

Автоматизация армирования железобетонных элементов (водоводов)

УДК 004.9

Дроздова Галина Константиновна –

BIM-Координатор, бакалавр кафедры Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве НИУ МГСУ

Шилова Любовь Андреевна

Доцент, к.т.н., доцент кафедры Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве НИУ МГСУ (Москва, Россия);

e-mail: AdamtsevichLA@mgsu.ru

Аннотация: Работа посвящена вопросу разработки скрипта для сокращения сроков армирования железобетонных элементов на основе применения алгоритма автоматизации, разработанного в среде Dynamo. Таким образом, целью работы является решение задачи по автоматизации процесса армирования железобетонных труб в программном комплексе Autodesk Revit с использованием надстройки Dynamo. Разработанный алгоритм апробирован при армировании нескольких типов труб. Для настройки алгоритма определены и взяты за основу существующие нормы армирования железобетонных труб. Представленный подход может быть оптимизирован и использован при армировании водоводов технически сложных объектов, например, гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: информационное моделирование, железобетонные водоводы, автоматизация проектирования, Autodesk Revit, Dynamo

Введение

В настоящее время все больше внимания уделяется вопросам автоматизации проектирования стро-

ительных объектов. В первую очередь это связано с активным развитием технологий информационного моделирования, что подтверждается публикациями, представленными в различных базах знаний [1–20].

Так, например, в международной базе данных Scopus по ключевому слову BIM (информационное моделирование) отображается свыше 21 тыс. публикаций. Данный факт подтверждает значительный интерес исследователей в области развития технологий информационного моделирования.

В то же время, по ключевым словам BIM и software (программное обеспечение) отображается 2738 публикаций. Наибольшее количество публикаций из общего массива принадлежит авторам из Китая – 467, на втором месте авторы из США – 442 публикации, а на третьем – Великобритания. Авторы из Российской Федерации занимают 12 место (71 публикация).

При этом анализ публикаций показал, что существующие в настоящее время программные комплексы могут быть использованы для автоматизации армирования железобетонных конструкций и ориентированы на несущие конструкции зданий, однако не позволяют полностью решить задачи армирования других элементов, в частности труб.

AUTOMATION THE PROCESS OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS (WATER LINES) REINFORCEMENT

Drozдова Galina Konstantinovna – BIM Coordinator, Bachelor of the Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction, NRU MGSU (Moscow, Russia)

Shilova Liubov Andreyevna

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction, NRU MGSU (Moscow, Russia); e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Abstract: This work is devoted to the development of a script to reduce the time of reinforcement elements based on the use of an automa-

tion algorithm developed in the Dynamo environment. Thus, the purpose of the work is to solve the problem of automating the process of reinforcing reinforced concrete pipes in the Autodesk Revit software package using the Dynamo add-on. The developed algorithm has been tested in the reinforcement of several types of pipes. To adjust the algorithm, the existing norms for the reinforcement of reinforced concrete pipes are determined and taken as a basis. The presented approach can be optimized and used in the reinforcement of water conduits of technically complex objects, for example, hydraulic structures.

Keywords: information modeling, reinforced concrete conduits, design automation, Autodesk Revit, Dynamo

Альтернативой является армирование колонн кольцевых сечений, но такой вариант не предусматривает учета нормативных требований к проектированию арматурных каркасов и их расположения в теле трубы, а также изменение геометрии стержней, которое необходимо при армировании труб.

В представленной работе представлен подход к армированию труб, который является первым шагом на пути решения более масштабной задачи – армирования водоводов технически сложных объектов, например, гидротехнических сооружений.

Для постройки геометрии армирования труб в работе использована платформа для визуального программирования Dynamo, которая является гибким и расширяемым инструментом проектирования.

Методы и методология

Армирование железобетонных водоводов при помощи автоматизированных систем – задача, нереализованная в полной мере в стандартных средствах программных комплексов. В этом случае значительное преимущество имеют программы, имеющие надстройки, позволяющие работать с геометрией посредством вспомогательных средств.

Autodesk Revit – программа, имеющая надстройку Dynamo, которая поддерживает возможность визуального программирования, а так же программирования на языке IronPython. Данный инструмент позволяет выйти за рамки стандартных возможно-

стей Revit и выполнить построение требуемой геометрии по заданным параметрам при помощи математических вычислений и использования базовых библиотек. Кроме того, программа позволяет разрабатывать параметрические семейства с изменяемыми параметрами и заданными типоразмерами.

