

# ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ЦИФРОВАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

---

УДК 004.94:69

Э. Г. ЮМАТОВА, д-р пед. наук, доц., проф. кафедры инженерной графики и информационного моделирования; Н. Д. ЧУЧМАР, асс. кафедры инженерной графики и информационного моделирования; Д. М. ЛАРИОНОВ, студент

## ЗАДАЧИ СТРУКТУРИЗАЦИИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 433-21-41; эл. почта: yumatova.evelina@gmail.com

*Ключевые слова:* параметры цифровой модели объекта строительства, нормативные требования, открытые цифровые стандарты, алгоритмы структуризации данных.

---

*В статье рассматриваются задачи оптимальной организации данных при проектировании элементов объектов капитального строительства в технологии информационного моделирования. Выявлены проблемы в возможностях ТИМ-систем по настройке шаблона проекта и нормативной параметризации данных моделей, разработаны обобщенные алгоритмы для их решения. Внесены предложения по организации структуры данных в формате ifc для унификации операции экспорта/импорта.*

---

Цифровые системы информационного моделирования (ТИМ) реализуют взаимно-однозначное соответствие между объектно-ориентированной параметрической трехмерной моделью строительного объекта и проектно-сметной и рабочей документацией. Оптимизация разработки конкретной цифровой модели объекта строительства или его элемента может быть реализована в ТИМ за счет структуризации: во-первых, общего шаблона для организации взаимодействия нескольких участников проекта; во-вторых, непосредственно данных самой модели для обеспечения на основе функции параметрического моделирования возможности изменения атрибутов и размерных параметров элементов модели по ходу уточнения проекта.

Общий шаблон в системах ТИМ и CAD – это цифровая среда проекта с необходимой структурой, элементами и семействами, а также с настроенными шаблонами видов, шрифтами, аннотациями, спецификациями, марками, материалами, правилами экспорта-импорта данных и др. В системе Autodesk AutoCAD и отечественной системе NanoCAD СПДС организация работы нескольких участников проекта осуществляется через шаблон «Менеджер проекта». Однако данные системы в настоящее время уходят на второй план, заменяясь ТИМ. При этом редактирование общего шаблона возможно в ТИМ Autodesk Revit и в Graphisoft ArchiCAD. Более значимым для инженера шаблоном является ADSK Revit, созданный для всех разделов проектирования.

Функция параметризации данных модели (размеров формы и положения) в отечественной ТИМ-системе Renga реализуется через создание пользовательских профилей, а связь между размерными параметрами и текстовыми атрибутами –



через создание фильтров. Следует отметить, что в *Renga* для параметров положения реализована только «частичная» параметризация, а именно высоты (уровня). При этом, проблемы «частичной» параметризации размеров формы остаются и при экспорте моделей из других программ, и которые изначально при разработке имели кроме габаритных размеров большее число параметров (форматы – *ijec*, *ijc*, *ifc* и др.). Бóльшее развитие функция параметризации данных цифровой модели получила в системе *Revit*, позволяющая не только устанавливать размерные зависимости, но и создавать типовые ряды геометрически и аналитически сложных изделий (семейства) [1, 2].

Ввиду большей геометрической, междисциплинарной сложности, проблем экспорта/импорта данных при разработке цифровых моделей объектов строительства на стадиях АР и КР предприятиями наиболее их активная разработка в системе *Revit* осуществляется в сфере проектирования инженерного оборудования и систем (ИОС). На основе достаточного числа данных в этой сфере проведен анализ отредактированных различными предприятиями шаблонов и параметров семейств инженерных систем отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВиК), представленных различными компаниями, который выявил следующие недостатки: 1) не полное соответствие атрибутов, геометрических и технических параметров цифровых моделей требованиям нормативных документов (технические регламенты, ГОСТы, ТУ) и, как один из результатов – ошибки при автоматическом заполнении спецификаций; 2) ошибки программного характера, которые при работе в шаблоне проявляются с течением времени и приводят к возникновению, как «наведенных», так и системных влияющих на расчетные показатели ошибок в исходном файле проекта. Одним из видов системных ошибок является несогласованность настройки параметров семейств производителями-разработчиками продукции систем ИОС и ТИМ-каталогов; 3) не соответствующее нормативам ГОСТ СПДС оформление проектно-сметной и рабочей документации; 4) отсутствие унификации в требованиях органов госнадзора к структуре и представлению общих и контролируемых параметров цифровых моделей зданий в части требований к составу, наименованию, информационному наполнению, соответствию классам *IFC* и типу переменных. Фрагмент сравнения перечня, типа и наименований параметров нормативных проверок элемента ОВиК, включенных в требования учреждений госэкспертизы г. Москвы и Санкт-Петербурга, представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Анализ состава и типов параметров проверок элемента «Воздуховод»  
(*IfcDuct*) по требованиям учреждений экспертизы**

