

УДК 69.003

А. С. Милая
A. S. Milaya

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ В ПО «RENGA»

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF AN OPERATIONAL INFORMATION MODEL IN RENGA SOFTWARE

Аннотация. Статья посвящена особенностям разработки информационных моделей зданий с помощью BIM-технологий на примере отечественной программы автоматизированного проектирования «Renga». Цель исследования состоит в раскрытии функционала данной программы, необходимого для создания цифровой информационной модели с возможностью дальнейшего её экспорта с атрибутивными данными в стороннее программное обеспечение. Подобная эксплуатационная информационная модель позволяет более эффективно планировать техническое обслуживание, осуществлять своевременный надзор за состоянием эксплуатируемого объекта, моделировать чрезвычайные ситуации.

Методы исследования – анализ, компьютерное моделирование. В результате исследования получена готовая эксплуатационная информационная модель цифрового двойника главного корпуса Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (НГАСУ (Сибстрин)), а также проведена проверка корректности вывода атрибутивных данных.

Abstract. The article examines the features of the development of information models of buildings using BIM technologies on the example of the Russian computer-aided design program «Renga». The aim of the research is to highlight the possibilities of «Renga» software for creating a digital information model with the further possibility of exporting a model with attribute data to third-party software. Such an operational information model allows for more efficient planning of maintenance, timely supervision of the state of the operated facility, and simulation of emergency situations.

Research methods are analysis, computer modeling. The result is a ready-made operational information model of the digital twin of the main building of the NGASU (Sibstrin) and verification of the correctness of the output of attribute data.

Ключевые слова: BIM-технологии, формат IFC, эксплуатационная информационная модель, атрибутивные данные, уровни проработки.

Keywords: BIM, IFC, operational information model, attribute data, level of detail.

На сегодняшний день архитекторами, проектировщиками и строителями накоплен достаточно большой опыт проектирования и строительства зданий с применением информационного моделирования. Цифровая информационная модель (далее – ЦИМ) создаётся, как правило, на стадии проектирования, после чего в неё вносятся необходимые атрибутивные данные в соответствии с этапами жизненного цикла постройки. Проектная информационная модель отличается от эксплуатационной модели своим назначением и наполнением.

Целью настоящей работы является создание цифровой информационной модели с помощью программы «Renga»¹ для дальнейшего её экспорта с атрибутивными данными в стороннее программное обеспечение (далее – ПО). Моделируемый объект – главный корпус Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин).

Согласно Своду правил «Информационное моделирование в строительстве», основными задачами цифровой информационной модели выступают планирование технического обслуживания и ремонта в целях своевременного надзора за состоянием эксплуатируемого объекта, мониторинг его эксплуатационных характеристик и моделирование возможных чрезвычайных ситуаций [1, приложение Ж, пункт Ж.12]. При определении задач информационного моделирования на стадии эксплуатации необходимо учитывать положения ГОСТ Р 57311 [2]. В упомянутом Своде правил для каждого этапа жизненного цикла здания² определены соответствующие уровни проработки информационной модели [1, пункт 5, таблица 5.1].

¹ «Renga» – отечественная BIM-система для проектирования зданий и сооружений, позволяющая комплексно решать архитектурные, конструкторские и инженерные задачи. Является совместной разработкой компаний «Аскон» и «1С». BIM (*Building Information Modeling*) – информационное моделирование зданий. – *Прим. Ред.*

² Согласно Своду правил информационного моделирования, к этапам жизненного цикла здания относятся «инженерные изыскания, архитектурно-строительное проектирование (включая прохождение экспертизы), строительство (включая ввод в эксплуатацию), эксплуатация (включая текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос и утилизация объекта капитального строительства (ликвидация – для производственных объектов)» [1, пункт 3.1.2]. – *Прим. Ред.*

