

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №4, Том 13 / 2021, No 4, Vol 13 <https://esj.today/issue-4-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/03SAVN421.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бузало Н.А., Царитова Н.Г., Платонова И.Д., Лысенко В.Н. Параметрическое моделирование конструкций в среде визуального программирования // Вестник Евразийской науки, 2021 №4, <https://esj.today/PDF/03SAVN421.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Buzalo N.A., Tsaritova N.G., Platonova I.D., Lysenko V.N. (2021). Parametric modeling of construction in the visual programming environment. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 4(13). Available at: <https://esj.today/PDF/03SAVN421.pdf> (in Russian)

Бузало Нина Александровна

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»,
Новочеркасск, Россия
Профессор кафедры «Градостроительство, проектирование зданий и сооружений»
Кандидат технических наук, профессор
E-mail: buzalo_n@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6204-0214>

Царитова Надежда Геннадьевна

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»,
Новочеркасск, Россия
Доцент кафедры «Градостроительство, проектирование зданий и сооружений»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: ncaritova@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0923-5848>

Платонова Ирина Дмитриевна

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»,
Новочеркасск, Россия
Доцент кафедры «Градостроительство, проектирование зданий и сооружений»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: irinplatonova@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7758-7119>

Лысенко Вадим Николаевич

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»,
Новочеркасск, Россия
Магистрант
E-mail: gpziz@yandex.ru

Параметрическое моделирование конструкций в среде визуального программирования

Аннотация. Ни одно современное производство не обходится без использования цифровых технологий, в том числе и в строительной отрасли. BIM-технологии влияют на большинство этапов строительства. Использование современного программного обеспечения позволяет сократить время проектирования и свести к минимуму количество повторяющихся рутинных работ. Использование среды визуального программирования позволяет создавать информационную модель, которая обновляет свою конфигурацию при изменении входящих в нее элементов. В статье представлены результаты применения разработанного алгоритма для автоматизированного построения трехмерной модели типовых стальных дымовых труб и опор

с использованием среды визуального программирования "Динамо". К основным функциям "Динамо" относится обеспечение взаимодействия массивов данных между собой, обработка полученной информации и ее фильтрация. Информационное моделирование строительного объекта позволяет максимально эффективно взаимодействовать всем участникам строительного процесса. Своевременное получение каждым участником необходимой информации значительно повышает скорость и эффективность решения конкретных задач. Авторами статьи были проанализированы существующие системы автоматизации разработки проектов металлических конструкций. В результате используя комплекс «Advance Steel» был создан алгоритм для автоматизированного получения цифровой модели дымовых труб и опор котельного оборудования. Применение созданного авторами алгоритма при разработке информационной модели дает сокращение временных затрат в 2–2,5 раза. Наибольшая эффективность применения алгоритма автоматизации наблюдается при увеличении высоты конструкции и возрастании количества повторяющихся элементов. Комплексное применение BIM показывает значительное повышение эффективности работ на всех этапах проектирования и строительства.

Ключевые слова: цифровая модель; параметрическое моделирование; визуальное программирование; строительные конструкции; дымовая труба; алгоритм; «Advance Steel»

Введение (актуальность)

Ни одно современное производство не обходится без применения цифровых технологий, и глубина их внедрения в строительные процессы увеличивается с каждым днём. Building Information Modeling, Building Information Model (BIM-технология) — это технология проектирования, включает в себя сбор и обработку информации об объекте со всеми имеющимися связями. Понятие информационной модели здания была впервые предложено профессором Технологического института Джорджии Чаком Истманом (Chuck Eastman) в 1975 году в журнале Американского Института Архитекторов (AIA) под рабочим названием «Building Description System» (Система описания здания). Примерно с 2002 года благодаря стараниям многих авторов и энтузиастов нового подхода в проектировании концепцию «Building Information Model» ввели в употребление и ведущие разработчики программного обеспечения, сделав это понятие одним из ключевых в своей терминологии [1].

3D-модель здания в BIM-технологии, связанна с информационной базой данных, в которой каждому элементу модели соответствуют определенные атрибуты, в связи с чем изменение любого параметра приведет к автоматическому изменению всех параметров. Использование BIM-технологий определяет ход строительства и производства. Цифровая модель будущего сооружения несёт в себе огромное количество информации, которая служит основой для начала работы в любом программном комплексе и дополняется в процессе проектирования. Быстрый обмен проектной информацией позволяет рассмотреть большее количество вариантов архитектурных, конструкционных и инженерных решений будущего сооружения и выбрать наиболее оптимальный из них [2–4].

