



Список литературы

1. Pezeshki Z., Ivari S. A. S. Applications of BIM: A Brief Review and Future Outline // Archives of Computational Methods in Engineering. 2016. DOI: 10.1007/s11831-016-9204-1.
2. Шеина С. Г., Петров К. С., Федоров А. А. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России // Строительство и техногенная безопасность. 2019. № 14(66). С. 7–14.
3. Вербицкий В. А. Анализ программных комплексов и опыта внедрения BIM-технологий // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9, № 2. С. 14–28. DOI: 10.12731/2227-930X-2019-1-14-28.
4. Захарова Г. Б. Как BIM перерастает в CIM и в цифровой двойник города // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Международной научно-практической конференции / под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 27–36. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.003.
5. Згода Ю. Н., Семенов А. А. Перспективы развития программного и аппаратного обеспечения BIM-моделирования // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: материалы научно-практической конференции с международным участием. Екатеринбург: УрГАСУ, 2020. С. 43.
6. Гирия Л. В., Трофимов Г. П. Применение BIM-технологий в практике эксплуатации зданий и сооружений // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Международной научно-практической конференции / под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 113–119. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.003.
7. Толстолуцкая А. А. Информационное моделирование и применение BIM-технологий на этапе эксплуатации зданий // Сборник докладов IX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. С. 251–254.
8. Игнатова Е. В., Предеина В. П. Состояние и перспективы применения технологии генеративного дизайна в строительстве // Строительство и архитектура. 2021. Т. 9, № 1. С. 71–75. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-9-1-71-75.
9. Федчун Д. О., Глустый Р. Е. Сравнительный анализ методов параметрического, информационного и генеративного архитектурного проектирования // Вестник Инженерной Школы Дальневосточного Федерального Университета. 2018. № 1(34). С. 103–115. DOI: 10.5281/zenodo.1196721.
10. Бжахов М. И., Ефимова М. М., Журтов А. В. Алгоритмическое проектирование в архитектуре // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2 (49). С. 166.
11. Кривенко А. А., Моор В. К., Гаврилов А. Г. Генеративное проектирование как средство формирования архитектурных объектов // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. 2017. № 2. С. 203–206.
12. Bronshteyn I.E. Study of defects in a program code in Python // Programming and Computer Software. 2013. Vol. 39. P. 279–284. DOI: 10.1134/S0361768813060017.
13. Корныхин Е.В., Хорошилов А.В. Использование языка программирования Python для описания ограничений на архитектурные модели // Труды ИСП РАН. 2015. Т. 27, № 5. С. 143–156. DOI: 10.15514/ISPRAS-2015-27(5)-8.
14. Lvov M., Kruglyk V. Teaching algorithmization and programming using Python language // Education and Information Technologies. 2014. No. 20. P. 13–23. DOI: DOI:10.14308/ite000493.
15. Документация: Autodesk 3ds Max 2021. URL: <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2021/ENU/> (дата обращения: 11.01.2021).
16. Документация: `qtdmax` [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://help.autodesk.com/view/MAXDEV/2021/ENU/?guid=Max_Python_API_qtdmax_module_html (дата обращения: 23.10.2020).

© В. И. Жигулин, К. А. Шумилов, А. А. Семенов

Ссылка для цитирования:

Жигулин В. И., Шумилов К. А., Семенов А. А. Моделирование застройки произвольной формы с использованием Python в среде 3DS MAX // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 4 (38). С. 113–117.

УДК 721.02+004.42
DOI 10.52684/2312-3702-2021-38-4-117-123

**ВИЗУАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ
В ЗАДАЧАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Н. Г. Георгиев, К. А. Шумилов, А. А. Семенов

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Технологии информационного моделирования зданий (BIM) или построения цифровой информационной модели (ЦИМ) являются наиболее перспективным и востребованным направлением в современном проектировании и строительстве. В данной работе описываются созданные авторами алгоритмы визуального программирования в связках Dynamo – Revit и Grasshopper – Rhinoceros. С помощью предлагаемых алгоритмов возможно создавать строительные конструкции различной формы с вариативной настройкой исходных данных. В качестве примера реализации такого алгоритма создан скрипт, с помощью которого пользователь может моделировать башни различной формы и с различными исходными данными, такими как: тип геометрии основания, число этажей, длина стороны этажа или радиуса окружности (в зависимости от основания), высота этажа. Сгенерированные модели анализируются на надежность и прочность в вычислительном комплексе SCAD Office.