Таблица 1

Параметры стен и перегородок

Наименование параметра	Имя параметра IFC ¹	Тип	Примечание
Признак несущей конструкции	Load Bearing	Булевый ²	Указывается несущая (ИСТИНА) или ненесущая (ЛОЖЬ) стена
Предел огнестойкости	Fire Rating	Текст	Указывается предел огнестойкости для несущей конструкции (Федеральный закон № 123-ФЗ, статья 35)
Признак противопожарной преграды	Compartmentation	Булевый	Указывается стена, которая является противопожарной преградой (ИСТИНА), например, стена пожарного отсека
Наружный	Is External	Булевый	Признак элемента, расположенного снаружи здания

Источник: [3]

Всего таких уровней шесть. На каждом этапе используется свой установленный тип модели. При этом в случае необходимости модель может быть переведена с одного этапа жизненного цикла на другой. Так, эксплуатационная модель может на определенное время стать строительной или исполнительной моделью, при внесении или исключении атрибутивных данных.

Характеристики параметров здания приводятся в соответствии с требованиями государственной экспертизы [3]. В таблице 1 в качестве примера приведены параметры стен и перегородок. Уровень проработки нашей информационной модели – D (см. таблицу 2).

¹ IFS (*Industry Foundation Classes*) – открытый стандарт передачи данных (открытый формат файлов) для поддержки взаимодействия между различными приложениями и программами BIM. – *Прим. Ред.*

² Булевый (англ. *Boolean*) – тип данных в информатике, принимающих только два возможных значения: «Истина» (1) или «Ложь» (0). Назван в честь английского математика Джорджа Буля (1815 – 1864). – *Прим. Ред.*

Таблица 2

Требуемые характеристики стен и перегородок

Наименование атрибута	Единица измерения	Описание	Уровни проработки					
			A	B	C1	C2	D	G
Код элемента	-	Указывается код по КСИ		X	X	X	X	X
Описание	-	Указывается описание элемента		X	X	X	X	X
Марка элемента	-	Указывается марка элемента, для занесения или группировки в спецификацию		X	X	X	X	X
Обозначение	-	Указывается нормативный документ на изделие (ГОСТ, ТУ и пр.)		X	X	X	X	X
Код материала	-	Указывается код материала по КСИ		X	X	X	X	X
Масса	кг	Указывается масса элемента		X	X	X	X	X
Тип по восприятию нагрузки	несущая/ не несущая/ самонесущая/ поэтажно несущая/-	Указывается тип конструкции по восприятию нагрузки		X	X	X	X	X
Стоимость	руб	Указывается стоимость конструкции		X	X			X
Класс пожарной опасности конструкций	-	Указывается класс пожарной опасности конструкций		X	X	X	X	X
Стоимость работ	руб	Указывается стоимость работ		X	X			X
Срок выполнения	дн	Указывается срок выполнения		X	X			X
Ответственный исполнитель	-	Указывается ответственный исполнитель			X			
Отметка о соблюдении проектных решений	-	Указывается отметка о соблюдении проектных решений				X		
Фото/видео фиксация скрытых работ	-	Указывается фото/видео фиксация скрытых работ			X			
Физический износ	%	Указывается физический износ					X	
Предписания уполномоченных лиц	-	Указывается предписания уполномоченных лиц					X	
Отчет о выполнении предписаний уполномоченных лиц	-	Указывается отчет о выполнении предписаний уполномоченных лиц					X	

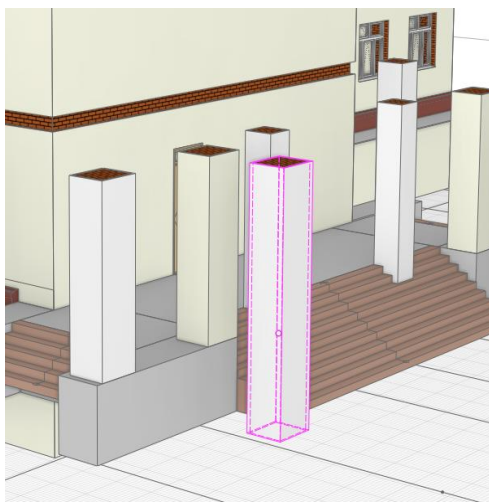
Источник: [1, приложение Д, таблица Д.2]

Архитектурно-строительная часть ЦИМ должна содержать (но не ограничиваться ими) следующие сведения о характеристиках элементов строительных конструкций: тип элемента; наименование элемента; местонахождение (отметка); материал; объёмный вес (плотность), кг/м³; масса, кг; объём. Расчётные характеристики приводятся в обозревателе модели.

