

ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

BIM IN CONSTRUCTION & ARCHITECTURE

Материалы V Международной
научно-практической конференции

Proceedings of
V International Conference

BIMAC 2022

ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

BIMAC
2022



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Материалы V Международной
научно-практической конференции

BIM IN CONSTRUCTION & ARCHITECTURE

Proceedings of V International Conference

BIMAC 2022

Санкт-Петербург
2022

УДК 69+004.9

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *А. М. Гримитлин* («АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД»);
канд. техн. наук, доцент *М. А. Романович* (Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого)

ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы V Международной научно-практической конференции / под общ. ред. А. А. Семенова ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2022. – 276 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1227-9

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022

Представлены статьи участников V Международной научно-практической конференции «ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры» (ВІМАС 2022), проходившей в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете в 2022 году.

Авторами сделан обзор современных достижений и представлены результаты, полученные в области развития концепции ВІМ; информационного моделирования архитектурных решений, инженерных систем, линейных объектов; организации строительства и эксплуатации объектов строительства с применением ВІМ. Также рассматриваются внедрение ВІМ в проектных организациях; современное программное обеспечение для ВІМ; программирование (автоматизация работы) в ВІМ-ПО; технологии 3D-печати, 3D-сканирования, виртуальной и дополненной реальности; достижение энергоэффективности посредством ВІМ; обучение ВІМ в университете.

Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук, доцент *А. А. Семенов* (председатель),
канд. техн. наук, доцент *С. В. Бовтеев*,
канд. техн. наук, доцент *Г. Б. Захарова*,
канд. техн. наук, доцент *С. В. Ланько*,
канд. техн. наук *Ю. В. Столбихин*,
канд. техн. наук, доцент *И. И. Суханова*,
канд. экон. наук *С. П. Щиршиков*,
И. А. Евсиков, Н. В. Горовой,
Н. В. Козак, Д. В. Нижегородцев

Секретарь:

канд. техн. наук *Л. П. Москаленко*

ISBN 978-5-9227-1227-9

© Коллектив авторов, 2022

© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2022

© Дизайн обложки: И. А. Евсиков, 2022

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.001

Das Sutapa, PhD., Associate Professor Dept. of Architecture, Town & Regional Planning
(Indian Institute of Engineering Science and Technology, Shibpur)

E-mail: sutapa.d@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3928-6881

BIM IN ACHIEVING ENERGY EFFICIENCY IN SMALL PROJECTS

India faces fast rise in energy demand, but its performance to fight climate change is dissatisfactory despite several policies and green rating tools. In near future, small residential projects will be major consumer of demand for which envelope system is the key element for energy saving. Mainstreaming energy optimization in this sector is challenging due to small budget, learning curve of the industry and these projects are beyond the scope of existing guidelines including Eco-Niwam Samhita (ENS) designed exclusively for small residential projects. To bridge this gap, this paper proposes a framework where BIM can be used for creating, assessing and ranking energy-saving envelope alternatives.

Keywords: building envelope, BIM, energy-efficiency, Eco-Niwam Samhita, residential projects.

1. Introduction

India is a committed signatory of the Paris Climate Agreement [1] which was set to curb carbon dioxide emission to limit global warming to less than 2° C compared to pre-industrial levels. As a major contributor of greenhouse gases, India manages to retain its global rank of 10 in Climate Change Performance Index 2021 [2] due to the fact that majority of its 1300 million population is poor and have very low per capita emission rather than robust climate change adoption policies. The country may miss its target to cut emissions by minimum 15 % of its previous unconditional NDC (nationally determined contribution) despite the temporary deep in fossil fuel consumption during the Covid pandemic of 2020. Under the current policies, India may have higher emissions in 2030 compared to 2010 [3].

Here, building sector consumes more than 30 % of energy [4] and the demand is predicted to have an unprecedented hike of 800 % in 2047 as compared to the base period of 2012 [5]. India is urbanizing faster than the global average [6]. Other factors being population growth, increased GDP (gross domestic product) and affordability [7] as well as higher demand for comfort with respect to climate change. [8]. Residential projects demands around 70 % of

the energy in building sector [9]. Because merely 2 % of the 12 million dwelling units under ‘Housing for all by 2022’ scheme for the urban poor is constructed, in near future, small residential projects will need more energy. Such buildings do not employ extensive mechanical-electrical systems. Hence, envelope is crucial for thermal comfort and it is the key element for energy saving [10].

However, such are small projects have small budgets, where sustainable building certification, energy simulation, energy audit etc are tough to enforce and may not be tangibly lucrative against the initial cost of designing. Hence mainstreaming energy efficiency in residential sector is a challenging task [8]. Addressing this issue, this paper explores the feasibility of BIM based design optimization of building envelope.

2. Energy Rating for Residences

The majority of the rating tools dealing with residential buildings have several aspects of sustainability such as site planning, water conservation, landscape, well-being, indoor air quality, innovation etc. Out of which only the energy efficiency section is discussed in details as per the scope of this work.

• IGBC Green Homes 2019

IGBC (Indian Green Building Council) started as LEED-India. This voluntary rating system aims for 20–30 % energy saving based upon well established national and international standards namely ECBC 2017 or Energy Conservation Building Code [11], ENS or Eco-Niwas Samhita [10, 12] and ASHRAE 90.1–2019. It deals with (a) building envelope; (b) artificial lighting; (c) heating and cooling systems and (d) receptacle and process loads. Envelope falls under the purview of architectural design and it includes [13]:

- Orientation.
- Opaque assembly of wall and roof: thermal transmittance or U-value.
- Fenestration or glazing: Solar heat gain co-efficient (SHGC), U-value and visible light transmittance (VLT).
- External roof: albedo, i.e. combined effect of reflectance and emittance.

• Svagriha (Simple Versatile Affordable GRIHA)

GRIHA (Green Rating for Integrated Habitat Assessment) is India’s own rating system launched in 2005. SVAGRIHA [14] is its simplified guidance-cum-rating version to address smaller projects (area < 2500 m²) which form the lion share of the constructions market. Fourteen criteria are broadly classified under six categories, namely, (a) landscape; (b) architecture and energy; (c) water and waste; (d) materials and (f) lifestyle. The energy efficiency section with following criteria is based on older version of ECBC. An upgrade is expected soon after ENS launch.

- Passive architectural design and systems.
- Fenestration to reduce direct heat gain and glare but to maximize daylight.
- Efficient artificial lighting system.
- Thermal efficiency of building envelope.
- Energy efficient appliances.
- Renewable energy on site.

- **National Building Code (NBC) 2016**

It is a national level comprehensive code for building design and construction. The latest version of 2016 includes the topic of sustainability for the first time [15]. It deals with lighting, HVAC (heating, ventilating, and air conditioning), thermal comfort conditions, natural ventilation, building materials, system design etc. It complements ECBC as a reference standard and also refers the same for calculation of energy efficiency. Though ECBC is focused on large commercial buildings, NBC covers all types of projects and includes the following sections out of which the first three are more relevant to small residential projects (Table 1).

Table 1

○ Siting, form and design	Site assessment; building form; orientation; shading; footprint and volume; thermal mass; daylighting; service life; Life cycle assessment (optional)
○ Envelope optimization	Opaque parts; Fenestration including shading devices; Renewable energy integration
○ Services optimization:	Natural and mechanical ventilation strategies; Passive heating and cooling; Pre-cooling of ventilation air; Low energy mechanical cooling; MEP systems; Renewable energy

- **Eco-Niwas Samhita (ENS)**

Also known as ECBC-R (R is for residential), Eco-Niwas Samhita (ENS) may be taken as the most comprehensive guideline for small residential projects or residential part of a mixed-use building with plot area $\geq 500 \text{ m}^2$. It aims to minimize heat gain or loss and explore the potential of a building to maximize natural ventilation and daylighting. ENS has two parts, namely, Part 1: Building envelope and Part 2: Electro-mechanical and renewable energy systems. It is based on ECBC 2017 but has simplified mathematical expressions. For example, EPI (Energy Performance Index) of ECBC 2017 [11] is replaced by RETV (Residential Envelope Transmittance Value) in ENS 2018 [10]. The EPI is

annual energy consumption in kW/m² of the building excluding unconditioned basements. RETV is the net heat gain rate (over the cooling period) through the building envelope (excluding roof) divided by the area of the building envelope (excluding roof) (Eqn. 1). Thermal performance of roof is noted by thermal transmittance or U-Value (Eqn. 2). ENS supplies all the standard values except Area (A) which comes from the building drawing.

$$RETV = \frac{1}{A_{env}} \times \left[\begin{array}{l} \left\{ a \times \sum_{i=1}^n \left(A_{opaque_i} \times U_{opaque_i} \times \omega_i \right) \right\} \\ + \left\{ b \times \sum_{i=1}^n \left(A_{non-opaque_i} \times U_{non-opaque_i} \times \omega_i \right) \right\} \\ + \left\{ c \times \sum_{i=1}^n \left(A_{non-opaque_i} \times SHGC_{eq_i} \times \omega_i \right) \right\} \end{array} \right] < 15 \text{ W/m}^2, \quad (1)$$

$$U_{roof} = \frac{1}{A_{roof}} \times \left[\sum_{i=1}^n (U_i \times A_i) \right] < 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}. \quad (2)$$

Where, A = Area in m²; U = Thermal transmittance in W/m² · K; ω_i = Orientation factor which indicates the amount of direct and diffused solar radiation received on the vertical surface in a specific orientation; $SHGC_{eq_i}$ = Equivalent solar heat gain coefficient = Ext. shading factor (ESF) x SHGC of un-shaded fenestration; a,b,c = Coefficients, based on different climatic zone.

3. Pros and Cons of ENS

ENS has a simple guidance-cum-analytical tool which needs input of the architectural drawings only to calculate RETV which is very close to the results obtained through detailed simulation [10]. Keeping the specification of roof constant, design alternatives can be ranked based on RETV before proceeding to detailed documentation for the code compliance level. Also ENS has a web-based learning tool for replicable design (<http://www.econiwas.com/replicable-design-tool/>) with the following variations. Users can select the sample design closest to the actual project and study the corresponding detailed energy-efficient report in order to achieve the targeted performance standard along with BIM model [16].

- Five climatic zones: Hot-dry, warm-humid, composite, temperate, cold.
- Four orientations: North, south, east, west.
- Three floor positions: Ground, top, intermediate.
- Six building typologies: Plotted development (detached, semi-detached row house) and group development (tower, liner corridor, row house).

- Dwelling unit sizes: 30 sqm to 225 sqm.
- Materials; common alternatives used for conventional and green projects.

However, the compact plan and cuboid volume of the sample projects [16] are seldom found in reality with all possible size and shapes of plots leading to the ‘one size fits none’ scenario. So the results can seldom be used directly. An extensive study was conducted for 10 cities scattered over all five climate zones and 1000 residential projects were randomly chosen to note their aptness for ENS [17]. Only 20 % plots were bigger than 500 m² to fall under the scope of ENS and expecting code compliance on voluntary basis is too ambitious.

