

УДК 004.92

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-1-100-110

EDN: SLTJGB

Информационное моделирование строительных конструкций: создание арочной фермы в среде визуального программирования Dynamo

В. А. Никитенко[✉], Д. А. Васильев

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет транспорта» (МИИТ)
127055, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9

Аннотация. Статья посвящена применению возможностей информационного моделирования для создания сложных строительных конструкций на примере арочной фермы с использованием среды визуального программирования Dynamo. Авторы рассматривают преимущества использования этой технологии при проектировании строительных объектов и особенности работы с программой Revit, которая является основным инструментом для реализации представленного проекта. Использование автоматизации проектирования арочных ферм через написание скриптов в Dynamo позволяет значительно сократить временные затраты и повысить точность расчетов. Цель исследования: разработать метод для автоматизированного создания информационной модели арочной фермы в Revit с помощью Dynamo для оптимизации процесса моделирования. В статье приводятся примеры конкретных задач, решаемых с помощью данного подхода, и рассматриваются перспективы дальнейшего развития технологии информационного моделирования в строительстве.

Ключевые слова: Dynamo, BIM, ТИМ, информационное моделирование, ферма

Поступила 05.11.2024, одобрена после рецензирования 10.02.2025, принята к публикации 11.02.2025

Для цитирования. Никитенко В. А., Васильев Д. А. Информационное моделирование строительных конструкций: создание арочной фермы в среде визуального программирования Dynamo // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 1. С. 100–110. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-1-100-110

MSC: 68U07

Original article

Information modeling of building structures: creating an arched truss in the Dynamo visual programming environment

V.A. Nikitenko[✉], D.A. Vasiliev

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
Russian University of transport (MIIT)
127055, Russia, Moscow, 9 Obraztsova street, building 9

Abstract. The article is devoted to the application of information modeling capabilities for creating complex building structures using the example of an arched truss using the Dynamo visual programming environment. The authors consider the advantages of using this technology in the design of building objects and the features of working with the Revit program, which is the main tool for implementing the presented project. Using automation of the design of arched trusses through writing scripts in Dynamo can significantly reduce time costs and improve the accuracy of calculations. The purpose of the study: to develop a method for the automated creation of an information model of an arched truss in Revit using

Dynamo, to optimize the modeling process. The article provides examples of specific problems solved using this approach, and discusses the prospects for further development of information modeling technology in construction.

Keywords: Dynamo, BIM, TIM, information modeling, truss

Submitted 05.11.2024,

approved after reviewing 10.02.2025,

accepted for publication 11.02.2025

For citation. Nikitenko V.A., Vasiliev D.A. Information modeling of building structures: creating an arched truss in the Dynamo visual programming environment. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2025. Vol. 27. No. 1. Pp. 100–110. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-1-100-110

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития строительной отрасли все большее распространение получают методы проектирования, основанные на технологии информационного моделирования зданий (англ. building information modeling) (ТИМ/ВИМ) [1]. Использование данной технологии способствует повышению точности и эффективности моделирования, ускорению разработки проектов и повышению качества управления строительными работами [2]. Важную роль в этом процессе играет совместное использование программ для информационного моделирования совместно со средой визуального программирования. В исследовании использовалась программа для ВИМ-моделирования Revit совместно с Dynamo [3]. Программы позволяют автоматизировать создание сложных конструктивных элементов и управлять параметрическими моделями. Это особенно необходимо при проектировании конструкций с нестандартной геометрией, например, арочных ферм.

Арочные фермы имеют сложную геометрию, поэтому их разработка требует больших затрат времени и вычислительных ресурсов персонального компьютера из-за необходимости учета огромного количества параметров, которые влияют на прочность и устойчивость конструкции. Визуальное программирование в Dynamo позволяет автоматизировать значительную часть этого процесса, сокращая время проектирования и снижая вероятность ошибок, возникающих при ручном моделировании.

Данное исследование имеет целью разработку и демонстрацию методики создания арочной фермы с применением среды визуального программирования Dynamo в интеграции с Revit. В работе исследуются возможности параметрического управления геометрией конструкции в рамках информационного моделирования и анализируется эффективность автоматизированного подхода к проектированию сложных строительных конструкций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве основного объекта моделирования была выбрана арочная ферма, которая представляет собой сложную строительную конструкцию. В качестве инструментов для достижения целей исследования использовалась комбинация программы Revit и среда визуального программирования Dynamo. Данные инструменты обладают возможностью параметрического управления геометрией фермы [4].