BIM моделирование зданий и сооружений — это процесс, в результате которого на каждом его этапе создается, развивается и совершенствуется информационная модель здания. Исторически сложилось, что аббревиатура BIM используется сразу в двух случаях: для процесса и для модели. Как правило, путаницы не возникает, поскольку всегда есть контекст. Но если ситуация все же становится спорной, надо помнить, что процесс — первичен, а модель — вторична, то есть BIM — это прежде всего процесс.

Информационная модель здания (BIM) — это предназначенная для решения конкретных задач и пригодная для компьютерной обработки структурированная информация о проектируемом, существующем или даже утраченном строительном объекте, при этом:

- нужным образом скоординированная, согласованная и взаимосвязанная;
- имеющая геометрическую привязку;
- пригодная для расчётов и количественного анализа;
- допускающая необходимые обновления.

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

Основные системы автоматизированного проектирования работ (САПР) не адаптированы для получения информационной модели здания или сооружения из-за огромных трудозатрат на ввод, обработку и изменение данных. В настоящее время современные САПР дают возможность инженерам и проектировщикам получать двумерные чертежи на основе трехмерных моделей, а семантические данные из атрибутов объектов использовать для создания спецификаций. Главная задача, которая стоит перед проектировщиком — это необходимость создания обобщенной информационной модели здания или сооружения, основанной на BIM-технологии (модели 2D–5D). Самый популярный метод решения таких задач — это параметрическое проектирование (параметризация), основанный на моделировании параметров элементов модели и соотношении между параметрами. Все BIM-технологии имеют свои варианты моделей. Чтобы параметры были сохранены создается база данных модели, в которой содержится: размеры, объем, масса, материал, имя, сечение, маркировка, ГОСТ и т. д.

Параметрическая модель здания интегрирует трехмерную модель (геометрию и данные) и модель поведения элементов (историю изменений). На основе такой информационной модели формируется вся рабочая документация. Документация по модели при малейших изменениях обновляется автоматически. Согласованное изменение модели напоминает изменение ячеек таблицы, значения которых заданы формулами. Сами формулы позволяют автоматизировать вычисления, а системы параметрического моделирования зданий автоматизируют получение строительной документации [5].

В настоящее время нет общепринятых определений и единого стандарта к выполнению информационной модели здания или сооружения. На данный момент были приняты основные принципы, которым должна отвечать информационная модель:

- Единая информационная модель является согласованным банком данных графической и описательной информации, базой данных проекта, общей для всех частей и этапов проекта. Информация извлекается из модели по необходимости.
- Основываясь на единой информационной модели объекта, формируется единая стратегия управления проектированием, производством и процессом реализации строительного объекта.
- Обеспечивается поддержка распределённых групп: люди, инструменты и задачи могут эффективно и совместно использовать эту информацию, что исключает избыточность, повторный ввод и потерю данных, ошибки при их передаче и преобразовании.

- Универсализация форматов обмена данными между программными комплексами различного назначения. Практическим внедрением BIM-технологий для решения задач проектирования занимаются разработчики современных систем автоматизированного проектирования (САПР), такие как Autodesk, Bentley Systems, Nemetschek, Graphisoft, ТЕКЛА, ЛИРА САПР и др. [5].

Проанализировав существующие системы автоматизации разработки проектов металлических конструкций [6], можно сделать вывод, что их основной задачей является ускорение процесса создания и оформления чертежей и спецификаций, тогда как разработка информационной модели остаётся самой трудоёмкой и объёмной частью проектирования. Поэтому важной задачей является реализация алгоритма, способного освободить конструктора от необходимости ручного моделирования и снизить необходимость внесения изменений до минимума.

