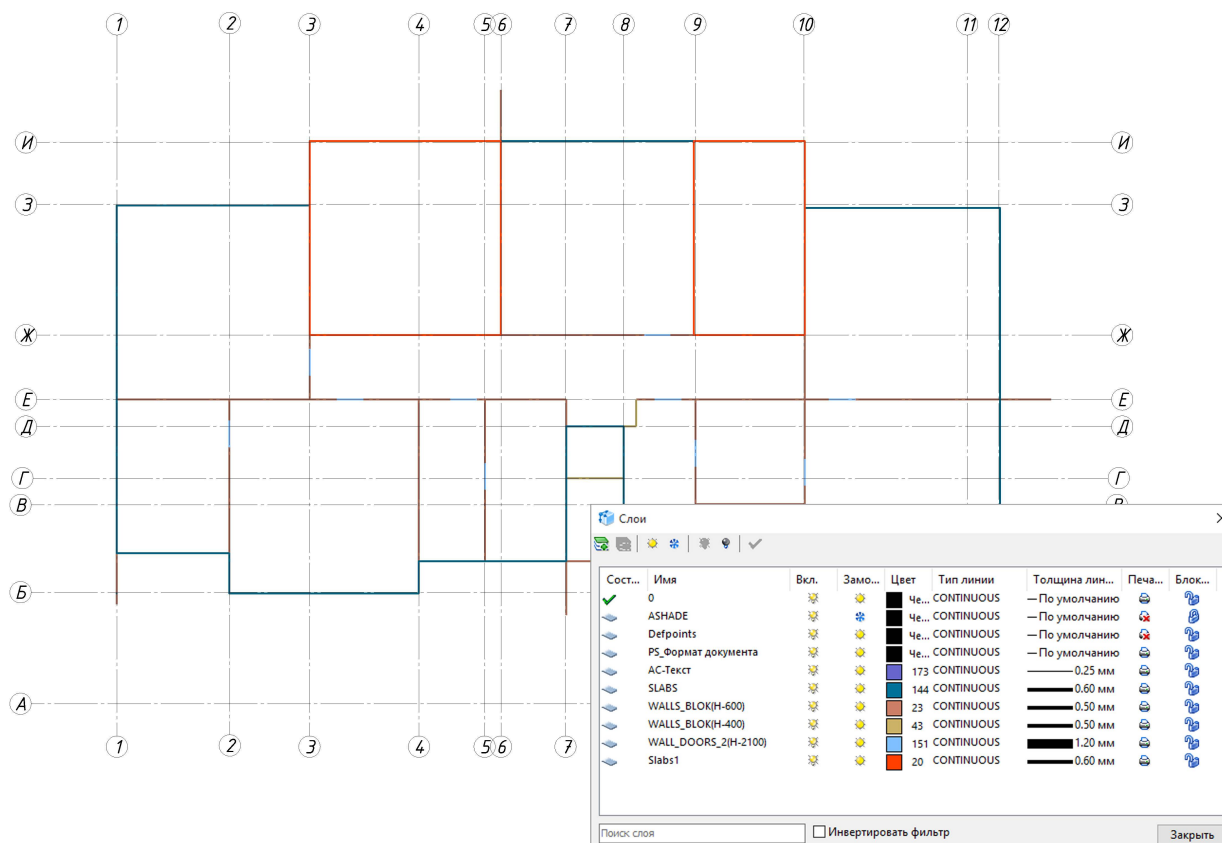


Рис. 4 – Чертеж 2D модели здания с группировкой параметров по слоям

Разработанная подсистема интеграция информационных моделей зданий на базе программного комплекса САПФИР-3D обеспечивает преемственность между различными моделями зданий (графической, 3D, аналитической, физической) – единая технологическая цепочка проекта (Рис.6).