Для исследования использовались следующие материалы:

1. **Программное обеспечение Revit** – для формирования и визуализации информационной модели конструкции арки.
2. **Визуальное программирование в Dynamo** – для автоматизации процесса построения и управления моделью арочной фермы на основе параметрических сценариев.

3. **Библиотека семейств строительных материалов** в Revit – для задания сечений элементов фермы и механических характеристик.

Методы исследования:

1. **Параметрическое моделирование:** с использованием Dynamo были созданы скрипты, которые определяют основные параметры арочной фермы, включая длину, высоту, количество сегментов, профиль и сечение элементов. Применение скриптов позволило автоматически сгенерировать различные варианты 3D-модели фермы в зависимости от требуемых параметров в программе Revit.

2. **Алгоритмическое проектирование:** алгоритмические методы, реализованные в среде визуального программирования Dynamo, использовались для построения и оптимизации структуры арочной фермы. Использование разработанных авторами скриптов позволяет автоматически обновлять модель при изменении входных данных, ускоряя процесс проектирования и уменьшая количество ошибок.

Созданная модель была тщательно проверена на корректность геометрии и целостности конструкции. Анализ модели включал: оценку точности стыковки элементов и проверку соответствия модели заданным параметрам. Использование рассмотренных материалов и методов позволяет применять комплексный подход к проектированию арочных ферм, что гарантирует точное построение геометрии и универсальное параметрическое управление всей конструкцией.

ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Технологии информационного моделирования занимают важное место в современном строительстве, предоставляя полный контроль над данными на протяжении всего жизненного цикла объекта. ТИМ обеспечивает создание и управление цифровой моделью здания, которая содержит подробную информацию о его физических и функциональных свойствах. Основные преимущества – повышение качества проектирования, уменьшение сроков строительства, снижение затрат, повышение эффективности строительных работ [5].

Одной из ключевых возможностей ТИМ является обеспечение взаимодействия между различными участниками проекта (отдельными специалистами и командами), что помогает избегать ошибок, связанных с несоответствием или несовместимостью данных, упростить процесс координации инженерных сетей и актуализировать информацию о конструкции.

DYNAMO ДЛЯ REVIT

Dynamo – это среда визуального программирования. Она интегрирована с Revit и позволяет пользователям автоматизировать сложные проектные процессы, создавая алгоритмические модели [6]. Используя интерфейс визуального программирования, специалисты, не имеющие навыков программирования, могут создавать графические скрипты, с помощью которых выполняется управление параметрическими моделями. Использование Dynamo упрощает выполнение ряда сложных задач, например, изменение геометрии, расчет конструктивных элементов и анализ данных.

Преимуществом Dynamo является описание взаимосвязи между элементами модели для автоматизации проектирования путем создания логических схем. В результате становится возможным быстрое внесение изменений в конструкцию и адаптация ее к новым условиям – это особенно полезно при проектировании сложных и нестандартных объектов, например, арочных ферм. Кроме того, Dynamo поддерживает работу с очень большим объемом данных, а также позволяет выполнять сложные расчеты – все это делает проектирование более эффективным и точным.

Совместное использование возможностей среды визуального программирования Dynamo и программы Revit расширяет возможности параметрического моделирования, оптимизации и автоматизации, позволяя значительно ускорить процесс создания и редактирования моделей строительных объектов. Таким образом, визуальное программирование становится незаменимым инструментом для архитекторов и проектировщиков, работающих в рамках концепции информационного моделирования.

АРОЧНЫЕ ФЕРМЫ

В большинстве случаев именно арочные фермы являются основным видом строительных конструкций, применяемых для перекрытия больших пространств без дополнительных опор. Они отличаются высокой несущей способностью, прочностью и стойкостью к внешним воздействиям. Конструктивно арочная ферма состоит из системы соединенных между собой стержней, формирующих жесткую структуру, способную выдерживать горизонтальные и вертикальные нагрузки. За счет равномерного распределения усилий вдоль всей длины уменьшается концентрация напряжений и увеличивается сопротивляемость деформациям, что и обеспечивает эффективность арочных конструкций. При этом проектирование арочных ферм требует учета большого количества факторов: длина пролета, распределение нагрузок, форма арки и материалы, используемые для изготовления элементов, и т.д.