В данной работе проектировщиками используется программный комплекс — Autodesk Advance Steel — система автоматизированного проектирования металлоконструкций в трехмерном пространстве. Плюсом этого комплекса является адаптация под нормы Российской Федерации. В процессе моделирования в объект закладывается его геометрия и параметры, соответствующие реальной конструкции, такие как материал, покрытие, стандарт, номер позиции и отправочной марки, с какими объектами произведено соединение, тип этого соединения и прочее. Как только модель конструкции построена, все эти данные обрабатываются и в автоматическом режиме отражаются на чертежах, ведомостях и спецификациях. Это позволяет создать общую модель проекта в трехмерном пространстве и объединить работу проектировщиков разных направлений в единое целое, обеспечивая согласованный выпуск документации. Программный комплекс Autodesk Advance Steel позволяет экспортировать данные и 3D-модель для печати на 3D принтерах для экспериментального изучения натурной модели. При проверке модели исключаются пересечения конструкций с оборудованием [7; 8].

В статье рассматривается практический результат эффективного применения 3D моделирования в программе Autodesk Advance Steel, для разработки проектов дымовых труб и опор котельного оборудования с повторяющейся геометрией.

Методы

Современные языки программирования обладают развитыми визуальными средствами, которые помогают в решении поставленных задач. Для понимания концепции визуального программирования следует разделять:

- природно-визуальные языки, которые не имеют очевидного программного кода;
- визуально-преобразованный язык, являющийся «не визуальным» языком, но обладающий визуальным представлением.

В данном исследовании были поставлены следующие цели:

- оценить возможность применения среды визуального программирования при разработке информационной модели проектируемых металлических конструкций;
- автоматизировать разработку типовых проектов дымовых труб и опор котельного оборудования.

Использование среды визуального программирования позволяет создать информационную модель, которая обновляет свою конфигурацию при изменении входящих в

нее элементов. Такой метод пока что не подходит для сложных индивидуальных проектов, но применим к типовым решениям. Наша задача заключается в создании алгоритма автоматизации разработки проектов дымовых труб [9; 10] и опор котельного оборудования с повторяющейся геометрией. Внешний вид этих изделий показан на рисунке 1а, 1б.

