Технология и организация строительства

УДК 658.5:624.05

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-6-179-185

© С. А. Болотин, д-р техн. наук, профессор

© S. A. Bolotin, Dr. Sci. Tech., Professor

© Х. В. Биче-оол, аспирант

© Kh. V. Biche-ool, post-graduate student

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: sbolotin@mail.ru, ms.khenzig@mail.ru

E-mail: sbolotin@mail.ru, ms.khenzig@mail.ru

© А.-К. Х. Дадар, канд. техн. наук, доцент

© A.-K. Kh. Dadar, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Тувинский государственный университет)

(Tuvan State University)

E-mail: daryi@mail.ru

E-mail: daryi@mail.ru

МЕТОДИКА ВИЗУАЛИЗАЦИИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ПРОГРАММЕ AUTODESK REVIT 2018

SCHEDULING VISUALIZATION METHODOLOGY IN AUTODESK REVIT 2018

В строительстве очень важно формирование адекватного расписания строительных работ на проектируемом объекте, визуализация которого может быть осуществлена в программах, использующих BIM-технологии проектирования. Анализ показал, что даже при оптимальном расписании работ при будущей поэтапной сдаче комплекса объектов могут возникнуть пространственные коллизии. Например, объект полностью готов, но сдать в эксплуатацию в срок его невозможно по причине перекрытия подъезда к нему из-за попадания части дороги в строительную площадку еще строящегося объекта. Для выявления подобного рода организационно-технологических коллизий необходимо сформировать общеплощадочный строительный генеральный план и запроектировать поэтапную визуализацию календарного графика комплексной застройки территории. Представленная в программе Autodesk Revit 2018 методика визуализации календарного планирования состоит из следующих шагов: спроектировать общеплощадочный строительный генеральный план, сформировать временную шкалу по стадиям строительства, закрепить за стадиями проектируемые элементы и выбрать нужную стадию для визуализации анализируемой аксонометрии строительной площадки.

Ключевые слова: BIM-технологии проектирования, управление проектами, комплексное освоение территории строительства, календарное планирование строительства.

One of the key management targets in construction is developing an adequate roadmap or schedule of works at the designed project, the roadmap visualization of which is done in programs that use BIM-design technologies. The analysis has demonstrated that even though it is possible to make up the optimal scheduling of all works based on all estimation criteria and with all possible limitations taken into account, spatial collisions are a clear possibility in the future stepwise commissioning of individual facilities in a cluster. For example, full readiness of a project may not align with its commissioning deadline because some sections of the access road to this project may fall within the construction site of another project under construction, so the driveway is blocked. In order to reveal such possible organizational-technological collisions, it is necessary to develop a general construction master plan (CMP) for the entire site, and design progressive rendering of the integrated development roadmap. The scheduling visualization methodology rendered in Autodesk Revit 2018 comprises a sequence of the following steps: designing a master plan of construction works for the entire site, drafting a time scale by construction stages, assigning design elements to different stages, and choosing the right stage to visualize or render axonometric geometry of the construction site under review.

Keywords: BIM design technologies, project management, integrated development, roadmap (scheduling) of construction works.

Введение. Строительное проектирование зданий и сооружений происходит во времени, определяющем рост информационного прогресса создаваемого объекта. Для эффективного управления этим процессом в первую очередь необходимо определиться с критерием оценки проектных решений. Так, например, на раннем этапе архитектурного проектирования, связанном с формированием оболочки здания, в качестве критерия может быть использован коэффициент относительной компактности здания, интегрально оценивающий комплексное ресурсосбережение [1]. Главная составляющая ресурсосбережения связана с энергетической эффективностью здания, которая прежде всего определяется синтезом архитектуры и технологии [2]. Важность энергетической составляющей на ранней стадии проектирования достаточно широко рассмотрена в мировой практике [3–5].