Результаты

1. Формирование семейства железобетонных водоводов

На первом этапе были сформированы семейства железобетонных труб для тестирования разработанных скриптов для армирования.

1.1. Создание труб типа Т

Трубы типа Т – железобетонные цилиндрические раструбные. Внешний вид трубы выбирается в соответствии с ГОСТ 6482-2011 Трубы железобетонные безнапорные. Технические условия. Создаются путем использования стандартных операций ПО Revit. Параметризация осуществляется путем назначения характеристик из файла общих параметров. После производится проверка правильности изменения геометрии при изменении различных параметров. Результат моделирования представлен на рис. 1.

1.2. Создание труб типа ТБ

Трубы типа ТБ – железобетонные цилиндрические раструбные с упорным буртиком (Рис. 2). Семейство

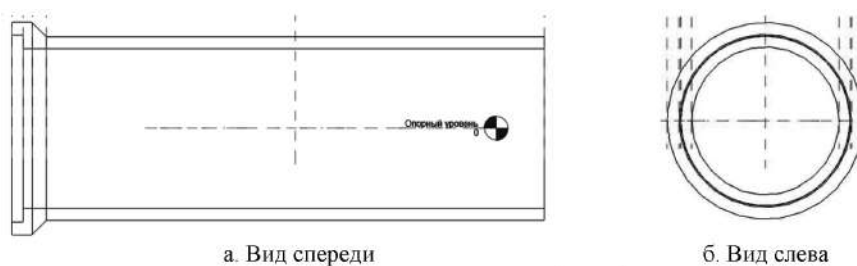


Рис. 1. Разработанная в среде Revit труба типа Т

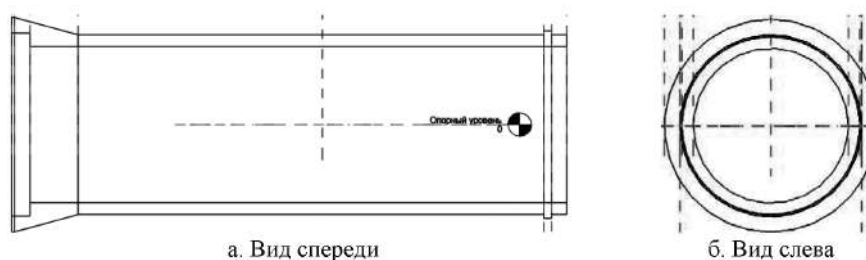


Рис. 2. Разработанная в среде Revit труба типа ТБ

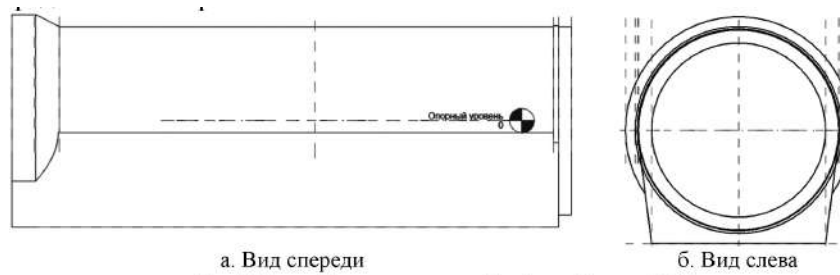


Рис. 3. Разработанная в среде Revit труба типа ТБП

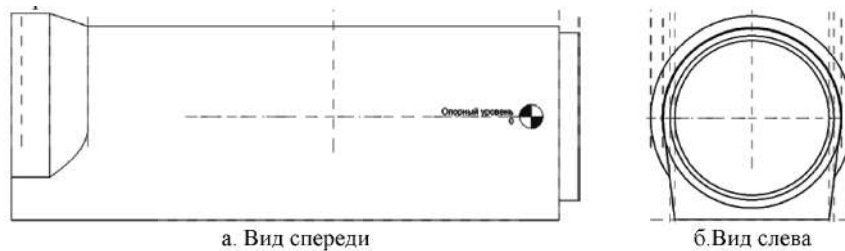


Рис. 4. Разработанная в среде Revit труба типа ТСП

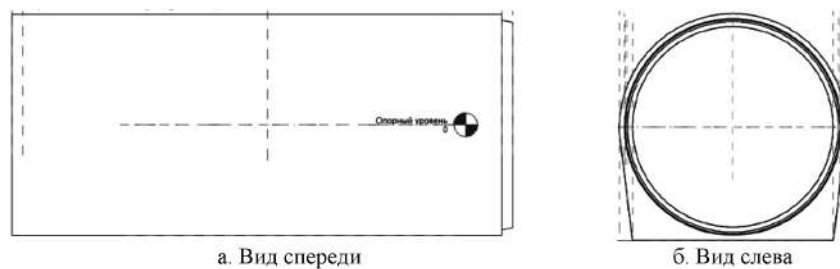


Рис. 5. Разработанная в среде Revit труба типа ТФП

создается по аналогии с семейством типа труб Т. Отличие состоит в наличии буртика и иной форме раструба, имеющей более плавный переход к наиболее широкой части раструба.

1.3. Создание труб типа ТБП