ПРОЦЕСС СОЗДАНИЯ АРОЧНОЙ ФЕРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ DYNAMO

Процесс моделирования арочной фермы с использованием среды визуального программирования Dynamo включает несколько последовательных этапов, каждый из которых направлен на достижение максимальной точности и автоматизации проектирования виртуальной копии будущего сооружения. Как указывалось выше, Dynamo имеет универсальные возможности для параметрического моделирования, позволяя автоматически корректировать модель арочной фермы при изменении исходных данных. Например, если изменить высоту арки, то размеры всех связанных элементов (опор и пролетов) обновляются автоматически. Возможность интеграции Dynamo с Revit позволяет пользователям воспользоваться преимуществами обеих программ: Revit обеспечивает мощные инструменты для трехмерного моделирования и создания документации, а Dynamo добавляет универсальность и автоматизацию различных задач.

Этапы создания арочной фермы в Dynamo:

1. Подготовка исходных данных: вначале необходимо определить основные параметры арочной фермы, включая ее геометрию, размеры и используемые строительные материалы. Именно эти параметры служат основой для дальнейшего моделирования и обеспечивают точность создания конструкции.

2. Создание пролетного строения: после подготовки исходных данных проектирование продолжается в среде визуального программирования Dynamo. На этом шаге разрабатывается структура, поддерживающая элементы арки. Ребра нижнего пояса выбираются с помощью специального нода Select Edge (рис. 1), который позволяет автоматически задать ширину пролетного строения в зависимости от ширины перекрытия в проекте [7]. Этот подход обеспечивает точное и согласованное формирование элементов конструкции.

3. Разбиение линий и определение точек: чтобы создать арку, линии, полученные от выбранных ребер перекрытия, разбиваются на n равных участков. Это разбиение формирует опорные точки, необходимые для построения арочной геометрии. Кроме того, определяется точка середины арки, которая задается на определенной высоте h от нижнего пояса.

Высота h вычисляется в зависимости от проектных требований, и соответствующая координата z задается для правильного расположения этой точки.

