

EDN: [AYVCNP](#)

УДК 004.921:69.04

А. С. КУЧЕРЕНКО, А. Е. НАУМОВФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова»,
г. Белгород, Российская Федерация

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЛНОСБОРНЫХ МОДУЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. Информационное моделирование в строительстве существенно уменьшило сроки и стоимость проектирования объектов, повысило качество проектной документации, сократив возможные коллизии. Для более тщательной проработки определенных разделов проектной документации, необходимо создание простых библиотечных элементов, которые ускорят процесс работы, снижая время работы над однотипными операциями. Следующим этапом автоматизации проектирования можно назвать создание параметрических моделей – алгоритмов, результатом которых является пространственные модели, оснащенные возможными характеристиками и свойствами объекта различных элементов. В данной статье будет представлена разработка и использование параметрического библиотечного объекта при информационном моделировании модулей полносборного домостроения. На примере программы ArchiCAD25, используя язык программирования GDL, встроенный в данное ПО и открытый для написания скриптов, будет создан умный объект модуля, описаны преимущества использования данного объекта, приведены примеры скриптов, произведена оценка эффективности, перспективы дальнейшего развития.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, параметрическое моделирование, строительное проектирование, строительные конструкции

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Технологии информационного моделирования (ТИМ) помогают управлять готовой продукцией, то есть объектом капитального строительства, на уровне организации при проектировании, строительстве и реконструкции здания. Целью ТИМ является готовая информационная модель, используемая на всех стадиях жизненного цикла. Для автоматизации процессов проектирования можно использовать параметрическое моделирование, которое позволяет интегрировать трехмерную модель с базой данных. По результатам такой модели можно получить готовую рабочую документацию. Актуальность работы обосновывается малым количеством семейств, оснащенных изменяемыми параметрами и с возможностью пересчета строительных конструкций, а также набирающее популярность полносборное модульное строительство.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Принципы параметрического моделирования и создание информационной модели строительных объектов отражены в работах ученых М. С. Барабаш, А. С. Городецкого, О. И. Пакидолова, В. А. Попова, А. В. Скворцова, В. В. Талапова, В. В. Мигунова и др.

ЦЕЛИ

Описать создание параметрических моделей и их возможности, сформулировать преимущества использования готовых параметрических моделей модульных зданий в ПО ArchiCAD.



ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Цифровая информационная модель (ЦИМ) – совокупность элементов, объединяющих в себе различные характеристики объекта, включая физические и функциональные свойства, как всей модели, так и составляющих ее частей, которые ориентированы в пространстве и представляют из себя параметрическую трехмерную модель. ЦИМ создает базу скоординированной, согласованной и взаимосвязанной информации об объекте капитального строительства (ОКС) будь то геометрическая привязка объекта на местности, аналитическая модель для расчетов, изменения при проектировании, ремонте, реконструкции и др. [1]. Основной проблемой проектирования сейчас является большое количество программных комплексов, которые закрывают 90 % задач по проектированию, но которые плохо согласуются между собой. Существуют общепринятые форматы, с помощью которых ЦИМ может импортироваться в другие ПО, такие как IFC, XML, DWG, но не все разработчики поддерживают их.

Одним из способов решения данной проблемы является параметрическое проектирование, которое представляет собой элемент информационной модели с заложенной базой данных. Массив информации включает в себя различные геометрические характеристики (размеры, объем), физические свойства объекта (масса, материалы), присвоенная информация (назначенные) и параметры (имя, маркировка, ГОСТ).

Преимущества параметрического моделирования:

- Высокая точность проектирования.
- Экономия времени.
- Реализация оригинальных и масштабных архитектурных идей.

На основе параметрического алгоритма мы можем создавать интерьерные, конструктивные, фасадные решения любой формы от простой до бионической, сложной рубленой геометрии или пространственной сетчатой конструкции. Такая архитектура притягивает взгляды и делает любое пространство уникальным.