Alike its predecessor document ECBC, ENS is voluntary and its implementation depends on the individual states and municipalities who also have jurisdiction to modify the requirements [9]. Main hurdle lies with the poor implementation and by 2050 91 % constructed buildings will have no energy-saving mandate [18]. Hence alternate strategies are needed to address the large number of owners of small projects with limited budget and energy awareness.

4. Proposed BIM-based Framework

Whether big or small, every project requires approval from the urban and local bodies (ULBs) for construction or additional-alteration. Online building plan approval system (OBPAS) is mandated by several ULBs in India where CAD drawings of a proposed project must be submitted [19]. These 2D drawings lack the capability to generate multiple envelope alternatives fast, calculate areas of different surfaces needed for RETV calculation or derive energy simulation results. As the industry is learning slowly both BIM [20] and energy optimization [16], ULBs may need to take extra steps to overcome this impasse with minimum possible extra effort. An energy optimisation consultation cell with BIM modeller may provide free service or charge nominally as a part of building approval fee. The proposed workflow of such cell is shown in Fig. 1.

EEMs (energy efficient methods) are primarily passive features and can be taken from ENS replicable samples and can be stored in BIM library. BIM model can also be linked to Spreadsheet for repetitive calculations [21]. A particular ULB deals with only one specific climatic zone. Hence parameters related to the climatic zone (co-efficient a,b,c of Eq. (1) may also be pre-filled in the calculation spreadsheet. The obtained results can be cross-checked with BIM based energy simulation where Energy-Plus or Design-Builder are widely used [16].

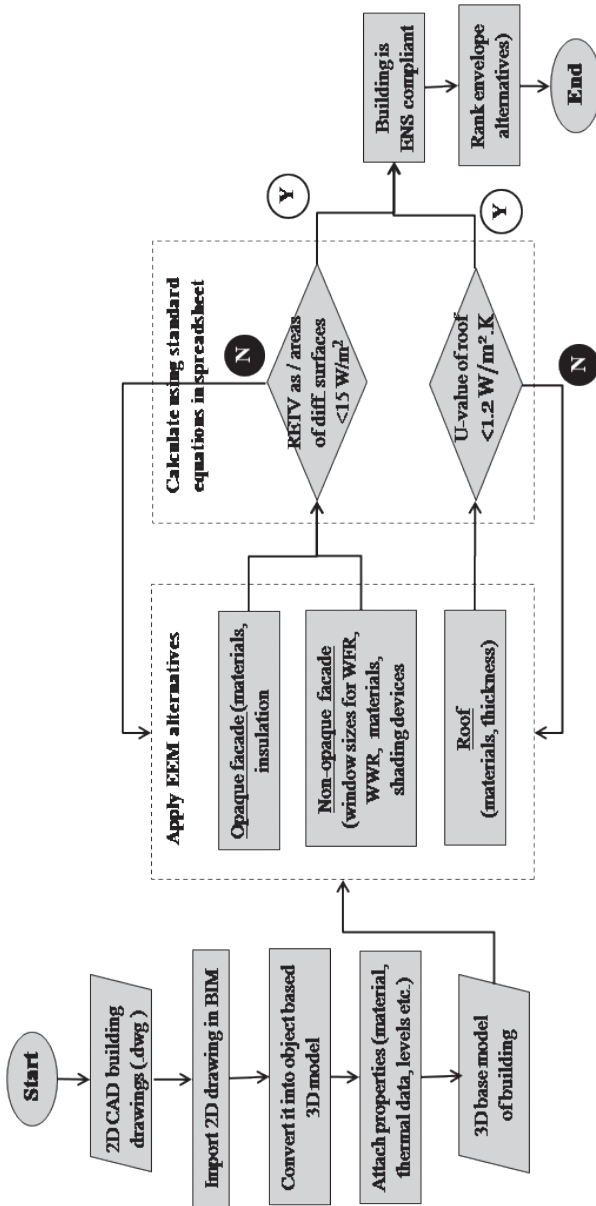


Fig. 1. Proposed workflow to use BIM in simplified energy calculation

5. Conclusions

This paper establishes the critical role of energy-efficiency of residential projects of India in defining the global energy demand and climate change adaptation. More precisely, focusing on the building envelope can bring the desired result. Such projects are very high in numbers, but small in size and budget. Review of established green guidelines revealed that small residential projects do not fit directly into any of these guidelines and hence require a special approach. Considering the current competency of the building design fraternity in general, a BIM-based simple framework is proposed. Here RETV is the simple and single indicator of energy efficiency. Scope of repetitive calculation using Spreadsheet and detailed energy simulation are also discussed. This can be beneficial for ULBs dealing with project approval and implementation of energy mandates. At the same time designers with basic knowledge of BIM are also benefitted.

References

1. UNFCC: United Nations Framework Convention on Climate Change. The Paris Agreement. In: United Nations Climate Change Conference or COP 21, Paris, France, 30 November – 12 December, 2015.
2. Climate Change Performance Index: India. URL: <https://ccpi.org/country/ind/>. (Accessed: 15.01.2022).
3. UNEP: United Nations Environment Programme. Emissions gap report 2021: The heat is on – A world of climate promises not yet delivered. Nairobi; UNEP, 2021. 112 p.
4. NSO: National Statistical Office, Govt. of India. Energy statistics India 2021. New Delhi: NSO, 2021. 134 p.
5. India Energy Security Scenarios, 2047. URL: <http://iess2047.gov.in/>. (Accessed: 15.01.2022).
6. MoF: Ministry of Finance, Govt. of India. Report of the seventh central pay commission. New Delhi: MoF, 2015. 899 p.
7. Shukla Y., Rawal R., Shnapp S. Residential buildings in India: Energy use projections and savings potentials. Paris: Global Buildings Performance Network, 2014. 50 p.
8. Kumar S., Singh M., Chandiwala S., Sneha S., George G. Mainstreaming thermal comfort for all and resource efficiency in affordable housing: Status review of PMAY-U mission to understand barriers and drivers. New Delhi: Shakti & AEEE, 2018. 50 p.
9. Garg N., Kumar A., Pipralia S., Garg P. Initiatives to achieve energy efficiency for residential buildings in India: A review // Indoor and Built Environment. 2019. Vol. 28, No. 6. P. 731–743. DOI: 10.1177/1420326X18797381.
10. BEE: Bureau of Energy Efficiency. Eco-Niwās Samhita 2018. Part I: Building Envelope. New Delhi: BEE 2018. 72 p.
11. BEE: Bureau of Energy Efficiency. ECBC: Energy Conservation Building Code 2017. New Delhi: BEE 2017. 200 p.

12. BEE: Bureau of Energy Efficiency. Eco-Niwas Samhita 2021 (Code Compliance and Part-II: Electro-Mechanical and Renewable Energy Systems). New Delhi: BEE 2021. 70 p.
13. IGBC: Indian green Building Council. IGBC Green Homes Rating System – Version 3.0 for multi-dwelling residential units abridged reference guide. Hyderabad: IGBC, 2019.
14. TERI-ADaRSH. SVAGRIHA version 2.2. New Delhi: TERI: The Energy Research Institute. 2011.
15. BIS: Bureau of Indian Standards. IS SP 7-NBC: National Building Code of India 2016, Volume II, New Delhi: BIS, 2016.
16. BEE: Bureau of Energy Efficiency. Handbook of replicable designs for energy efficient residential buildings. New Delhi: BEE 2021. 120 p.
17. Kumari A., Suman S., Garg T. Substantiating the Scope of code: EcoNiwas Samhita. New Delhi: Alliance for an Energy Efficient Economy, 2021. 32 p.
18. IEA: International Energy Agency. India 2020 energy policy review. URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/2571ae38-c895-430e-8b62-bc19019c6807/India_2020_Energy_Policy_Review.pdf (Accessed: 15.01.2022).
19. Smart DCR user manual for granting construction permit integrated with CAD scrutiny for Department of Urban Development & Municipal Affairs, Kolkata. URL: https://obpsudma.wb.gov.in/help/User%20Manual_Version%202.0_01_11_2021. (Accessed: 15.01.2022).
20. Mohanta A., Das S. Causal Analysis of Slow BIM Adoption in Eastern India with a Special Focus on Green Building Sector // Journal of The Institution of Engineers (India): Series A. 2022. Vol. 103. P. 319–337. DOI: 10.1007/s40030-021-00561-w.
21. Mohanta A., Das S., Mohanty R.N. Building envelope trade-off method integrated with BIM-based framework for energy-efficient building envelope // Architectural Engineering and Design Management. 2021. Vol. 17, No. 5-6. P. 516–536. DOI: 10.1080/17452007.2021.1941741.

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.002

Palacz Przemyslaw, MSc. of Sci. Eng., PhD Student
(Czestochowa University of Technology, Czestochowa, Poland)
E-mail: przemyslaw.palacz@pcz.pl, ORCID: 0000-0002-2040-3494

Major Maciej, PhD, DSc, Professor, Dean of the Faculty Civil Engineering
(Czestochowa University of Technology, Czestochowa, Poland)
E-mail: maciej.major@pcz.pl, ORCID: 0000-0001-5114-7932

INTERACTION BETWEEN THE NUMERICAL CALCULATION PROGRAM DLUBAL RFEM AND THE BIM STRUCTURE MODELING PROGRAM TEKLA STRUCTURES

When designing engineering structures, the efficiency of the engineer's work is important. The cooperation between individual programs in BIM technology is very important in this aspect, because it significantly speeds up the work and, as a result, the design process is less time-consuming. In the process of designing steel structures, the first stage is the selection of an appropriate structural solution, then numerical calculations of the model together with all assigned load cases and dimensioning of individual elements of the structure in terms of the ultimate and serviceability limit state. After selecting the appropriate sections, you can start working on the detailed drawings of a given structure. When performing numerical calculations and drawings, at least two programs should be used. The article presents the cooperation between the Dlubal RFEM numerical calculation program and the Tekla Structures building structure modeling program on the example of a steel structure floor design.

Keywords: BIM, Dlubal RFEM, Tekla Structures, steel structures, direct import.

1. Introduction

In the process of designing each building object, the key element is the integration between the various stages in the design process [1, 2]. Building Information Modeling (BIM) is an IT technology that allows you to create a multidimensional, digital model of an object, allowing you to effectively design, implement the investment process and effectively manage the object during its operation [3]. In construction, various IT tools have been used in the design process for a long time, but the BIM standard binds them together, allowing for the creation of a complete digital model of an object, which includes all the information related to it [4, 5]. BIM technology allows for a faster flow of information between individual participants in the design process, which translates into improved efficiency and quality, while shortening the time of project implementation [6]. However, in order

to be able to design effectively, appropriate tools in the form of appropriate software are needed, which enable the exchange of data between the various stages of the project [7]. Each design process consists of many stages, incl. such as architectural planning, taking into account the purpose and method of operation of a given object, then the selection of an appropriate structural system along with the dimensioning of elements due to the limit state of the bearing capacity and serviceability, then the preparation of detailed drawings of the object model along with the necessary installations [8]. This article focuses on the selection of a structure and the execution of a structural model on the example of a steel structure floor design. In order to perform numerical calculations, the educational version of Dlubal RFEM was used, while the educational version of the Tekla Structures structural modeling program was used to create the object model and generate production drawings. In the design process, integration between individual computer programs is important, so that you can work on one virtual model, which improves work efficiency and reduces design time.

