

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИЗУАЛЬНОГО (ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО) ПРОГРАММИРОВАНИЯ

К.А. Шумилов, shkas@mail.ru

Ю.А. Гурьева, yual2017@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ), Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В процессе выполнения проектов возникает необходимость работы с моделями малых архитектурных форм. В соответствии с требованиями времени их геометрия с каждым годом становится всё сложнее. Многие малые архитектурные формы содержат повторяющиеся элементы, меняющиеся по сложному закону и расположенные по криволинейным траекториям. С подобными объектами непросто работать даже опытным проектировщикам. При этом требуется изменение параметров этих объектов в процессе их встраивания в архитектурную среду. Также требуется, чтобы вносимые изменения в интерактивном режиме сразу же отображались в модели. При моделировании и корректировке параметров объектов необходимо удовлетворить требованиям, предъявляемым к моделям, как в начале проектирования, так и на следующих стадиях проекта. Решению этих проблем и посвящена представленная статья. Решение показано на конкретных объектах архитектурной среды, требуемых для разработки проектов: «Навес и скамья»; «Скамья из полигональных элементов, расположенных по окружности»; «Летний павильон»; «Декоративная стена». Представлены полученные модели малых архитектурных форм и разработанные для них скрипты, выполненные в программах Grasshopper и Dynamo. Полученные модели успешно импортируются в графические программные комплексы, в том числе и в программы BIM (Archicad, Renga, Revit и другие).

Ключевые слова: малая архитектурная форма (МАФ), параметрическое программирование, визуальное программирование, геометрическое формообразование, архитектурное проектирование, моделирование, сложная геометрия

Благодарности. Статья публикуется по результатам научно-исследовательской работы, проводимой в рамках конкурса грантов на выполнение научно-исследовательских работ научно-педагогическими работниками Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ) в 2023 году.

Для цитирования. Шумилов К.А., Гурьева Ю.А. Моделирование малых архитектурных форм сложной геометрии с использованием визуального (параметрического) программирования // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 3. С. 70–79. DOI: 10.14529/build230309

Original article
DOI: 10.14529/build230309

MODELING OF COMPLEX GEOMETRY SMALL ARCHITECTURAL FORMS USING VISUAL (PARAMETRIC) PROGRAMMING

K.A. Shumilov, shkas@mail.ru

Y.A. Guryeva, yual2017@mail.ru

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU),
St. Petersburg, Russia

Abstract. Project implementation necessitates working with models of small architectural forms. Their geometry becomes more and more complex every year in accordance with modern requirements. Many small architectural forms contain repeating elements that change according to complex laws and are located along curvilinear trajectories. Such objects are a challenge even for experienced designers. The parameters of these objects must be changed when integrating them into the architectural environment. These changes must also appear in the model instantaneously. When modeling and adjusting the parameters of objects, it is necessary to satisfy certain requirements of the model both at the beginning of the design stage and at subsequent project stages. The presented article is devoted to solutions for these problems. A proposed solution is demonstrated for specific objects of the architectural environment required for the development of projects: a canopy and bench; a bench made of polygonal elements arranged in a circle; a summer

© Шумилов К.А., Гурьева Ю.А., 2023.

pavilion; and a decorative wall. The obtained models of small architectural forms and the scripts developed for them (executed in Grasshopper and Dynamo) are presented. The resulting models are successfully imported into graphic software, including BIM programs (Archicad, Renga, Revit and others).

Keywords: small architectural form, parametric programming, visual programming, geometric shaping, architectural design, modeling, complex geometry

Acknowledgements. The paper presents the results of research carried out as part of a research grant competition by the academic staff of St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU) in 2023.

For citation. Shumilov K.A., Guryeva Yu.A. Modeling of complex geometry small architectural forms using visual (parametric) programming. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture.* 2023;23(3):70–79. (in Russ.). DOI: 10.14529/build230309

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется проблемам геометрического формообразования при работе с архитектурными объектами [1–13].

Для удобства работы при моделировании целесообразно использовать метод, обеспечивающий интерактивный геометрический контроль, позволяющий вносить изменения в любой момент в процессе проектирования от начальной стадии до стадии завершения и доработки проекта [4, 6–8, 10–19]. Для этих целей используются различные программные и графические комплексы, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Для работы с элементами сложной геометрии успешно используются программы визуального (параметрического) программирования [11–13, 15–17, 19–23].

Малые архитектурные формы, имеющие сложную геометрическую форму, представляют особый интерес для архитекторов и дизайнеров [5–7, 9, 10, 13]. Именно такие объекты, требуемые при проектировании, были использованы авторами этой статьи для изучения процесса их формообразования при применении визуального (параметрического) программирования, для решения некоторых проблем, возникающих в процессе создания программного кода и моделирования, в частности: разработка скрипта, наиболее оптимального с точки зрения экономии ресурсов разработчика и компьютера; возможность внесения изменений в интерактивном режиме на любой стадии работы над проектом; соответствие полученных моделей требуемым параметрам.

Цель работы: разработать наиболее оптимальные программные скрипты для формирования в интерактивном режиме моделей объектов представленных малых архитектурных форм сложной геометрии.

Результаты проведенного исследования

В статье приведены результаты исследования по оптимизации программных кодов при моделировании представленных объектов малой архитектурной формы сложной геометрии, позволяющие

производить корректировки модели в интерактивном режиме.

Навес и скамья

Для моделирования Навеса (рис. 1) в Grasshopper сначала были построены плоские кривые линии с помощью инструмента **InterpolatePoints**.