Ключевые слова: BIM, визуальное программирование, скрипт, Revit, Dynamo, Rhinoceros, Grasshopper.

VISUAL PROGRAMMING IN THE PROBLEMS OF MODELING BUILDING STRUCTURES

N. G. Georgiev, K. A. Shumilov, A. A. Semenov

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

Building information modeling (BIM) or digital information model (CIM) technologies are already the most promising and demanded direction in modern design and construction. This article describes the visual programming algorithms created by the authors in the

Dynamo – Revit and Grasshopper – Rhinoceros bundles. With the help of the proposed algorithms, it is possible to create building structures of various shapes with variable adjustment of the initial data. As an example of the implementation of such an algorithm, a script was created with which the user can simulate towers of various shapes and with different initial data, such as: type of base geometry, number of floors, length of a floor side or circle radius (depending on the base), floor height. The generated models are analyzed for reliability and durability in the SCAD Office computing complex.

Keywords: BIM, visual programming, script, Revit, Dynamo, Rhinoceros, Grasshopper.

В настоящее время технологии информационного моделирования в строительстве (BIM-технологии) стремительно развиваются [1–3]. Основным результатом проектирования с использованием BIM является цифровая информационная модель, используемая далее на всех этапах жизненного цикла объекта строительства [4]. Использование BIM помогает оптимизировать процессы проектирования, выявления и исправления коллизий, а также капитального ремонта и демонстрации объекта. Наполнение информационной модели объекта данными на различных уровнях LOD и LOI приводит к его более полному и адекватному восприятию, а также пониманию того, как он будет выглядеть в будущем [5].

В оптимизации процесса эскизного проектирования могут существенно помочь средства визуального (параметрического) программирования. Визуальное программирование как подход заключается в том, что построение любой модели можно представить в виде цепочки взаимосвязанных компонент. Процесс визуального и традиционного программирования, по сути, являются одним и тем же, однако в визуальном программировании инструкции для программы задаются через графический (или «визуальный») пользовательский интерфейс. Вместо написания полного текста программы на каком-либо языке программирования, пользователь соединяет предварительно «упакованные» компоненты (ноды, узлы) друг с другом.

Параметрическое программирование позволяет создавать сложную архитектурную и конструктивную геометрию с гибкой вариативной настройкой параметров и исходных данных.

Существует множество сред визуального программирования. В данной работе будут рассмотрены две из них, наиболее распространенные: среда визуального программирования *Dynamo* во взаимодействии с программным комплексом *Autodesk Revit* [6–10] и плагин параметрического программирования *Grasshopper*, интегрированный в среду моделирования *Rhinoceros* [11–14].

Dynamo – это надстройка (плагин) для *Revit*, которое представляет собой среду для разработки и запуска скриптов в адаптированной для инженера (не программиста) форме. *Dynamo* помогает значительно ускорить работу, автоматизируя и оптимизируя повторяющиеся рутинные процессы: построение сложной многоэтажной геометрии, оформление чертежей, внесение текстовых аннотаций, заполнение параметров, пакетную обработку и расстановку семейств, работу с таблицами и спецификациями [15]. Сгенерированные модели удобно экспортируются в расчетные программные комплексы, такие как *SCAD*, *ЛИРА* и *Сапфир* [16, 17].

В рамках данной работы создан скрипт, с помощью которого пользователь может моделировать башни различной формы и с различными исходными данными, такими как: тип геометрии основания, число этажей, длина стороны этажа или радиуса окружности (в зависимости от основания), высота этажа. Общий вид скрипта представлен на рисунке 1.

Также в *Dynamo* [18–20], помимо стандартных нодов, существует нод *Python Script*, в котором написан фрагмент алгоритма. На *Python* осуществлено моделирование геометрии башни по заданным исходным данным (рис. 2).