RFEM is a program for structural analysis in 3D [9]. The software is based on the finite element method and calculates deformations, internal forces, stresses, support forces and soil contact stresses. Thanks to the load wizards, you can easily and quickly set load cases on the structure in the form of wind, snow, live load etc. according to Eurocode 1 [10–12].

Tekla Structures is BIM software for building structure modeling. The software allows you to create accurate models of objects, containing all the information about it. Tekla Structures allows you to design and generate workshop drawings from spatial models, which speeds up work, while eliminating the possibility of design errors (e.g. collisions) [13].

2. Design of the ceiling in a steel structure

The analysis was performed on the floor design in the steel structure. The external walls of the building with dimensions of 31.6×38.0 m were assumed, on which the steel structure ceiling was to be designed. Along the length of the building, four substrings supported on two central columns were arranged, so the length of the extreme spans was assumed to be 12.6 m and the length of the central span to 12.8 m. In the transverse direction, the ceiling was divided into 5 spans of secondary beams, each 6.32 m long, spaced 2.7 m apart. Fig. 1 shows the ceiling plan. Then the floor was modeled in RFEM and the load cases from the floor layers and the service load of 6.5 kN/m^2 were entered. Figure 2 shows the RFEM dialog box and the numerical model of the designed ceiling.

After modeling the floor, calculations and dimensioning of steel cross-sections were performed in accordance with Eurocode 3 [14], using the steel structure design module with cross-section optimization due to the ultimate limit state and serviceability. The results of the calculations are shown in fig. 3. Fig. 4 shows the dialog box of the RFEM dimension module. For the cross-section of secondary beams, the cross-section IPE 360 was assumed, while for the cross-section of the substring, a variable cross-section of the welded plate girder was assumed depending on the envelope of bending moments in a given cross-section.

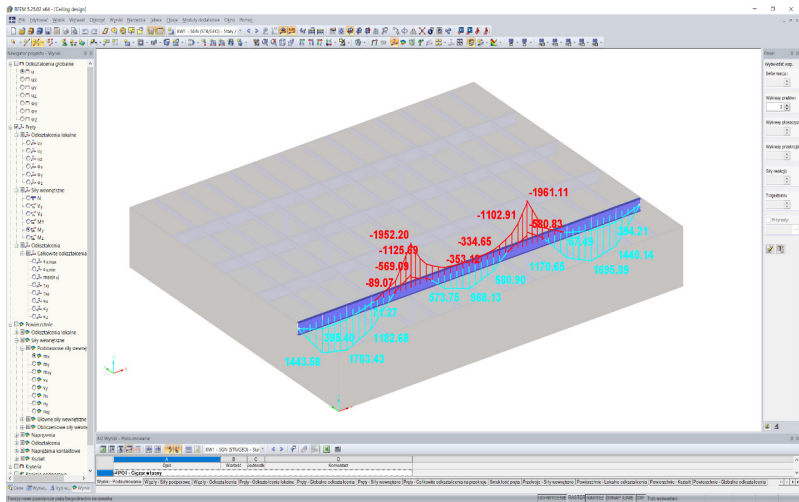


Fig. 3. Results of numerical calculations of the designed ceiling, diagram of bending moments in the substring, given values in kNm

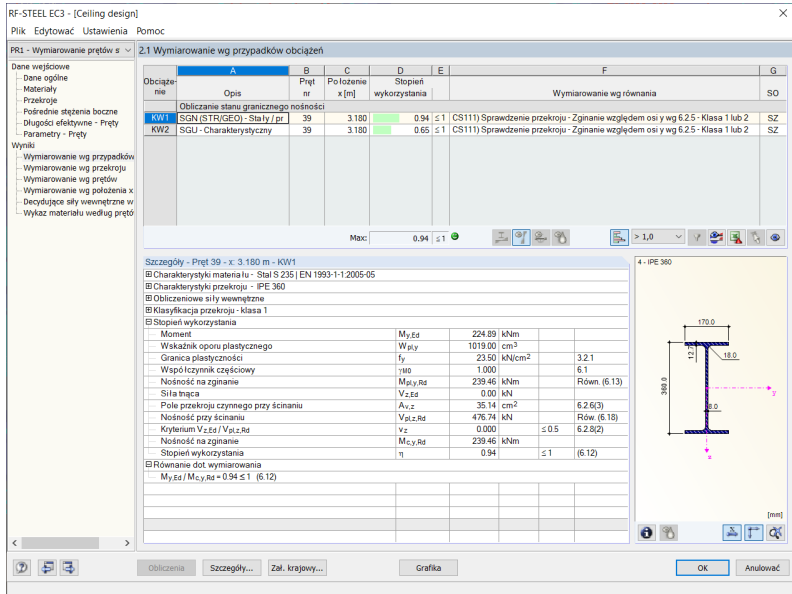


Fig. 4. The dialog box in RFEM for the design and optimization of cross-sections in a steel structure

3. Direct import from Dlubal RFEM program to Tekla Structures

There are many options for exporting a model in RFEM. Files can be saved in many formats, such as .stp, .ifc, .dxf and many more. Fig. 5 shows a dialog box with the possibility of exporting a model to other programs.

The RFEM program also allows you to perform a direct export to Tekla Structures installed on the same computer. By selecting this option, the model appears in Tekla Structures, and then can continue working on the model and perform all details of structural connections.

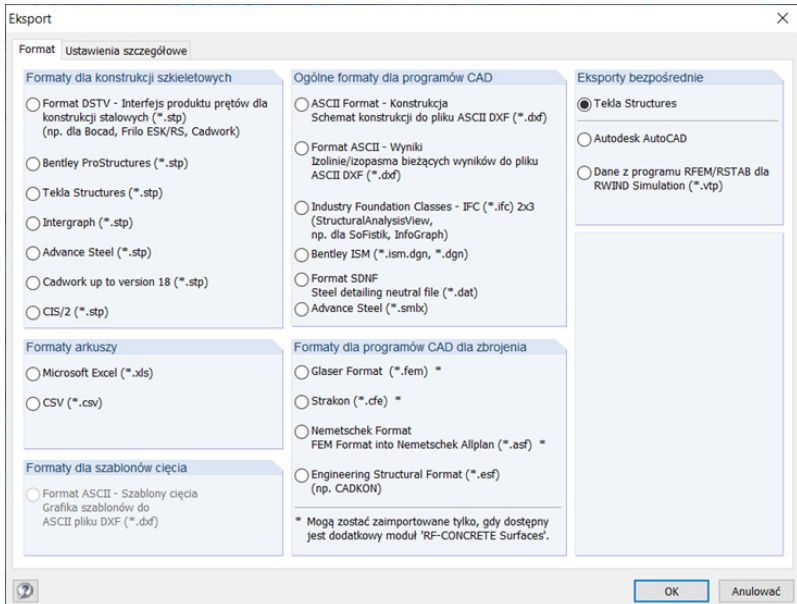


Fig. 5. The dialog box in RFEM for exporting the model to other programs

4. Structure model in Tekla Structures

After the model has been exported from RFEM program, we can start executing the model in Tekla Structures. Thanks to the built-in tools and the possibility of using components, it is possible to quickly generate bolted and welded connections between individual elements of the structure. Fig. 6 shows the Tekla Structures dialog box and the 3D view of the designed ceiling. On the other hand, fig. 7 shows the details of the connections of the substring and the secondary beams with substring, made in Tekla Structures.

Tekla Structure modeling software allows you to generate workshop drawings of the designed structure, on the basis of which you can make prefabricated elements in the workshop. Thanks to the generation of drawings from the 3D model, which contains all the current information about the structure, we avoid possible errors, because when any element in the 3D model is changed, all the drawings and the steel list are updated. Fig. 8 shows the generated workshop drawing of the secondary beam. Moreover, Tekla enables direct export of connections to IDEA Statica, which enables calculation and verification of the resistance of connections in a structure.

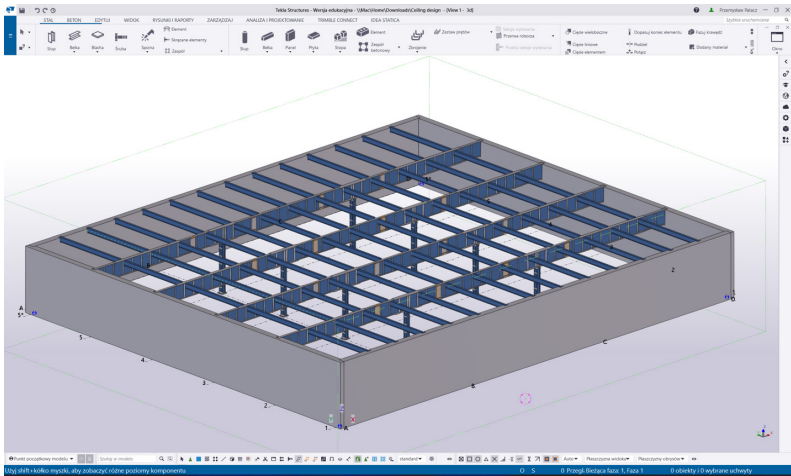


Fig. 6. The dialog box in Tekla Structures and the model view of the designed ceiling

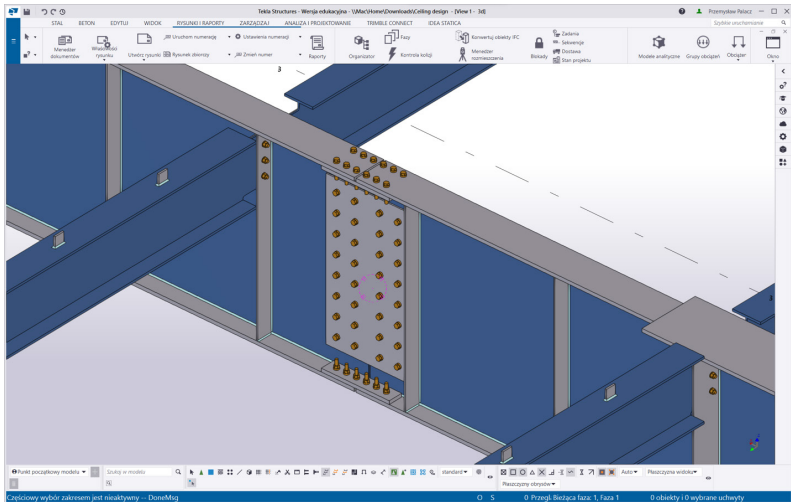


Fig. 7. Connection details in the designed ceiling model

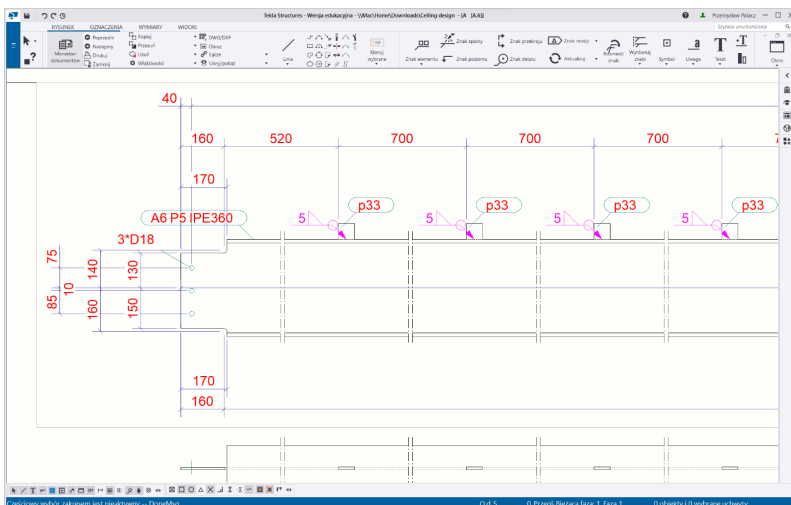


Fig. 8. Workshop drawing of a secondary beam generated from a 3D model in Tekla Structures