Трубы типа ТБП – железобетонные цилиндрические раструбные с упорным буртиком, с подошвой. Трубы с подошвой создаются аналогично предыдущим с использованием стандартных операций ПО Revit: после создания геометрии тела трубы кольцевого сечения создается подошва трубы, далее при помощи полого элемента вращения, повторяющего форму полый части трубы, вырезается пересечение геометрии трубы и подошвы. После производится объединение геометрии. Результаты формирования семейства представлены на рис. 3.

1.4. Создание труб типа ТСП

Трубы типа ТСП – железобетонные цилиндрические раструбные со ступенчатой поверхностью втулочного конца трубы с подошвой представлены на рис. 4.

1.5. Создание труб типа ТФП

Трубы типа ТФП – железобетонные цилиндрические фальцевые с подошвой. Данный вид труб – единственный, не имеющий раструба и использующийся при проектировании железобетонных водоводов. Результаты формирования семейства представлены на рис. 5.

2. Скрипт для армирования водоводов

Так как процесс выполнения скрипта подразумевает частое использование циклов и условных выражений, выполнение которых затрудняется при использовании исключительно визуального про-

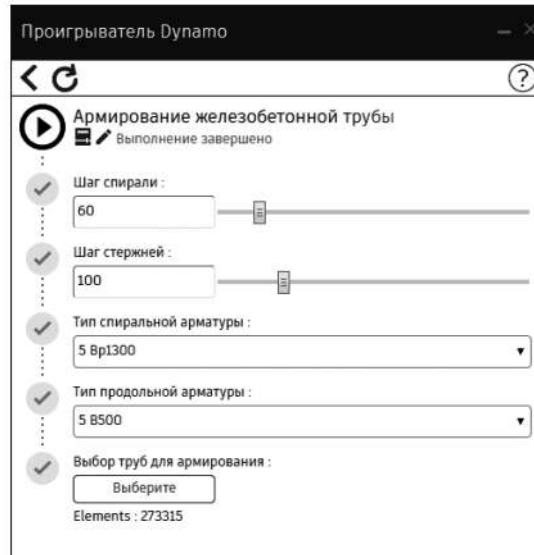


Рис. 6. Исходные данные для армирования трубы типа ТБ

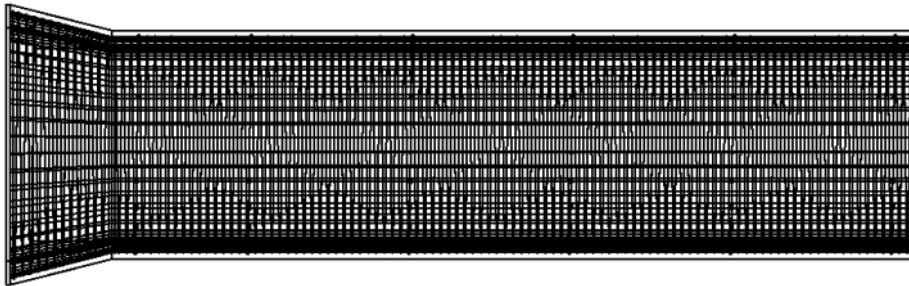


Рис. 7. Результат работы скрипта для трубы типа ТБ

граммирования посредством узлов, текст программы написан при помощи языка Python. Как входные данные используются следующие узлы:

Rebar Bar Type – выбор типа арматурного стержня;

Integer Slider – для задания шага армирования для продольной арматуры и спирали;

Select Model Elements – выбор моделей труб для армирования. Данный узел позволяет выбрать сразу несколько труб для армирования конструкций.