По мере дальнейшей дифференциации оболочки здания выделяются основные ограждающие конструкции, и тогда критерий оценки может быть сформирован на физических характеристиках, а в дальнейшем, при использовании метода имитации календарного планирования, возможна оценка ресурсосбережения на основе стоимостной метрики [6]. При современной организации строительного проектирования зданий и сооружений, использующей BIM-технологии, возможна визуальная имитация календарного планирования. Наиболее полно визуализация календарного планирования осуществлена в программе *Autodesk Navisworks Manage*, для этого в ней используется программный модуль под названием *TimeLiner*¹. Однако данный модуль программы работает в совокупности с программой управления проектами типа *Microsoft Project* или *Primavera*. Для синхронизации работы программ управления проектами с другими программами BIM-проектирования^{2,3} также создаются соответствующие модули. Очевидно, что сложившийся подход ведет к удорожанию проектного процесса за счет привлечения дополнительных программ. В работе [7] предложен общий подход к имитации календарного планирования, а его дальнейшее совершенствование связано с формированием соответствующей методики, реа-

лизованной на базе использования современной проектной программы *Autodesk Revit 2018*.

Обсуждение. При рассмотрении методики визуализации календарного планирования необходимо отметить, что полноценным инструментом для осуществления календарного планирования являются программы управления проектами, такие как *Microsoft Project*, *Primavera* и др. Создание дополнительного модуля *TimeLiner* в BIM-программе *Autodesk Navisworks Manage* прежде всего связано не с совершенствованием проектирования как такового, а с обеспечением этапа строительства на основе построения расписания работ, включающего и отражение затрат. В результате такого синтеза стала возможной визуализация строительного процесса от начала создания строительной площадки до момента окончания проекта. Также, по мере осуществления строительства, в программе *Autodesk Navisworks Manage* можно редактировать планируемые даты производства работ и вводить соответствующие им фактические даты их исполнения, которые позволяют выявлять отклонения факта от плана строительства. Таким образом, в программах BIM-моделирования реализована новая функция, связанная с визуализацией календарного планирования проекта и его исполнения. Однако анализ показал, что введение функции календарного планирования в BIM-программы осуществляется на чисто технической основе, то есть на основе синхронизации данных, передаваемых и получаемых из программ управления проектами. При этом остается без ответа решение задачи, связанной с методикой формирования адекватного календарного графика строительства по отдельным проектным элементам.

Визуальная имитация календарного планирования позволяет решать следующие практические задачи. Например, одна из частных задач ориентирована на экспресс-оценку проектных решений [6–8]. При этом процесс имитации календарного планирования отдельных объектов может быть реализован на основе использования нормативной статистики, согласно которой выделяются циклы работ, например подготовительные, нулевого цикла, надземной части и внутренних работ. Для его реализации, осуществляемой, например, в программе типа *Autodesk*

¹ URL: autodesk.ru

² URL: graphisoft.ru

³ URL: bentleymotors.com/ru/ru.html

Revit 2018, можно использовать такую характеристику программы, как стадии. По определению, стадии представляют собой временные периоды последовательного выполнения проекта. Для каждого проектного элемента, создаваемого в программе *Autodesk Revit 2018*, может быть прописано одно из четырех свойств: «Новые», «Существующие», «Снесенные» и «Временные», имеющие соответствующее содержание. Определение состояния любого элемента, используемого в проектировании, можно связать с обобщающим термином «фаза», и тогда можно считать, что прогресс проекта связан с фазовыми превращениями его элементов. Заключительный процесс имитации календарного планирования завершается применением информационных фильтров, в задачу которых входит задание правил визуализации элементов проекта. Таким образом, в данных работах принципиально показано, что имитация календарного планирования может быть осуществлена без дополнительного использования программ управления проектами.

Другая задача, решаемая на основе применения имитации календарного планирования, ориентирована на формирование застройки территории градостроительными комплексами. В работе [9] представлена общая постановка решения данной задачи, требующая ее дальнейшей методической проработки. Например, при решении этой задачи необходимо учесть то, что деление на стадии в соответствии с циклами работ приводит к неоднозначности, так как на одном объекте градостроительного комплекса могут выполняться фундаментные работы, а на другом — внутренние работы. Поэтому для данного случая последовательность стадий нужно сформировать по типу естественного календаря, например представив их месяцами года: «январь 2019», «февраль 2019», или же использовать другие аналогичные единицы измерения хода строительства. Программа *Autodesk Revit 2018* позволяет вводить список стадий, моделирующих любую календарную шкалу. Помимо представленного примера, существуют и другие особенности формирования расписания работ, определяющих условия комплексной застройки территории, изложенные в нормативной документации⁴.