5. Conclusions

The article presents the cooperation between the program for numerical calculations and the program for modeling the structure on the example of the steel structure of the ceiling in a building. In the process of designing a structure, the key element is the efficiency of work on the project, and BIM technology allows for a faster design process thanks to the integration between programs and work on one virtual model of the structure. All specialists involved in the design of the building can work on the same model: architects, constructors and installation designers. Work takes place on one virtual model, and changes appear in real time for all people working on the project, which allows you to avoid design errors, e.g. collisions, which in turn reduces the costs of project implementation. To sum up, designing in BIM technology speeds up the work on the project, allows to detect possible collisions at the design stage and, as a result, reduces the costs of project implementation.

References

1. Zita Sampino A. Project management in office: BIM implementation // Procedia Computer Science. 2022. Vol. 196. P. 840–847. DOI: 10.1016/j.procs.2021.12.083.

2. Sacks R., Eastman C.M., Teicholz P., Lee G. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Wiley, 2018. ISBN: 978-1-119-28755.
3. Dixit M., Venkatraj V., Ostadalimakhmalbaf M., Pariafsai F., Lavy S. Integration of Facility Management and Building Information Modelling (BIM): A Review of Key Issues and Challenges // *Facilities*. 2018. Vol. 37. P. 455–483. DOI: 10.1108/F-03-2018-0043.
4. Azhar S. Building Information Modeling: Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry // *Leadership and Management in Engineering*. 2011. Vol. 11, No. 3. P. 241–252. DOI: 10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127.
5. Tomana A. BIM Innowacyjna technologia w budownictwie Podstawy, standardy, narzędzia. Warsaw, 2016. ISBN: 978-83-944969-0-6. (in Polish).
6. Bryde D., Broquetas M., Marc Volm J. The project benefits of Building Information Modelling (BIM) // *International Journal of Project Management*. 2013. Vol. 31. P. 971–980. DOI: 10.1016/j.ijproman.2012.12.001.
7. Kwok Wai Wong J., Zhou J. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review // *Automation in Construction*. 2015. Vol. 57. P. 156–165. DOI: 10.1016/j.autcon.2015.06.003.
8. Ustinovichius L., Popov V., Cepurnaite J., Vilitienė T., Samofalov M., Miedziński C. BIM-based process management model for building design and refurbishment // *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 18. P. 1136–1149. DOI: 10.1016/j.acme.2018.02.004.
9. Palacz P., Major M. Analiza porównawcza przemieszczeń ustroju prętowego z użyciem programów ADINA, Autodesk Robot oraz RFEM // *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, Budownictwo*. 2018. Vol. 24. P. 262–266. DOI: 10.17512/znb.2018.1.41. (in Polish).
10. PN-EN 1991-1-1:2004 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings (in Polish).
11. PN-EN 1991-1-3:2005 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads (in Polish).
12. PN-EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions – Wind actions (in Polish).
13. URL: <https://www.tekla.com/products/tekla-structures>. (Accessed: 21.03.2022).
14. PN-EN 1993-1-1:2006 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings (in Polish).

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.003

Roumyeh Mohamad Louay, Master's degree student

(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

E-mail: roumyeh.mohamad@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0951-5943

Badenko Vladimir Lvovich, Dr. Tech. Sci., Professor

(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

E-mail: badenko_vl@spbstu.ru, ORCID: 0000-0002-3054-1786

INTEGRATION BETWEEN BIM AND GIS FOR DECISION-MAKING

Nowadays the integration between building information modeling (BIM) and geographical information systems (GIS) represents one of the important issues because of its benefits during the whole life cycle of the assets. Each of these technologies has great capabilities and using them together can create a significant move in the construction industry. The aim of this research paper is to represent a method to use GIS data and features inside the BIM environment to create a 3D model which will contribute to getting a better understanding during the design phase of the project in order to choose the optimal location. To explain our method, it was decided to choose a location to create a model for the construction of a supposed dam. This will show how GIS and BIM can help in such strategic projects.

Keywords: Building information modeling (BIM), Geographical information system (GIS), BIM-GIS Integration, Decision making, Construction industry.

Introduction

A City information model (CIM) represents the basement to create the digital city besides its benefits during the whole life cycle of the assets [1]. The geographical information systems (GIS) data can be used as inputs inside building information modeling (BIM) environment via using several software such as Autodesk Revit, Autodesk Civil 3D, and in this case, creating a CIM model will be possible through the integration of BIM and GIS [2, 3]. The benefits and applications of BIM and GIS technologies were discussed and concluded in a number of articles [4–6]. In recent paper, it was concluded that CIM term still under improvement and combination of BIM and GIS technologies is the main key to create a city information model, moreover CIM can be considered as an analogous to BIM but on the city scale [7]. The CIM can be used for managing and dealing with many kinds of hazards that could happen during the building life cycle [8]. According to [9], it was found that CIM has great benefits for urban planning and decision making for cities especially when taking about big regions with a large number of assets, and now there is a lot of software that support the availability use GIS data inside BIM such as Autodesk Civil 3D, Autodesk Infraworks.

Integration IoT with BIM and GIS will contribute to creating smart facilities because the internet of things gives the availability to use the real-time data as input inside CIM and show it, hence it will lead to creating smart CIM [10]. In another research published recently [11], the integration of IoT, BIM and GIS will lead to improving the quality and efficiency of management our cities through integrating the real data with our 3D city models, and thus it will be possible to define any problems or illegal issues to deal with them effectively and quickly. Several explanation on creating CIM and importance of incorporation of BIM, GIS and IoT had been shown in many recent articles [12–14]. The capabilities of BIM and IoT together will be so effective for decision-makers through publishing the created 3D virtual models which connected with real data, hence the opinion of citizens can be taken into account to know the feasibility of any change and their effects from the public point of view [15].

In this paper, a method for using BIM-GIS integration that can help to plan for the strategic projects will be shown. To apply the method, it was decided to explain it for a supposed dam in a supposed region in Crimea.

Materials and Methods

Our method as it was mentioned above, depends on using BIM-GIS integration to create a 3D model inside the BIM environment. In this work, we used QGIS and Autodesk Revit 2022. To make it easier to understand, the method can be delivered into the following consequence.

1. Define the location and prepare all required data and shape files for buildings, parcels, roads, etc. that could be available from several sources such as open street map and USGS.
2. Add the required layers into QGIS and prepare the elevation points of the required area as well as other required GIS features and export them in appropriate formats into Autodesk Revit.
3. In Autodesk Revit, a modeling process for all buildings, roads, waterways, and other required features in the required area should be done as well as a 3D model for the dam.

A summary of our method was shown in fig. 1.

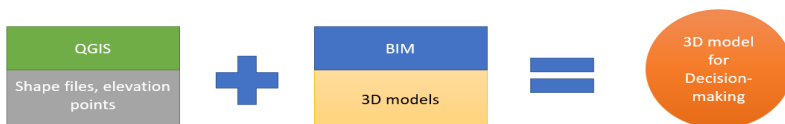


Fig. 1. Summary of the method

Results and discussion

In this section of the paper, all results will be shown according to the mentioned phases in the past section. The location that we suppose to apply our method is in the southern part of Crimea in Rybache. As it was mentioned before, it is mandatory to get the required data such as shape files and others from available sources. In this work, it was decided to use Open Street Map to get the shape files for roads, rivers and buildings footprints for the required location in shp format. USGS was used in order to download the digital elevation file for the location in tif format. For starting our work, it was mandatory to add all the data collected for the required location and clip it by using the Geoprocessing tools in QGIS as shown in fig. 2. After that, the contours as well as vertices should be created in order to get the elevation points that we need to create the surface inside BIM. The contours can be created after clipping the digital elevation file according to the borders of the required area via the raster in QGIS in which it is needed to use the extraction tool that can help to create the contours as it is shown in fig. 3. In the settings, the clipped layer from the elevation file should be used as input besides choosing the interval between contours which may differ according to user and the location size as shown in fig. 4. The GIS data that we got from open sources should be clipped to get only the required part for our location, and this should be done inside QGIS after adding all the required layers. In fig. 5, a summary for the results got after applying the proposed method is shown to have better understanding.

