

ВИЗУАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В статье рассматривается визуальное программирование как ключевой инструмент развития технологий информационного моделирования в строительстве. Анализируются основные среды – Dynamo и Grasshopper, их функциональные возможности и применение для автоматизации проектирования, параметрического моделирования сложных конструкций и генеративной оптимизации. Уделяется внимание интеграции с расчётными комплексами и влиянию на подготовку инженерных кадров. Делается вывод, что визуальное программирование становится неотъемлемым элементом BIM-технологий, обеспечивающим переход к динамическому управлению данными на всех этапах жизненного цикла строительного объекта.

Ключевые слова: визуальное программирование, BIM-технологии, информационное моделирование, параметрическое моделирование, генеративное проектирование, Dynamo, Grasshopper, автоматизация проектирования, строительство, оптимизация конструкций, интеграция с расчётными комплексами.

Annotation. The article considers visual programming as a key tool for the development of information modeling technologies in construction. The main environments dynamo and grasshopper, their functionality and application for design automation, parametric modeling of complex structures and generative optimization are analyzed. Attention is paid to integration with calculation complexes and the impact on the training of engineering personnel. It is concluded that visual programming is becoming an integral element of BIM technologies,

ensuring the transition to dynamic data management at all stages of the life cycle of a construction facility.

Keywords: visual programming, bim technologies, information modeling, parametric modeling, generative design, dynamo, grasshopper, design automation, construction, structural optimization, integration with computational complexes.

Технологии информационного моделирования в строительстве (Building Information Modeling, BIM) за последние годы прошли путь от инновационной методики до стандарта проектирования и строительства. Всё большее число стран вводят обязательные требования к применению BIM при реализации государственных и инфраструктурных проектов. Однако по мере усложнения объектов строительства и роста требований к точности и эффективности проектных решений возникает необходимость в дальнейшем совершенствовании инструментария BIM-моделирования. В этом контексте особую значимость приобретает визуальное программирование, которое позволяет проектировщикам выйти за рамки стандартных функций программных комплексов и создавать собственные алгоритмы обработки данных и управления геометрией моделей [1].

Визуальное программирование представляет собой подход, при котором построение алгоритма осуществляется не через написание текстового кода, а посредством соединения графических блоков – узлов, или «нодов». Каждый такой узел выполняет определённую операцию, а связи между ними формируют логическую последовательность действий, ведущую к получению результата. Данный метод существенно снижает порог входа в сферу программирования для специалистов строительной отрасли – архитекторов, инженеров-конструкторов, проектировщиков инженерных систем – поскольку не требует глубокого знания синтаксиса языков программирования. Вместе с тем визуальное программирование не является упрощённой версией традиционного кодирования. По сути, это альтернативный способ формализации алгоритмических процессов, который сохраняет всю мощь

программного подхода, но делает его более наглядным и интуитивно понятным для специалистов, мыслящих в категориях пространственных и логических связей.

Первое поколение BIM-систем предоставляло проектировщикам возможность создавать трёхмерные модели зданий, содержащие не только геометрическую информацию, но и данные о свойствах материалов, конструктивных элементах, инженерных системах. Однако работа с такими моделями оставалась в значительной степени ручной: изменение параметров объекта требовало обновления всех связанных элементов, что при большой сложности модели становилось трудоёмким и чреватым ошибками.

Как верно отмечает Абалтусов, Ю. А., следующим шагом стало внедрение параметрического моделирования, при котором элементы модели связываются между собой через зависимости. Например, изменение высоты этажа автоматически влечёт пересчёт объёмов конструкций, площадей помещений и других производных параметров. Однако и этого оказалось недостаточно для решения задач, связанных с оптимизацией форм, анализом множества вариантов конструктивных решений, обработкой больших массивов данных из внешних источников. Именно здесь возникает потребность в инструментах, позволяющих создавать собственные алгоритмы управления моделью. Традиционное программирование на языках C# или Python даёт такие возможности, но требует от проектировщика навыков разработчика, что на практике встречается редко. Визуальное программирование становится компромиссным решением: оно предоставляет доступ к программной логике через графический интерфейс, понятный инженеру без специальной подготовки [2].