Полносборные модульные здания – это малоэтажные быстровозводимые строения из монтируемых объемных элементов, в которые могут быть включены различные системы внутреннего оборудования, готовая отделка стен и фасадов. Модульное строительство имеет ряд преимуществ: снижение стоимости СМР, скорости возведения готового здания (сокращение сроков строительства до 2–3 месяцев), строительство не зависит от погодных условий, контроль качества строительной продукции происходит на заводах, что уменьшает риск дефектов строительной конструкции, увеличение качества СМР, в связи с тем, что все отделочные работы выполняются на производстве, стоимость готового проекта легко считается и не изменяется в период строительства. Мировой рынок модульного строительства переживает большой рост интереса к данной технологии, а информационное моделирование способно при помощи цифровых инструментов ускорить процесс проектирование модулей, обеспечить грамотную проработку по размещению и подключению инженерных сетей, оптимизировать логистику доставки модулей на строительную площадку и их сборку [2].

Параметрическое моделирование можно охарактеризовать как создание программных апплетов, компонентов различного программного обеспечения, предназначенные для определенной задачи и работающих только в данной среде. Написанные скрипты не имеют функциональной ценности в отрыве от программы, где они были созданы. В среде ArchiCAD параметрическое моделирование можно осуществить в открытом для любого пользователя языке GDL (Geometric Description Language). Данная возможность по созданию апплетов позволяет пользователю создавать свои маркеры, зоны, библиотечные элементы: мебель, оборудование, различные элементы вентиляции или отопления и т. п. Результатом работы является Библиотечный элемент, который может в себе содержать множество различных объектов на выбор [3].

При помощи параметризации в ArchiCAD можно создавать не только простейшие элементы, но и более сложные, добавляя в них расчеты по объемам материалов, выводя различные характеристики элементов, входящих в состав модели, которые позволят автоматически создавать ведомости и спецификации. Рассмотрим эффективность данной технологии на примере создания параметрической модели модулей для многоквартирного жилого дома полной заводской готовности [4].

Для создания параметрической модели нужно учитывать параметры, которые позволят нам создать объемную часть модуля и создать его плоское изображение на макете, а также те, которые сможет изменять пользователь в интерфейсе Библиотечного элемента. Также стоит учитывать написания алгоритма для элементов, которые позволят нам сформировать спецификацию, например, диаметр, шаг, количество арматуры, параметры ее привязки, защитный слой бетона, свойства мате-

риалов и т. д. На рисунке 1 приведена часть перечня параметров, которые содержит в себе модель и которые пользователь может изменить [5].

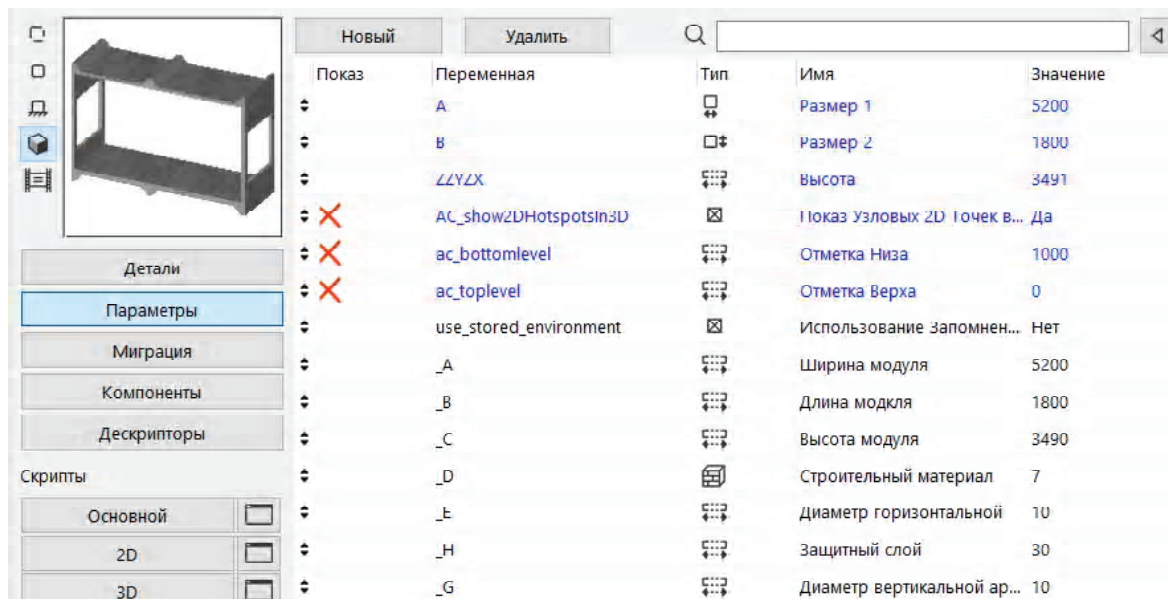


Рисунок 1 – Параметры модуля, созданные в среде ArchiCAD.