⁴ Рекомендации по планированию и организации жилищно-гражданского строительства при застройке городов градостроительными комплексами. М.: Стройиздат, 1988. 128 с.

Адекватное представление расписания работ является основой рассматриваемой методики визуализации. По утверждению В. М. Челноковой [10], при комплексном освоении территории возможно планирование поточной организации работ. В частности, рассматривается способ формирования параллельно-поточной организации работ, который позволяет осуществить подбор рационального количества бригад для выполнения каждого вида или цикла работ с учетом достигнутой выработки бригад и специализации подрядных организаций. В общем же случае для расчета расписания могут быть рассмотрены различные методы, основанные на принципах, определяющих непрерывность либо при использовании трудовых ресурсов, либо для обеспечения технологической непрерывности.

В работе [11] рассмотрены вопросы формирования рациональных календарных планов в составе проектов организации строительства, и предлагаемая методика позволяет на основе эвристического алгоритма сформировать расписание работ, близкое к оптимальному по критерию минимизации общей продолжительности строительства. В другой работе того же автора [12] проанализированы нормативно-правовые требования к проектированию и организации комплексного освоения территории. Определены основные ограничения на очередность освоения территории и строительства отдельных объектов. Выделены планировочные, организационные, маркетинговые и экономические критерии, которые необходимо учитывать при разработке календарных графиков. А в работе [13] разобраны проблемы организации комплексного освоения территорий, связанные с разработкой ПОС и ППР на целый комплекс.

Анализ нормативного документа⁵ и научных работ [11–13] показывает, что даже если разработать оптимальное расписание работ по всем оценочным критериям и с учетом перечисленных ограничений, то при поэтапной сдаче объектов градостроительного комплекса могут возникнуть пространственные коллизии. Например, объект полностью готов, но сдать в эксплуатацию в срок его невозможно по причине перекрытия подъезда к нему из-за попадания части дороги в строительную площадку еще строя-

⁵ Там же.

Рис. 1. Программа Autodesk Revit 2018: а — форма для фиксации стадий строительства; б — форма для закрепления проектных элементов за стадиями; в — форма для стадийной визуализации вида

щегося объекта. Для выявления подобного рода организационно-технологических коллизий как раз и необходимо сформировать общеплощадочный строительный генеральный план с учетом визуальной имитации календарного графика комплексной застройки территории.

Методика и результаты. Рассмотрим методику визуализации на примере ее реализации в программе *Autodesk Revit 2018*. Последовательность стадий, имитирующих временную шкалу прогресса строительства, отражается в форме, представленной на рис. 1.

В первую колонку под названием «Имя» заносится название временных стадий, а во вторую дополнительно вводится текстовый комментарий (рис. 1, а). Последовательность стадий соответствует направлению сверху вниз. Следующим шагом является закрепление готового элемента проекта за стадией. Для выполнения этого шага служит форма, представленная на рис. 1, б.

В показанном примере — это часть наружной стены, выполненной из кирпича на металлической обрешетке (терминология программы *Revit*), которая должна быть выполнена на стадии «1-й этаж». Ниже стадии возведения вводится название стадии, на конец которой предполагается снос рассматриваемого элемента.

Для представленного элемента наружной стены такой стадии нет. Но для элементов, связанных с такими компонентами стройгенплана, как ограждение стройплощадки, мусоросборник, строительный кран и др., в качестве стадии сноса используется стадия «Сдача объекта».

Третий шаг рассматриваемой методики связан с указанием необходимой для анализа стадии строительства, две из которых показаны на рис. 2.

Данный шаг прежде всего связан с выбором вида, для которого осуществляется визуализация. На представленном примере это аксонометрическая схема строительной площадки.