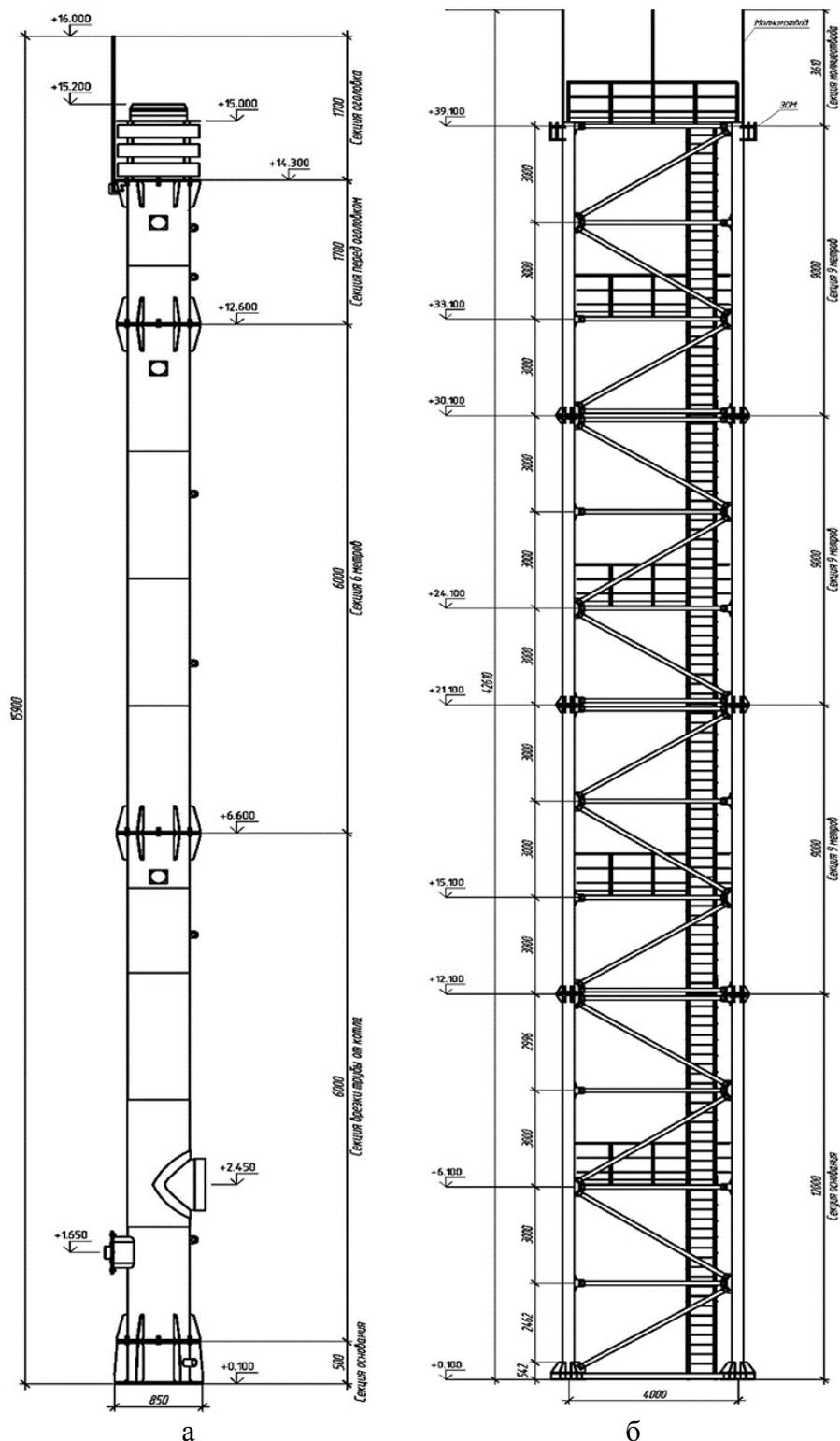


Рисунок 1. Внешний вид изделий: а — секционная дымовая труба высотой 15,9 метров; б — трёхгранная опора высотой 42 метра (разработано авторами)

Основным инструментом для работы в среде визуального программирования является приложение «Dynamo» [11; 12], которое, в свою очередь, входит в состав развитого программного комплекса «Advance Steel». «Dynamo» объединяет основные инструменты программы в «ноды», в дальнейшем образуя логически связанные цепочки (рис. 2). Такой подход повышает вариативность решения нестандартных задач и значительно расширяет базовый функционал ПК «Advance Steel».

Структуру алгоритма автоматизации разработки газоотводящих конструкций котельных можно условно разделить на несколько частей. К основным функциям «Dynamo» относится обеспечение взаимодействия массивов данных между собой, обработка полученной информации и ее фильтрация. Программа содержит обширную базу «нодов», включающую в себя как простые математические и логические операторы, так и более сложные аналитические структуры. Работа такого алгоритма представлена на рисунке 3.

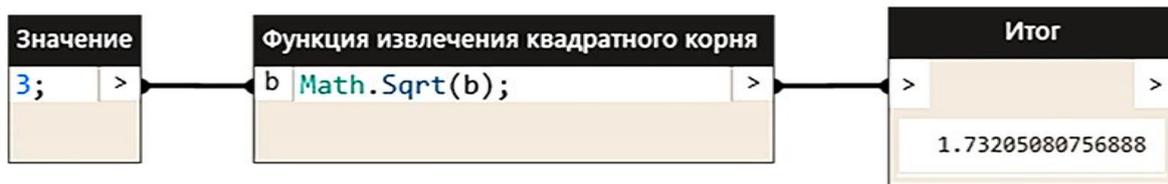


Рисунок 2. Пример работы «нодов» (разработано авторами)