В результате написания алгоритма был получен каталог параметрических моделей, представленный на рисунке 2, который включает в себя различные модули первого и второго этажей с возможностью их выбора, а также изменения диаметра, шага арматуры, толщины защитного слоя бетона и т. п. [6].

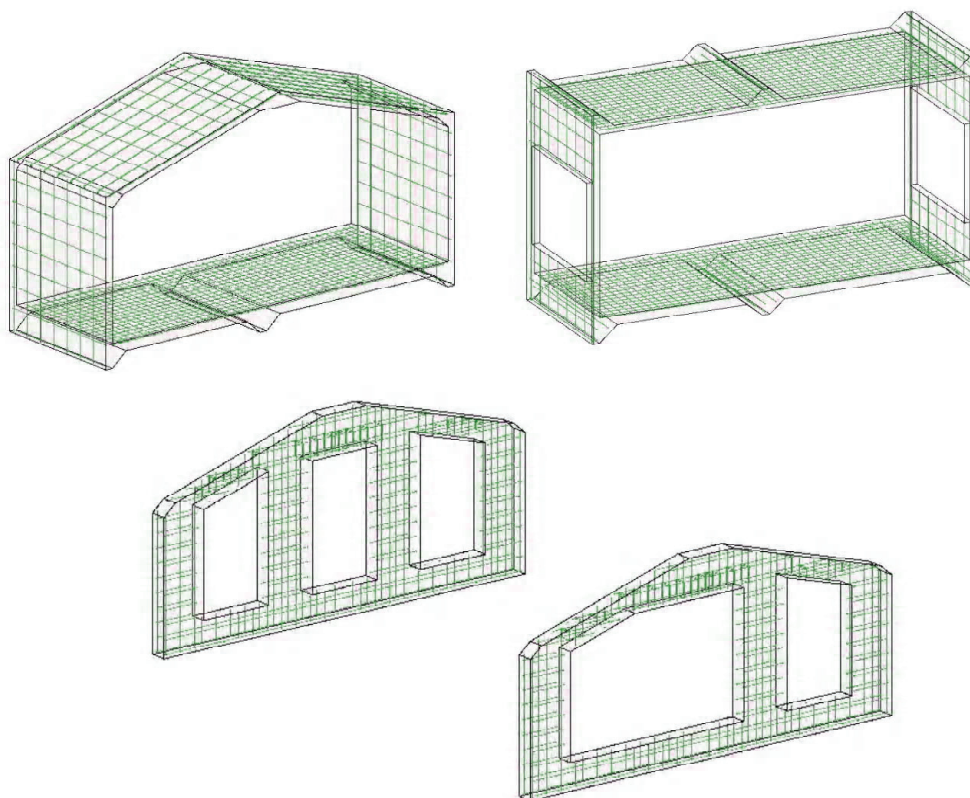
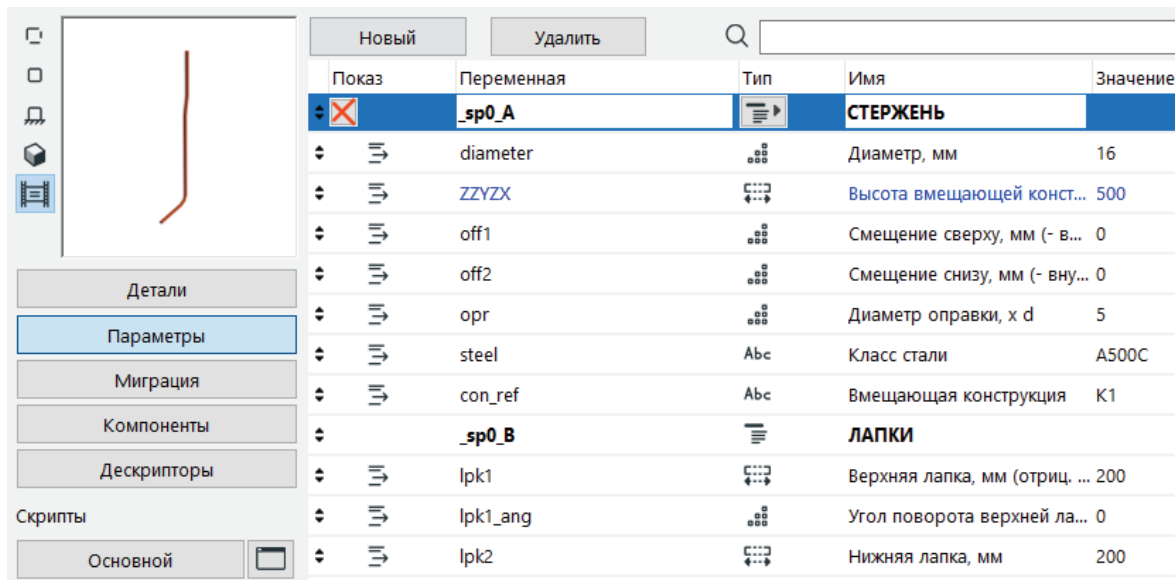