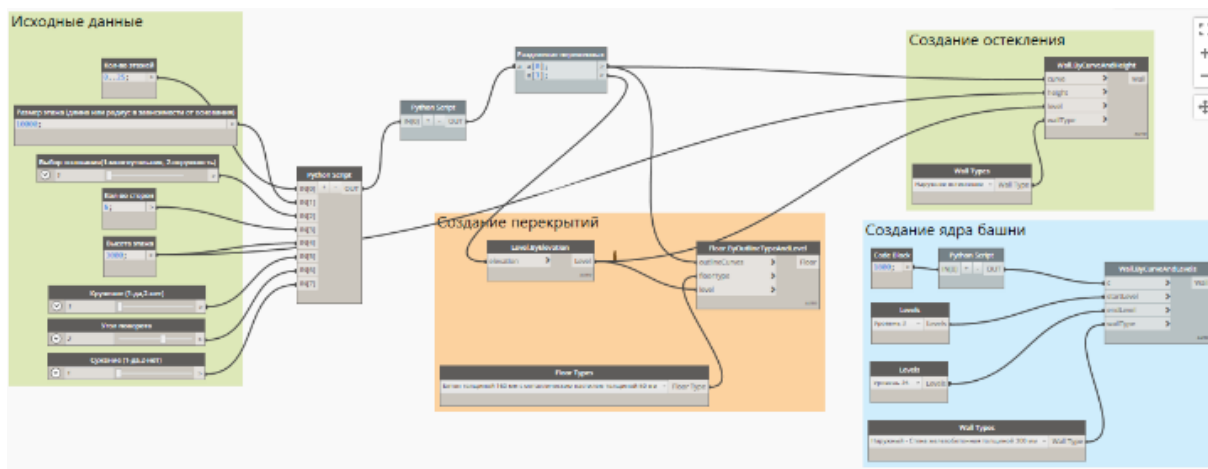


Рис. 1. Скрипт для построения вариантов строительных конструкций в *Dynamo*

```

if uz==1:
    for i in lst1:
        if i<=round(max(lst1)/3):
            if type==1:
                geom.append(Polygon.RegularPolygon(Circle.ByCenterPointRadius
                (Point.ByCoordinates(0,0,i+j),size1),kol))
            elif type==2:
                geom.append(Circle.ByCenterPointRadius(Point.ByCoordinates(0,0,i+j),size1))
                s.append(j)
                j=j+height
        if i>round(max(lst1)/3) and i<=round(2*max(lst1)/3):
            size3=size3-delta1
            if type==1:
                geom.append(Polygon.RegularPolygon(Circle.ByCenterPointRadius
                (Point.ByCoordinates(0,0,i+j),size3),kol))
            elif type==2:
                geom.append(Circle.ByCenterPointRadius(Point.ByCoordinates(0,0,i+j),size3))
                s.append(j)
                j=j+height
                size4=size3
        if i>round(2*max(lst1)/3) and i<=max(lst1):
            size4=size4-delta1*2
            if type==1:
                geom.append(Polygon.RegularPolygon(Circle.ByCenterPointRadius
                (Point.ByCoordinates(0,0,i+j),size4),kol))
            if type==2:
                geom.append(Circle.ByCenterPointRadius(Point.ByCoordinates(0,0,i+j),size4))
                s.append(j)
                j=j+height
    
```

Рис. 2. Фрагмент кода построения геометрии башни

Несколько вариантов сгенерированной геометрии, к которой далее комбинацией стандартных узлов и Python добавлены перекрытия, ядро и остекление, представлены на рисунке 3.

Если на практике в проектных организациях Дупамо чаще используется для решения задач автоматизации и оптимизации, то связка Grasshopper – Rhinoceros, исторически больше взаимодействующая с Graphisoft ArchiCAD, подходит для проектов с более сложной параметрической детализацией и продвинутым дизайном [21, 22]. С помощью процедур Rhino Import и Rhino Export можно обмениваться геометрией между Rhino и ArchiCAD, а также интерактивно

управлять геометрией посредством изменения definition в Grasshopper [23].

В рамках данной работы на основе стандартной библиотеки в связке Grasshopper – Rhinoceros построена аналогичная башня, как и в Дупамо – Revit. Общий вид скрипта представлен на рисунке 4.

Как видно из этого рисунка, определение даже при небольшом наборе и вариации исходных данных получается достаточно сложным. Для повышения оперативности работы и лаконичности definition вновь использованы возможности Python. Итоговый вариант скрипта представлен на рисунке 5, а один из смоделированных вариантов башни – на рисунке 6.