Для выбранного вида в форму (рис. 1, в) вводится выбранная для анализа стадия. В качестве фильтра использован параметр «Показать предыдущую + новую», что логически соответствует показу всех элементов, построенных на предыдущих стадиях, а также построенных на данной стадии. На рис. 2, а показано состояние строительства на стадии «2-й этаж», а на

Рис. 2. Аксонометрическое изображение стадии строительства 2-го этажа (а) и стадии сдачи объекта (б)

рис. 2, б — планируемое состояние строительного объекта, готового к сдаче в эксплуатацию.

Следует отметить, что простота представленного примера имела цель наглядно показать основную логику визуализации прогресса строительной площадки.

Резюме. Представленная в программе *Autodesk Revit 2018* методика визуализации календарного планирования состоит из последовательных шагов: создание аксонометрической схемы общеплощадочного строительного генерального плана, формирование временной шкалы по стадиям строительства, закрепление за ними проектируемых элементов и выбор нужной стадии для визуализации анализируемой аксонометрии строительной площадки.

Библиографический список

1. Булгаков С. Н. Теория здания. Т. 1. Здание-оболочка. М.: ACB, 2007. 280 с.
2. Табунщиков Ю. А. Энергоэффективное здание — синтез архитектуры и технологии. URL: <http://www.ecoteco.ru/id565/> (дата обращения: 16.12.2013).
3. Granadeiro V., Duarte J. P., Correia J. R., Leal V. M. S. Building envelope shape design in early stages of the design process: Integrating architectural design systems and energy simulation // *Automation in Construction*. 2013. Vol. 32. Pp. 196–209.
4. Hemsath T. L. Conceptual energy modeling for architecture, planning and design: Impact of using building performance simulation in early design stages // *Proceedings of BS 2013: 13th Conference of the International Building Performance Simulation Association*. 2013. Pp. 376–384.
5. Carlos J. S., Nepomuceno M. C. S. A simple methodology to predict heating load at an early design stage of dwellings // *Energy and Buildings*. 2012. Vol. 55. Pp. 198–207.
6. Болотин С. А., Гуринов А. И., Дадар А.-К. Х., Оолакэй З. Х. Оценка энергоэффективности архитектурно-строительных решений начального этапа проектирования в программе Revit Architecture // *Инженерно-строительный журнал*. 2013. № 8 (43). С. 64–73.
7. Болотин С. А., Дадар А. Х. Конвергенция организационно-технологического и архитектурно-строительного проектирования, ориентированного на энергоресурсосбережение при строительстве и эксплуатации зданий. СПб.: СПбГАСУ, 2011. 200 с.
8. Болотин С. А., Дадар А. Х., Птухина И. С. Имитация календарного планирования в программах информационного моделирования зданий и регрессионная детализация норм продолжительности строительства // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. № 7 (25). С. 82–86.
9. Болотин С. А. Формирование графика комплексной застройки территории с использованием Revit и Microsoft Project // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II междугородного науч.-практ. конф. 15–17 мая 2019 года*. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 53–58.
10. Челнокова В. М. Планирование поточной организации работ при комплексном освоении территории // *Вестник гражданских инженеров*. 2013. № 3 (38). С. 107–112.
11. Челнокова В. М. Определение рациональной очередности строительства объектов при календарном планировании комплексного освоения территории // *Вестник гражданских инженеров*. 2015. № 2 (49). С. 102–106.

12. Челнокова В. М. Особенности календарного планирования комплексного освоения территории девелопментской организацией // *Вестник гражданских инженеров*. 2016. № 3 (56). С. 136–141.

13. Челнокова В. М., Гуревич А. Б. Анализ проблем организации комплексного освоения территорий // *Вестник гражданских инженеров*. 2017. № 1 (60). С. 161–166.