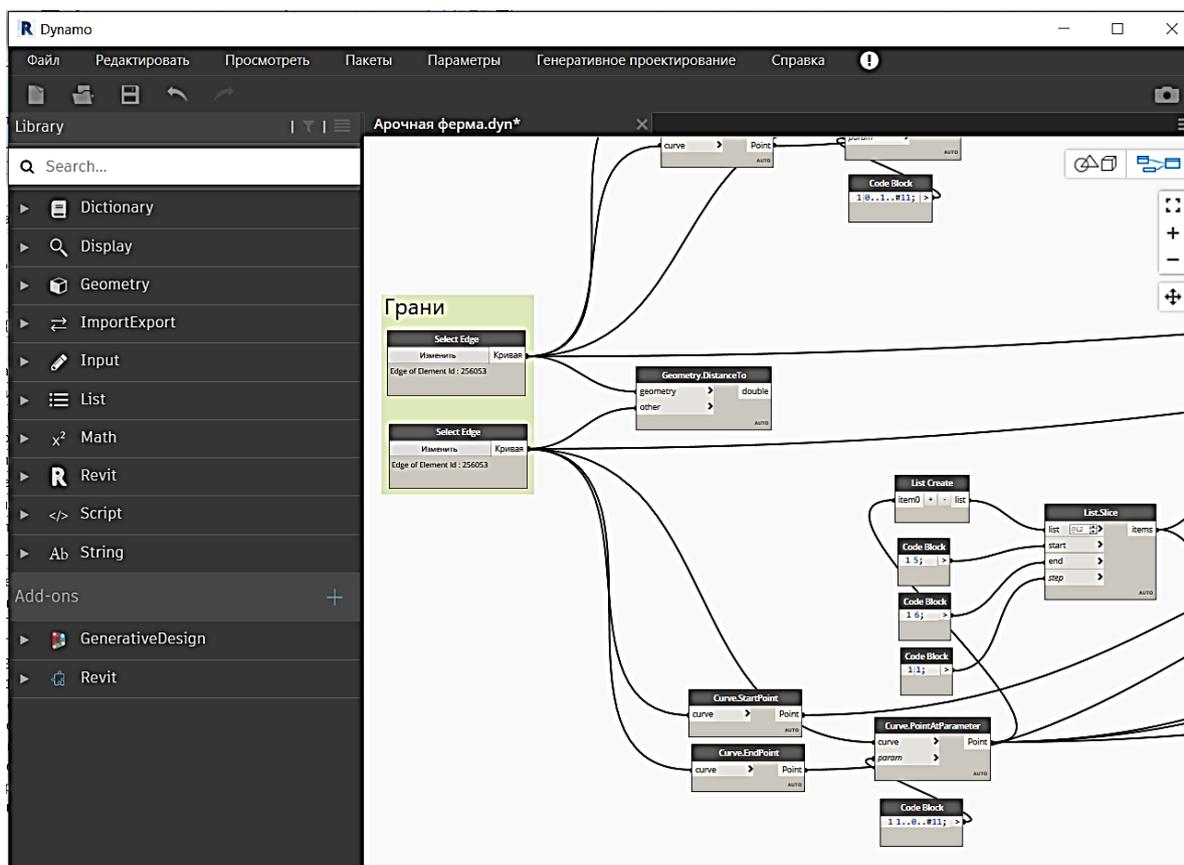


Рис. 1. Геометрия граней нижних поясов из среды моделирования Revit

Fig. 1. Geometry of the facets of the lower chords from the Revit modeling environment

4. Моделирование арки: с помощью специальных узлов в Дупано создается арка, соединяющая начальную и конечную точки с вершиной в середине. Этот процесс позволяет точно воспроизвести форму арочной фермы, обеспечивая оптимальную конструктивную геометрию.

5. Моделирование опор: следующим этапом является проектирование опорных элементов, которые поддерживают арку и передают нагрузки на грунт. Опоры размещаются в точках нижнего пояса, определенных ранее, и создаются с учетом всех конструктивных требований. Их правильное расположение и расчет прочности критически важны для устойчивости всей фермы.

6. Создание объемной геометрии: создав каркас фермы с помощью линий, необходимо выдать по ним геометрию с задаваемым профилем. Для этого необходимо создать профиль сечения для всех типов элементов фермы. Объемная геометрия создает визуальное представление фермы и позволяет выполнить расчет конструкции.

7. Проверка модели: на последнем этапе производится проверка работы габаритных параметров конструкции, изменение профиля сечения и работоспособность созданного скрипта. Далее необходимо проверить визуальную полученную BIM-модель и в случае ошибок внести корректировки в ноды скрипта. Данный этап необходимо выполнять внимательно, так как от этого зависят дальнейшие работы над моделью арочной фермы.

В соответствии с описанными выше этапами получаем скрипт, написанный в Dynamo:

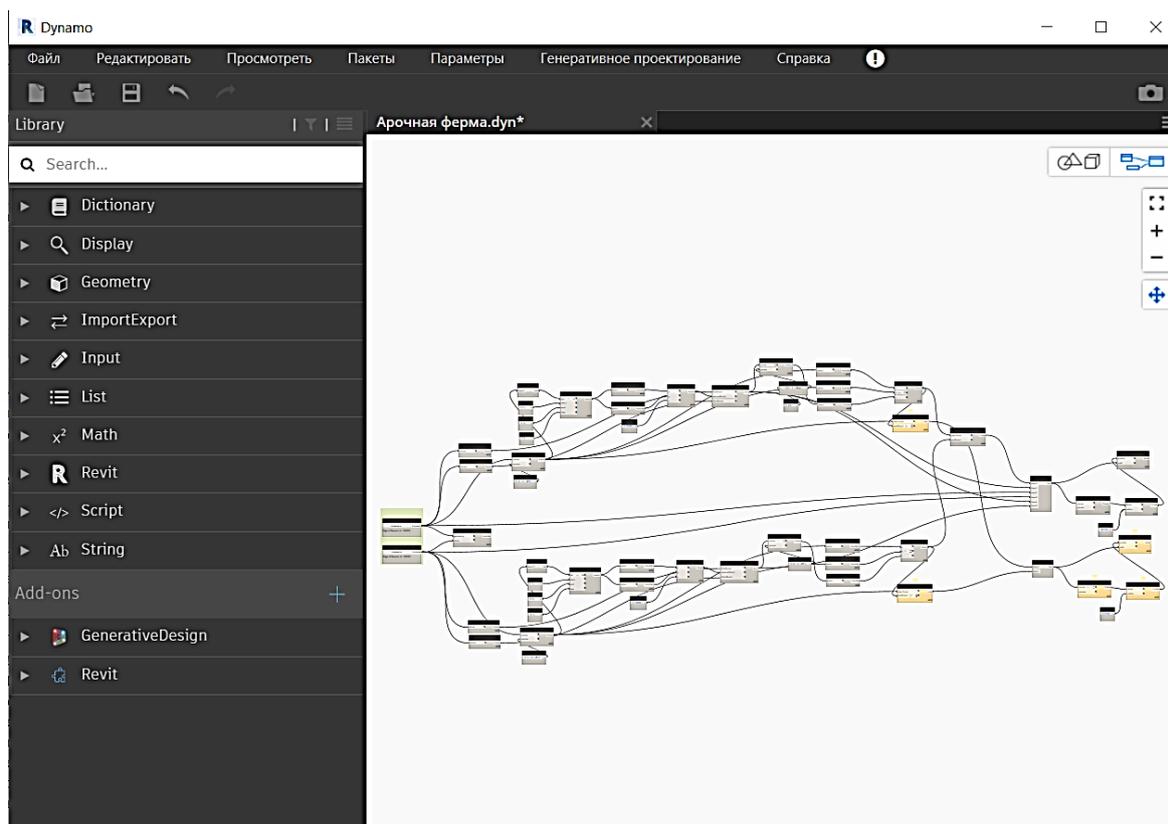


Рис. 2. Программа создания арочной фермы в среде Dynamo

Fig. 2. Program for creating an arched truss in the Dynamo environment

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДИКИ

Разработанная методика создания BIM-модели арочной фермы с параметризованной геометрией, сечениями и материалами в среде информационного моделирования Revit является результатом проведенного исследования и позволила получить следующие итоги:

1. **Автоматизировать процесс проектирования арочной фермы.** Геометрия элементов, из которых состоит арочная ферма, задается с помощью написанной программы в среде визуального программирования Dynamo, что позволяет быстро изменять геометрию и уменьшать затрачиваемое время на создание этой модели. А также сокращать ошибки, допускаемые при моделировании.

2. **Получение универсального метода создания параметрической арочной модели.** Данная методика позволяет оперативно изменять габариты конструкции и получать новую модель. Это способствует скорейшей оптимизации материалоемкости и других важных экономических характеристик.

3. **Визуальное тестирование модели.** Геометрия, которую можно увидеть, позволяет проверить ее на коллизии, разместить в модели окружающей застройки и оперативно внести необходимые изменения конструкции.

4. **Dynamo как дополнение информационного моделирования Revit.** Такой инструмент, как Dynamo в среде информационного моделирования Revit позволяет создавать сложные проекты, которые требуют инженерных расчетов и имеют сложность в создании объемной геометрии. Он упрощает не только реализацию, но и импорт в другие программные продукты, которые выполняют расчеты и выпускают документацию и сметы [8].

По вышеперечисленным итогам подтверждается актуальность разработанной методики, которая позволяет оптимизировать рабочие процессы создания арочных конструкций. Созданная программа для моделирования арочной фермы (рис. 3) имеет потенциал для дальнейшей модернизации. Созданная методика несет не только учебный смысл, но и имеет основу для создания отдельного приложения в строительной отрасли.

По разработанной методике и написанной программе получаем арочную ферму следующего вида:

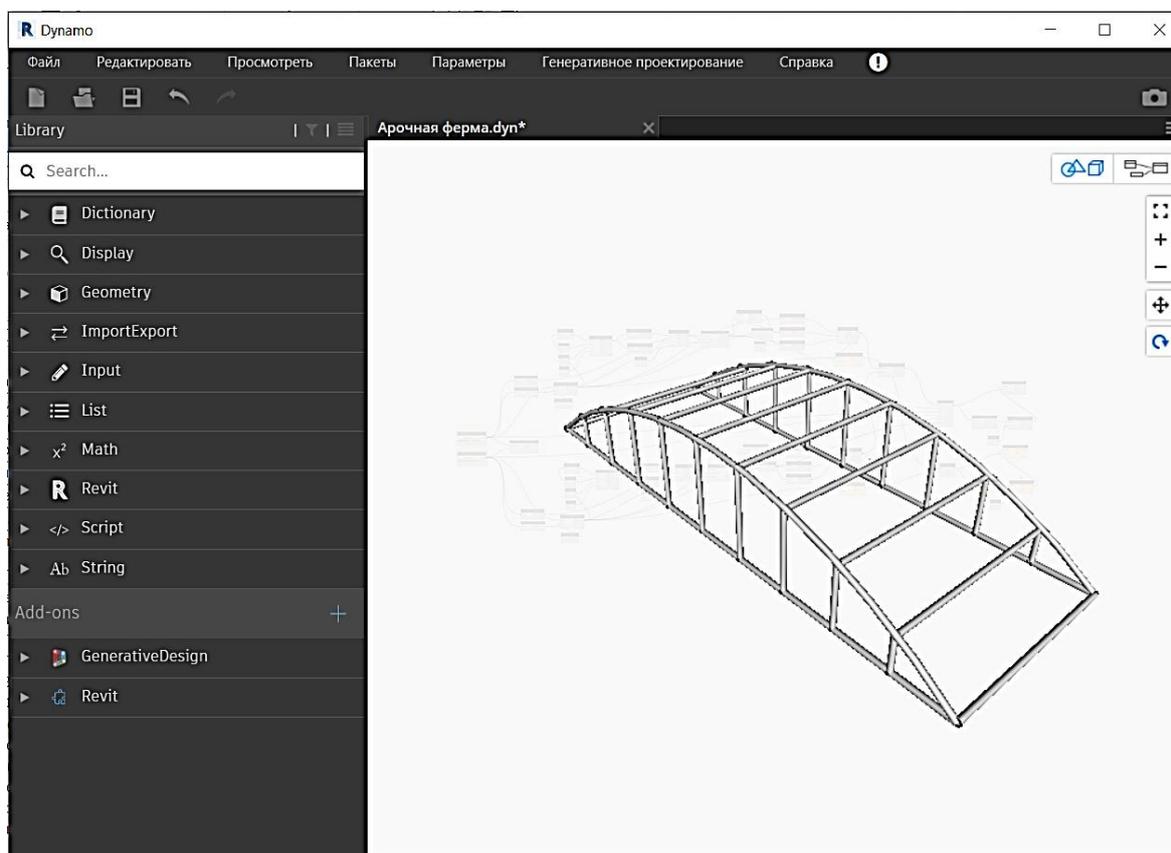


Рис. 3. Арочная ферма в среде визуального программирования Dynamo

Fig. 3. Arched truss in the Dynamo visual programming environment

Представленный образец арочной фермы имеет у элементов профиль – круг. Верхний и нижний пояса разбиты на 10 равных частей, имеются стойки и поперечины, которые построены на точках деления поясов соответственно. Данную арочную ферму можно экспортировать в различные среды моделирования и расчетные продукты. Применяя созданную программу, возможно легко менять габариты, сечения и количество пролетов фермы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования подтвердили преимущества применения технологий информационного моделирования в интеграции с системами визуального программирования (на примере Autodesk Revit и Dynamo) при проектировании сложных конструкций. Параметрическое моделирование с использованием визуального программирования позволило эффективно автоматизировать процесс проектирования и обеспечить высокую точность при создании моделей арочных ферм.

ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТОДИКИ

Одним из ключевых достижений стала возможность быстрого изменения геометрических параметров модели. Это особенно важно в условиях реальных строительных проектов, когда требования и параметры могут часто меняться. Возможность автоматической корректировки размеров всех связанных элементов при изменении, например, высоты арки значительно уменьшает вероятность ошибок, связанных с ручным редактированием модели.

Большую гибкость в настройке конструкции обеспечивает использование Dynamo для параметрического моделирования. Визуальное программирование позволяет быстро создавать и изменять сложные формы, что особенно актуально для объектов с уникальной архитектурной геометрией и сложными инженерными решениями. Возможность интеграции Dynamo с Revit позволяет использовать модель на всех стадиях жизненного цикла проекта, включая расчетные работы, создание документации и визуализацию.

ОГРАНИЧЕНИЯ

Выявленные в процессе работы преимущества использования инструментов Dynamo и Revit все же имеют определенные ограничения, требующие внимания. Наиболее существенным ограничением является снижение производительности программного обеспечения при создании сложных моделей, содержащих большое количество элементов и параметров. Такие модели требуют повышенных вычислительных ресурсов компьютера. Это замедление может существенно влиять на скорость работы проектной команды, увеличивая время обработки информации и снижая эффективность всего процесса проектирования [9]. Для минимизации этого недостатка необходимо либо разрабатывать более оптимизированные скрипты, которые могут ускорить выполнение операций, либо упрощать геометрию (в тех случаях, когда высокая детализация не является критически важной для проектных расчетов).

Еще одним ограничением является сложность освоения новых технологий специалистами. Визуальное программирование требует определенных знаний и навыков, что создает дополнительные трудности для команд, если они ранее не использовали параметрическое моделирование в своей работе [10]. Переход на такие методы может быть трудоемким, так как инженерам и архитекторам приходится не только изучать новые программные интерфейсы, но и понимать принципы работы с параметрическими моделями и логикой программирования. Это обстоятельство подчеркивает необходимость дополнительного обучения и повышения квалификации сотрудников. Также организациям необходимо будет принять и разработать собственные стандарты разработки, подготовить методические рекомендации, которые облегчат и позволят быстрее освоить процесс моделирования и разработки скриптов.