ГАУ Мосгосэкспертиза,	СПб ГАУ ЦГЭ
<i>1. IfcText</i>	
– Код, Имя и Марка элемента; – Код и Наименование материала, Группа горючести, Предел огнестойкости, Тип изоляции	– Позиция, Наименование, Обозначение (ТУ), Предел огнестойкости; – Имя, Тип, Класс герметичности
<i>2. IfcReal, IfcBoolean</i>	
– Толщина материала, Вес материала; – Наличие изоляции	– Расход и Скорость воздуха



Выявленные системные недостатки определили проблему и задачи исследования.

Для оптимизации редактирования общего шаблона оформления по ГОСТ СПДС в *Revit* составлен обобщенный алгоритм. Редактирование шаблона в алгоритме предполагает применение средств, как «простой» настройки параметров и системы листов, так и плагинов и программных сред, и включает: 1) применение дополнительного плагина для ускорения работы в шаблоне, например, для автоматического заполнения спецификаций (*MagiCad*); 2) включение разработанной базы ТИМ-моделей; 3) применение стандартных ТИМ-каталогов предприятий-производителей ИОС и материалов; 4) проверка шаблона на коллизии при работе с моделями сторонних предприятий для исключения пересечения геометрии элементов и отклонения нормируемых размеров между элементами модели (плагины *MagiCad* или *Navisworks*). Обычно проектировщик работает с конечным перечнем типов компаний; 5) выявление программных ошибок, приводящих к редактированию скриптов и кодов (плагин *Dynamo*, редакторы *Visual Studio*, *C#*).

Для оптимизации настройки параметрических данных на примере приборов ИОС составлен обобщенный рекурсивный алгоритм информационного наполнения цифрового семейства, включающий этапы: 1) анализ нормативной документации в сфере ТИМ-моделирования [3-5]; 2) определение нормативных геометрических параметров формы и положения изделия, параметров соединительных частей (линейные, радиальные, диаметральные и угловые размеры); 3) выявление технических показателей. Определение интервала значений и дополнительных параметров; 4) задание размерных зависимостей, а также зависимостей геометрических и технических параметров от атрибутивной информации. Составление предикатов, операторов и ссылочных таблиц в формате *cvs*; 5) задание в соответствии с классами *IFC* общих, геометрических и параметров нормативных проверок (*Pset\_Common*, *Qto\_Quantities*, *Pset\_ExpCheck*) [6].

Рассмотрим в качестве примера разработку по алгоритму в системе *Revit* составного семейства «Радиаторы стальные» (*IfcSpaceHeater*), геометрические параметры и структура которого представлены на рис. 1.