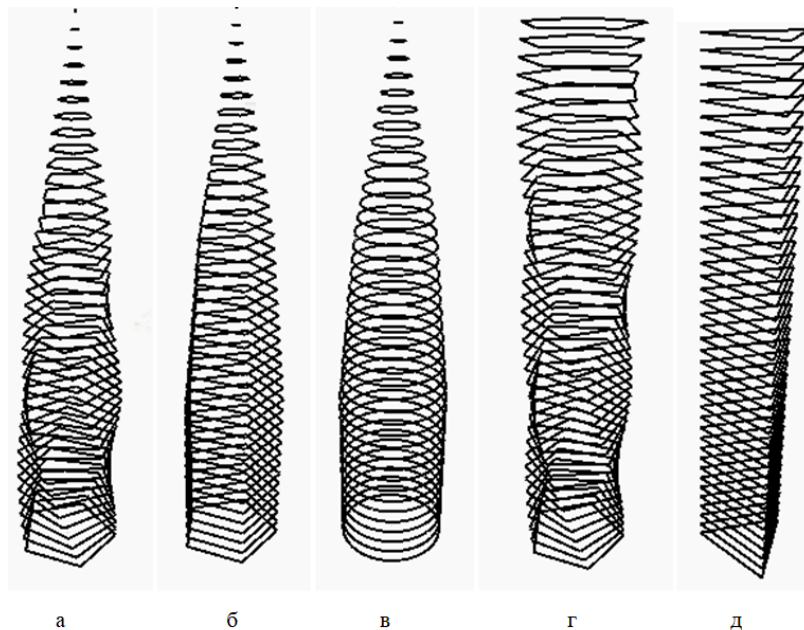


Рис. 3. Варианты сгенерированной геометрии

Таким образом, написание пользовательского кода при работе в средах визуального программирования значительно упрощает само восприятие программы и повышает скорость ее выполнения – в рассмотренных примерах на 15–20 %. Для создания сложных объектов зачастую бывает недостаточно имеющихся в стандартной библиотеке узлов, или их требуется большое количество (например, при проведении большого числа математических операций), что загромождает программу и делает ее сложной для понимания. Использование Python помогает избежать этого нагромождения, поскольку большая группа стандартных узлов может быть заменена несколькими строками кода.

На следующем этапе работы для анализа смоделированной конструкции она была перенесена в вычислительный комплекс SCAD Office. Этот комплекс предназначен для определения усилий и перемещений в элементах конструкций, прочностного анализа, анализа устойчивости элементов при проектировании конструкций.

После переноса модели посредством формата IFC и генерации проекта SCAD, была получена следующая расчетная схема (количество

узлов – 36992, элементов – 37831), представленная на рисунке 7. Плита первого этажа будет представлять собой фундамент башни, и иметь жесткое закрепление.

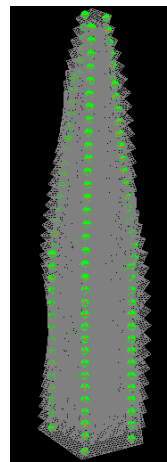


Рис. 7. Полученная модель в SCAD

На рисунке 8 показаны нагрузки, которые были назначены к смоделированной башне: собственный вес (рис. 8, а), полезная нагрузка на перекрытия (рис. 8, б), остекление (рис. 8, в), ветровая нагрузка (рис. 8, з), нагрузка от шпиля (рис. 8, д).

