

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 - популистских.

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 urbanisticheskoy konferencii "Goroda i territorii zavtra" Novosibirsk 31.10.2015

DOI: 10.18454/mca.2016.01.4

Барабаш М.С.¹, Киевская Е.И.²

¹Доктор технических наук, профессор, Национальный авиационный университет; ²ассистент,

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.¹, Kievskaya E.I.²

¹PhD in Engineering, professor, National Aviation University;

²assistant, Kyiv National University of Construction and Architecture

THE PRINCIPLES OF PARAMETRIC MODELING OF CONSTRUCTION PROJECTS

Abstract

The article describes 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.

Потребность 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 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 $\{P_{r1}, \dots, P_{rn}\}$;

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 $N = m \cdot n$. 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 формирования 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.

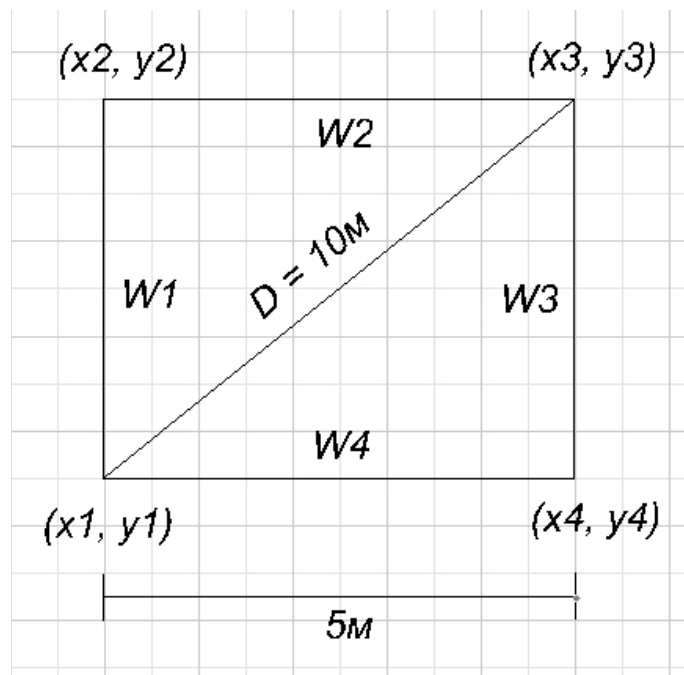


Рис. 1 – 2D модель параметризации

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

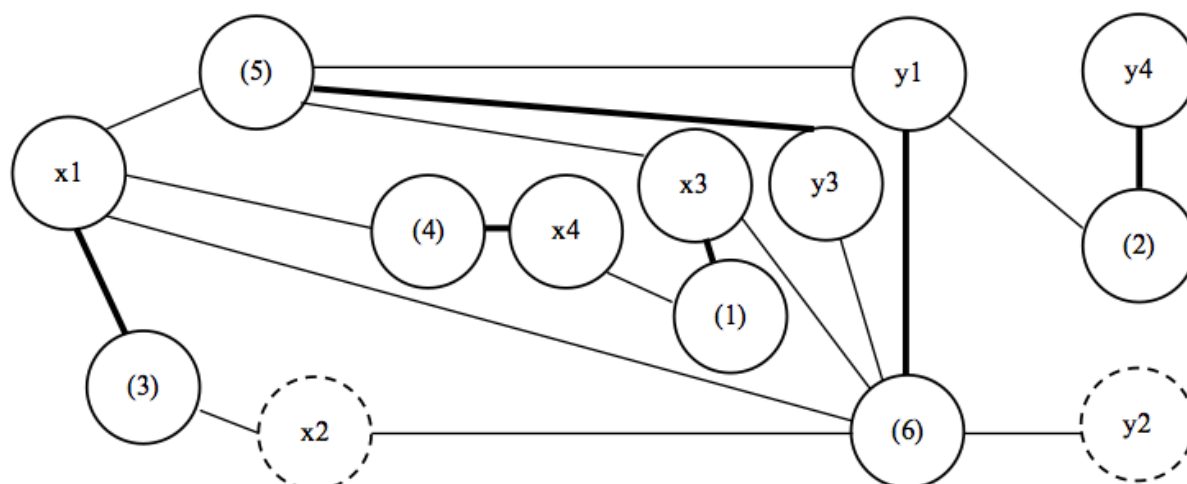


Рис. 2 – Граф зависимостей параметров

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 поставить 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: $x_1=10$; $y_1=31,34$; $x_2=10$; $y_2=40$; $x_3=15$; $y_3=40$; $x_4=15$; $y_4=31,34$.