Следовательно, несмотря на то, что Dynamo и Revit значительно расширяют возможности проектирования и автоматизации, их эффективное использование и успешная реализация требуют высокого уровня подготовки сотрудников, высоких вычислительных мощностей и учета особенностей программного обеспечения.

ПОТЕНЦИАЛ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ

Анализ результатов исследования указывает на возможности дальнейшего улучшения методики параметрического моделирования арочных ферм. В перспективе можно и расширить возможности предложенного метода, включив, например, расчет нагрузок и оценку устойчивости конструкции непосредственно в среде Dynamo. Также стоит рассмотреть использование облачных технологий для обработки данных, что позволит повысить

производительность за счет ускорения вычисления модели. Использование данной методики позволит создавать в среде Дупато скрипты для создания других строительных ферм: балочных, шедовых, порталных, треугольных и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была создана и протестирована методика параметрического моделирования арочного моста с использованием программного обеспечения Autodesk Revit и среды визуального программирования Дупато. Научная новизна исследования заключается в разработке универсального метода, который позволяет автоматизированно создавать адаптивные арочные фермы с учетом изменения их параметров, таких как геометрия фермы, сечения, материалы, что ранее требовало значительных ручных усилий. Предложенный подход обеспечивает гибкость моделирования, что особенно важно при работе со строительными конструкциями сложной геометрии. Результаты исследования показывают, что использование параметрического моделирования предоставляет широкие возможности для оптимизации проектирования за счет автоматизации в Дупато. Автоматизация проектирования позволяет сократить ошибки и время на выполнение монотонных задач, повышая общую производительность работы проектной команды. Дальнейшее совершенствование технологии параметрического моделирования, ее интеграция с новыми инструментами позволят максимально раскрыть потенциал информационного моделирования в строительной отрасли, а также повысить гибкость использования программных обеспечений BIM.

Успешное применение данных технологий требует учета ряда ограничений, а именно: необходимость высокой производительности персонального компьютера при работе с большими и сложными моделями, а также обучения специалистов работе с инструментами визуального программирования. Предложенный подход имеет высокий потенциал для дальнейшего развития в строительной отрасли. Исследование показало, что ТИМ в сочетании с параметрическим моделированием открывает новые возможности для проектирования и оптимизации сложных строительных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злобина Д. А., Сухотерин А. В., Гонкало В. Н., Пиотрович А. А. Вопросы внедрения BIM технологий в России // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2020. Т. 1. С. 397–402. EDN: XRZMHS
2. Шемякина Т. Ю. Информационное моделирование строительных объектов: особенности применения и развития // Вестник государственного университета управления. 2020. № 7. С. 89–95. DOI: 10.26425/1816-4277-2020-7-89-95. EDN: ZAZKTD
3. Заторский С. П., Шумилов К. А. Автоматизация процессов проектирования в рабочей среде с помощью DYNAMO REVIT // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2023. № 4(46). С. 125–128. DOI: 10.5 2684/2312-3702-2023-46-4-125-128
4. Малышева М. С. Применение BIM технологии в возведении мостов // Инновационный дискурс развития современной науки и технологий. Сборник статей VI Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2022. С. 95–98. EDN: YMWFFQ
5. Акишев У. К., Жамалатдинова Ж. А., Алмаш Ж. С. Применение BIM-технологий в строительстве // Современное инженерное образование: вызовы и перспективы. Материалы III национальной научно-практической конференции. Магнитогорск, 2024. С. 86–90.

6. Алиев Э. К., Хоканин М. А., Черяшов Э. А., Гафитулин Р. Р., Гареева Г. А. Внедрение Дунато в Revit // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 6. С. 220–223. EDN: YNCVWC

7. Рязанов С. А., Карачаровский В. Ю. Моделирование пространственных поверхностей моделей в среде визуального программирования ДУНАМО // КОГРАФ – 2020. Сборник материалов 30-й Всероссийской научно-практической конференции по графическим информационным технологиям и системам. Нижний Новгород, 2020. С. 108–113. DOI: 10.46960/43791586_2020_108. EDN: LEGCCE

8. Пученков И. С. Обработка информации в BIM-среде с помощью Дунато на примере работы с классификатором // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы III Международной научно-практической конференции. 2020. С. 414–424. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.054. EDN: DUJTDI

9. Попов Д. В. Преимущества и недостатки внедрения BIM-технологий в строительные организации // Universum: технические науки. 2024. № 3(120). С. 60–63. DOI: 10.32743/UniTech.2024.120.3.17032