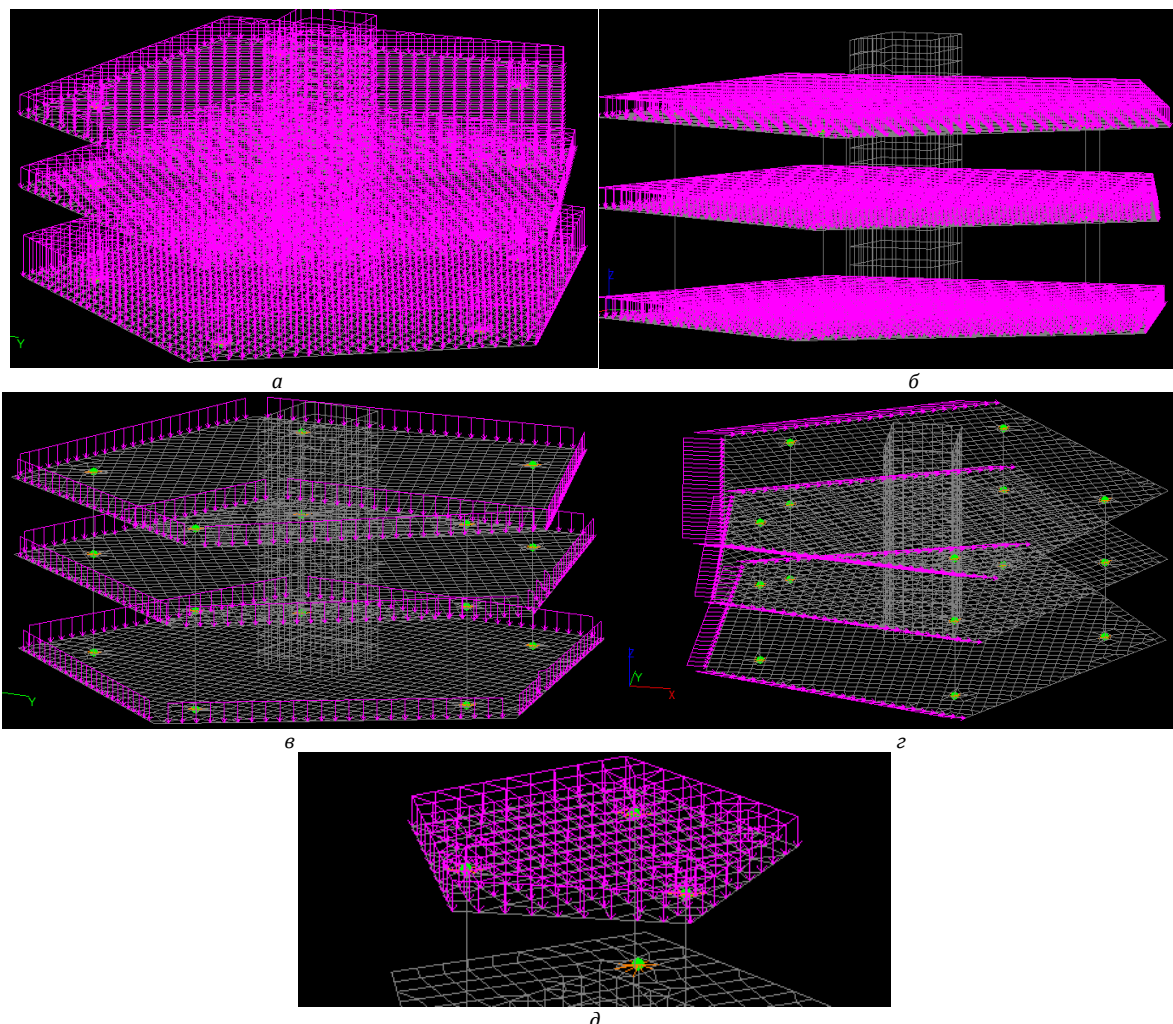


Рис. 8. Нагрузки, приложенные к конструкции

Проведенные расчеты позволили выявить наиболее нагруженные элементы и подобрать для них оптимальное армирование. Так, для плит перекрытий башни были выбраны бетон В60, арматура класса А500С с $\varnothing 22$ мм и шагом укладки арматуры 200 мм. Для рабочих продольных стержней – А500С $\varnothing 12$, количество – 4 шт. Поперечная арматура А240С $\varnothing 10$ с шагом 200 мм. При таком армировании плит перекрытий, колонн и ядра жесткости смоделированная конструкция будет обладать требуемой несущей способностью (при анализе в первом приближении).

Таким образом, были разработаны скрипты для моделирования строительных конструкций в различных средах визуального программирования. Параллельная работа в двух пакетах визуального программирования позволила выявить сильные

стороны и проблемные места связок Dynamo – Revit и Grasshopper – Rhino, рационально использовать их преимущества для интерактивного моделирования различных видов сложных архитектурных и строительных объектов.

Проведен анализ сгенерированной конструкции по I и II группам предельных состояний, определены рекомендации по выбору параметров армирования несущих конструкций объекта.

Благодарности

Исследование проведено в рамках проекта «BIM-ICE – BIM Integration in Higher and Continuing Education» Программы приграничного сотрудничества поддержки совместных проектов по внешним границам ЕС «Юго-Восточная Финляндия – Россия 2014–2020».