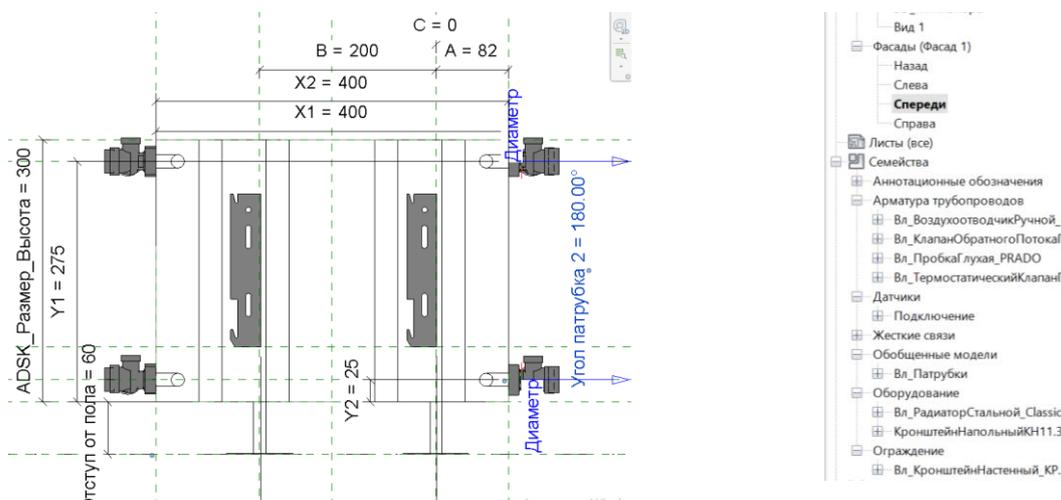


Рис. 1. Геометрические параметры и структура семейства. Фрагмент



Для установления зависимости длины прибора (переменная X1, входит также в марку прибора) от текстового атрибута «Тип подключения» был составлен следующий предикат:

1)  $if(or(Подключение = Л\_В\_Л\_Н, Подключение = Л\_В\_П\_В, Подключение = Л\_В\_П\_Н, Подключение = Л\_Н\_Л\_В, Подключение = Л\_Н\_П\_В, Подключение = Л\_Н\_П\_Н), ADSK\_Размер\_Длина$ ;

2)  $if(or(Подключение = П\_В\_Л\_В, Подключение = П\_В\_Л\_Н, Подключение = П\_В\_П\_Н, Подключение = П\_Н\_Л\_В, Подключение = П\_Н\_Л\_Н, Подключение = П\_Н\_П\_В), 15 \text{ мм}, 0 \text{ мм}))$ . Атрибут, например, Л\_В\_Л\_Н, означает, что подключение слева вверху и слева внизу.

В результате, для конкретного типа радиатора возможен подбор подключения или, наоборот, под каждое подключение возможен выбор длины радиатора. Предикаты также составлены для определения действительного значения углового параметра патрубка «Угол патрубка» в зависимости от атрибута «Тип подключения» (рис. 2).

Размеры		
A (по умолчанию)	82.0	= 82 мм
ADSK_Диаметр условный	15.0 мм	= DSI_Диаметр
ADSK_Размер_Высота	300.0	=
ADSK_Размер_Длина (по умолчанию)	400.0	=
ADSK_Размер_Толщина	164.0	=
B (по умолчанию)	200.0	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Габариты, "B", 0 мм, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
C (по умолчанию)	0.0	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Габариты, "C", 0 мм, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
DSI_Диаметр	15.0	=
DSI_Межосевое расстояние	250.0	= ADSK_Размер_Высота - 50 мм
M (по умолчанию)	175.0	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Габариты, "A", 0 мм, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
X1 (по умолчанию)	385.0	= if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_В_П_В, Подключение = Л_В_П_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = Л_Н_П_В, Подключение = Л_Н_П_Н), 15 мм, 0 мм)
X2 (по умолчанию)	15.0	= if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = П_В_Л_В, Подключение = П_В_Л_Н, Подключение = П_Н_Л_В, Подключение = П_Н_П_В), 15 мм, 0 мм)
Y1 (по умолчанию)	275.0	= if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_В_П_В, Подключение = Л_В_П_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = Л_Н_П_В, Подключение = Л_Н_П_Н), 275 мм, 0 мм)
Y2 (по умолчанию)	25.0	= if(or(Подключение = Л_В_П_В, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = Л_Н_П_В, Подключение = П_В_Л_В, Подключение = П_Н_Л_В, Подключение = П_Н_П_В), 25 мм, 0 мм)
Отступ от низа радиатора до настенного кронштейна	62.5	= 62.5 мм
Отступ от стены до лицевой грани (по умолчанию)	189.0	= 189 мм
Отступ от стены до оси радиатора (по умолчанию)	75.0	= Отступ от стены до лицевой грани - 114 мм
Угол патрубка 1 (по умолчанию)	180.00°	= if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_В_П_В, Подключение = Л_В_П_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = Л_Н_П_В, Подключение = Л_Н_П_Н), 180.00°, 0.00°)
Угол патрубка 2 (по умолчанию)	0.00°	= if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = П_В_Л_В, Подключение = П_В_Л_Н, Подключение = П_Н_Л_В, Подключение = П_Н_П_В), 0.00°, 180.00°)