На сегодняшний день наибольшее распространение в строительной отрасли получили две среды визуального программирования: Dynamo, интегрируемая с программным комплексом Autodesk Revit, и Grasshopper, работающий в связке с системой трёхмерного моделирования Rhinoceros.

Dynamo представляет собой платформу визуального программирования с открытым исходным кодом, которая устанавливается как надстройка к Revit. В интерфейсе Dynamo пользователь создаёт программы, называемые «графами», соединяя узлы, каждый из которых выполняет определённую функцию – от простых арифметических операций до сложных преобразований геометрии и извлечения данных из информационной модели. Преимущество Dynamo заключается в прямой интеграции с Revit: скрипты могут не только считывать информацию из модели, но и изменять её, создавать новые элементы, управлять параметрами семейств. Это делает Dynamo инструментом не только для анализа, но и для активного воздействия на процесс проектирования. Grasshopper, в свою очередь, является плагином параметрического моделирования для Rhinoceros. В отличие от Dynamo, Grasshopper изначально создавался как инструмент для работы со сложной геометрией и продвинутого архитектурного дизайна. Его библиотека узлов включает средства для работы с NURBS-поверхностями, мешами, сложными математическими функциями, что расширяет возможности при проектировании объектов с органической архитектурой. Важно отметить, что Grasshopper также обеспечивает взаимодействие с BIM-системами: созданная в нём параметрическая геометрия может быть экспортирована в Revit или ArchiCAD для дальнейшего наполнения атрибутивной информацией [3].

Исследователи отмечают, что выбор между Dynamo и Grasshopper часто определяется спецификой решаемых задач. Если Dynamo предпочтительнее для автоматизации рутинных процессов и работы с данными в рамках существующей BIM-модели, то Grasshopper оказывается более гибким инструментом для поиска сложных геометрических форм и генеративных алгоритмов.

Таблица 1. – Сравнение GH и Dynamo

Критерий	Grasshopper	Dynamo
Среда	Rhino (NURBS-свободное моделирование)	Revit (BIM-моделирование)
Геометрия	Сложные органические формы, поверхности	Конструктивные элементы (стены, перекрытия)
Работа с BIM	Ограничена (через плагины)	Нативная (параметры, спецификации, уровни)
Основное применение	Поиск формы, генеративный дизайн, симуляции	Автоматизация рутины, работа с данными модели
Сложность освоения	Высокая (математика, деревья данных)	Средняя (интуитивно для BIM-специалистов)

Одним из ключевых направлений применения визуального программирования в BIM является автоматизация повторяющихся операций, которые занимают значительное время в работе проектировщика. К таким операциям относятся: расстановка однотипных элементов – колонн, светильников, вентиляционных решёток – с заданным шагом или по определённому правилу; создание и заполнение спецификаций; пакетная обработка параметров семейств; формирование чертежей на основе модели. Практика показывает, что применение визуального программирования позволяет сократить время выполнения таких задач в несколько раз. Более того, автоматизация снижает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором: скрипт выполняет операцию одинаково точно каждый раз, тогда как при ручной работе неизбежны отклонения и пропуски.

В качестве примера можно привести автоматическую проверку соответствия элементов модели строительным нормам и правилам. В одном из исследований был разработан модуль для автоматизированной проверки объектов дорожного проектирования на соответствие проектным стандартам. Используя связку Civil 3D и Dynamo, удалось реализовать систему, которая в автоматическом режиме анализирует параметры модели и выдаёт заключение о соответствии или несоответствии требованиям нормативной документации[4]. Такой подход не только ускоряет процесс экспертизы, но и позволяет выявлять проблемы на ранних стадиях проектирования, когда их исправление требует минимальных затрат.

Визуальное программирование позволяет создавать конструкции, которые трудно смоделировать стандартными средствами, особенно при нестандартной геометрии – большепролётных покрытиях, башнях, сложных фасадах. Исследователи СПбГАСУ разработали скрипты для моделирования арочных ферм в среде Dynamo и Revit, где ключевые параметры (длина, высота, число сегментов, сечения) задаются как переменные; их изменение автоматически перестраивает геометрию и спецификации. Также созданы алгоритмы для башен с вариативной геометрией основания (многоугольник или окружность) в Dynamo-Revit и Grasshopper-Rhinoceros, позволяющие задавать этажность, размеры в плане и высоту этажа; модели экспортируются в SCAD Office для расчётов на прочность, что ускоряет эскизное проектирование и перебор вариантов [5].