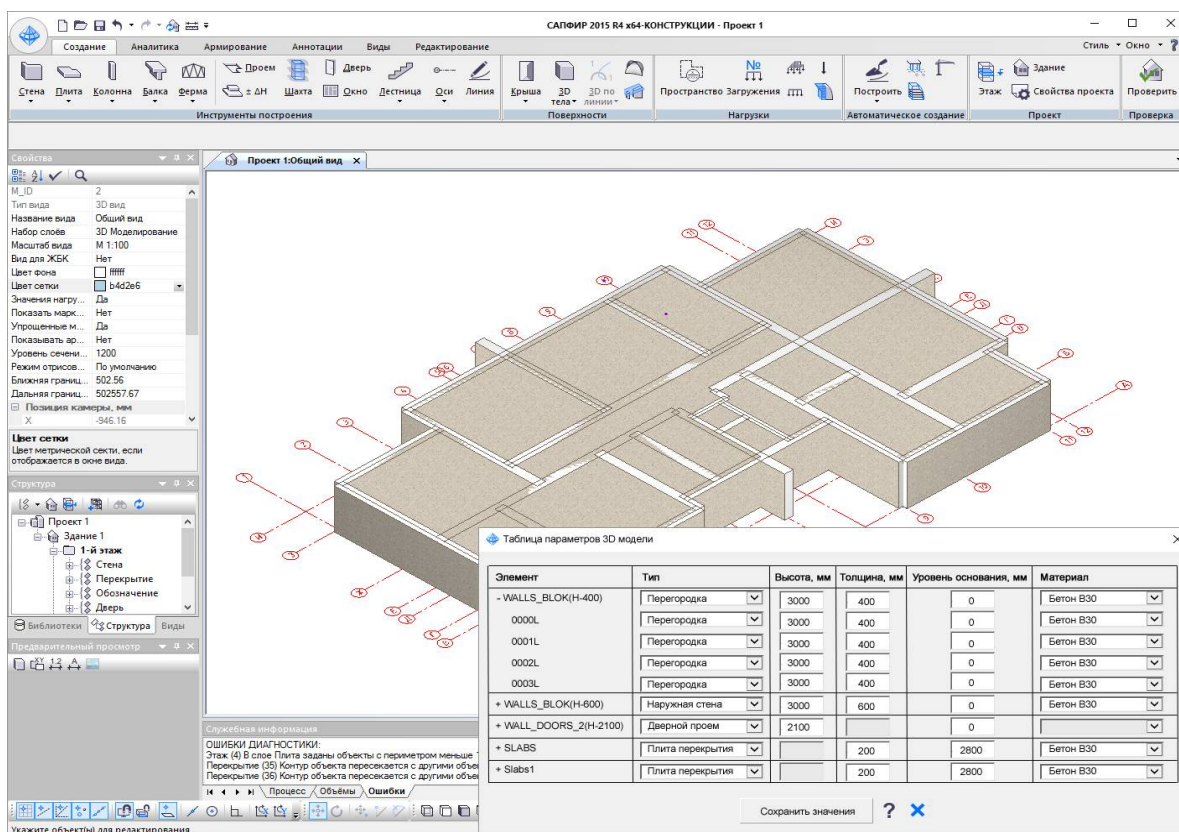


Рис. 5 – Параметризованная 3D модель этажа в программе САПФИР-3D



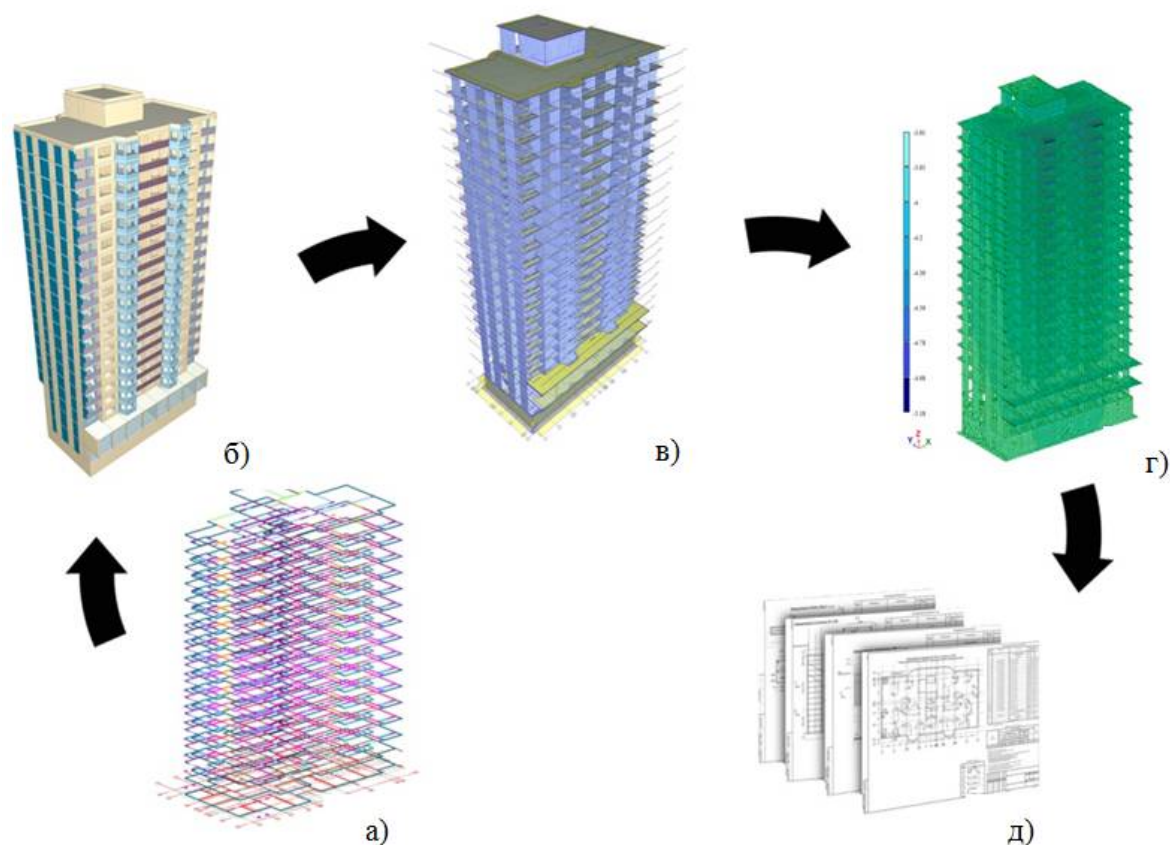


Рис. 6 – Пример единой технологической цепочки информационной модели здания: а) модель, импортированная из AutoCAD; б) 3D модель в ПК САПФИР; в) аналитическая модель; г) расчетная модель; д) рабочая документация

### Выводы

Таким образом, использование принципов параметризации в современных программных комплексах позволяет информационной модели быть инвариантной к изменяющимся форматам различных программных комплексов.

Результатом применения технологии параметризации информационной модели здания, является точность и координация данных проекта, от разработки концепции здания до его возведения и сдачи в эксплуатацию.

### Литература

1. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография. – К.: Изд-во «Сталь», 2014.-301с.
2. Талапов В.В. Основы BIM: введение и информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 92 с.: ил.
3. Барабаш М.С., Бойченко В.В., Палиенко О.И. Информационные технологии интеграции на основе программного комплекса САПФИР.: Монография. – К.: Изд-во «Сталь», 2012. – 485с.
4. Барабаш М. С. Методы компьютерного моделирования процессов возведения высотных зданий / М. С. Барабаш // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. –М.: Изд-во «АСВ», 2012. –Vol. 8, Issue 3 – С. 58-68.