10. Демидов А. С., Быстров Н. С. Перспективы и проблемы применения BIM-технологий в транспортном строительстве // Инновационный транспорт. 2021. № 4(42). С. 43–45. DOI: 10.20291/2311-164X-2021-4-43-45

REFERENCES

1. Zlobina D.A., Sukhoterin A.V., Gopkalo V.N., Piotrovich A.A. Issues of the introduction of BIM technologies in Russia. *Nauchno-tekhnicheskoye i ekonomicheskoye sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke* [Scientific, technical and economic cooperation of the APR countries in the XXI century]. 2020. Vol. 1. Pp. 397–402. EDN: XRZMHS. (In Russian)

2. Shemyakina T.Y. Information modeling of construction objects: application and development features. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta upravleniya* [Bulletin of the State University of Management]. 2020. No. 7. Pp. 89–95. DOI: 10.26425/1816-4277-2020-7-89-95. EDN: ZAZKTD. (In Russian)

3. Zatorskiy S.P., Shumilov K.A. Automation of design processes in a work environment using DYNAMO REVIT. *Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region]. 2023. No. 4(46). Pp. 125–128. DOI: 10.5 2684/2312-3702-2023-46-4-125-128. (In Russian)

4. Malysheva M.S. The use of BIM technology in the construction of bridges. *Innovatsionnyy diskurs razvitiya sovremennoy nauki i tekhnologii* [Innovative discourse on the development of modern science and technology]. Sbornik statey VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Petrozavodsk, 2022. Pp. 95–98. EDN: YMWFFQ. (In Russian)

5. Akishev U.K., Zhamalatinova Zh.A., Almash Zh.S. Application of BIM technologies in construction. *Sovremennoye inzhenernoye obrazovaniye: vyzovy i perspektivy* [Modern engineering education: challenges and prospects]. Materialy III natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Magnitogorsk, 2024. Pp. 86–90. (In Russian)

6. Aliiev E.K., Hokanin M.A., Cheryashov E.A., Gafitulina R.R., Gareeva G.A. Implementation of Dynamo in Revit. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya* [Scientific and Technical Bulletin of the Volga region]. 2023. No. 6. Pp. 220–223. EDN: YNCVWC. (In Russian)

7. Ryazanov S.A., Karacharovskiy V.Yu. Modeling of spatial surfaces of models in the DYNAMO visual programming environment. *KOGRAM – 2020. Sbornik materialov 30-y Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po graficheskim informatsionnym tekhnologiyam*

i sistemam [Collection of materials of the 30th All-Russian Scientific and Practical Conference on Graphical Information Technologies and Systems]. Nizhny Novgorod, 2020. Pp. 108–113. DOI: 10.46960/43791586_2020_108. EDN: LEGCCE. (In Russian)

8. Puchenkov I.S. Information processing in a BIM environment using Dynamo as an example of working with a classifier. *BIM-modelirovaniye v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury* [BIM modeling in construction and architecture tasks]. Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2020. Pp. 414–424. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.054. EDN: DUJTDT. (In Russian)

9. Popov D.V. Advantages and disadvantages of implementing BIM technologies in construction organizations. *Universum: tekhnicheskiye nauki* [Universum: technical sciences]. 2024. No. 3(120). Pp. 60–63. DOI: 10.32743/UniTech.2024.120.3.17032. (In Russian)

10. Demidov A.S., Bystrov N.S. Prospects and problems of using BIM technologies in transport construction. *Innovative transport*. 2021. No. 4(42). Pp. 43–45. DOI: 10.20291/2311-164X-2021-4-43-45

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Никитенко Владимир Анатольевич, аспирант кафедры «Системы автоматизированного проектирования», Российский университет транспорта (МИИТ);

127055, Россия, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9;

babich.rutmiit@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3391-0253>

Васильев Дмитрий Аркадьевич, аспирант кафедры «Системы автоматизированного проектирования», Российский университет транспорта (МИИТ);

127055, Россия, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9;

d_vasilyev98@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8131-8916>

Information about authors

Vladimir A. Nikitenko, Post-graduate Student of the Department of Computer-Aided Design Systems of the Russian University of Transport (MIIT);

127055, Russia, Moscow, 9 Obraztsova street, building 9;

babich.rutmiit@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3391-0253>

Dmitry A. Vasiliev, Post-graduate Student of the Department of Computer-Aided Design Systems of the Russian University of Transport (MIIT);

127055, Russia, Moscow, 9 Obraztsova street, building 9;

d_vasilyev98@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8131-8916>