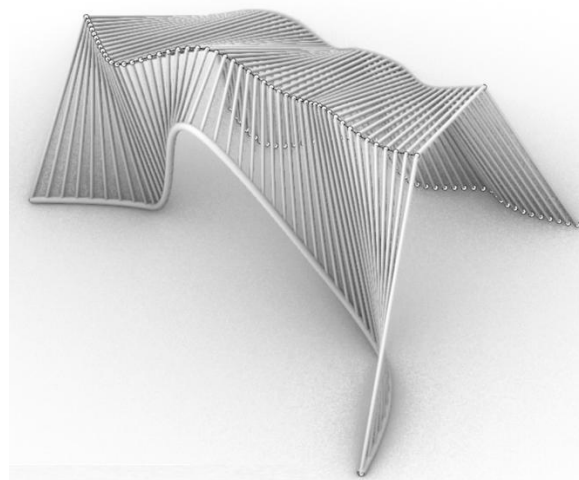


Рис. 1. Навес (модель)

Эти кривые были подняты на требуемую высоту по оси Z с включенной привязкой **Gumball**. Между кривыми были созданы направляющие, на которые нанесены точки, необходимые для дальнейших построений. Полученным направляющим были назначены сечения в виде окружностей регулируемого радиуса (рис. 2).

Для моделирования скамьи (рис. 3) сначала были сформированы контуры сечений с помощью инструмента **InterpolatePoints**.

Затем была задана траектория для размещения полученных контуров. Создание поверхности и направляющей линии производилось с помощью **Sweep1Rail**. Замыкание формы и объединение объектов производилось с помощью команды **Join**. Далее были сформированы требуемые поверхности (рис. 4).

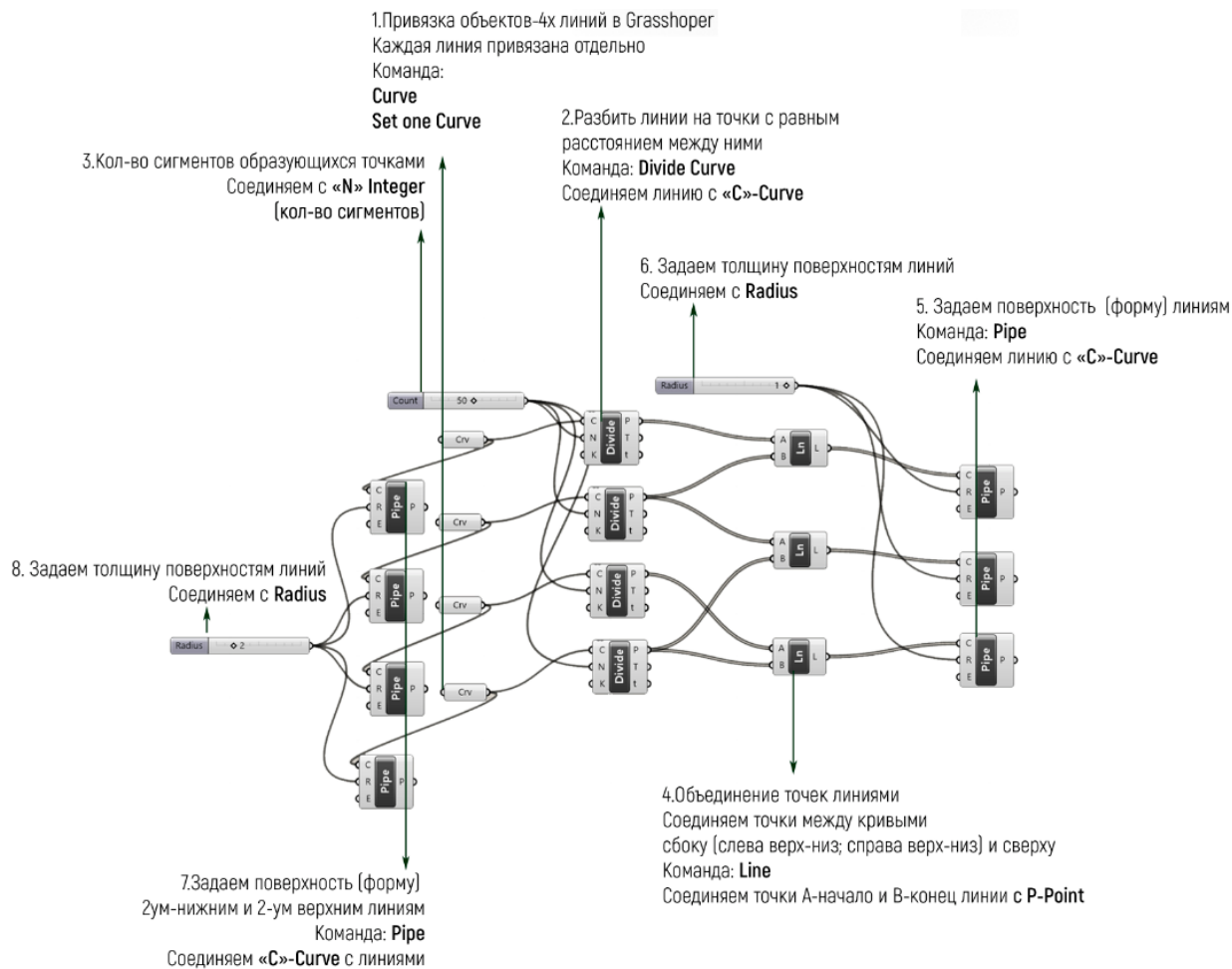


Рис. 2. Навес (скрипт)