Рисунок 2 – Каталог параметрических моделей модульного здания.

При помощи функции «call» мы можем использовать ранее созданные элементы. Например, рассмотрим применение уже созданного вертикального стержня. Его параметры мы можем увидеть на рисунке 3. Для «заложения» в модуль арматуры понадобятся ее следующие данные: диаметр, смещение арматуры сверху и снизу, диаметр оправки, класс стали, верхние и нижние лапки и др. Скрипт по добавлению вертикальной арматуры в конструкцию представлен на рисунке 4. Аналогичные манипуляции происходят с горизонтальными стержнями, хомутами и другими арматурными элементами, которые нам необходимо добавить. При помощи несложных математических алгоритмов описывается расположение каждого элемента в виде цикла или массива, указываются ограничения его использования.



Показ	Переменная	Тип	Имя	Значение
✗	_sp0_A		СТЕРЖЕНЬ	
↕	diameter	☰	Диаметр, мм	16
↕	zzyzx	☰	Высота вмещающей конст...	500
↕	off1	☰	Смещение сверху, мм (- в...	0
↕	off2	☰	Смещение снизу, мм (- вну...	0
↕	opr	☰	Диаметр оправки, x d	5
↕	steel	Абс	Класс стали	A500C
↕	con_ref	Абс	Вмещающая конструкция	K1
↕	_sp0_B		ЛАПКИ	
↕	lpk1	☰	Верхняя лапка, мм (отриц...	200
↕	lpk1_ang	☰	Угол поворота верхней ла...	0
↕	lpk2	☰	Нижняя лапка, мм	200

Рисунок 3 – Параметры модуля, созданные в среде ArchiCAD.

```

call "вертикальный стержень" parameters zzyzx=N,
diameter=D1*1000,
off1=-Z*1000,
off2=H2*1000,
opr=2,
lpk1=-H1,
lpk1_ang=ang[(i-1)*2+j],
lpk2=H2,
lpk2_ang=ang[(i-1)*2+j]
del 1
    
```

Рисунок 4 – Скрипт использования функции «call» для вертикального стержня.

Современные программы информационного моделирования имеют возможность автоматического формирования спецификаций и ведомостей. На рисунке 5 представлена спецификация арматуры одного из модулей [7].

Интерфейс модели представлен на рисунке 6. Для проверки эффективности параметрической модели был произведен опыт создания модуля первого этажа из стандартных конструктивных элементов в программе ArchiCAD. Проектирование при помощи встроенных ресурсов заняло около 2 часов. Формирование параметрической модели одного модуля, сбора исходных данных, определения параметров, создания скрипта для подсчета арматуры и ее расположения в конструкции заняло менее 1 часа. Средний проект модульного здания может содержать от 6 до 10 модулей, параметрическое моделирование может ускорить процесс проектирования до 4 часов вместо 16, что существенно повышает производительность проектной организации [8].

Спецификация арматуры					
Элемент	Поз.	Обозначение	Количество	Длина ед., мм	Масса ед., кг
Модуль (нижний)					
	Арматурная сетка	d10 A500C-100 / d10 A500C-100 (174x494) 25/25	2	—	109,08
	Стержень вертикальный	d10 A500C, L=3491	16	3491	2,16
	Стержень горизонтальный	d10 A500C, L=1740	44	1740	1,08
				132416	300,24

Рисунок 5 – Автоматически сформированная спецификация армирования одного модуля первого этажа без оконных проемов с указанием массы арматуры.