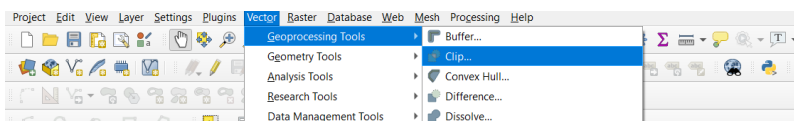


Fig. 2. Clipping tool inside QGIS

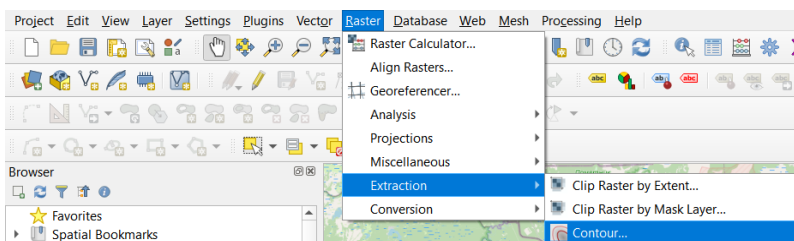


Fig. 3. Extraction tool for creating contours in QGIS

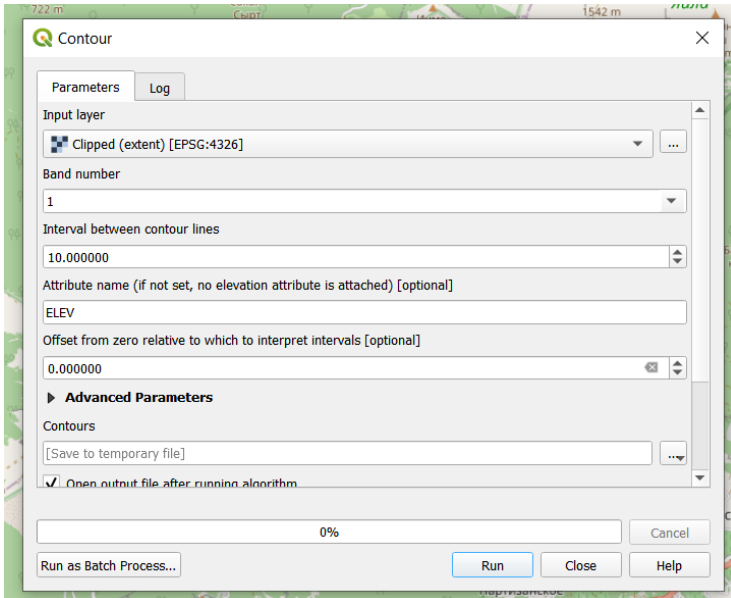


Fig. 4. Settings for creating contours in QGIS

According to our method, the next step contains exporting all these data from QGIS and importing them inside Autodesk Revit. The elevation points will help to create the topographical surface of the location and GIS features will lead to the location of all buildings, roads, and waterways we have in the location. Fig. 6 shows the final 3D surface in the Autodesk Revit. It is notable that this 3D model will give a good understanding for planners about the elevation and topography of the region. Since all data were imported inside the BIM environment, the modeling process can be started. It is known that there are different levels of details (LOD) that we can create in BIM for the properties and since our purpose is to show the possibility to use our method and its benefits for planners and decision-makers, it was decided to use LOD 100 that will be enough for our situation. Also, all roads and waterways were developed inside Autodesk Revit according to GIS inputs. Waterways with a 3D surface can give a better understanding to choose the best location for constructing our dam. In our study, we did not make any analysis, calculations, or hydrological studies that are usually done to choose the location for dams because our idea is to show it is possible to use BIM and GIS together for such types of projects. In fig. 7 the result of our work inside Autodesk Revit is shown.



Fig. 5. Results after applying the proposed method



Fig. 6. 3D view of the surface inside Autodesk Revit

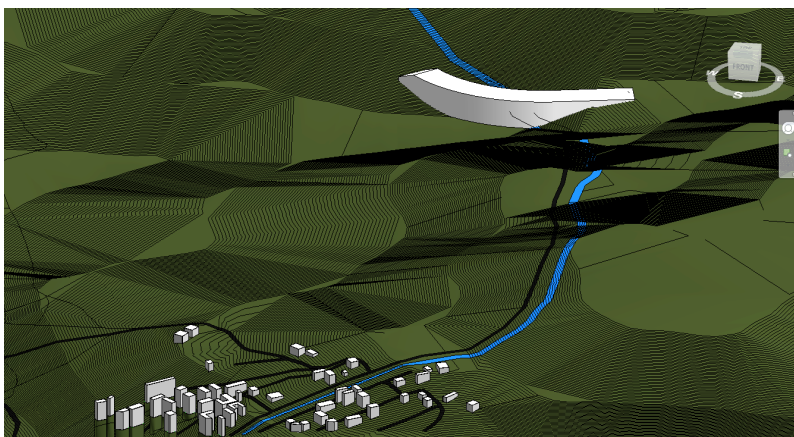


Fig. 7. 3D view of the result inside Autodesk Revit

It is notable that this 3D model gives a good understanding about number of buildings in the location besides roads network and waterways. This model will significantly help the decision makers in the planning phase to choose the best location for such type of projects. This model will also help to have better view about the future capacity of the dam lake. It is to be mentioned that all 3D models for the buildings are created by using walls and slabs elements. Our work is not dealing with the details about dams' design, so a simple extruded element was created to represent the dam. Other features such as roads and river were created as topographical element just to show their location.

Conclusion

This study prepared to give overview about the capabilities of BIM and GIS together to create 3D BIM model that can effectively help planners for choosing the optimal geolocation for a dam. Several points can be concluded from this paper.

1. Using GIS data with BIM technology will be so useful for decision-makers in the conceptual phase of projects and will help to determine several parameters much easier such as number of assets that could be demolished after creating such projects and area of flooding.
2. This 3D model can be used during the whole project life cycle for several purposes, furthermore, the level of details of the dam and even existing properties can be increased to get detailed 3D BIM models if needed.

3. This 3D model can be improved to be used for other purposes such as creating a digital twin for this area, but in this case the BIM model of the dam should be with high level of details.

References

1. Wang Z., Jiang H., Zhang W., Liu L. The Problem Analysis and Solution Suggestion in the Process of City Information Model Construction. 4th Int. Conf. Smart Grid Smart Cities, ICSGSC 2020. 2020. P. 109–112. DOI: 10.1109/ICSGSC50906.2020.9248544.
2. Roumyeh M., Badenko V. Integrating BIM and GIS to move towards CIM. In: IV International Conference “BIM in Construction & Architecture» (BIMAC 2021). SPb.: SPbGASU, 2021. P. 13. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.002.
3. Melo H.C., Tomé S.M.G., Silva M.H., Gonzales M.M., Gomes D.B.O. Implementation of City Information Modeling (CIM) concepts in the process of management of the sewage system in Piumhi, Brazil. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 225, No. 1. P. 012076. DOI: 10.1088/1755-1315/225/1/012076.
4. Rong Y., Zhang T., Zheng Y., Hu C., Peng L., Feng P. Three-dimensional urban flood inundation simulation based on digital aerial photogrammetry. Journal of Hydrology. 2019. Vol. 584. P. 124308. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2019.124308.
5. Badenko V. et al. Scan-to-BIM Methodology Adapted for Different Application. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. 2019. Vol. XLII-5/W2, no. 5/W2. P. 1–7. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-5-W2-1-2019.
6. Badenko V., Zotov D., Muromtseva N., Volkova Y., Chernov P. Comparison of Software for Airborne Laser Scanning Data Processing in Smart City Applications. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. 2019. Vol. XLII-5/W2, No. 5/W2. P. 9–13. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-5-W2-9-2019.
7. Souza L., Bueno C. City Information Modelling as a support decision tool for planning and management of cities: A systematic literature review and bibliometric analysis. Building and Environment. 2022. Vol. 207, Part A. P. 108403. DOI: 10.1016/j.buildenv.2021.108403.
8. Lu X., Gu D., Xu Z., Xiong C., Tian Y. CIM-powered multi-hazard simulation framework covering both individual buildings and urban areas. Sustainability. 2020. Vol. 12, No. 12. P. 5059. DOI: 10.3390/su12125059.
9. Pereira A.P., Buzzo M., Zimmermann I., Neto F.H., Malgarezi H. A descriptive 3D city information model built from infrastructure BIM: Capacity building as a strategy for implementation. International Journal of E-Planning Research. 2021. Vol. 10, No. 4. P. 138–151. DOI: 10.4018/IJEPR.20211001.0a9.
10. Mannino A., Dejacco M.C., Re Cecconi F. Building information modelling and internet of things integration for facility management-literature review and future needs. Applied Sciences. 2021. Vol. 11, No. 7. P. 3062. DOI: 10.3390/app11073062.
11. Gao Z., Luan W., Lin W., Zhang J., Chang R. Research on Integrated Management Platform of Smart Park Based on CIM. IOP Conference Series: Earth

and Environmental Science. 2021. Vol. 768, No. 1. P. 012128. DOI: 10.1088/1755-1315/768/1/012128.

12. Melo H.C., Tomé S.M.G., Silva M.H., Oliveira L.R., Gonzales M.M. City information modeling (CIM) concepts applied to the management of the sewage network. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 588, No. 4. P. 042026. DOI: 10.1088/1755-1315/588/4/042026.

13. Wang B., Tian Y. Research on key technologies of city information modeling. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 693, No. 1. P. 012129. DOI: 10.1088/1755-1315/693/1/012129.

14. Bi T., Zhou F., Yang X., Zhu Y., Diao X. Research on the construction of city information modelling basic platform based on multi-source data. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 693, No. 1. P. 012021. DOI: 10.1088/1755-1315/693/1/012021.

15. White G., Zink A., Codecá L., Clarke S. A digital twin smart city for citizen feedback. Cities. 2021. Vol. 110. P. 103064. DOI: 10.1016/j.cities.2020.103064.

УДК 004:004.94:006:69:62:64:72

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.004

Гурьева Юлиана Александровна, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: yual2017@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5814-423X

Козлова Евгения Михайловна, старший преподаватель

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: e-kozlova-2014@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9052-9984

Guryeva Yuliana Aleksandrovna, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Kozlova Evgenia Mikhailovna, Senior Lecturer
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

РОССИЙСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВІМ-ТЕХНОЛОГИЙ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

RUSSIAN EXPERIENCE IN USING BIM TECHNOLOGIES AT THE OPERATION STAGE OF REAL ESTATE OBJECTS

Проведён анализ особенностей создания и использования информационной модели при эксплуатации и управлении объектами недвижимого имущества. Приведены основные преимущества использования ВІМ (ТІМ) технологии на этом этапе жизненного цикла. Разобраны примеры использования ВІМ-моделей на стадиях эксплуатации, реконструкции и сноса объектов. Кратко освещены возникающие при этом проблемы. Выявлены возможности, возникающие при использовании информационной модели на стадии эксплуатации на примере изученных в исследовании сооружений. Перечислены перспективы использования информационной модели объекта для решения задач и проблем жилищно-коммунальной сферы в РФ. Приведены примеры успешной реализации используемого подхода информационного моделирования для управления объектами недвижимости.

Ключевые слова: ВІМ-технологии, ТІМ, информационная модель объекта, эксплуатация, жилищно-коммунальное хозяйство, ЖКХ, управление объектом недвижимого имущества.

An analysis of the features of the creation and use of an information model in the operation and management of real estate objects was carried out. The main advantages of using BIM technology at this stage of the life cycle are given. Examples of the use of BIM-models at the stages of operation, reconstruction and demolition of objects are analyzed. The problems arising in this case are briefly highlighted. The possibilities arising from the

use of the information model at the stage of operation are revealed on the example of the structures studied in the study. The prospects for using the information model of the object to solve the problems and problems of the housing and communal sector in the Russian Federation are listed. Examples of successful implementation of the used approach of information modeling for management of real estate objects are given.

Keywords: BIM technologies, object information model, exploitation, housing and utilities, real estate property management.

Введение

BIM-моделирование позволяет создавать информационную модель объекта на всех стадиях его жизненного цикла от проектирования, возведения и оснащения до эксплуатации, реконструкции, переоснащения и сноса. На всех этих этапах крайне необходимо вносить изменения в создаваемую или в уже существующую модель. В результате появляется возможность анализировать различные показатели (например, энергоэффективность, безопасность, экологичность) на всех стадиях жизненного цикла объекта и работы с моделью.