Код Python пишется внутри нода Python Script, входные данные подаются как входные параметры на ввод.

В результате выполнения разработанного скрипта происходит:

- извлечение и настройка исходных параметров,

- нахождение начальных и конечных точек построения арматуры,
- создание основы под каждый элемент армирования,
- создание функции переноса системы координат из вертикальной в систему координат армируемой трубы.

2.1. Результат армирования трубы типа ТБ

Исходные данные для армирования трубы типа ТБ предоставлены на рис. 6.

Результат армирования железобетонной трубы типа ТБ предоставлен на рис. 7. Параметры трубы при проведении армирования: длина: 5000 мм; Внутренний диаметр: 1200 мм; Внешний диаметр: 1420 мм.

При данных параметрах обязательными для соблюдения являются: две сетки армирования, так как

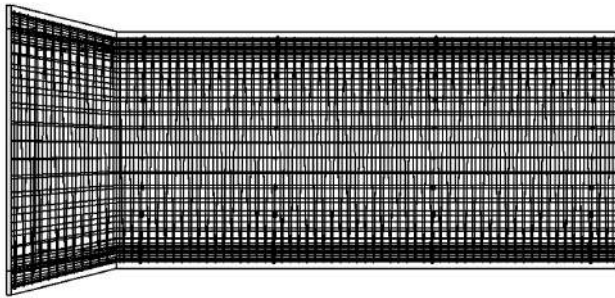


Рис. 8. Результат работы скрипта для трубы типа ТБ длиной 3000 мм.

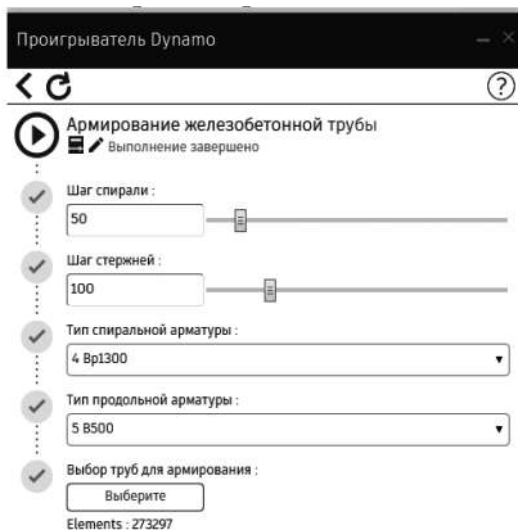


Рис. 9. Исходные данные для армирования трубы типа Т

диаметр больше, чем 1000 мм. Так как длина трубы 5000 мм, количество рядов скоб равно 6.

Проверяем работу скрипта для трубы меньшей длины, сохраняя внутренний и внешний диаметры. Входные параметры: длина: 3000 мм; Внутренний диаметр: 1200 мм; Внешний диаметр: 1420 мм.

При данных параметрах обязательными для соблюдения параметрами являются: две сетки армирования, так как диаметр больше, чем 1000 мм. Так как длина трубы 3000 мм, количество рядов скоб равно 4. Результат работы скрипта предоставлен на рис. 8.

2.2. Результат армирования трубы типа Т

Исходные данные для армирования трубы типа ТБ предоставлены на рис. 9. Данные параметры предоставлены для примера и для демонстрации работы скрипта. В соответствии с требованиями прочности

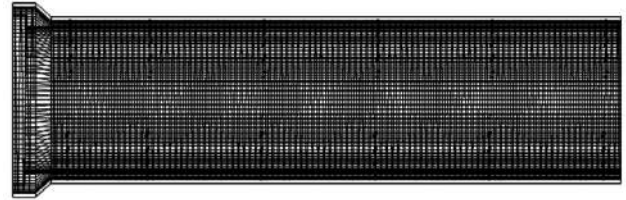


Рис. 10. Результат работы скрипта для трубы типа Т

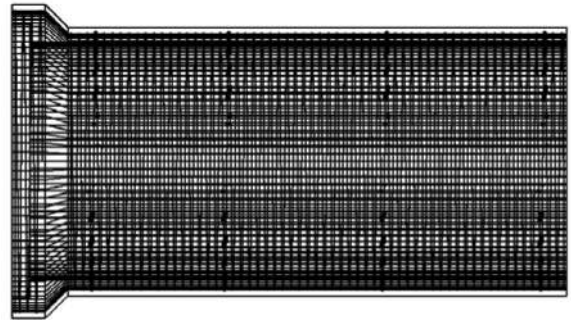


Рис. 11. Результат работы скрипта для трубы типа Т с полезной длиной 3000 мм.