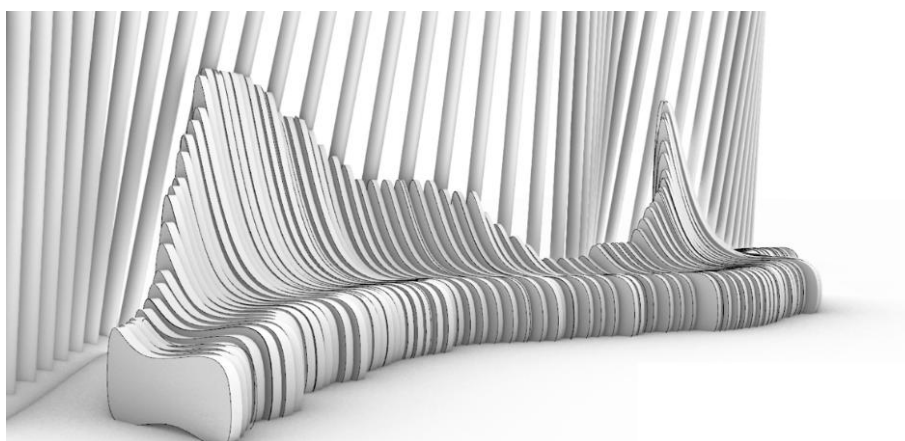


Рис. 3. Скамья (модель)

Полученная модель малой архитектурной формы (Навеса и скамьи) приведена на рис. 5.

Скамья из полигональных элементов, расположенных по окружности

Для моделирования Скамьи из полигональных элементов (рис. 6) был разработан скрипт (рис. 7):

1. Созданная окружность была поделена на 74 части.

2. Нанесены требуемые точки на прямоугольные части.

3. Криволинейной направляющей назначены прямоугольные части по точкам.

4. Направляющей назначена синусоидальная форма.

5. Произведено выдавливание поверхностей.

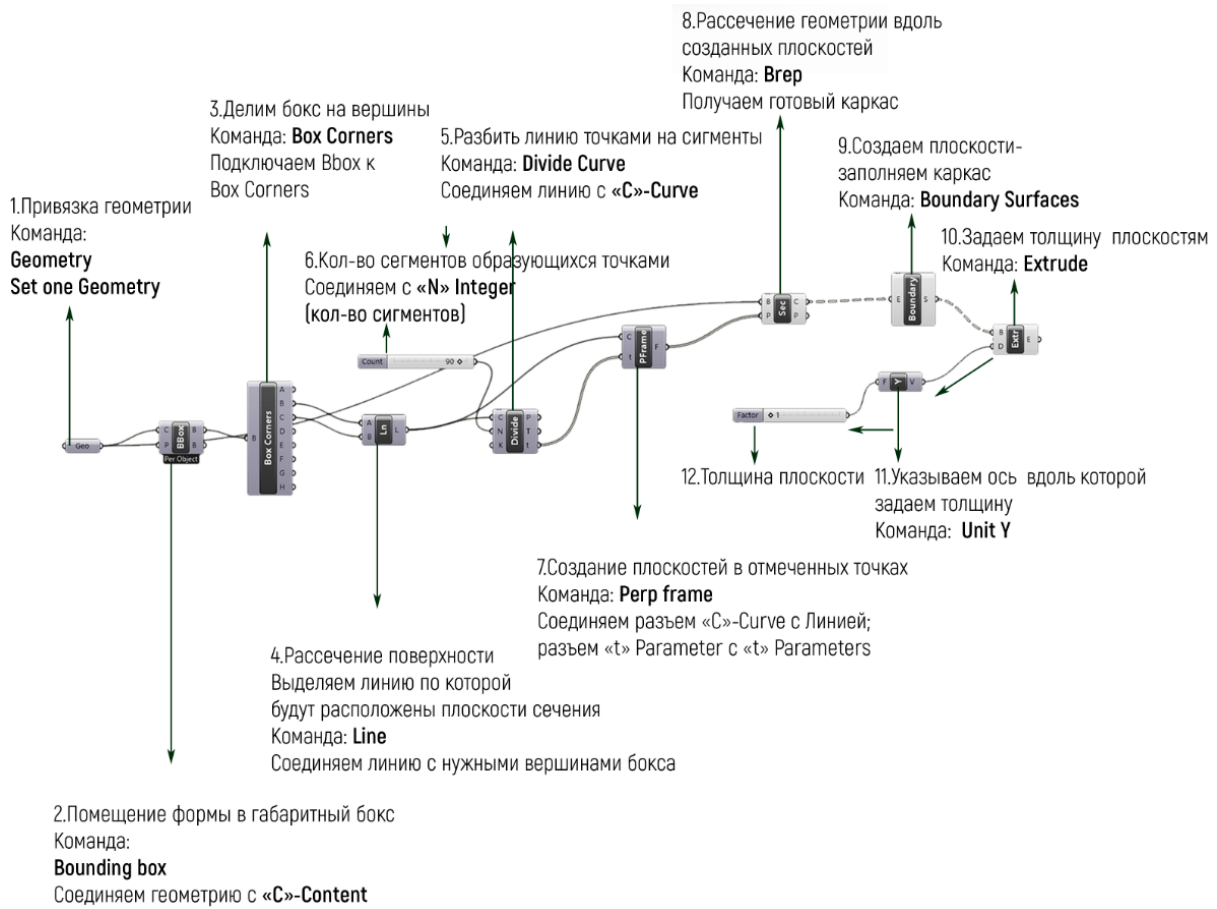


Рис. 4. Скамья (скрипт)