5. Городецкий А.С. Комплексные системы проектирования и управления строительством с использованием полнофункциональной информационной модели здания (BIM). Зарубежный и отечественный опыт, перспективы развития / А.С. Городецкий, М.С. Барабаш, В.С.Судак и др. // Проблемы развития городской среды: Научно-технический сборник. – К.: НАУ, 2014. – Вып.2(12). –499с.
6. Motta E., Zdrahal Z. Parametric Design Problem Solving // Presented at the 10th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop, Banff Canada, November 1996. <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/motta/pardes-banff.html>
7. Малюх В.Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.: ил.

### References

1. Barabash M.S. Komp'yuternoe modelirovanie processov zhiznennogo cikla ob'ektov stroitel'stva: Monografija. – К.: Izd-vo «Stal'», 2014.-301s.
2. Talapov V.V. Osnovy BIM: vvedenie i informacionnoe modelirovanie zdaniy. – М.: DMK Press, 2011. – 392 s.: il.
3. Barabash M.S., Bojchenko V.V., Palienko O.I. Informacionnyye tehnologii integracii na osnove programmnoho kompleksa SAPFIR.: Monografija. – К.: Izd-vo «Stal'», 2012. – 485s.
4. Barabash M. S. Metody komp'yuternogo modelirovanija processov vozvedeniya vysotnyh zdaniy / M. S. Barabash // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. –М.: Izd-vo «ASV», 2012. –Vol. 8, Issue 3 – S. 58-68.