и расчетами, параметры могут изменяться проектировщиком.

Результат работы скрипта для железобетонной трубы типа Т предоставлен на рис. 10. Основные параметры трубы: длина: 5000 мм; Внутренний диаметр: 1400 мм; Внешний диаметр: 1620 мм.

Исходя из требований к армированию труб, данная модель должна армироваться двумя сетками, с расположением связующих металлических скоб через один шаг продольных стержней, в 6 рядов. После проверки модели выясняем, что построение произошло верно.

Проведем проверку на трубе с меньшей длиной (рис. 11), ее параметры зададим следующими: длина: 3000 мм; Внутренний диаметр: 400 мм; Внешний диаметр: 500 мм.

Так же для проверки работы скрипта проведем армирование с железобетонной трубой, внутренний диаметр, который меньше 1000 мм (рис. 12), в данном случае параметры трубы: длина: 5000 мм; Внутренний диаметр: 400 мм; Внешний диаметр: 500 мм.

В данном случае армирование должно происходить одной сеткой, без использования соединительных скоб.

2.3. Результат армирование трубы типа ТБП

Исходные данные для армирования трубы типа ТБП предоставлены на рис. 13. Для армирования ис-

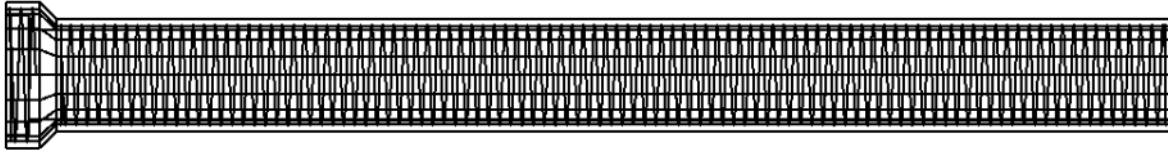


Рис. 12. Результат работы скрипта для трубы типа Т с внутренним диаметром 400 мм

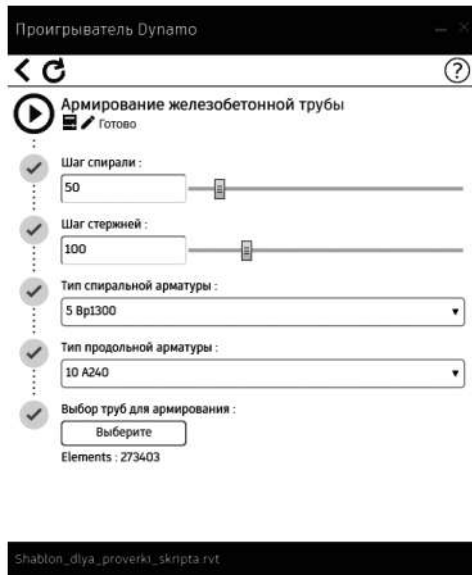


Рис. 13. Исходные данные для армирования трубы типа ТБП

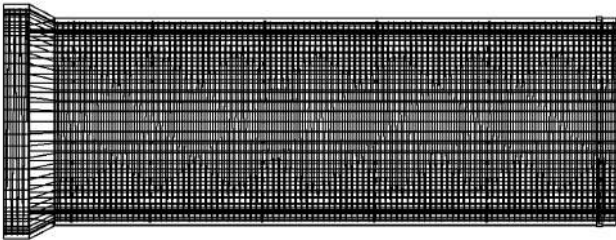


Рис. 14. Результат работы скрипта для трубы типа ТБП

пользуем стандартные параметры, которые пользователь может изменить в соответствии с расчетами железобетонных труб по предельным состояниям.

Результат работы скрипта для железобетонной трубы типа Т предоставлен на рис. 14. Параметры трубы при армировании: длина: 5000 мм; Внутренний диаметр: 1600 мм; Внешний диаметр: 1840 мм.