Рис. 5. Разработанная модель малой архитектурной формы (навес и скамья)

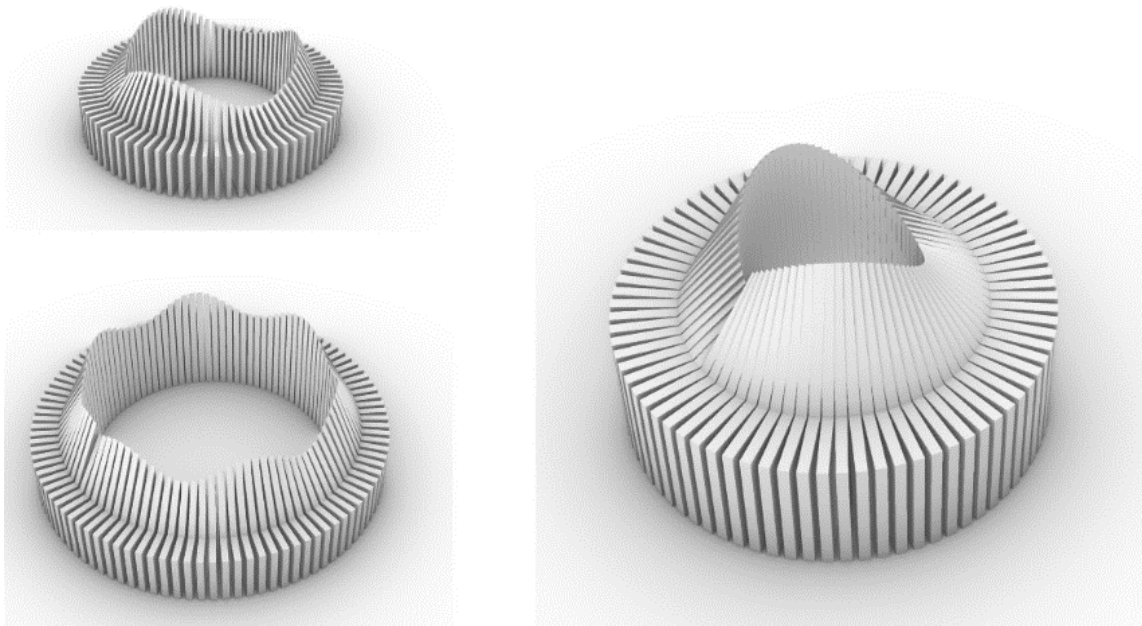


Рис. 6. Скамья из полигональных элементов, расположенных по окружности (модель)

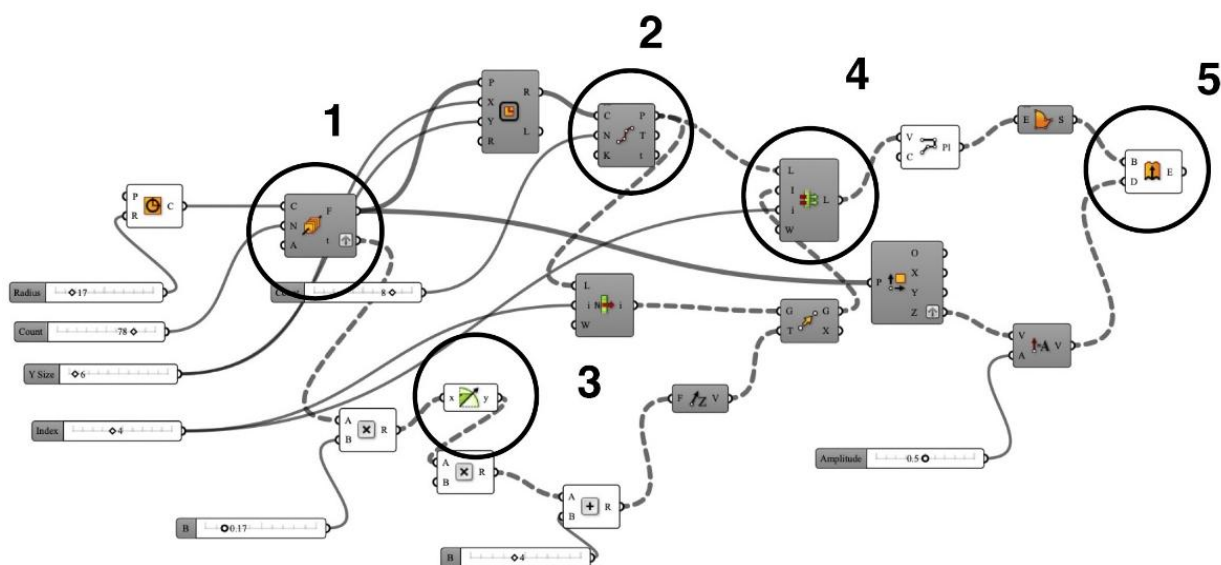


Рис. 7. Скамья из полигональных элементов, расположенных по окружности (скрипт)

Летний павильон

Для моделирования Летнего павильона (рис. 8) был разработан скрипт в Dynamo (рис. 9):

1. Ввод точек, расположенных по окружности на заданной высоте.
2. Построение линий.
3. Формирование поверхностей.