Рис. 2. Настройка геометрических параметров и текстовых атрибутов семейства

Для выбора технических параметров в зависимости от геометрии и марки устройства составлены операторы по типу «size\_lookup» для отбора параметров данных (длина, высота, объем, мощность и др.) в разработанных cvs-таблицах (рис. 3, 4).

Механизмы		
ADSK_Расход жидкости (по умолчанию)	0.00 л/с	=
ADSK_Тепловая мощность (по умолчанию)	870.00 Вт	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Параметры, "Q", 0 Вт, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
DSI_Объем теплоносителя (по умолчанию)	2.25 л	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Параметры, "V", 0 л, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
DSI_Площадь поверхности (по умолчанию)	2.160 м <sup>2</sup>	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Параметры, "S", 0 м <sup>2</sup> , ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
DSI_Рабочее давление	1000000.000000 Па	= 1000000 Па
DSI_Температура рабочей среды	90.00 °C	= 90 °C
DSI_Тепловой поток (по умолчанию)	859.00 Вт	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Параметры, "Z", 0 Вт, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)

Рис.3. Настройки технических показателей семейства

#H##length##millimeters,L##length##millimeters,S##area##square_meters,M##number##general,Q##hvac_power##
300,300.000000,400.000000,0.810000,9.030000,619.000000,2.250000,582.000000,200.000000,0.000000,175.000000
300,300.000000,500.000000,1.000000,10.790000,733.000000,2.820000,704.000000,300.000000,0.000000,175.000000
300,300.000000,600.000000,1.200000,12.550000,846.000000,3.390000,825.000000,400.000000,0.000000,175.000000
300,300.000000,700.000000,1.400000,14.350000,959.000000,3.960000,947.000000,500.000000,0.000000,175.000000

Рис.4. Расчетные параметры данных в cvs-таблицах. Фрагмент



Для настройки экспорта файла проекта в перечень текстовых, булевых и действительных параметров оборудования с расширением *ifc*, стандартно содержащий только ТУ, добавлены: марка элемента, тип прибора, код, наименование и группа горючести материала, признак энергоэффективности решения.

**Заключение.** Выявлена необходимость оптимизации структуры данных информационных моделей объектов строительства. Разработаны обобщенные алгоритмы для редактирования шаблона и параметров данных проекта. Приведена практическая реализация алгоритмов на примере приборов ИОС. Внесено предложение о необходимости разработки Росстандартом ГОСТа, содержащего унифицированный перечень нормативных показателей *IFC* и их типов для разработки цифровых моделей объектов строительства и их элементов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Применение *BIM*-системы *Renga* для создания информационной модели цеха для использования при техническом перевооружении. – Текст : электронный// САПР и графика. – 2020. – № 6 (284). – С. 32–35. – URL: <https://sapr.ru/article/26068> (дата обращения: 06.06.2023).

2. Юматова, Э. Г. Информационное моделирование в строительстве. Технология *Revit* : учебное пособие для вузов / Э. Г. Юматова. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022. – 81 с. : ISBN 978-5-528-001418-1.

3. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31.12.2020 г. № 928/пр : дата введения 01.07.2021 г. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 195 с. – Текст : непосредственный.

4. Требования к информационным моделям объектов капитального строительства. Часть 4. – 2019. – URL: [https://www.mos.ru/upload/documents/files/1115/01\\_ObshietrebovaniyakCMzdanii\\_40.pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/files/1115/01_ObshietrebovaniyakCMzdanii_40.pdf) (дата обращения: 07.09.2024). – Текст : электронный.