Для проверки работы скрипта проведем также моделирование армирования для трубы с иными параметрами (рис. 15). Параметры трубы при армиро-

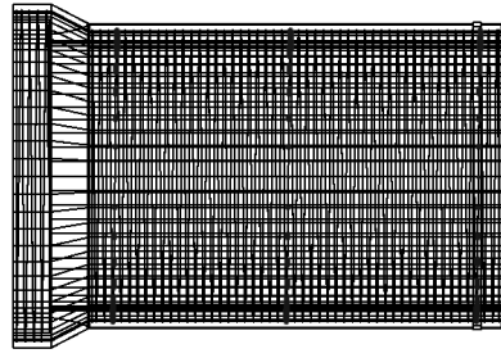


Рис. 15. Результат работы скрипта для трубы типа ТБП с полезной длиной 2500 мм.

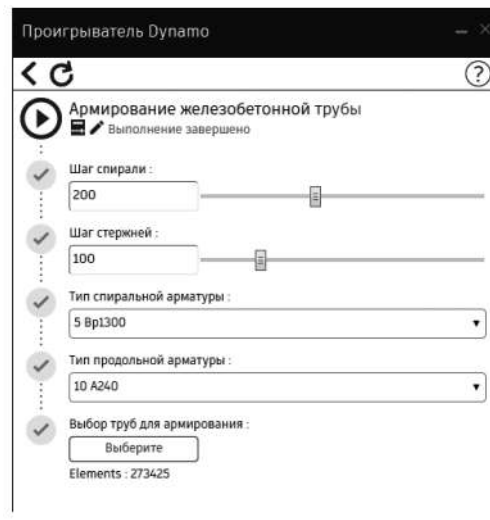


Рис. 16. Исходные данные для армирования трубы типа ТСП

вании: длина: 2500 мм; Внутренний диаметр: 1600 мм; Внешний диаметр: 1840 мм.

2.4. Результат армирования трубы типа ТСП

Исходные данные для армирования трубы типа ТСП предоставлены на рис. 16.

Результат работы скрипта для железобетонной трубы типа ТСП предоставлен на рис. 17. Параметры

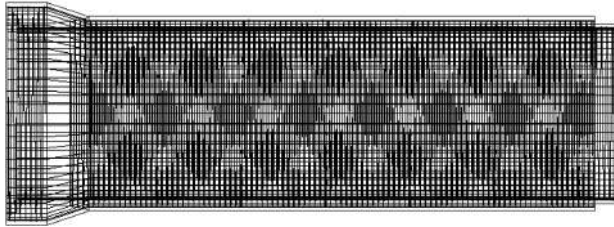


Рис. 17. Результат работы скрипта для трубы типа ТСП

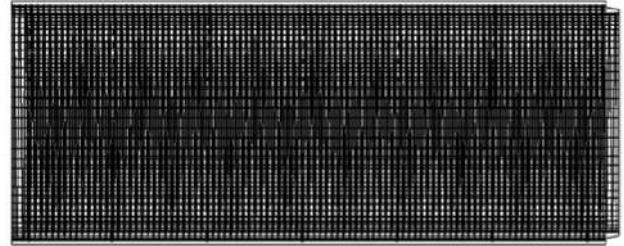


Рис. 20. Результат работы скрипта для трубы типа ТСП

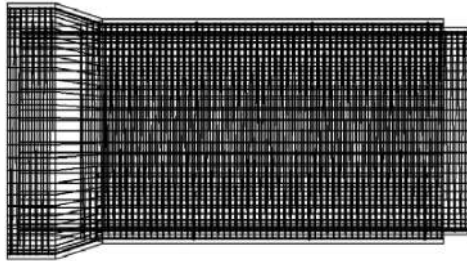


Рис. 18. Результат работы скрипта для трубы типа ТСП с полезной длиной 3000 мм

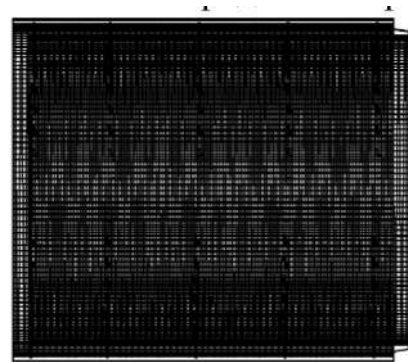


Рис. 21. Результат работы скрипта для трубы типа ТСП с полезной длиной 3000 мм



Рис. 19. Исходные данные для армирования трубы типа ТФП

трубы при армировании: Полезная длина: 5000 мм; Внутренний диаметр: 1600 мм; диаметр: 1840 мм.