Декоративная стена

Для моделирования Декоративной стены (рис. 10) были использованы инструменты Point.ByCoordinates, NurbsCurve.ByPoints, Surface.ByLoft, Surface.PointAtParameter, Surface.ByPerimeterPoints, PolyCurve.ByJoinedCurves, Surface.PerimeterCurves, Curve.ExtrudeAsSolid, PlaneByOriginNormal (рис. 11).

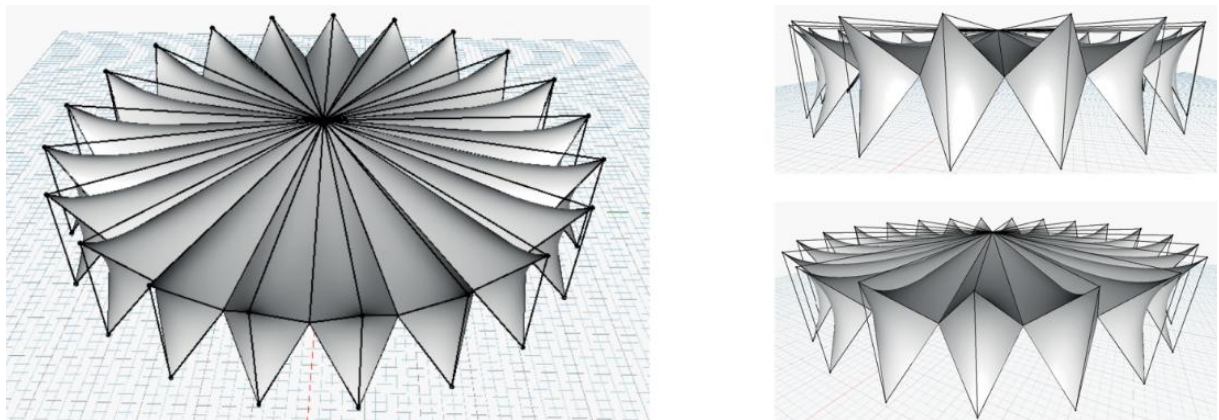


Рис. 8. Летний павильон (модель)

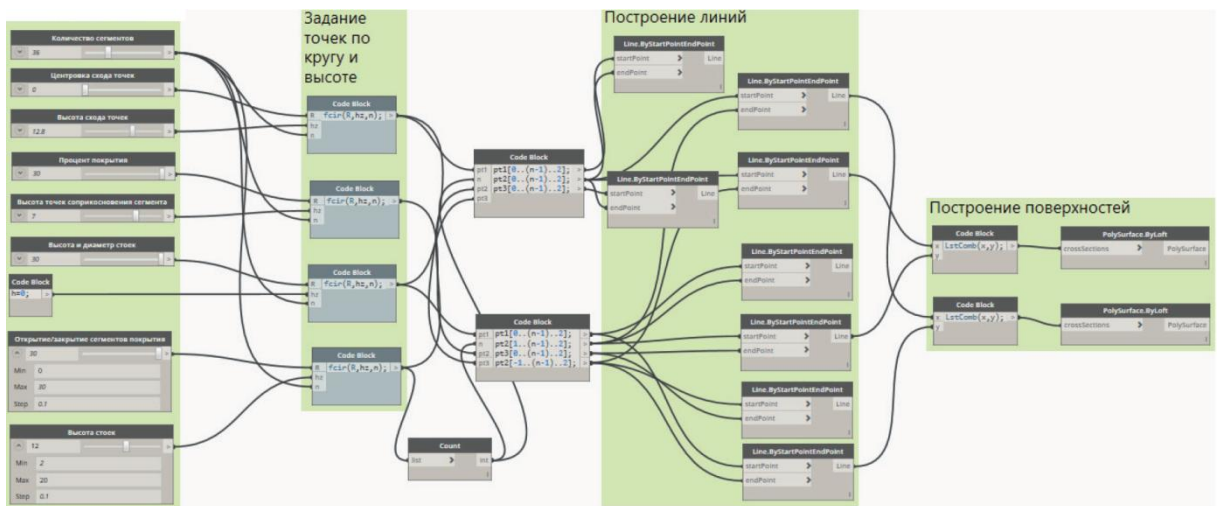


Рис. 9. Летний павильон (скрипт)

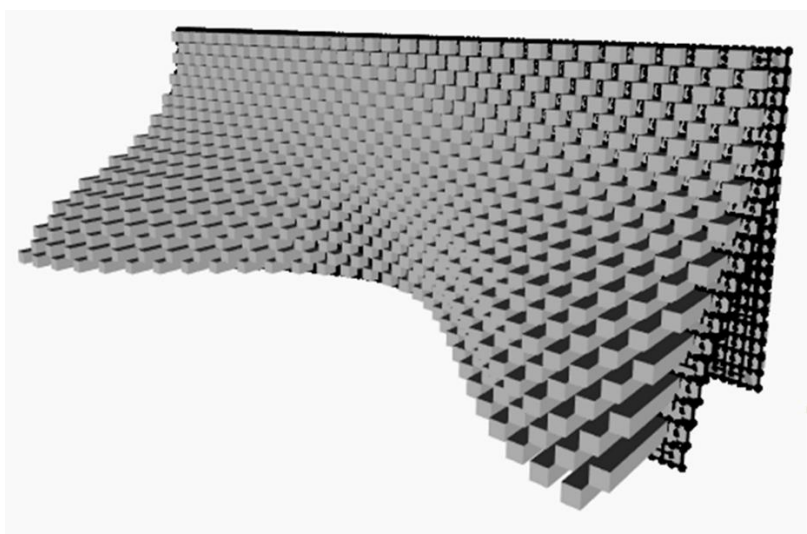


Рис. 10. Декоративная стена (модель)