Актуальность проведённого исследования

BIM-технология (Building Information Modelling) – технология автоматизированного компьютерного моделирования совокупности бизнес-процессов, сопровождающих все этапы жизненного цикла объекта. Эта технология в России получила название «Технология информационного моделирования» (ТИМ) [1].

Использование ТИМ позволяет вносить изменения в информационную модель в режиме реального времени; более успешно проводить переоснащение зданий; отслеживать текущее состояние сооружений; грамотно эксплуатировать существующие объекты [2–5].

В декабре 2021 года Правительством РФ была утверждена «дорожная карта» по применению информационных технологий в строительстве.

В результате, начиная с 1 января 2022 года, применение BIM-технологий станет обязательным для государственных контрактов.

С 2022 года стартует основной этап внедрения технологий информационного моделирования, который продлится до 2024 года. Затем будет осуществлён переход к завершающему этапу.

Цели и задачи

Основная цель проведённого исследования – анализ применения технологий информационного моделирования зданий и сооружений в Российской Федерации на стадиях их эксплуатации, реконструкции и сноса.

Методы исследования

Для проведения исследования в качестве объектов были выбраны такие, как Спорткомплекс ВТБ-Арена (Москва), Стадион Казань Арена (Казань), Бизнес-центр Лахта-Центр (Санкт-Петербург), Бизнес-центр AFI Square (Москва).

Изучены информационные модели или их части, а также методика работы с этими моделями на стадиях эксплуатации, реконструкции и сноса.

Также было проанализировано применение информационной модели в системе ЖКХ и при эксплуатации различных жилых комплексов, расположенных в разных регионах РФ.

Проведённое исследование

1. Использование ВМ-модели при эксплуатации и управлении объектом недвижимости в РФ

В России ВМ-модель уровня 6D с учётом Facility Management (FM) для эксплуатации и управления объектом пока ещё применяется крайне редко, но использование именно этого уровня модели даёт максимальную экономическую эффективность.

В основном используются информационные модели уровней 4D и 5D. В качестве примеров можно привести следующие: спорткомплекс ВТБ-Арена, стадион Казань Арена, бизнес-центры Лахта-Центр и AFI Square.

1.1. Реконструкция и эксплуатация спорткомплекса ВТБ-Арена

Комплекс имеет две площадки: футбольный стадион на 30 тысяч мест и малую арену (ледовую) на 14 тысяч мест.

Комплекс был закрыт на реконструкцию в 2008 году. Сначала было проведено лазерное сканирование и получено облако точек, на основе которого была сформирована информационная модель (рис. 1).

Далее только часть субподрядчиков начала применять ВМ. В результате был объявлен новый тендер, а компания АЕСОМ сформировала общие стандарты для работы с информационной моделью. Все участники проекта стали переходить к технологиям ВМ, т. к. её использование являлось одним из условий контрактов.

Информационная модель также использовалась для проектирования и анализа стадионной звукоусилительной системы (рис. 2), к которой предъявляются определённые требования, например, равномерность покрытия, высокое звуковое давление, высокий уровень детализации звукового материала [7]. На стадии эксплуатации этого сложного оборудования без информационной модели также не обойтись.



Рис. 1. Модель спорткомплекса «ВТБ Арена» [6]

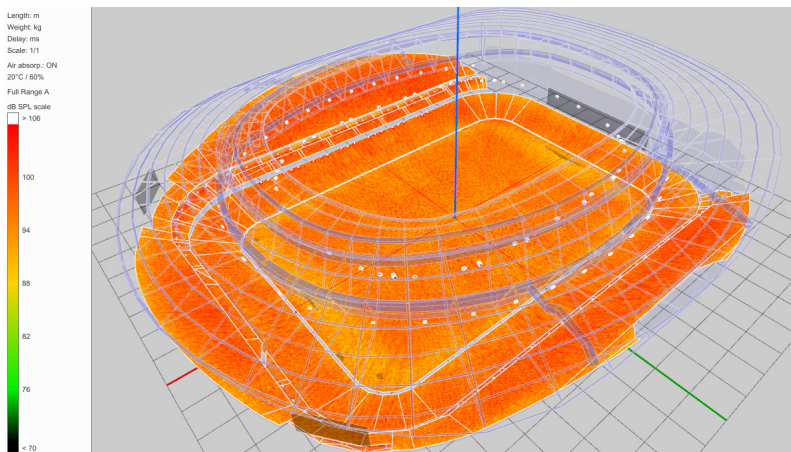


Рис. 2. Использование информационной модели спорткомплекса «ВТБ Арена» для анализа уровня звукового давления [7]

Необходимо было согласовать совместную работу и других систем. Анализ вариантов размещения и работы различного оборудования также проводился на основе разработанной модели. Размещение акустических систем и подогревательных пушек для зрителей, видеокамер, светодиодные экраны и т. д. Были рассмотрены разные варианты конструкции

крыши, конструкция которой изменялась после изменения положения того или иного оборудования (рис. 3).

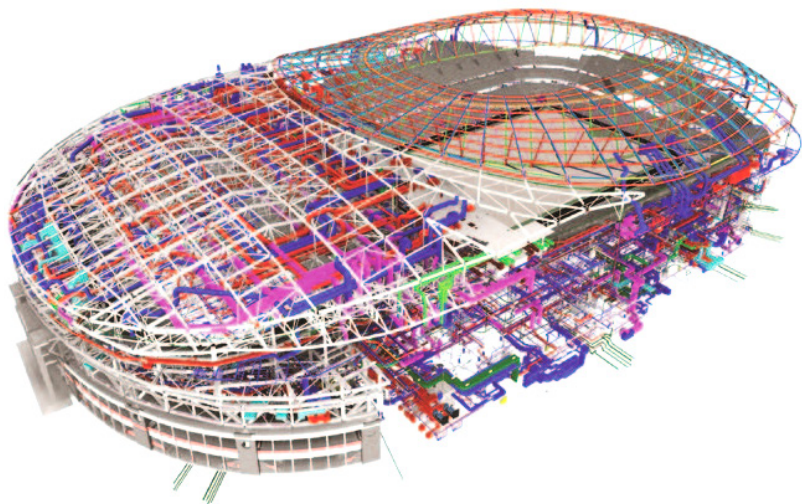


Рис. 3. Информационная модель спорткомплекса «ВТБ Арена» [8]

Установка дополнительных систем и нового оборудования сначала анализируется в информационной модели.

1.2. Стадион Казань Арена

Стадион является одним из объектов Универсиады, проводимой в Казани в 2013 году [9].

При проектировании объекта обязательно учитывались требования, предъявляемые ко всем объектам Универсиады, в том числе экологичность, экономичность, минимальная материалоемкость конструкторских и инженерных решений. Также требовалось добиться максимально возможного притока воздуха и естественного освещения. Для выполнения всех этих и других требований необходимо было создать информационную модель объекта, и с помощью неё отрабатывать различные варианты, чтобы добиться требуемых показателей.

Одной из самых сложных задач оказалось создание конструкции кровельной системы. Она имеет волнообразную форму, кажется лёгкой (в соответствии с требованиями), несмотря на то, что весит

более 12 тысяч тонн. Её каркас состоит из стальных труб с пролетами более 100 м и вылетами консолей почти 40 м (рис. 4). Крышу поддерживают восемь опор.

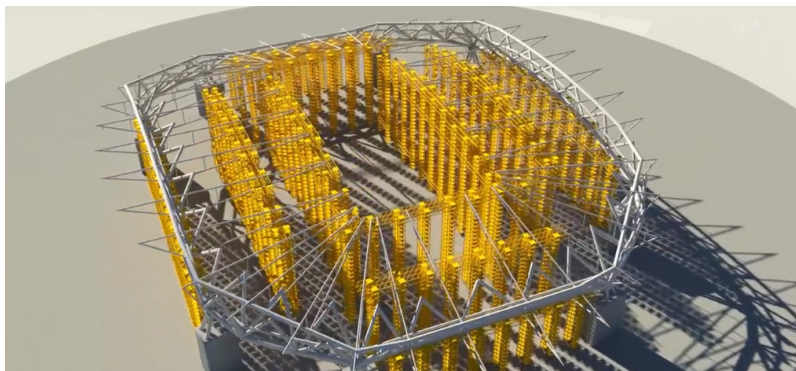


Рис. 4. Информационная модель фрагмента конструкции кровли стадиона «Казань Арена» [10]

Использование информационной модели позволило выбрать наиболее оптимальный вариант её возведения и монтажа (рис. 5).

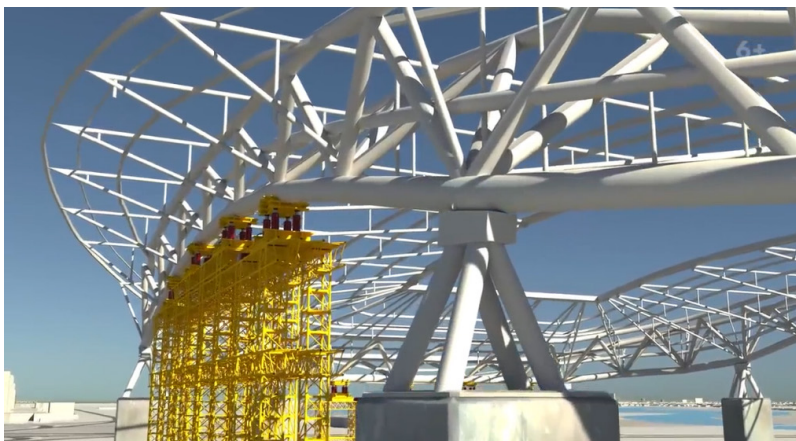


Рис. 5. Информационная модель фрагмента конструкции кровли стадиона «Казань Арена» [10]

Над зрительскими трибунами конструкция кровли пропускает свет, но защищает от дождя, а на травяное покрытие попадают и осадки, и естественное освещение.

Информационная модель оказалась и очень полезной при расчётах различных инженерных систем и взаимодействия между ними.

На стадии эксплуатации ВМ-модель используется для работы с инженерными сетями, в том числе для регулирования работы осветительных и акустических систем, работа с травяным покрытием и т. д.

В дальнейшем планируется строительство горнолыжного спуска с крыши стадиона.

1.3. Бизнес-центр Лахта-Центр

В плане объект представлен в виде пятиконечной звезды. Сооружение имеет закрученную конусообразную форму, напоминающее пламя. В проекте отсутствуют типовые (повторяющиеся) этажи.

Для обработки сложнейших проектных решений на различных стадиях работы с объектом была использована его информационная модель (рис. 6 и 7). Также активно применялось параметрическое проектирование [11].