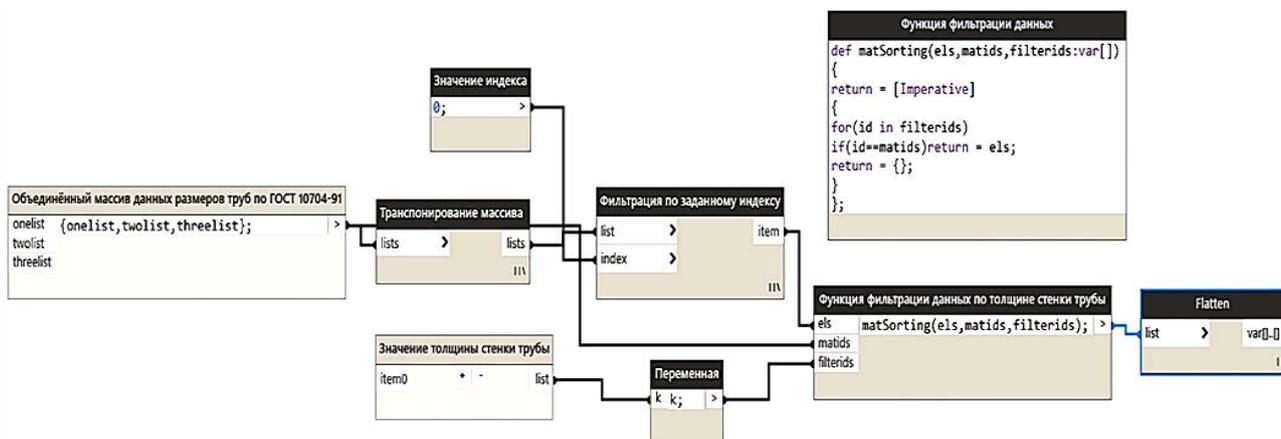


Рисунок 3. Фильтрация массива данных по толщине стенки трубы (разработано авторами)

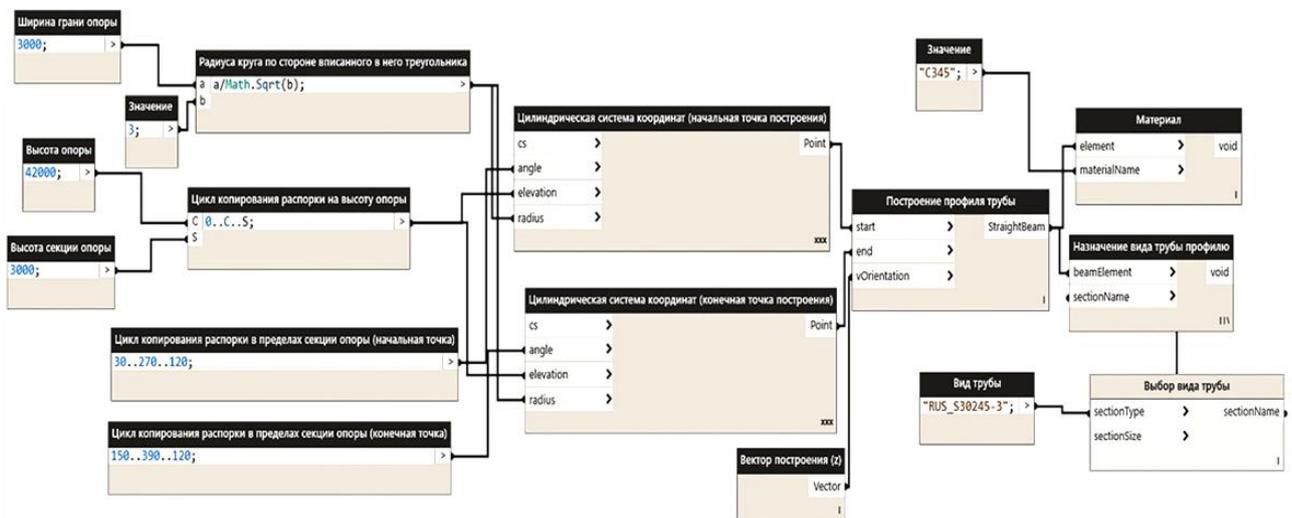


Рисунок 4. Построение геометрии на примере опоры дымовых труб (разработано авторами)

Построение геометрии будущего изделия также является немаловажной частью проектирования. Использование цилиндрической системы координат позволяет создать цикл копирования и смещения основных формообразующих точек конструкции на фиксированный угол вокруг центральной оси (рис. 4). Данное решение позволяет применять возможности визуального программирования для подобных проектов с симметричными конструкциями.

Результаты

В результате был создан алгоритм для автоматизированного получения цифровой модели дымовых труб и опор котельного оборудования. Общая схема на примере дымовой трубы приведена на рисунке 5.