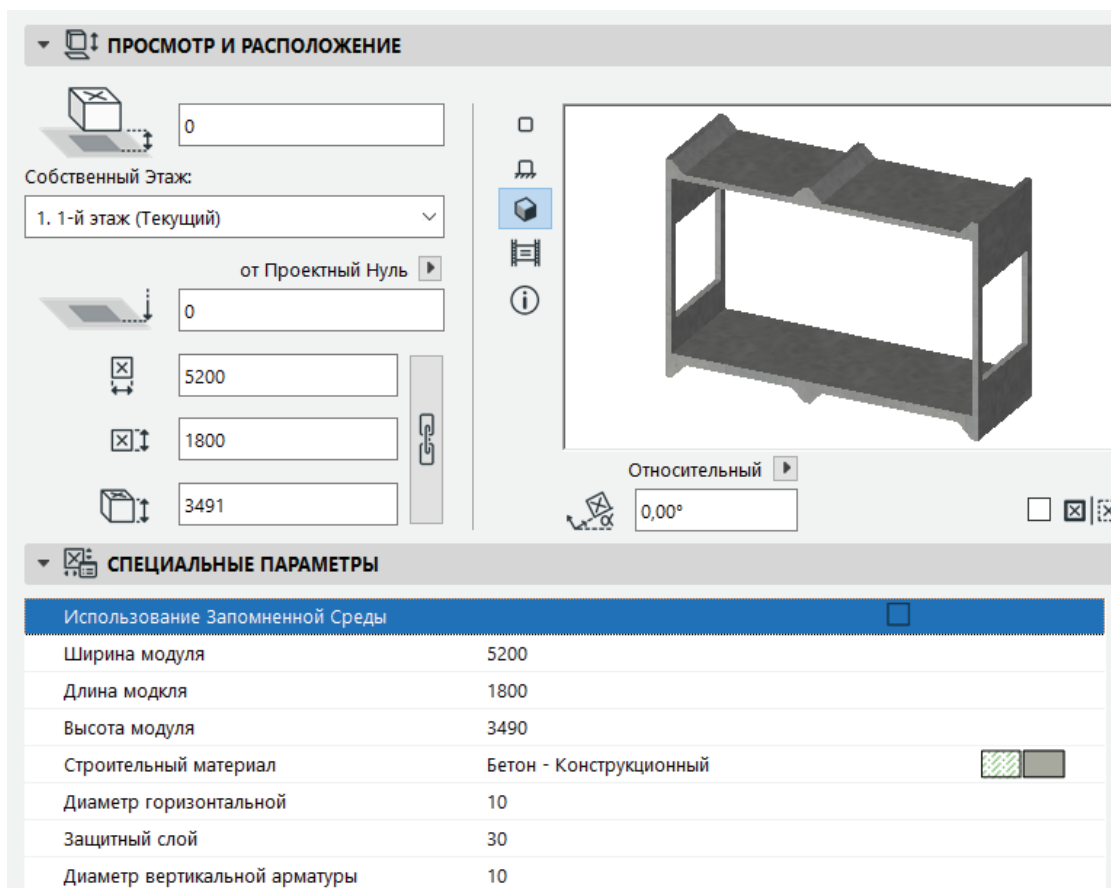


Рисунок 6 – Работа с параметрической моделью.

ВЫВОД

Параметрическое моделирование – специальная технология, предназначенная для объектов, меняющих свое свойство, внешний вид, информацию по управлению пользователем в зависимости от исходных данных, габаритных размеров, вводимых пользователем в диалоговом режиме в специальное окно или из скрипта. Параметрические модели позволяют автоматизировать отдельные элементы проектной деятельности. С помощью параметрических моделей можно создавать как простые

предметы интерьера и экстерьера, выглядящее сходно, но обладающие различными характеристиками, так и различные конструктивные сборки, например, стальные конструкции, арматурные каркасы железобетонных конструкций, также сложные расчетные элементы со сложными алгоритмами.

Подведем основные итоги по преимуществам готовой параметрической модели:

1. Быстрое изменение параметров для изменения технического решения объекта.
2. Мгновенные изменения с их последующим отображением в 3Д и на плане.
3. Автоматизация расчетов объемов.
4. Возможности доработки модели с последующим увеличением степени детализации.
5. Дальнейшее использование информационной модели на всем этапе жизненного цикла объекта.
6. Доработка модели, с включением в нее расчетов для структурного анализа [9].