При данных параметрах обязательными для соблюдения параметрами являются: две сетки армирования, так как диаметр больше, чем 1000 мм. Так как длина трубы 5000 мм, количество рядов скоб равно 6.

Для проверки работы проводим армирование тру-

бы с изменением какого-либо параметра. Изменим параметр длины (рис. 18). Полезная длина: 3000 мм; Внутренний диаметр: 1600 мм; Внешний диаметр: 1840 мм.

При данных параметрах обязательными для соблюдения параметрами являются: две сетки армирования, так как диаметр больше, чем 1000 мм. Так как длина трубы 3000 мм, количество рядов скоб равно 4.

2.5. Результат армирования трубы типа ТФП

Исходные данные для армирования трубы типа ТБП предоставлены на рис. 19.

Результат работы скрипта для железобетонной трубы типа Т предоставлен на рис. 20. Параметры трубы при армировании: Полезная длина: 5000 мм; Внутренний диаметр: 1600 мм; Внешний диаметр: 1840 мм.

Для проверки работы проводим армирование трубы с изменением какого-либо параметра. Изменим параметр длины (рис. 21): Полезная длина: 3000 мм; Внутренний диаметр: 1600 мм; Внешний диаметр: 1840 мм.

При данных параметрах обязательными для соблюдения параметрами являются: две сетки армиро-

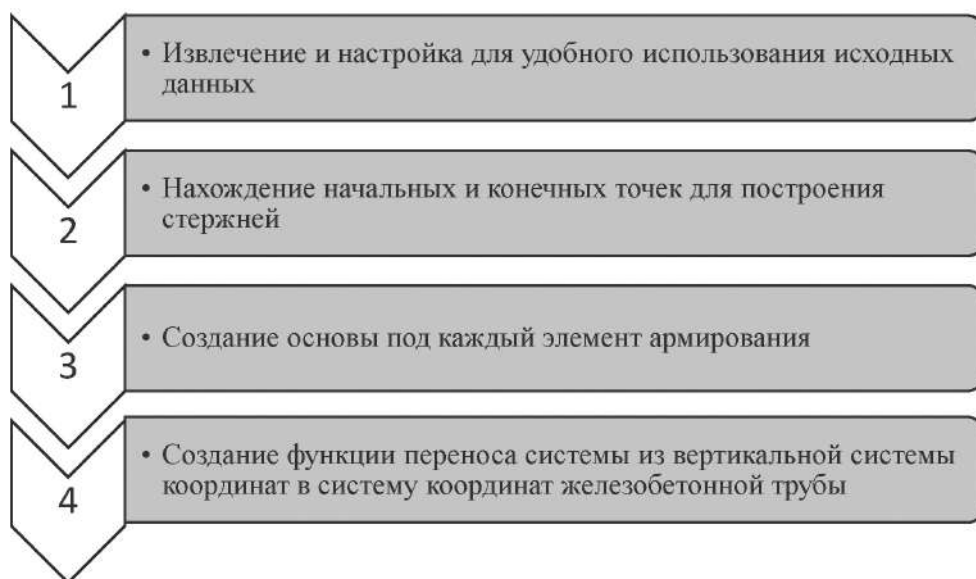


Рис. 22. Обобщенный алгоритм работы скрипта

вания, так как диаметр больше, чем 1000 мм. Так как длина трубы 3000 мм, количество рядов скоб равно 4.

После анализа результата видно, что требования, которые зависят от изменения параметров труб, выполняются – количество связующих арматурные каркасы скоб меняется в зависимости от длины трубы, а количество арматурных каркасов зависит от величины внутреннего диаметра труб. При выборе армируемой трубы параметры передаются верно.

Выводы

В статье представлены этапы формирования скрипта в среде Dymato программного обеспечения

Autodesk Revit для армирования железобетонных водоводов кольцевого сечения. В процессе написания скрипта использован язык программирования IronPython, который позволил использовать средства не только стандартного Python, но и языка C#, что значительно расширило функционал. Основные этапы в процессе работы скрипта представлены на рис. 22.