Список литературы

1. Шеина С. Г., Петров К. С., Федоров А. А. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России // Строительство и техногенная безопасность. 2019. № 14(66). С. 7–14.
2. Pezeshki Z., Ivani S. A. S. Applications of BIM: A Brief Review and Future Outline // Archives of Computational Methods in Engineering. 2016. DOI: 10.1007/s11831-016-9204-1.
3. Вербцкий В. А. Анализ программных комплексов и опыта внедрения BIM-технологий // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9, № 2. С. 14–28. DOI: 10.12731/2227-930X-2019-1-14-28.
4. Талапов В. В. BIM технологии в проектировании: что под этим обычно понимают. URL: <https://maistro.ru/articles/stroitelnye-konstrukcii-proektirovanie-i-raschet/bim-tehnologii-v-proektirovanii-chto-pod-etim-obychno-ponimayut> (дата обращения: 28.01.2021).
5. Талапов В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК-Пресс, 2011. 392 с.
6. Колованова А. С., Федоров С. В. Моделирование совместной работы насосной станции и сети с помощью Dynamo (Revit) // Инженерные системы и городское хозяйство: Материалы 1-й Регион. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 28–32.
7. Смакаев Р. М., Низина Т. А. Применение среды визуального программирования Dynamo при разработке проекта здания в Autodesk Revit // Основы экономики, управления и права. 2020. № 2(21). С. 48–55. DOI: 10.51608/23058641_2020_2_48.
8. Могилина В. С. Возможности автоматизации в Dynamo-Revit многократно повторяющихся действий при создании проекта Green BIM // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: Материалы Всеросс. науч. конф. с междунар. уч. Екатеринбург: УрГАХУ, 2018. С. 34.
9. Mamedmuradov Y. D., Kovalev A. I. HVAC design in Autodesk Revit using Dynamo // Alfabuild. 2020. No. 2 (14). P. 1402. DOI: 10.34910/ALF.14.2.
10. Mikhailov S., Mikhailova A., Nadyrshina N., Nadyrshina L. BIM-technologies and digital modeling in educational architectural design // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. Vol. 890. P. 012168. DOI: 10.1088/1757-899X/890/1/012168.
11. Попова Е. Е., Шергай П. А. Реализация метода «Form-Finding» в программном комплексе Rhinoceros // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2019. № 5(80). С. 17–21. DOI: 10.18720/CUBS.80.2.
12. Целуйко Д. С. Создание графоаналитической модели сада культуры в г. Сучжоу. Генерирование планировочных структур с помощью Rhinoceros (Grasshopper) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23, № 1. С. 58–72. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-58-72.
13. Евсиков И. А., Семенов А. А. Обучение компьютерному проектированию на базе программного пакета Rhinoceros // Педагогические параллели: Материалы V Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 195–198.
14. Pollák M., Törökóvá M., Kočíško M. Utilization of Generative Design Tools in Designing Components Necessary for 3D Printing Done by a Robot // TEM Journal. 2020. P. 868–872. DOI: 10.18421/TEM93-05.
15. Официальный сайт Dynamo. URL: <http://dynamobim.org> (дата обращения: 21.01.2021).
16. Nasybullin R., Akhmadiev F., Bakhareva O. The optimization of the number of reinforcing bars in the slabs in Grasshopper and integration with TEKLA and LIRA-SAPR // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. Vol. 890. P. 012123. DOI: 10.1088/1757-899X/890/1/012123.
17. Козлова Е. М., Шумилов К. А. Информационное моделирование зданий и сооружений (BIM) с применением ПК Сапфир 3D // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы III Междунар. научно-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 254–263. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.033.
18. Shishina D., Sergeev P. REVIT | DYNAMO: Designing Objects of Complex Forms. Toolkit and Process Automation Features // Architecture and Engineering. 2019. Vol. 4, No. 3. P. 30–38. DOI: 10.23968/2500-0055-2019-4-3-30-38.
19. 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 Dynamo) // Транспортные сооружения. 2018. Т. 5, № 4. С. 4. DOI: 10.15862/04SATS418.
20. Андреев И. И., Мальцев В. Л. Dynamo. Визуальное программирование в строительстве // Сб. статей II Междунар. научно-практ. конф. Отв. ред. Н. И. Красовская. Тюмень, 2018. С. 169–171.
21. Мустафин Н. Ш., Барышников А. А., Спрыжков М. А. Анализ возможности внедрения в строительство технологии информационного моделирования зданий программами вида «BIM» // Региональное развитие: электронный научно-практический журнал. 2015. № 8(12). С. 9. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25471008>.
22. Руководство по Grasshopper на русском языке. URL: <http://grasshopperprimer.com/ru/index.html> (дата обращения: 10.01.2021).