Создание параметрических моделей различных конструкций является сложным процессом, требующим определенного рода знаний и расширением владения возможностями программного обеспечения. Тем не менее создание шаблонных, типовых конструкций позволяет оптимизировать время работы проектировщика, снизить количество возможных ошибок проектной документации, сократить трудозатраты. Широкий спектр выбора Библиотечных элементов позволит быстро выгружать ведомости и спецификации для экономического анализа, осуществить быстрый и точный конструктивный, что делает проектирование более эффективным и выгодным [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 333.1325800.2017. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла = Building information modeling. Modeling guidelines for various project life cycle stages : официальное издание : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 18 сентября 2017 г. N 1227/пр и введен в действие с 19 марта 2018 г. : введен впервые : дата введения 2018-03-19 / исполнители Акционерное общество "Научно-исследовательский центр «Строительство» – Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В. А. Кучеренко (АО «НИИЦ "Строительство"» – ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко)", Общество с ограниченной ответственностью «КОНКУРАТОР» (ООО «КОНКУРАТОР»). – Москва : Стандартинформ, 2018. – 40 с. – Текст : непосредственный.
2. Параметрические библиотечные элементы как эффективное средство совершенствования технологий информационного моделирования в строительстве / А. Е. Наумов, А. С. Кучеренко, Е. А. Бобровников [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2023. – № 2. – С. 20–28. – DOI 10.34031/2071-7318-2022-8-2-20-28. – URL: <http://dspace.bstu.ru/jspui/handle/123456789/4525> (дата обращения: 15.04.2023). – EDN: ALCZUO.
3. Сундетова, А. Ж. Блочно-модульное строительство как альтернатива капитальному строительству. Конструктивные решения блочно-модульного строительства / А. Ж. Сундетова. – Текст : электронный // E-Scio. – 2022. – № 11(74). – С. 414–424. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50024744_94198892.pdf (дата обращения: 12.04.2023). – EDN: DHTVRG.
4. Ларин, В. С. Параметрическое моделирование в связке трех аппаратных комплексов ARCHICAD, RHINOCEROS, GRASSHOPPER / В. С. Ларин, Ф. К. Клашанов. – Текст : электронный // Студенческий. – 2019. – № 10(54). – С. 6–11. – URL: <https://sibac.info/archive/journal/student/10%2854%29.pdf> (дата обращения: 12.04.2023). – EDN: ZUVQMW.
5. Жуков, А. Д. Возможности российского ПО в сфере строительного проектирования / А. Д. Жуков, А. Н. Калашник, А. С. Кучеренко. – Текст : электронный // Образование. Наука. Производство : сборник докладов XIV Международного молодежного форума, Белгород, 13–14 октября 2022 года. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2022. – С. 109–112. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49863060_45622842.pdf (дата обращения: 12.04.2023). – EDN: LSOSHS.
6. Georgiev, N. G. Application of visual programming in modeling building structures / N. G. Georgiev, K. A. Shumilov. – Текст : электронный // Innovations. The science. Education. – 2021. – No. 34. – P. 1418–1422. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vizualnoe-programmirovaniye-v-zadachah-modelirovaniya-stroitelnyh-konstruktsiy> (дата обращения: 12.04.2023). – EDN: AAXTTM.
7. ARCHICAD: ОТКРЫВАЯ ЗАНОВО. Язык GDL: программирование для уникальных задач архитектора. – Текст : электронный // «Строительный эксперт» : [сайт]. – 30 августа 2017. – URL: <https://ardexpert.ru/article/10209> (дата обращения: 14.04.23).
8. GDL Reference Guide. GRAPHISOFT. – [S. l.] : by GRAPHISOFT, 2019. – 729 с. – URL: <https://help.graphisoft.com/AC/23/FRA/GDL.pdf> (дата обращения: 14.04.2023). – Текст : электронный.
9. ARCHICAD Training Series Part 2. Conceptual design in ARCHICAD architect. – URL: <http://www.graphisoft.ru/learning/trainingmaterials/training-series/volume-2.html> (дата обращения: 14.04.2023). – Текст : электронный.
10. Losev, K. Infographic oriented management model of cyber-physical systems during a building life cycle / K. Losev, V. Chulkov. – Текст : электронный // Construction and Architecture: Theory and Practice for the Innovation

Development (CATPID-2019) : E3S Web of Conferences International Scientific Conference. – 2019. – Volume 138. – Article No. 02009. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913802009> (дата обращения: 14.04.2023).