References

1. Bulgakov S. N. *Teoriya zdaniya. Zdanie-obolochka* [Theory of building. Building-envelope]. Moscow, ASV Publ., 2007, 280 p.
2. Tabunshchikov Yu. A. *Ehnergoehffektivnoe zdanie – sintez arkhitektury i tekhnologii* [Energy-efficient building as a synthesis of architecture and technology]. Available at: <http://www.ecoteco.ru/id565/> (accessed: 16.12.2013).
3. Granadeiro V., Duarte J. P., Correia J. R., Leal V. M. S. Building envelope shape design in early stages of the design process: Integrating architectural design systems and energy simulation. *Automation in Construction*. 2013, vol. 32, pp. 196–209.
4. Hemsath T. L. *Conceptual energy modeling for architecture, planning and design: Impact of using building performance simulation in early design stages*. *Proceedings of BS 2013: 13th Conference of the International Building Performance Simulation Association*, 2013, pp. 376–384.
5. Carlos J. S., Nepomuceno M. C. S. A simple methodology to predict heating load at an early design stage of dwellings. *Energy and Buildings*. 2012, vol. 55, pp. 198–207.
6. Bolotin S. A., Gurinov A. I., Dadar A. Kh., Oolokay Z. Kh. *Otsenka ehnergoehffektivnosti arkhitekturno-stroitel'nykh resheniy nachal'nogo ehtapa proektirovaniya v programme RevitArchitecture* [Assessment of energy efficiency of architectural and construction solutions at the initial design stage in the program RevitArchitecture]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal – Magazine of Civil Engineering*, 2013, no. 8, pp. 64–73.
7. Bolotin S. A., Dadar A. Kh. *Konvergenstsiya organizatsionno-tekhnologicheskogo i arkhitekturno-stroitel'nogo proektirovaniya, orientirovannogo na ehnergoresursosberezhenie pri stroitel'stve i ehkspluatatsii zdaniy* [Convergence of organizational-technological and architectural-construction design focused on energy saving in the construction and operation of buildings]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2011, 200 p.
8. Bolotin S. A., Dadar A. Kh., Ptukhina I. S. *Imitatsiya kalendar'nogo planirovaniya v programmakh informatsionnogo modelirovaniya zdaniy i regressionnaya detalizatsiya norm prodolzhitel'nosti stroitel'stva* [Simulation of calendar planning in building information

modeling programs and regression detailing of construction duration norms]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal – Magazine of civil engineering*, 2011, no. 7, 82–86.

9. Bolotin S. A. *Formirovanie grafika kompleksnoy zastroyki territorii s ispol'zovaniem Revit i MicrosoftProject* [Formation of the schedule of complex building of the territory with use of Revit and MicrosoftProject programs]. *Trudy II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 15–17 maya 2019 goda «BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury»* [Proceedings of the II international scientific and practical conference May 15–17, 2019 “BIM-modeling in problems of construction and architecture”]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2019, pp. 53–58.

10. Chelnokova V. M. *Planirovanie potочноy organizatsii rabot pri kompleksnom osvoenii territorii* [Planning the stream type organization of works at the complex land development]. *Vestnik of civil engineers – Bulletin of Civil Engineers*, 2013, no. 3 (38), pp. 107–112.

11. Chelnokova V. M. *Opredelenie ratsional'noy ocherednosti stroitel'stva ob'ektov pri kalendarnom planirovanii kompleksnogo osvoeniya territorii* [Determination of rational priority of project construction in calendar planning of complex development of the territory]. *Vestnik of civil engineers – Bulletin of Civil Engineers*, 2015, no. 2 (49), pp. 102–106.

12. Chelnokova V. M. *Osobennosti kalendarnogo planirovaniya kompleksnogo osvoeniya territorii developmentskoy organizatsiey* [Features of calendar scheduling of complex development of the territory by the development organization]. *Vestnik of civil engineers – Bulletin of Civil Engineers*, 2013, no. 3 (56), pp. 136–141.

13. Chelnokova M. V., Gurevich A. B. *Analiz problem organizatsii kompleksnogo osvoeniya territoriy* [Analysis of problems of complex development of territories]. *Vestnik of civil engineers – Bulletin of Civil Engineers*, 2017, no. 1 (60), pp. 161–166.