Следующий уровень – генеративное проектирование, где алгоритм генерирует множество вариантов и оценивает их по заданным критериям. В связке Dynamo и Revit проектировщик определяет варьируемые входные параметры и выходные показатели качества; система перебирает комбинации и отбирает лучшие по целевым функциям. Это применяется для оптимизации планировки (по площади, инсоляции, связям зон) и конструкций (минимизация массы при сохранении несущей способности). Генеративное проектирование не заменяет проектировщика, а расширяет его возможности,

оставляя за человеком постановку целей и интерпретацию результатов. В широком смысле визуальное программирование реализует вычислительный эксперимент по триаде «модель – алгоритм – программа» для оптимизации там, где целевые функции требуют численного моделирования.

Полноценный BIM невозможен без связи с инженерными расчётами. Визуальное программирование служит мостом между информационной моделью и расчётными комплексами. В работе Георгиева Н.Г., Шумилова К.А., Семенова А.А. (2021) рассмотрена возможность передачи моделей из Dynamo в SCAD Office для выполнения статических расчётов строительных конструкций. Однако важно отметить, что на данный момент описывается преимущественно односторонний экспорт данных, а не полноценная двусторонняя параметрическая связь, при которой изменение в исходной BIM-модели автоматически обновляет расчётную схему в SCAD. Grasshopper также интегрируется с расчётными модулями, а встроенная поддержка Python, C# позволяет создавать пользовательские компоненты для специфических задач.

Визуальное программирование меняет подготовку строительных специалистов: университеты вводят курсы по параметрическому моделированию. В СПбГАСУ разработана программа «Визуальное программирование для BIM» с модулями по информационному моделированию, Python и практике решения отраслевых задач. Использование визуального программирования в обучении улучшает усвоение материала – студенты видят структуру алгоритма и его результаты, что углубляет понимание связей между параметрами и конечным результатом [5].

Таким образом, визуальное программирование выступает не просто дополнительным инструментом, а системообразующим фактором эволюционного развития BIM-технологий, обеспечивающим переход от статичного моделирования к динамическому управлению проектными данными. Автоматизация рутинных процессов, параметрическая генерация сложной геометрии, интеграция с расчётными комплексами и внедрение алгоритмов генеративной оптимизации существенно повышают

производительность и качество проектных решений. Одновременно с этим визуальное программирование трансформирует систему подготовки инженерных кадров, формируя у специалистов алгоритмическое мышление и навыки работы с вычислительными методами. В перспективе дальнейшее сближение визуального программирования с методами искусственного интеллекта и машинного обучения откроет новые горизонты для интеллектуализации строительного проектирования, однако уже на современном этапе визуальное программирование становится обязательной составляющей компетенций проектировщика, работающего в парадигме информационного моделирования.

Список источников:

1. Жигулин В. И., Шумилов К. А., Семенов А. А. Моделирование застройки произвольной формы с использованием Python в среде 3DS MAX // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 4 (38). С. 113-117.
2. Абалтусов, Ю. А. BIM-технологии. Проблемы их внедрения и перспективы развития в строительстве и проектировании / Ю. А. Абалтусов, В. В. Чатуров. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 25 (263). – С. 151-153.
3. Молчанова С.М. BIM как инструмент информационного моделирования при реализации проектов в строительной отрасли / С.М. Молчанова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – №7 (145). – URL: <https://research-journal.org/archive/7-145-2024-july/10.60797/IRJ.2024.145.180> (дата обращения: 30.08.2026).
4. Moon, H.-s., & Kim, H.-s. (2022). Automation Review of Road Design Standard using Visual Programming. Korean Journal of Construction Engineering and Management, 23(6), 52–60.
5. Георгиев Н.Г., Шумилов К.А., Семенов А.А. Визуальное программирование в задачах моделирования строительных конструкций //

Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 4 (38). – С. 117–123.