Вывод всех характеристик, необходимых для расчёта, не всегда возможен автоматически в свойствах объекта, поэтому требуемые параметры нередко следует вносить дополнительно в свойства параметра «Материалы». Установленные Сводом правил характеристики конструкций (в данном случае стен и перегородок) приведены в таблице 2 [1, приложение Д].

Один из главных элементов любого здания – несущие колонны. В используемой программе возможны два варианта моделирования колонн:

ОТДЕЛКА СЕЧЕНИЯ



Свойство	Значение
▼ Параметры объекта	
Имя	Колонна - К8_Штукатурка_1000x860
Марка	К8
Материал	Штукатурка
Смещение от уровня, мм	-450
▼ Параметры объекта [общие]	
Высота колонны, мм	3 950
Имя родительского объекта	
Марка	К8
Марка родительского объекта	
Материал	815010747
Расположение колонны относительно оси	1
Смещение колонны по вертикали, мм	0
Смещение колонны по горизонтали, мм	0
Смещение по вертикали, мм	-450
Смещение родительского объекта по вертикали, мм	0
Стиль армирования	0
Стиль колонны	1875098765
Угол поворота колонны, рад	0
Уникальный идентификатор	1a92ee1e-d82e-40e8-a869-095b05b97d03
Уникальный идентификатор родительского объекта	
Уровень	223438
▼ Расчетные характеристики	
Длина, мм	3 950
Масса, кг	857,54
Общая длина арматурных стержней, мм	0
Общая масса арматурных стержней, кг	0
Периметр, мм	3 720
Площадь боковой поверхности, м ²	27,89
Площадь сечения, м ² / Площадь поперечного сечен...	0,17
Полная высота поперечного сечения, мм	860
Полная ширина поперечного сечения, мм	1 000
Чистый объем, м ³	0,66
▼ Свойства объекта	
IfcEntityType	
IfcName	
Код элемента	
Наименование	Колонна - К8_Штукатурка_1000x860
Обозначение	
Предел огнестойкости	R120
Примечание	Штукатурка

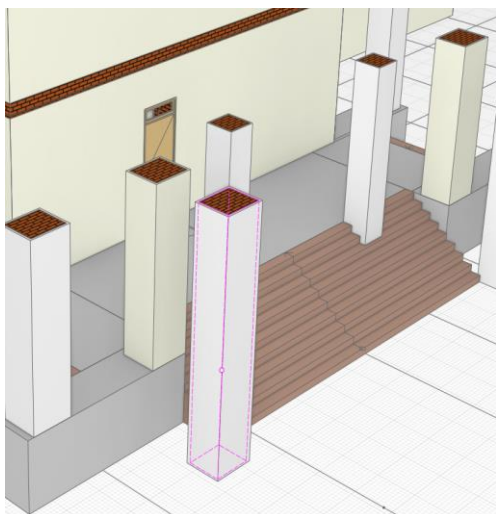
*Рисунок 1.
Выбранный элемент
(облицовочная колонна)*

*Таблица 3.
Заданные характеристики
для облицовочной колонны*

1) *Моделирование с помощью сборки* – позволяет достаточно легко создавать, перемещать и назначать элементы. Недостатками данного варианта являются ограниченность вывода атрибутики в спецификации и отсутствие возможности целиком изменять параметры объекта из основного рабочего пространства.

2) *Моделирование двух отдельных колонн с назначением нового профиля и нового материала в соответствии с сечением колонны* – достоинств у этого варианта гораздо больше. Это и увеличенное количество атрибутики, и более удобное изменение параметров объекта из основного рабочего пространства, и возможность создавать дополнительные типы колонн для нового слоя сечения.