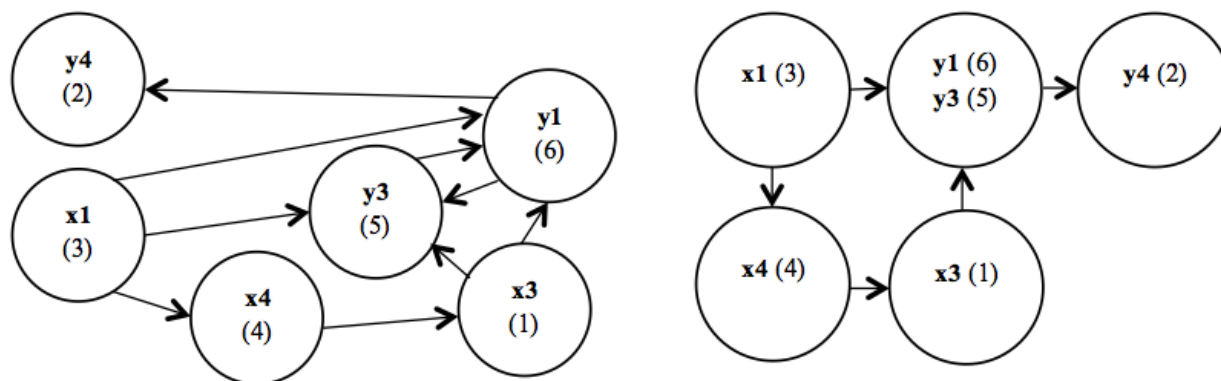


Рис. 3 – Граф пересчета:
а) пересчет зависимостей; б) последовательность пересчета

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).