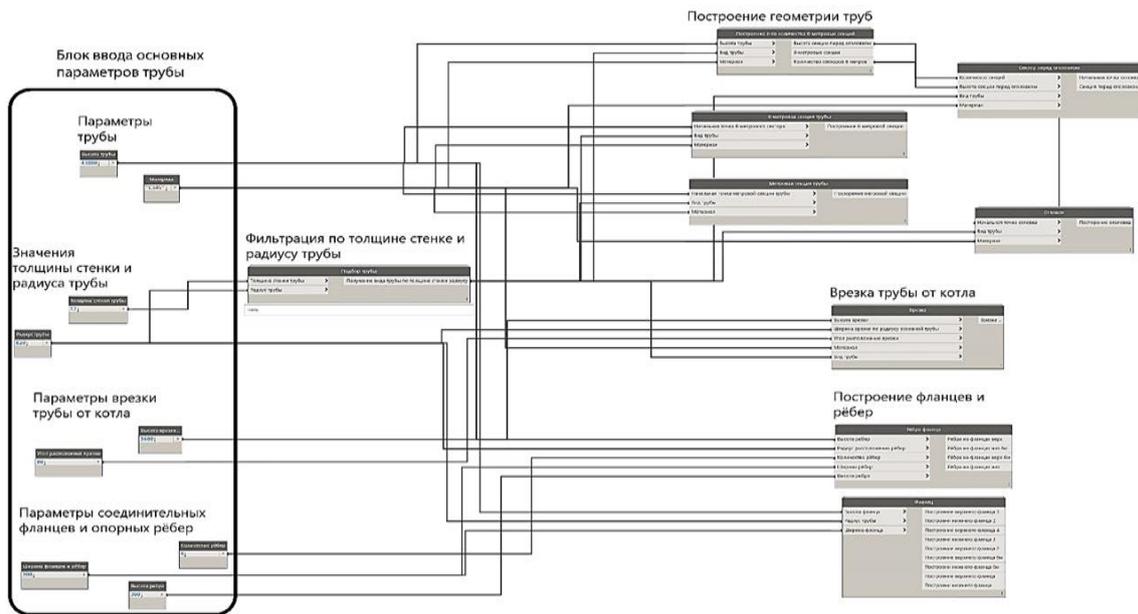


Рисунок 5. Построение геометрии труб (разработано авторами)



Рисунок 6. Построение геометрии (разработано авторами)

Запуск процесса построения трехмерной модели происходит после введения данных в блоке основных параметров изделия. Доступность интерфейса программы дает возможность корпоративного использования. Конструкция труб и опор может быть доработана, учитывая требования каждого индивидуального производства. Итоговый результат работы алгоритма представлен на рисунке 6.

В связи со сложностью реализации отдельных элементов конструкции существует необходимость дальнейшего развития технологий визуального программирования. При этом уже сейчас возможно внедрять данную концепцию в сложившуюся на предприятии систему разработки типовых проектов.

Выводы

Применение созданного алгоритма при разработке информационной модели дает сокращение временных затрат в 2–2,5 раза. Результаты тестовых испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты тестирования алгоритма автоматизации

Типы труб и опор	Продолжительность разработки информационной модели, в рабочих днях	
	вручную	при использовании алгоритма
Дымовая труба высотой $H = 15,9$ метров	3–4	1–1,5
Дымовая труба высотой $H = 34$ метров	4–5	2–3
Опора дымовых труб высотой $H = 42$ метра	4–5	2–2,5
Опора дымовых труб высотой $H = 70$ метра	8–9	3–5

Разработано авторами

Продолжительность выполнения работы может меняться в зависимости от сложности конструкции и квалификации пользователя. Наибольшая эффективность применения алгоритма автоматизации наблюдается при увеличении высоты конструкции и возрастании количества повторяющихся элементов. Все чертежи вносятся в единую трехмерную модель, что позволяет избежать потери информации и принимать более взвешенные решения.