НЕСУЩАЯ КОНСТРУКЦИЯ СЕЧЕНИЯ



Свойство	Значение
▼ Параметры объекта	
Имя	Колонна - К8_Прямоугольная_900x770
Марка	К8
Материал	К-р-по_250x120x65/1НФ/125/2,0/50/ГОСТ530-2012
Смещение от уровня, мм	-2 050
▼ Параметры объекта [общие]	
Высота колонны, мм	5 550
Имя родительского объекта	
Марка	К8
Марка родительского объекта	
Материал	372179049
Расположение колонны относительно оси	1
Смещение колонны по вертикали, мм	0
Смещение колонны по горизонтали, мм	0
Смещение по вертикали, мм	-2 050
Смещение родительского объекта по вертикали, мм	0
Стиль армирования	1
Стиль колонны	757223657
Угол поворота колонны, рад	0
Уникальный идентификатор	5f17a64b-099b-48d0-a515-1f50acc165ac
Уникальный идентификатор родительского объекта	
Уровень	223438
▼ Расчетные характеристики	
Длина, мм	5 550
Масса, кг	5 384,61
Общая длина арматурных стержней, мм	0
Общая масса арматурных стержней, кг	0
Периметр, мм	3 340
Площадь боковой поверхности, м ²	18,54
Площадь сечения, м ² / Площадь поперечного сечен...	0,69
Полная высота поперечного сечения, мм	770
Полная ширина поперечного сечения, мм	900
Чистый объем, м ³	3,85
▼ Свойства объекта	
IfcEntityType	IfcColumn
IfcName	Колонна_Несущая
Код элемента	ЭЛ 30 16 40
Наименование	Колонна - К8_Прямоугольная_900x770
Обозначение	
Предел огнестойкости	R120
Примечание	К-р-по_250x120x65/1НФ/125/2,0/50/ГОСТ530-2012

*Рисунок 2.
Выбранный элемент
(несущая колонна)*

*Таблица 4.
Заданные характеристики
для несущей колонны*

Нами был выбран второй вариант моделирования (рис. 1, 2, табл. 3, 4).

В рамках нашей исследовательской работы создавалась базовая модель главного корпуса НГАСУ (Сибстрин) с возможностью фильтрации чертежей и элементов в трёхмерном пространстве по соответствующим разделам. Базовая модель в обязательном порядке должна включать архитектурные решения (АР или «Архитектурная модель») и конструктивные решения (КР или «Конструктивная модель») [3]. Последовательно их рассмотрим.

Архитектурная модель состоит из следующих элементов: ненесущие стены и перегородки; потолки; пилястры; покрытия кровли; лестницы; ограждения; двери и окна; помещения. Архитектурные элементы

моделировались в соответствии с их конструктивными особенностями и технологией возведения. Наружные и внутренние стены, а также перекрытия формировались из тех же многослойных материалов, что и несущие стены (последние, как и все несущие элементы, включены в раздел КР или «Конструктивная модель»).

Утепляющий слой и отделка наружных стен были смоделированы с помощью инструмента «Стена» в параметре «Многослойный материал». Элементы лестниц были представлены в модели либо отдельной ступенькой из элемента «Балка», либо продолжением элемента «Перекрытие» (то есть для детальной проработки лестниц использовались инструменты обоих элементов). Это объясняется отсутствием у оператора возможности менять в программе соответствующие настройки элементов (в данном случае речь идёт о настройке отдельных лестничных ступеней). Устройство пола было выполнено в параметре «Многослойный материал» (объект «Перекрытие»).

Для дверей и окон были подобраны стилевые решения и габариты, максимально приближенные к оригиналу. Каждый вариант стиля имеет в программе гибкую настройку под заданные размеры, но при этом в одном стиле нельзя комбинировать разные материалы. Помимо окон и дверей свой стиль можно создавать для элементов «Колонна», «Балка», «Пластина», «Элемент», «Армирование», «Трубопроводные системы», «Воздуховодные системы» и «Электрические системы». Все моделируемые помещения получили сквозную нумерацию, позволяющую безошибочно определять их местоположение относительно уровня и секции/блока.