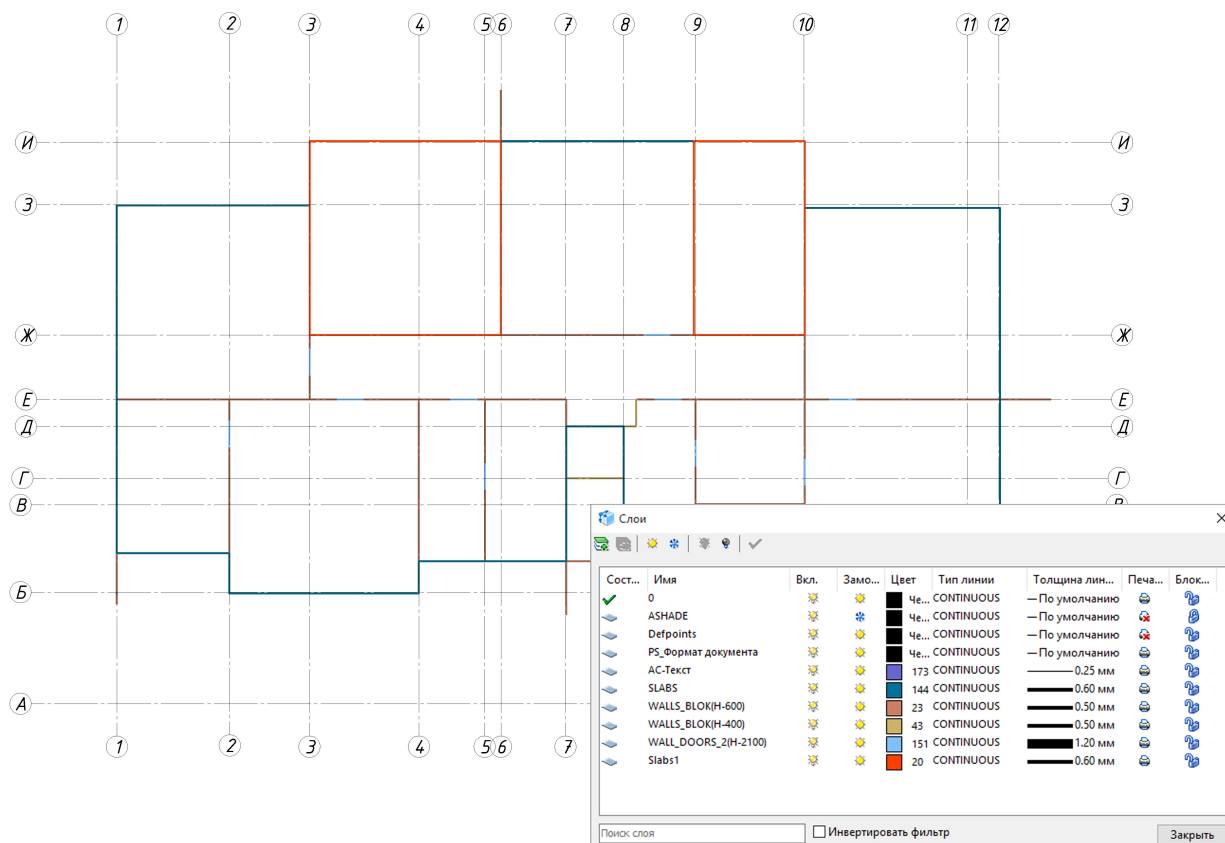


Рис. 4 – Чертеж 2D модели здания с группировкой параметров по слоям

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).