23. Георгиев Н.Г., Шумилов К.А. О комплексном применении пакетов визуального программирования в BIM // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы IV Междунар. научно-практ. конф. под общ. ред. А. А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 106–113. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.013.

© Н. Г. Георгиев, К. А. Шумилов, А. А. Семенов

Ссылка для цитирования:

Георгиев Н. Г., Шумилов К. А., Семенов А. А. Визуальное программирование в задачах моделирования строительных конструкций // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 4 (38). С. 117–123.

УДК 007.3
DOI 10.52684/2312-3702-2021-38-4-123-129

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ЭКСТРЕННОГО РЕАГИРОВАНИЯ ПРИ ЧС И ПОЖАРАХ

Т. У. Есмагамбетов¹, О. М. Шиккульская²

¹Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза (РК), г. Караганда, Республика Казахстан;

²Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия

Статья посвящена решению проблемы многоэтапного моделирования системы управления процессами экстренного реагирования при ЧС и пожарах с постепенным повышением детализации создаваемых моделей на основе метода дедукции. В работе обоснована актуальность решения данной проблемы, обусловленная необходимостью формализации процессов управления для обеспечения компьютерной поддержки процессов управления. Разработаны концептуальные и функциональные модели с последовательным уточнением и детализацией процессов. Разработано дерево ошибок на основе методологии анализа дерева отказов (Fault tree analysis, FTA) и системного подхода с многими состояниями системы (Multi-State System, MSS). Идентифицировано место системы управления в системе классификации социально-экономических систем (СЭС). Построенные модели предназначены для формализации процессов управления в условиях ЧС и пожаров с целью обеспечения возможности осуществления из информационно-аналитической поддержки.

Ключевые слова: модель экстренного реагирования; чрезвычайная ситуация; ресурс; концептуальное моделирование; функциональное моделирование; дерево отказов; FTA; MSS; диаграмма SwimLane.

SIMULATION OF EMERGENCY RESPONSE AND FIRE MANAGEMENT SYSTEM

T. U. Esmagambetov¹, O. M. Shikulskaya²

¹Karaganda economic university of Kazpotrebsoyuz (RK), Karaganda, Republic of Kazakhstan;

²Astrakhan state Architectural and Construction University, Astrakhan, Russia

The paper is devoted to solving the problem of multi-stage modeling of emergency response process control system in case of emergency and fires with gradual increase of detail of created models based on deduction method. The work justifies the relevance of solving this problem due to the need to formalize management processes to provide computer support for management processes. Conceptual and functional models have been developed with consistent refinement and detail of processes. An error tree has been developed based on the Fault tree analysis (FTA) methodology and the Multi-State System (MSS) approach. The place of the management system in the classification system of socio-economic systems (SES) was identified. The built models are designed to formalize management processes in emergency and fire conditions in order to ensure the possibility of implementation from information and analytical support.

Keywords: emergency response model; emergency; resource; conceptual modeling; functional modeling; failure tree; FTA; MSS; diagram SwimLane.

Управление в условиях чрезвычайной ситуации усложнено в силу ряда обстоятельств, связанных с высокой степени неопределенности, нехваткой актуальной информации, необходимостью выполнения работ высокой сложности. Одной из проблем является острая востребованность в привлечении значительного количества разнородных ресурсов, которых, как правило, не хватает, их эффективного распределения, дислокации и передислокации в зависимости от складывающихся ситуаций [1]. Этим обусловлена необходимость информационно-аналитической поддержки процессов управления, что невозможно без формализации информации и моделирования системы управления [2, 3]. Поскольку система очень сложная, динамичная, с высокой степенью неопределенности ее развития, целесообразно многоэтапное моделирование с постепенным повышением детализации

создаваемых моделей на основе метода дедукции. В основе этого процесса лежит концептуальное моделирование.

Концептуальное моделирование системы управления пожарной безопасностью

На основе анализа предметной области определены объект и субъект управления, внешняя среда системы, прямые и обратные связи, разработана обобщенная схема управления системой пожарной безопасности (рис. 2).



Рис. 1. Обобщенная схема управления системой пожарной безопасности