В состав *конструктивной модели* входят фундаменты (плиты, отдельно стоящие фундаменты, ленточный фундамент); несущие стены; несущие колонны; перекрытия; крыша; балки; дверные и оконные проёмы; узлы сопряжения несущих конструкций. Фундамент должен отражать действительный конструктивный тип (плитный, ленточный или столбчатый) и тип сборки (монолитный или сборный), иметь точное местоположение в модели,

точные места примыканий к смежным конструктивным элементам, точные конструктивные размеры и форму, с указанием технологических отверстий и проёмов. Несущие стены моделировались инструментом «Стена» и параметром «Многослойный материал». С учётом раскладки кирпича, его габаритов, зависящих от марки, и фактических размеров стены, подбирались толщина отделочного и несущего слоя. Поскольку у объекта «Стена» приоритет выше, чем у объекта «Перекрытие», необходимо было сделать расшивание плиты перекрытия. В инструменте «Колонна», в параметрах, можно было задать только один материал, и тот в качестве основного (например, кирпич). Но поскольку помимо основного материала есть ещё отделка в виде штукатурки, следовало составить единую конструкцию несущей колонны. Для этого в редакторе «Профиль» каждый её слой моделировался отдельно, как новый объект. Конструкция крыши должна включать, кроме несущих элементов (плиты, фермы, стропила, обрешётка, узлы креплений), точную геометрию и углы наклона.

После разработки требуемой модели производится вывод чертежа в стороннее ПО с помощью формата IFC (также возможен вывод в форматах DWG и PDF). Согласно Своду правил, наименование файла, экспортируемого в общеобменный формат, должно состоять из пяти базовых блоков [1, таблицы 11.1, 11.2 и 11.3]. В итоге наш чертёж получил название «I4200R_ RA451_0_ BS_NGASU». При экспорте модели в формат IFC оператор задаёт параметры и свойства элементов объекта в соответствии с целями моделирования и требованиями государственной экспертизы. При необходимости он может переопределять свойства объектов и выбирать вид передаваемой модели. В ПО «Renga» по умолчанию установлены настройки для передачи вида модели (*Model View Definition*)¹ в формате «*Reference View*». Данный формат позволяет

¹ *Model View Definition, MVD* («Определение вида модели») – фильтры, определяющие графическую и буквенно-цифровую информацию, которая должна быть включена в обмен данными. – *Прим. Ред.*

максимально широко распространять данные в IFC для программ, поддерживающих различные процессы коммуникации и совместной работы. Соответствие параметров и свойств в самом ПО параметрам и свойствам в IFC задаётся в файле сопоставления параметров в формате JSON.¹ Последний конвертирует свойства модели для корректного вывода в другое ПО.

В результате проделанной работы можно сделать вывод о возможности применения ПО «Renga» для создания цифровой информационной эксплуатационной модели здания.

Список источников

1. Свод правил «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». СП 333.1325800.2020. Дата введения: 2021-07-01. Источник: Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573514520> (дата обращения: 30.05.2023).

2. ГОСТ Р 57311-2016. Национальный стандарт Российской Федерации «Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства». Дата введения: 2017-07-01. Источник: Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200142711> (дата обращения: 30.05.2023).

3. Приказ от 09 сентября 2020 года № МКЭ-ОД/20-45 «О внесении изменения в Приказ от 26 июня 2019 года № МКЭ-ОД/19-39 "Об утверждении требований к информационным моделям объектов капитального строительства, а также классификаторов для информационного моделирования"» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mos.ru/mke/documents/prikazy/view/244254220/> (дата обращения: 30.05.2023).

© Милая А.С., 2023



¹ *JavaScript Object Notation* («Обозначение объектов JavaScript») – текстовый формат обмена данными на основе языка JavaScript. – *Прим. Ред.*