Для проверки работы скрипта разработаны семейства труб, использующиеся при прокладке железобетонных водоводов. Настроена параметризация для возможности свободного изменения параметров, при которой изменяется и геометрия трубы.

Литература

1. Евтушенко С.И., Шилова Л.А., Улесикова Е.С., Кучумов М.А. Информационное моделирование тоннеля метро с противовибрационными мероприятиями // Наука и бизнес: пути развития №10(100), 2019. С.29-35.
2. Тюрин И.А. Определение востребованности автоматизированной разработки сметной документации // Вестник научных конференций. 2018. № 7-2(35)
3. Гинзбург А.В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта / Информационные ресурсы России, 2016. №5 -с. 28-31.
4. Каган П.Б., Гудков П.К. Информационное моделирование зданий и традиционное проектирование с применением САПР // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 9. С. 164-168.
5. Гаряев Н.А., Краснощекова А.И., Князев А.А. Анализ рисков, возникающих при внедрении BIM-технологий в строительных организациях // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 7 (1007). С. 58-61.
6. Талапов В.В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / -М.: Издательство «ДМК Пресс», 2015. - 410 с.
7. Грибкова И.С., Горенко Д.А. Обзор программного обеспечения для использования BIM моделей // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2018. № 2. С. 211-221.

8. Пученков И.С., Евтушенко С.И. Создание Информационной модели здания в среде общих данных // Строительство и архитектура. - 2021. - Т. 9, Вып. 1 (30). - С. 46-50. DOI 10.29039/2308-0191-2021-9-1-46-50
9. Пученков И.С., Евтушенко С.И. Автоматизация выгрузки и обработки модели // Матер. IV Междунар. научно-практ. конф. «BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры (BIMAC 2021)». - Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2021 с. 286-295. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.046
10. Уланов А.В., Евтушенко С.И. Проблемы решения применения BIM технологий при проектировании окон // Матер. III Междунар. научно-практ. конф. «BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры (BIMAC 2020)». - Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2020 с. 286-295. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.037
11. Никандрова Л.В., Евтушенко С.И. Использование технологий информационного моделирования при разработке проектной и рабочей документации // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: матер. XIX междунар. научн.-техн. конф., Новочеркасск 22-23 октября 2020 г./ Юж.-Рос. гос. политехн. Ун-т (НПИ) имени М.И. Платова.- Новочеркасск: Лик, 2020.- С. 4-9.
12. Осташев Р.В., Евтушенко С.И. Анализ плагина для связи информационных моделей зданий Direct Link // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: матер. XIX междунар. научн.-техн. конф., Новочеркасск 22-23 октября 2020 г./ Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) имени М.И. Платова.- Новочеркасск: Лик, 2020.- С. 9-13.
13. Tyurin I. Methods of computer modeling of cost models for buildings // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. 869. 062031.
14. Ginzburg A., Tyurin I. Automated identification of construction works and structural elements at an early stage of investment and construction projects' implementation // XXIV International Scientific Conference "Construction the Formation of Living Environment" (FORM-2021). E3S Web of Conferences 263, 03008.
15. Shilov L., Evtushenko S., Arkhipov D., Shilova L. The prospects of information technology using for the analysis of industrial buildings defects // (2021) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (1) 012039. DOI:10.1088/1757-899X/1030/1/012039
16. Wang, J., Yuan, Z., He, Z., Zhou, F., Wu, Z. Critical factors affecting team work efficiency in BIM-based collaborative design: An empirical study in China // Buildings. 2021. 11(10), 486
17. Adekunle, S.A., Ejohwomu, O., Aigbavboa, C.O. Building information modelling diffusion research in developing countries: A user meta-model approach // Buildings. 2021. 11(7), 264
18. Altohami, A.B.A., Haron, N.A., Ales Alias, A.H., Law, T.H. Investigating approaches of integrating BIM, IoT, and facility management for renovating existing buildings: A review // Sustainability (Switzerland). 2021. 13(7), 3930
19. Khattri, S.K., Singh, J., Rai, H.S. A Statistical Review to Study the Structural Stability of Buildings Using Building Information Modelling // Archives of Computational Methods in Engineering. 2021
20. Yang, A., Han, M., Zeng, Q., Sun, Y. Adopting Building Information Modeling (BIM) for the Development of Smart Buildings: A Review of Enabling Applications and Challenges // Advances in Civil Engineering. 2021. 2021, 8811476