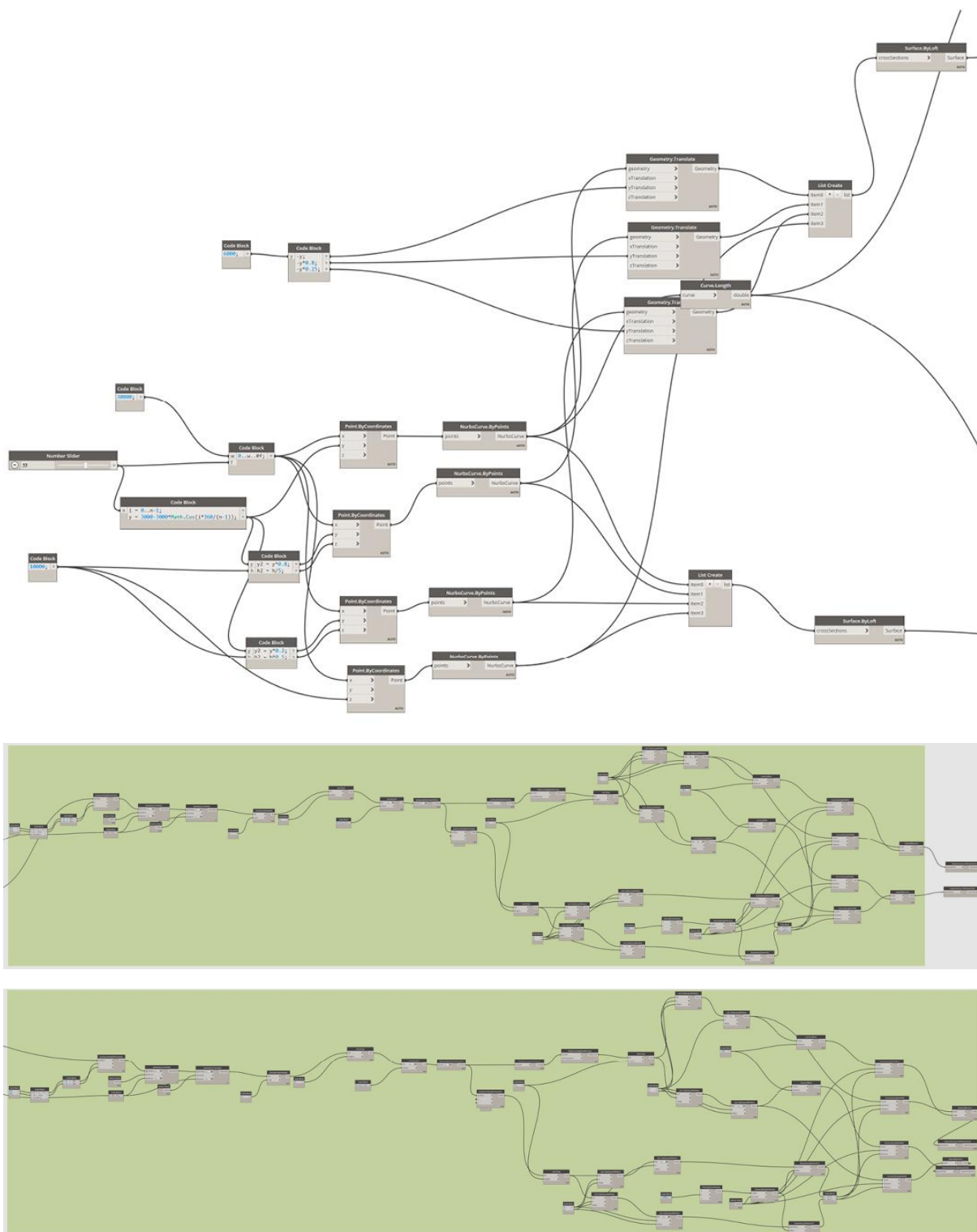


Рис. 11. Декоративная стена (скрипт)

Заключение и рекомендации

В результате исследования для представленных объектов малых архитектурных форм сложной геометрии разработаны оптимальные ресурсосберегающие программные коды в визуальных плагинах Grasshopper и Dynamo, позво-

ляющие корректировать модели в интерактивном режиме на любой стадии проектирования. Эти модели успешно импортируются в графические программные комплексы, в том числе и в программы BIM (Archicad, Renga, Revit и другие).