Получена 05.05.2023

Принята 23.05.2023

О. С. КУЧЕРЕНКО, А. Е. НАУМОВ
ПАРАМЕТРИЧНЕ ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ
ІНСТРУМЕНТ ПРОЕКТУВАННЯ ПОВНОЗБІРНИХ МОДУЛЬНИХ
БУДІВЕЛЬ

ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет
імені В. Г. Шухова», м. Белгород, Російська Федерація

Анотація. Інформаційне моделювання в будівництві істотно зменшило терміни і вартість проектування об'єктів, підвищило якість проектної документації, скоротивши можливі колізії. Для більш ретельного опрацювання певних розділів проектної документації необхідно створити прості бібліотечні елементи, які прискорять процес роботи, знижуючи час роботи над однотипними операціями. Наступним етапом автоматизації проектування можна назвати створення параметричних моделей-алгоритмів, результатом яких є просторові моделі, оснащені можливими характеристиками і властивостями об'єкта різних елементів. У даній статті буде представлена розробка і використання параметричного бібліотечного об'єкта при інформаційному моделюванні модулів повнозбірного домобудівництва. На прикладі програми ArchiCAD25, використовуючи мову програмування GDL, вбудований в дане ПО і відкритий для написання скриптів, буде створений розумний об'єкт модуля, описані переваги використання даного об'єкта, наведені приклади скриптів, проведена оцінка ефективності, перспективи подальшого розвитку.

Ключові слова: технології інформаційного моделювання, параметричне моделювання, будівельне проектування, будівельні конструкції.

ALEXANDRA KUCHERENKO, ANDREY NAUMOV
PARAMETRIC INFORMATION MODELING AS AN EFFECTIVE TOOL FOR
DESIGNING FULLY ASSEMBLED MODULAR BUILDINGS

FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov»,
Belgorod, Russian Federation

Abstract. Information modeling in construction has significantly reduced the time and cost of designing facilities, improved the quality of project documentation, reducing possible collisions. For a more thorough study of certain sections of the project documentation, it is necessary to create simple library elements that will speed up the process of the designer's work, reducing the time of performing the same type of operations. The next stage of design automation can be called the creation of parametric models – algorithms, the result of which is a spatial model equipped with possible characteristics and properties of the object of various elements. This article will present the development and use of a parametric library object in the information modeling of modules of fully assembled housing construction. Using the example of the ArchiCAD25 program, using the GDL programming language embedded in this software and open for writing algorithms, a smart module object will be created, the advantages of using this object are described, examples of scripts are given, efficiency is evaluated, and prospects for further development are made.

Keywords: building information modeling, parametric modeling, building design, building structures.

Кучеренко Александра Сергеевна – магістрант кафедри експертизи и управління недвижимостью ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», г. Белгород, Российская Федерация. Научные интересы: автоматизация информационного моделирования в строительстве.

Наумов Андрей Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», г. Белгород, Российская Федерация. Научные интересы: информационное моделирование зданий, управление жизненным циклом недвижимости, рационализация и оптимизация в строительном проектировании, аппаратно-программные технологии строительных изысканий.

Кучеренко Александра Сергіївна – магістрант кафедри експертизи та управління нерухомістю ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет імені В. Г. Шухова», м. Белгород, Російська Федерація. Наукові інтереси: автоматизація інформаційного моделювання у будівництві.

Наумов Андрій Євгенович – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри експертизи та управління ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет імені В. Г. Шухова», м. Белгород, Російська Федерація. Наукові інтереси: інформаційне моделювання будівель, управління життєвим циклом нерухомості, раціоналізація та оптимізація у будівельному проектуванні, апаратно-програмні технології будівельних досліджень.

Kucherenko Alexandra – master's student, Examination and Management of Real-Estate Department, FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov», Belgorod, Russian Federation. Scientific interests: automation of information modeling in construction.

Naumov Andrey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head Examination and Management of Real-Estate Department, FSBEI HE «Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov», Belgorod, Russian Federation. Scientific interests: building information modeling, real estate life cycle management, rationalization and optimization in building design, hardware and software technologies for building surveys.