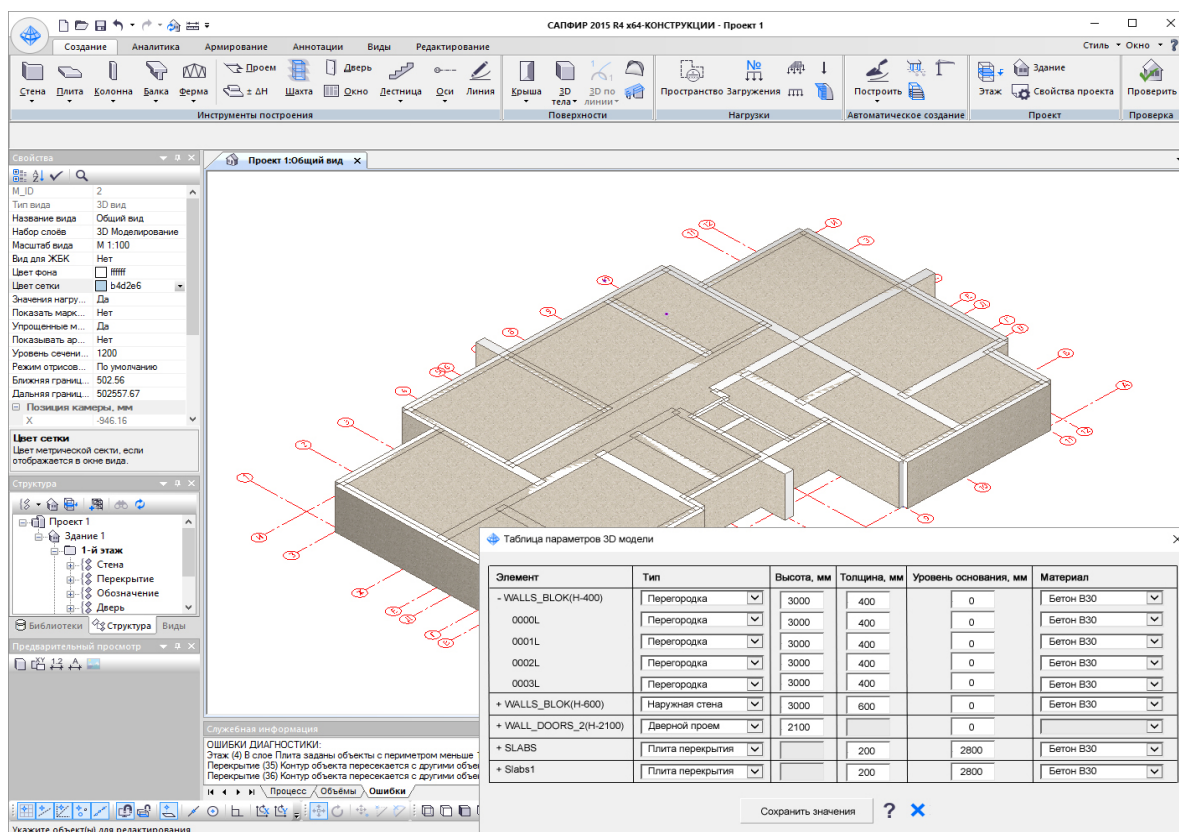


Рис. 5 – Параметризованная 3D модель этажа в программе САПФИР-3D

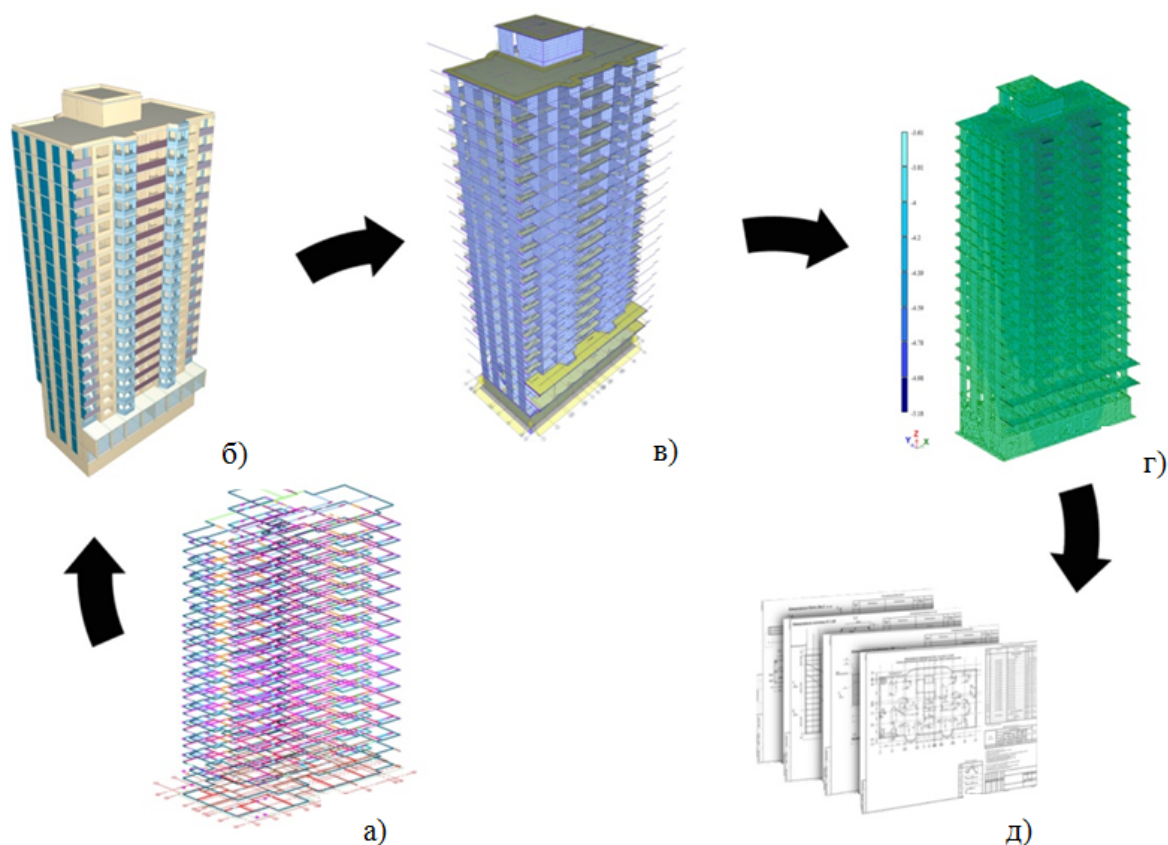


Рис. 6 – Пример единой технологической цепочки информационной модели здания: а) модель, импортированная из AutoCAD; б) 3D модель в ПК САПФИР; в) аналитическая модель; г) расчетная модель; д) рабочая документация

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: Monografiya. – 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. Informacionnye tehnologii integracii na osnove programmogo kompleksa SAPFIR.: Monografiya. – К.: Izd-vo «Stal'», 2012. – 485s.
4. Barabash M. S. Metody komp'yuternogo modelirovaniya 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.