Список литературы

1. Гоголкина О.В. Особенности формирования конструкций в параметрической архитектуре // Архитектура и современные информационные технологии. 2018. № 1(42). С. 355–363.
2. Бжахов М.И., Ефимова М. М., Журтов А. В. Алгоритмическое проектирование в архитектуре // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2(49). С. 166.
3. Волинсков В.Э. Методы использования цифровых технологий и программных продуктов при разработке и визуализации проектов планировки территорий // Градостроительство. 2019. № 5(63). С. 49–57.
4. Файзрахманов М.Р. Современные цифровые технологии в проектировании объектов архитектурной среды // Месмахеровские чтения – 2016: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. СПб., 2016. С. 113–117.
5. Рочегова Н.А., Барчугова Е.В. Современное проектное творчество и его отражение в практике высшей архитектурной школы // Современная архитектура мира. 2016. № 7. С. 187–201.
6. Поморов С.Б., Исмаил Х. Д.А. Терминология нелинейной архитектуры и аспекты ее применения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 3(44). С. 78–87.
7. Жукова Н.Г., Князева К.В. Современные цифровые методы в изучении параметрической архитектуры в рамках изучения дисциплины «Архитектурное проектирование» // Научные труды Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского: материалы региональной университетской научно-практической конференции. Калуга: Калужский государственный университет им. К.Э.Циолковского, 2019. С. 555–559.
8. Куликов А.С., Бурлов А.В. Технология сетей как метод параметрического проектирования // Устойчивое развитие региона: архитектура: материалы VIII Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2021. С. 305–309.
9. Стессель С.А. Предпосылки развития идей нелинейности в современной архитектуре // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2016. Т. 16, № 3. С. 5–11. DOI: 10.14529/build160301
10. Геворкян Т.А., Валкин Б.Л. Эстетика виртуальной цифровой архитектуры // Архитектура и современные информационные технологии. 2020. № 2(51). С. 362–372. DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15120
11. Пшеничникова К.А. Особенности формирования пневматической архитектуры в XXI веке // Архитектура и современные информационные технологии. 2019. № 2(47). С. 150–170.
12. Лазарев К.В., Енютина Е.Д. Принципы параметрического построения архитектурной формы на основе биологических структур // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сборник статей 78-й Всероссийской научно-технической конференции. Самара: Самарский государственный технический университет, 2021. С. 367–378.
13. Гребенников А.В., Уморина Ж.Э. Бионика как природный катализатор в архитектуре // Архитектон: Известия вузов. 2018. № 2(62). С. 6.
14. Применение информационного моделирования при исследовании уникальных объектов параметрической архитектуры / Г.М. Кравченко, Е.В. Труфанова, А.Ю. Маноиленко, В.В. Литовка // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1(52). С. 128–134.
15. Перцева А.Е., Хижняк Н.С., Радаев А.Е. Алгоритм проектирования конструкций сложной конфигурации с использованием средств автоматизации (на примере Autodesk Revit, Autodesk Autocad и Dypamo) // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2018. № 4. DOI: 10.15862/04SATS418
16. Андреев И.И., Мальцев В.Л. Расширенное использование возможностей Autodesk Revit на основе дополнения Dypamo // Информационные и графические технологии в профессиональной и научной деятельности: сборник статей Международной научно-практической конференции. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. С. 124–127.
17. Каренгин Г.В., Есипов А.В. Dypamo как способ расширения возможностей Autodesk Revit // Информационные и графические технологии в профессиональной и научной деятельности: сборник статей II Международной научно-практической конференции. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. С. 216–218.
18. Ларин В.С., Клашанов Ф.К. Параметрическое моделирование в связке трех аппаратных комплексов Archicad, Rhinoceros, Grasshopper // Студенческий. 2019. № 10(54). С. 6–11.
19. Дахова Д.Д. Обзор программных комплексов для параметрического моделирования // сборник трудов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. С. 981–986.
20. Анисимова Н.В. Обзор основных плагинов среднего моделирования и оптимизации геометрии в Dypamo и Grasshopper // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. С. 228–233. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.042
21. Liu H., Jiang Yu. The parametric modeling of one heterotypic building basing on Rhino and Grasshopper // Новые идеи нового века. 2017. Т. 2. С. 202–207.

22. Жуков В.С., Зацепин Е.П. Основы визуального программирования в Дупато для проектирования в Revit // Цифровая трансформация в энергетике: материалы Третьей Всероссийской научной конференции. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2022. С. 103–105.

23. Валенсия Э., Рынковская М.И. Расширение моделирования в программе Revit с помощью Дупато // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы X Международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, Поволжский государственный технологический университет. 2015. С. 95–97.

References

1. Gogolkina O.V. Constructions formation features in the parametric architecture. *Architecture and modern information technologies*. 2018;1(42):355–363. (In Russ.)

2. Bzhahov M.I. Efimova M.M., Zhurtov A.V. Algorithmic design in architecture. *Engineering journal of Don*. 2018;2(49):166. (In Russ.)

3. Volynskov V.E. Methods of using digital technologies and software products in the development and visualization of territory planning projects. *Gradostroitel'stvo [Urban Development]*. 2019;5(63):49–57. (In Russ.)

4. Fayzrakhmanov M.R. [Modern digital technologies in the design of objects of the architectural environment.] In: *Mesmakherovskie chteniya – 2016: sbornik nauchnykh statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Messmakher Readings – 2016: collection of scientific articles of the international scientific and practical conference]. St. Petersburg, 2016. P. 113–117. (In Russ.)

5. Rohegova N.A., Barchugova E.V. Contemporary creative design and its influence on the practice of higher education in architectural school. *Contemporary World's Architecture*. 2016;7:187–201. (In Russ.)

6. Pomorov S.B., Ismail Kh. D.A. Terminology of nonlinear architecture and its application aspects. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014;3(44):78–87. (In Russ.)

7. Zhukova N.G., Knyazeva K.V. Modern digital methods in the study of parametric architecture in the framework of the study of the discipline of architectural design In: *Nauchnye trudy Kaluzhskogo gosudarstvennogo universiteta imeni K.E. Tsiolkovskogo: materialy regional'noy universitetskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific works of the Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky: materials of the regional university scientific and practical conference]. Kaluga: Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski; 2019. P. 555–559. (In Russ.)