В заключение следует отметить, что применение визуального программирования позволяет эффективно решать задачи проектирования типовых конструкций, разработанных в программе “Дупато”, поддерживает процесс принятия решений на всех стадиях жизненного цикла объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Талапов, В.В. Информационная модель здания — опыт применения в архитектуре / В.В. Талапов // Архитектура и современные информационные технологии. — 2008. — № 4(5). — С. 9.
2. Козлов, И.М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий / И. М. Козлов // Архитектура и современные информационные технологии. — 2010. — № 1(10). — С. 6.
3. M.G. King (NP "Intelligent Construction"): The British have told the world what BIM level 3 is: this is Digital Built Britain / [Electronic resource] — Access mode. — URL: http://concurator.ru/press_center/publications/?id_object=65.
4. G.I. Shcherbakov., Evdokimov Yu.K., Lindval V.R. LabVIEW for a radio engineer: from a virtual model to a real device. — Publishing house: DMK Press. Moscow. 2017. 401 с.
5. Барабаш, М.С. Принципы параметрического моделирования строительных объектов / М.С. Барабаш, Е.И. Киевская // Современное строительство и архитектура. — 2016. — № 1(01). — С. 16–22. — DOI 10.18454/mca.2016.01.4.
6. Лучанинов, Д.В. Анализ сред разработки программного обеспечения на языке C++ / Д.В. Лучанинов, А.В. Ленкин // Современные научные исследования и инновации. — 2016. — № 8(64). — С. 122–125.
7. Обзор программы Advance Steel для проектирования металлических конструкций / С.А. Горелов, А.А. Барышников, Г.Н. Рязанова, Н.Ш. Мустафин // Региональное развитие. — 2016. — № 6. — С. 3.
8. Advance Steel "User's Guide". 2015. — [Electronic resource].URL: http://download.autodesk.com/us/Advance_Steel/2015/AS-User-guide-2015-RU-140411.pdf.
9. А.М. Ельшин, М.Н. Ижорин, В.С. Жолудов, Е.Г. Овчаренко / Дымовые трубы — Под редакцией С.В. Сатьянова. — М.: Стройиздат, 2001. — 296 с.
10. Дужих Ф.П., Осоловский В.П., Ладыгичев М.Г. Промышленные дымовые и вентиляционные трубы. Справочное издание Изд. "Теплотехник", 2004 г. 464 с.
11. D.A. Brantov, Tkachenko S.N., Karpova N.N. The use of the Dynamo visual programming platform for developing a prototype of the automated specification creation module in design and construction activities on the example of explication of floors // Science and Innovation in the XXI century: current issues, discoveries and achievements collection of articles of the VIII International Scientific and Practical Conference: in 3 hours-Penza, 2018. — С. 14–17.
12. Пузан А.С. Разработка пространственной параметризованной модели высотной кирпичной дымовой трубы в программном комплексе "Autodesk Revit" с надстройкой "Динамо" // Современные методы расчетов и обследований железобетонных и каменных конструкций: материалы 72-й студенческой научно-технической конференции. — Минск, 2016. — С. 52–55.

Buzalo Nina Aleksandrovna

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia
E-mail: buzalo_n@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6204-0214>

Tsaritova Nadezhda Gennad'evna

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia
E-mail: ncaritova@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0923-5848>

Platonova Irina Dmitrievna

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia
E-mail: irinplatonova@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7758-7119>

Lysenko Vadim Nikolaevich

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia
E-mail: gpziz@yandex.ru

Parametric modeling of construction in the visual programming environment

Abstract. No modern production is complete without the use of digital technologies, including in the construction industry. BIM technologies affect most stages of construction. The use of modern software allows you to reduce the design time and minimize the number of repetitive routine work. Using the visual programming environment allows you to create an information model that updates its configuration when the elements included in it change. The article presents the results of the application of the developed algorithm for the automated construction of a three-dimensional model of typical steel chimneys and supports using the visual programming environment "Dynamo". The main functions of "Dynamo" include ensuring the interaction of data arrays with each other, processing the received information and filtering it. Information modeling of a construction object allows all participants of the construction process to interact as effectively as possible. Timely receipt of the necessary information by each participant significantly increases the speed and efficiency of solving specific tasks. The authors of the article analyzed the existing automation systems for the development of projects of metal structures. As a result, using the "Advance Steel" complex, an algorithm was created for automated production of a digital model of chimneys and supports of boiler equipment. The use of the algorithm created by the authors in the development of an information model reduces the time spent by 2–2.5 times. The greatest efficiency of the automation algorithm is observed with an increase in the height of the structure and an increase in the number of repeating elements. The integrated application of BIM shows a significant increase in the efficiency of work at all stages of design and construction

Keywords: digital model; parametric modeling; visual programming; building structures; chimney; algorithm; «Advance Steel»