5. Gorodeckij A.S. Kompleksnye sistemy proektirovaniya i upravleniya stroitel'stvom s ispol'zovaniem polnofunkcional'noj informacionnoj modeli zdaniya (BIM). Zarubezhnyj i otechestvennyj opyt, perspektivy razvitiya / A.S. Gorodeckij, M.S. Barabash, V.S. Sudak i dr. // Problemy razvitiya gorodskoj sredy: Nauchno-tehnicheskij sbornik. – K.: NAU, 2014. – Vyp.2(12). – 499s.

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. Maljuh V.N. Vvedenie v sovremennye SAPR: Kurs lekcij. – M.: DMK Press, 2010. – 192 s.: il.

DOI: 10.18454/mca.2016.01.5

Беляева С.Ю.¹, Кузнецов Д.Н.², Ковылина И.А.³

¹Кандидат технических наук, доцент; ²старший преподаватель; ³студент магистратуры,
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНОЙ РАМЫ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ ОШИБКАХ СБОРКИ И МОНТАЖА

Аннотация

Рассмотрены вопросы, связанные с влиянием неточностей сборки и монтажа на перераспределение внутренних усилий в стальной раме переменного сечения; выполнен анализ несущей способности элементов рамы с учетом полученных при возведении отклонений.

Ключевые слова: стальная рама, переменное сечение, ошибка сборки, ошибка монтажа, перераспределение усилий, несущая способность.

Belyeva S.Y.¹, Kuznetsov D.N.², Kovilina I.A.³

¹PhD in Engineering, associate professor; ²senior lecturer; ³graduate student,
Voronezh State University of Architecture and Civil engineering

A RESEARCH ON THE CARRYING CAPACITY OF THE STEEL FRAME ELEMENTS WITH VARIABLE CROSS SECTIONS IN ASSEMBLING AND INSTALLATION ERRORS

Abstract

We have considered the problems associated with the influence of inaccuracies of assembly and installation on the redistribution of internal forces in the steel frame of variable sections. The analysis of the carrying capacity of the frame members has been conducted taking into account the deviations obtained during the construction.

Keywords: steel frame, variable cross-section, assembling error, installation error, redistribution efforts, bearing capacity.

Рамы в целом, и рамы переменного сечения в частности, как статически неопределимые системы, имеют некоторые особенности в работе. К числу прочих, к таким особенностям можно отнести зависимость между соотношением жесткостей элементов и распределением внутренних усилий в раме, а также влияние неточностей монтажа на внутреннее напряженное состояние вследствие возникновения дополнительных начальных напряжений. Необходимо также отметить, что каркасы из лёгких металлических конструкций, к которым относятся и рамы переменной жесткости, не обладают значительным запасом несущей способности, поэтому перераспределение внутренних усилий в них в результате неточностей изготовления, сборки или монтажа может в значительной степени повлиять на несущую способность элементов рамы [1]. И если при изготовлении строительных конструкций с необходимым контролем качества завод-изготовитель гарантирует соответствие отправочных марок проектным размерам, то на строительной площадке в ходе укрупнительной сборки и при выполнении монтажных работ возможны отклонения геометрических параметров конструкций от проектных значений, нередко превышающие предельно допустимые по нормам [2, табл. 4.9]. В этом случае возникает вопрос о возможности введения в эксплуатацию нового здания или сооружения.

Исследованию влияния ошибок сборки и монтажа на несущую способность элементов стальной рамы переменного сечения посвящена данная работа. Объектом исследования является производственно-складской корпус, входящий в состав завода семян сахарной свеклы ООО «Агротех-Гарант», расположенный в Алексеевском районе Белгородской области. Здание выполнено по проекту, разработанному компанией ASTRON BLDINGS. Производственно-складской корпус в плане имеет размеры 42м×54м. Каркас здания выполнен по рамно-связевой схеме. Основные несущие элементы каркаса – 3-х пролетные рамы с ригелем и крайними стойками переменной жесткости, средние стойки имеют постоянное сечение по длине (рис. 1). Шаг рам 6м. Отметка низа ригеля в уровне сопряжения с крайними стойками +7,100. Для элементов рамы согласно проекту принята сталь 09Г2С, что соответствует классу стали С345. Сопряжение стоек рамы с фундаментом - шарнирное, крайних стоек с ригелем - жесткое, средние стойки шарнирно примыкают к ригелю рамы.