8. Kulikov A.S., Burlov A.V. [Network technology as a method of parametric design.] In: *Ustoychivoe razvitiye regiona: arkhitektura: materialy VIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Sustainable development of the region: architecture: materials of the VIII international scientific and practical conference]. Tambov, 2021. P. 305–309. (In Russ.)

9. Stessel S.A. The Prerequisites of Nonlinearity Ideas Development in Modern Architecture. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2016;16(3):5–11 (In Russ.) DOI: 10.14529/build160301

10. Gevorkyan T.A., Valkin B.L. Aesthetics of virtual digital architecture. *Architecture and modern information technologies*. 2020;2(51):362–372. (In Russ.) DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15120

11. Pshenichnikova K.A. Features of the formation of pneumatic architecture in the XXI century. *Architecture and modern information technologies*. 2019;2(47):150–170. (In Russ.)

12. Lazarev K.V., Enyutina E.D. The principles of architectural form construction by parametric based on a biological structures. In: *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Arkhitektura i gradostroitel'stvo: sbornik statey 78-y vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Traditions and innovations in construction and architecture. Architecture and urban planning: collection of articles of the 78th all-Russian scientific and technical conference]. Samara: Samara State University of Architecture and Civil Engineering, 2021. P. 367–378. (In Russ.)

13. Grebennikov A.V., Umorina Zh.E. Bionics as a natural catalyst in architecture. *Architecton: proceedings of higher education*. 2018;2(62):6. (In Russ.)

14. Kravchenko G.M., Trufanova E.V., Manoilenko A.Yu., Litovka V.V. Application of information modeling research the unique building of parametric architecture. *Engineering journal of Don*. 2019;1(52):128–134. (In Russ.)

15. Pertseva A.E., Khizhnyak N.S., Radaev A.E. Algorithm for designing structures of complex configuration using automation tools (on the example of Autodesk Revit, Autodesk Autocad and Dynamo). *Russian journal of transportengineering [online]*. 2018;4(5). DOI: 10.15862/04SATS418 (In Russ.)

16. Andreev I.I., Maltsev V.L. [Extended use of Autodesk Revit capabilities based on the Dynamo add-on.] In: *Informatsionnye i graficheskie tekhnologii v professional'noy i nauchnoy deyatel'nosti: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Information and graphic technologies in professional and scientific activities: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference]. Tyumen: Tyumen Industrial University, 2017. P. 124–127. (In Russ.)

17. Karengin G.V., Esipov A.V. [Dynamo as a way to expand the capabilities of Autodesk Revit.] In: *Informatsionnye i graficheskie tekhnologii v professional'noy i nauchnoy deyatel'nosti: sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Information and graphic technologies in professional and scientific activities: collection of articles of the II International Scientific and Practical Conference]. Tyumen: Tyumen Industrial University, 2018. P. 216–218. (In Russ.)
18. Larin V.S., Klashanov F.K. Parametric modeling on the example of a binding of three Archicad, Rhinoceros, 3d and Grasshopper apparatus complexes. *Studencheskiy* [Student]. 2019;10(54):6–11. (In Russ.)
19. Dakhova D.D. [Overview of software systems for parametric modeling.] In: *Cbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh BGTU im. V. G. Shukhova* [Proceedings of the International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU. V.G. Shukhova]. Belgorod: BSTU named after V.G. Shukhov, 2019. P. 981–986. (In Russ.)
20. Anisimova N.V. Review of environmental modeling and geometry optimization plugins in Dynamo and Grasshopper. In: *BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury: Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [BIM-modeling in the tasks of construction and architecture: materials of the II International Scientific and Practical Conference]. St.Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2019. P. 228–233. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.042 (In Russ.)
21. Liu H., Jiang Yu. The parametric modeling of one heterotypic building basing on Rhino and Grasshopper. *New Ideas of New Century*. 2017;2:202–207
22. Zhukov V.S., Zatsepin E.P. [Fundamentals of visual programming in Dynamo for design in Revit.] In: *Tsifrovaya transformatsiya v energetike: materialy Tret'ey Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* [Digital transformation in the energy sector: materials of the Third All-Russian Scientific Conference]. Tambov: Publishing House of TSTU, 2022. P. 103–105. (In Russ.)
23. Valencia E., Rynkovskaya M.I. [Expansion of modeling in the Revit program using Dynamo.] In: *Nauchnomu progressu – tvorchestvo molodykh: materialy X mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii po estestvennonauchnym i tekhnicheskim distsiplinam* [Scientific progress – the work of the young: materials of the X International Youth Scientific Conference on Natural Sciences and Technical Disciplines]. Yoshkar-Ola: Volgatech, 2015. P. 95–97. (In Russ.)

Информация об авторах:

Шумилов Константин Августович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ), Санкт-Петербург, Россия; shkas@mail.ru

Гурьева Юлиана Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ), Санкт-Петербург, Россия; yual2017@mail.ru

Information about the authors:

Konstantin A. Shumilov, Cand. Sci. in Eng., Associate Professor of the Information Technologies Department, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU), St. Petersburg, Russia; shkas@mail.ru

Yuliana A. Guryeva, Cand. Sci. in Eng., Associate Professor of Descriptive Geometry and Engineering Graphics, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU), St. Petersburg, Russia; yual2017@mail.ru

Статья поступила в редакцию 05.06.2023, принята к публикации 13.06.2023.

The article was submitted 05.06.2023; approved after reviewing 13.06.2023.