5. ГОСТ 31311-2022. Приборы отопительные. Общие технические условия : межгосударственный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 мая 2022 г. N 333-ст : дата введения 01.02.2023. – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 14 с. – Текст : непосредственный.

6. Юматова, Э. Г. Стандартизация контроля качества проектных работ в строительстве с применением технологии информационного моделирования / Э. Г. Юматова, Е. А. Люкина. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 3. – С. 51–57.

**YUMATOVA Evelina Gennadievna, doctor of pedagogical sciences, associate professor, professor of the chair of engineering graphics and information modeling; CHUCHMAR Nikita Dmitrievich, assistant of the chair of engineering graphics and information modeling; LARIONOV Dmitry Mikhailovich, student**

### TASKS OF DATA STRUCTURING IN INFORMATION MODELING SYSTEMS IN CONSTRUCTION



Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7(831) 433-21-41; e-mail: yumatova.evelina@gmail.com

*Key words:* parameters of a digital model of a construction project, regulatory requirements, open digital standards, data structuring algorithms.

---

*The article discusses the problems of optimal data organization when designing elements of capital construction projects using information modeling technology. Problems in the capabilities of TIM-systems for setting up a project template and normative parameterization of these models have been identified. Generalized algorithms have been developed to solve them. Proposals have been made for organizing the data structure in the ifc-format to unify the export/import operation.*

---

#### REFERENCES

1. Primenenie BIM-sistemy Renga dlya sozdaniya informatsionnoy modeli tsekha dlya ispol'zovaniya pri tekhnicheskoy perevooruzhenii [Application of the Renga BIM system for creating an information model of a workshop for use in technical re-equipment]. SAPR i grafika [SAPR and Graphics], 2020, № 6 (284), P. 32–35. URL: <https://sapr.ru/article/26068> (accessed: 06.06.2023).

2. Yumatova E. G. Informatsionnoe modelirovanie v stroitelstve. Tekhnologiya Revit [Information modeling in construction. Revit technology] : uchebnoe posobie dlya vuzov. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2022, 81 p., ISBN 978-5-528-001418-1.

3. SP 333.1325800.2020. Informatsionnoe modelirovanie v stroitelstve. Pravila formirovaniya informatsionnoy modeli obektov na razlichnykh stadiyakh zhiznennogo tsikla [Information modeling in construction. Rules for the formation of an information model of objects at various stages of the life cycle] : svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhden i vveden v deystvie Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva RF ot 31.12.2020 g. № 928/pr : data vvedeniya 01.07.2021 g. Moscow, Standartinform, 2021, 195 p.

4. Trebovaniya k informatsionnym modelyam obektov kapitalnogo stroitelstva. Chast 4 [Requirements for information models of capital construction projects. Part 4]. 2019. URL: [https://www.mos.ru/upload/documents/files/1115/01\\_ObshietrebovaniyakCMzdaniy\\_40.pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/files/1115/01_ObshietrebovaniyakCMzdaniy_40.pdf) (accessed: 07.09.2024).

5. GOST 31311-2022. Pribory otopitelnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Heating appliances. General technical conditions] : mezhgosudarstvennyy standart RF: utverzhden i vveden v deystvie Prikazom Federalnogo agentstva po tekhnicheskomy regulirovaniyu i metrologii ot 18 maya 2022 g. N 333-st : data vvedeniya 01.02.2023. Moscow, Rossiyskiy institut standartizatsii, 2022, 14 p.

6. Yumatova E. G., Lyukina E. A. Standartizatsiya kontrolya kachestva proektnykh rabot v stroitelstve s primeneniem tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya [Standardization of quality control of design works in construction using information modeling technology]. Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizh. gos. arkh.-str. un-t. Nizhny Novgorod, 2023, № 3, P. 51–57.

© Э. Г. Юматова, Н. Д. Чучмар, Д. М. Ларионов, 2025

Получено: 28.11.2024 г.