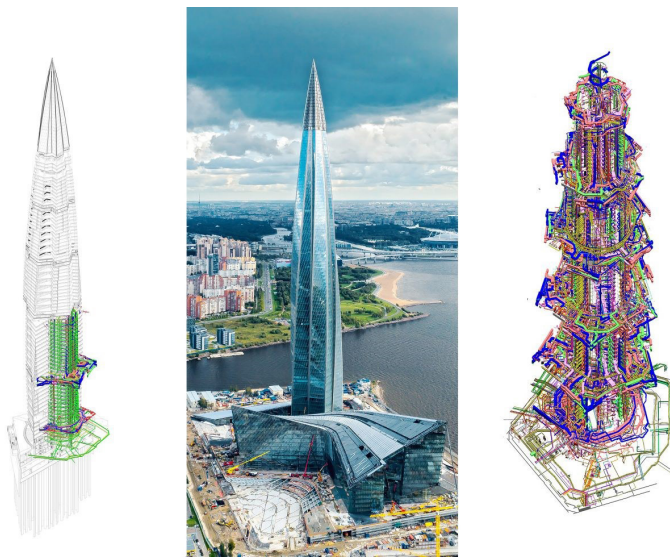


Рис. 6. Информационная модель бизнес-центра «Лахта центр» [11]

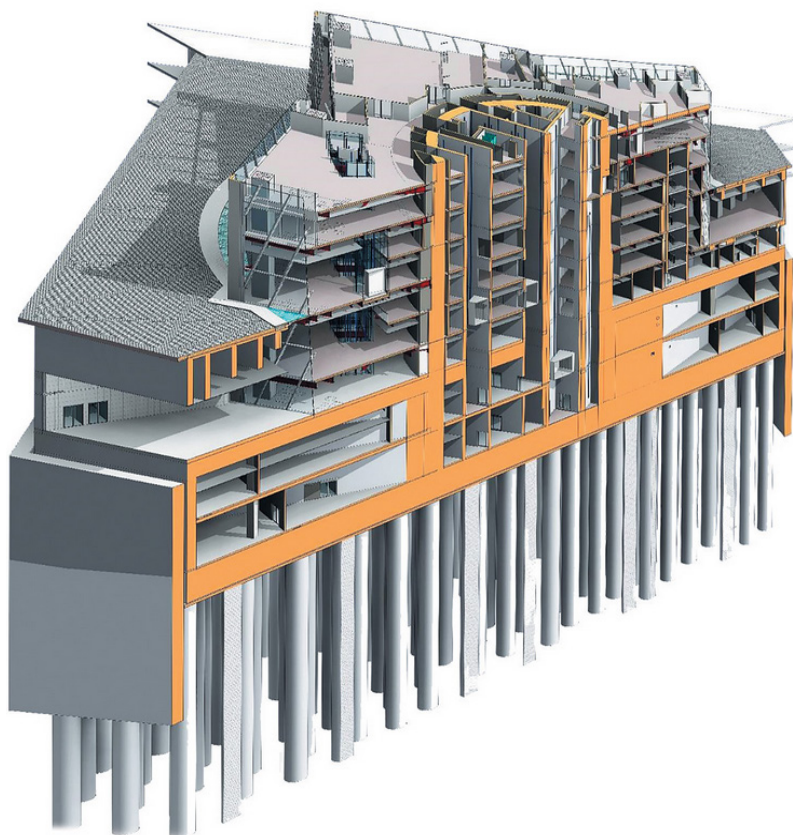


Рис. 7. Фрагмент информационной модели бизнес-центра «Лахта центр» [11]

BIM-модель бизнес-центра «Лахта центр» используется службой эксплуатации для эффективного управления комплексом и его системами, например, системой пожаротушения, вентиляции, спринклерного орошения фасадного остекления, огнезащитных штор и т. д. Также работа с информационной моделью позволяет своевременно выявлять нарушения в их в работе, более эффективно решать возникающие проблемы, например, производить ремонтные работы. Координация их работы также происходит с использованием информационной модели.

1.4. Бизнес-центр AFI Square

Бизнес-центр представлен двумя башнями разной этажности, и единой подземной автостоянкой (рис. 8).



Рис. 8. Бизнес-центр AFI Square [12]

На стадии проектирования и эксплуатации объекта уже используется целый ряд ВМ-технологий, например, робототехника, трехмерная визуализация, беспилотные летательные аппараты, инструменты дополненной реальности (AR) и другие системы. Собранные с их помощью данные загружаются в ПО для ВМ, которое позволяет оптимально спланировать управление и эксплуатацию здания, а также всех его систем, координировать взаимодействие с потребителями предоставляемых услуг.

2. Использование информационной модели при выводе объекта из эксплуатации и сносе

Расчёты, крайне необходимые для сноса ветхих или устаревших зданий и сооружений (в том числе разбор конструкций, повторное использование или утилизация отходов, организация работ и прочие), могут быть проведены с использованием ВМ-модели. Также могут быть спрогнозированы варианты событий по разным сценариям. При этом необходимо учитывать высокий уровень сложности и ответственности производимых работ.

В качестве примера можно привести *разбор гостиницы «Россия»* в городе Москва.

Другой пример – *вывод из эксплуатации Курской АЭС* (рис. 9). Эти сложные работы рассчитаны на 70 лет. Процесс работы над BIM-моделью Курской АЭС ещё не завершён. При создании информационной модели Курской АЭС используются подходы BIM и PLM (Product Lifecycle Management – программное обеспечение для контроля над объектом на всех стадиях его жизненного цикла).



Рис. 9. Курская АЭС [13]

Сначала создаются части информационной модели, а затем осуществляется интеграция отдельных частей в единую модель объекта на PLM-платформе (Product Lifecycle Management – управление жизненным циклом продукции), удобной для Заказчика (рис. 10).

Одна из таких платформ, используемая при работе с моделью АЭС, это платформа, разработанная компанией Bentley Systems при сотрудничестве с компанией «НЕОЛАНТ» [15]. При этом гарантируется документированность платформы, постоянная техническая поддержка высокого качества работы. Предоставляется возможность работы с объектом или его элементами в 2D и 3D режимах (генплан, различные схемы, файлы-документы), каждый объекта и элемент сооружения имеет доступ к связанному с ним данным и документам.

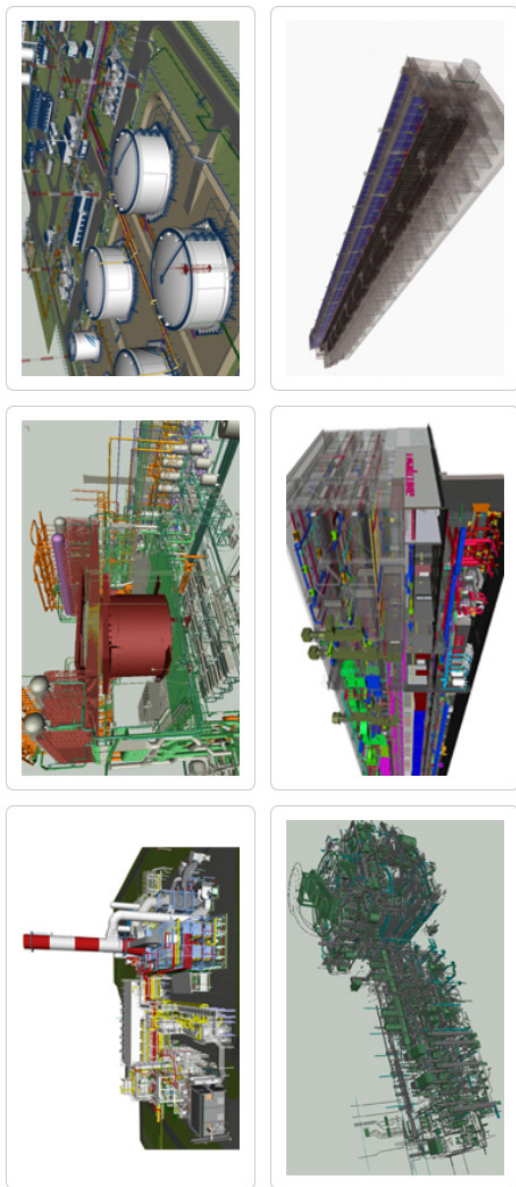


Рис. 10. Фрагменты информационной модели Курской АЭС [14]

Результаты исследования

По результатам анализа объектов, рассмотренных в работе, выяснено, что сроки выполнения работ и документации при реконструкции и ремонте сокращаются в 5-10 раз. Также время поиска информации по элементам объекта на стадиях эксплуатации, реконструкции и сноса уменьшается в 2-3 раза. Значительно увеличивается качество выполнения работ и предоставления услуг пользователям, т. к. повышается контроль за их производством. Более эффективная координация работ различных систем позволяет практически полностью исключить несогласованность или противоречивость в их действиях.

В результате проведённого исследования **выявлены** следующие **возможности, возникающие при использовании информационной модели на стадии эксплуатации здания**:

1.1. Прогнозирование в процессе эксплуатации объекта

Появляется возможность рассчитать возможный износ материалов; ещё в процессе проектирования предсказать появление некоторых проблем на стадии эксплуатации; учесть особенности в обслуживании и содержании объекта; рассчитать расходы по ремонту или реконструкции; оптимизировать энергосберегающие характеристики.

1.2. Проверка жизнеспособности объекта

Создание «цифрового двойника» здания позволяет оптимизировать его управление и эксплуатацию (например, увеличить срок службы инженерных систем, снизить расходы на его обеспечение и в то же время повысить качество предоставляемых услуг).

1.3. Сбор, систематизация и хранение комплексной информации для эксплуатации объекта

При создании информационной модели крайне необходимо учитывать особенности эксплуатации сооружения. Эти особенности обязательно должны быть учтены в его информационной модели. В том числе и для обеспечения быстрого доступа обслуживающего персонала к информации для проведения ремонтных, пусконаладочных и других работ. Этот вопрос проявляется особенно остро при возникновении аварии.

1.4. Информационную модель также рекомендуется использовать для моделирования энергопотребления и исключения ошибок в расчётах инженерных систем.

1.5. BIM-моделирование (Технология информационного моделирования (ТИМ)) позволяет успешно и эффективно применять Facility management (FM) – комплексный вид сервиса, включающий в себя не только эксплуатацию объекта, но и обеспечение всех непрофильных

видов деятельности организации (например, работа с заявками, обслуживание оборудования, обеспечение питания персонала, организация рабочих мест, энергоменеджмент и другие) [3]. Для этого можно использовать ИТ-системы класса CAFM (Computer Aided Facility Management).

1.6. Детализация информационной модели

Для успешного использования информационной модели на стадии эксплуатации необходимо повысить степень её детализации, то есть внести в неё все изменения на разных стадиях жизненного цикла объекта, дополнительные параметры для описания эксплуатационных характеристик инженерных систем, например, из соответствующих паспортов, сертификатов, каталогов, актов выполненных работ. В результате степень детализации ВМ-модели достигает уровня 500 (Level of detail, LOD 500).

Выводы и заключения

При работе со сложными и ответственными объектами без ВМ-технологий не обойтись. Причём, их применение крайне необходимо как на стадиях эксплуатации, реконструкции, так и на стадии сноса. Многие организации, в том числе и в РФ, понимают необходимость использования информационных моделей, которое приводит к упрощению эксплуатации объектов, сокращению ошибок, «недосмотров», сроков устранения неполадок. Особенно это касается сложных объектов, например, таких, которые рассмотрены в этой работе.

Литература

1. Концепция внедрения системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологии информационного моделирования. URL: <https://nopriz.ru/upload/iblock/b6f/Kontseptsiya-VIM-pervaya-redaktsiya.pdf> (дата обращения: 10.02.2022).
2. Абдулаев Г.И., Величкин В.З. Особенности оценки надежности строительных потоков // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 4. С. 53–54.
3. Высокочил В.К. Facility-менеджмент – эффективный метод управления вспомогательными процессами // Известия УрГЭУ. 2007. № 2(19). С. 44–51.
4. Проект Цифровизации городского хозяйства «Умный город». Минстрой России. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/gorodskaya-sreda/proekt-tsifrovizatsii-gorodskogo-khozyaystva-umnoy-gorod/> (дата обращения: 10.02.2022).
5. Баранов Д.Н. Стратегические направления цифровой трансформации и потенциал применения цифровых технологий в жилищно-коммунальном хозяйстве города Москвы // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1. Экономика и управление. 2019. № 3(30). С. 102–107.

6. Как закалялась ВТБ-Арена: аудио-оснащение нового стадиона «Динамо». AV Focus, 2022. URL: <https://www.avclub.pro/articles/kak-zakalyalas-vtb-arena-audio-osnashchenie-novogo-stadiona-dinamo/> (дата обращения: 19.02.2022).

7. L-Acoustics для спортивного комплекса ВТБ-Динамо. SONORUSS, 2022. URL: <https://sonoruss.ru/about/news/3843/> (дата обращения: 19.02.2022).

8. Новый облик «Динамо» с Vault. Autodesk Platinum Partner, 2022. URL: <https://vault-pdm.ru/about/cases/novyy-oblik-dinamo-s-vault/> (дата обращения: 19.02.2022).

9. Савельев Д. Универсиада принесет долгосрочные позитивные социальные и экономические дивиденды // Отраслевой журнал «Вестник». 2013. № 7. С. 24–42.

10. 12 000 тонн на 8 опорах. Как устроена «Ак Барс Арена». ТЕХНОНИКОЛЬ, 2021. URL: <https://www.tn.ru/journal/12-000-tonn-na-8-oporakh-kak-ustroena-ak-bars-arena/> (дата обращения: 19.02.2022).

11. ЛАХТА ЦЕНТР. ГОПИПРОЕКТ, 2022. URL: <https://gorproject.ru/projects/lakhta-czentr/> (дата обращения: 19.02.2022).

12. AFIDEVELOPMENT. AFI SQUARE, 2022. URL: <https://afi-square.com/architecture/gallery/night> (дата обращения: 19.02.2022).

13. Курская АЭС. Энергетика. ТЭС и АЭС. Всё о тепловой и атомной энергетике, 2022. URL: <https://tesiaes.ru/?p=971> (дата обращения: 19.02.2022).

14. Информационное и имитационное моделирование объектов и регионов / Информационные системы поддержки вывода из эксплуатации АЭС (Курская, Ленинградская) на базе PLM платформы Bentley. ГК НЕОЛАНТ. Инжиниринг, IT, инновации, 2021. URL: <https://www.neolant.su/imodel/> (дата обращения: 19.02.2022).

15. Информационные системы поддержки вывода из эксплуатации АЭС (Курская, Ленинградская) на базе PLM платформы Bentley. ГК НЕОЛАНТ, 2021. URL: https://www.neolant.su/projects/news_detail.php?ID=1824 (дата обращения: 19.02.2022).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ

УДК 004.658.6

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.005

Белькевич Андрей Владимирович, директор (BIM-Cluster)

E-mail: office@bimcl.ru

Шпак Егор Валерьевич, магистрант

(Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина),
специалист отдела продукта (BIM-Cluster)

E-mail: eshpak@bimcl.ru, ORCID: 0000-0002-1781-652X

Бурдина Татьяна Алексеевна, магистрант

(Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина)

E-mail: tatyana.burdina.98@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4252-7540

Belkevich Andrey Vladimirovich, director
(BIM-Cluster)

Shpak Egor Valerevich, Master's degree student
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin),
product department specialist (BIM-Cluster)

Burdina Tatyana Alekseevna, Master's degree student
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВАЛИДАЦИИ ЦИМ SOFTWARE FOR AUTOMATION OF BIM MODEL VALIDATION PROCESS

В статье описана необходимость проведения валидации информационных моделей, составлен опросный лист для выявления потребностей конечных пользователей от данного процесса. Проведены количественное и качественное исследования опыта конечных пользователей, проанализированы и приведены результаты. Изучен рынок программного обеспечения для верификации ЦИМ, составлен перечень имеющегося ПО для включения его в опросные листы. В ходе исследования протестировано отобранное российское и зарубежное ПО, приведено описание работы основных заявленных функций в сводной таблице, выделены достоинства и недостатки. Данное исследование необходимо для выявления требований к ПО для валидации ЦИМ путём изучения опыта различных заинтересованных пользователей.

Ключевые слова: цифровая информационная модель, валидация, программное обеспечение, опыт пользователей, функционал, требования к системе валидации.

The necessity of BIM model validation process is described in this article. The questionnaire was made to detect users' of BIM models needs and requirements to the software for automation of BIM model validation process. Analysis of users' experience was conducted on the basis of the questionnaire survey and personal interviews. Results of the analysis of users' experience is described in the article. Besides the functionality of the most popular software based on the results of the questionnaire survey was tested and the summary of these tests is given in this article. The main goal of this study is to detect requirements to the software for automation of BIM model validation process and to check if the most popular software programs handle these requirements.

Keywords: BIM, validation, software, user experience, functionality, requirements to BIM validation software.

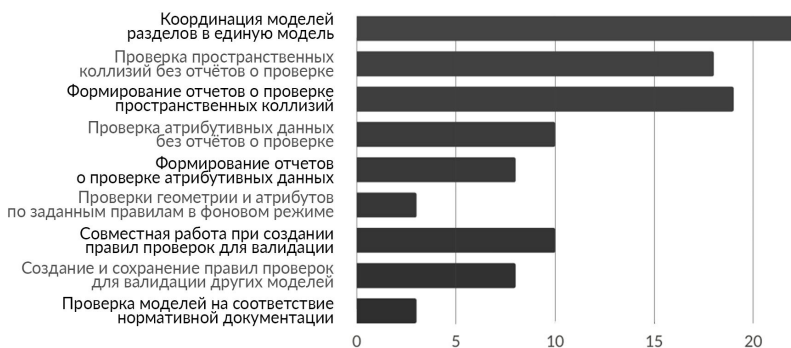
Процесс валидации цифровых информационных моделей (ЦИМ) позволяет установить соответствие содержания включенных в цифровую информационную модель атрибутивных и геометрических данных определенному набору требований [1]. На протяжении всего жизненного цикла объекта строительства важно регулярно обеспечивать контроль ЦИМ на соответствие требованиям, как для проверки правильности работы проектировщика, так и для сохранения преемственности данных при передаче модели в работу другим участвующим в проекте лицам [2]. Кроме того, важность контроля соответствия требованиям, как в рамках реализации инвестиционно-строительных проектов, так и в рамках их экспертизы отмечается в научном сообществе [3, 4].

Целью данной статьи является формирование требований к системам валидации ЦИМ на основе опыта и потребностей заинтересованных пользователей, а также анализ ряда существующих систем на соответствие этим требованиям путём тестирования этих продуктов.

Для достижения данных целей необходимо изучить рынок ПО, выделить перечень наиболее используемых продуктов и продуктов с уникальным функционалом. Произвести количественные и качественные опросы заинтересованных пользователей на предмет оценки опыта использования ПО из данного перечня, а также формирования списка требований пользователей к системам валидации. На основе опыта пользователей и изучения рынка ПО необходимо протестировать наиболее упоминаемые среди опрашиваемых платформы, и составить сводную таблицу с описанием того, соответствует ли функционал данных продуктов требованиям и запросам пользователей.

По итогам изучения рынка платформ для контроля и приёмки ЦИМ, был составлен предварительный перечень рассматриваемого ПО с заявленным производителями функционалом данных продуктов. На основании данных этого перечня был сформирован опросный лист и проведено заочное анкетирование. В нем приняло участие 26 человек, включая представителей проектных организаций, компаний-девелоперов и государственной экспертизы.

По результатам опроса была составлена гистограмма, отражающая, какой именно функционал и в каком объеме применяется пользователями, в процессе валидации (см. рис.).



Используемый пользователями функционал программ при проведении валидации информационных моделей

Самые популярные в использовании продукты: Autodesk Navisworks (18 человек) и встроенные средства сред моделирования (12 человек). Часть опрошенных, испытывающая нехватку функционала в Navisworks, использует дополнительно собственные программные разработки (4 человека) или стороннее дополнительное ПО – BIMCollab ZOOM (2 человека), Solibri Office (1 человек). Pilot-BIM для проверки геометрических коллизий отметили 3 человека, где этот продукт используется, как среда общих данных (далее – СОД), но не является первоочередным выбором, как инструмент контроля соответствия требованиям. 5 опрошенных используют CADLib Модель и Архив, это ПО используется в связке с Model Studio от CSoft. Ряд пользователей указали, что причина его использования – импортозамещение.

Для более качественного определения требований пользователей была проведена серия интервью с представителями организаций,

использующих ЦИМ в работе. При выборе участников интервью были определены группы организаций, различным образом использующие технологии информационного моделирования: проектные организации, девелоперские организации, активно использующие ЦИМ в работе и девелоперские организации, которые только начали внедрение данной технологии. Далее представлены результаты данных опросов, каждая из организаций относится к одной из групп, описанных ранее (табл. 1).

Таблица 1

Результаты качественного опроса пользователей

Наименование и сфера деятельности организации	Сценарии использования ЦИМ и требования к валидации ЦИМ в организации
<p>АК БАРС (г. Казань)</p> <p>Девелоперская организация</p>	<p>Цели применения ЦИМ: сокращение ошибок при проектировании, автоматизированное извлечение строительных объёмов, применение данных из модели на всем жизненном цикле объекта строительства;</p> <p>поддерживается идеология openBIM, подразумевающая работу с ЦИМ в различном ПО и использование общепринятого формата IFC;</p> <p>создание ЦИМ: Allplan, Autodesk Revit, Archicad, nanoCAD;</p> <p>контроль ЦИМ на соответствие требованиям и извлечение строительных объёмов – ПО Solibri Office, т. к. имеется большое количество шаблонов геометрических и атрибутивных проверок, что позволяет проверять соответствие модели EIR, полноту проработки модели, проектных решений при достаточной проработке модели проектировщиком;</p> <p>при выборе ПО для валидации рассматривались такие продукты, как Allcheck (плагин к Allplan), Pilot-BIM, Tekla BIMsight (Trimble Connect). Данные решения не были приняты к использованию ввиду отсутствия такого обширного функционала проверок, как у Solibri Office;</p> <p>при сравнении с Autodesk Navisworks отмечаются следующие преимущества Solibri Office: интуитивно понятный интерфейс, наличие шаблонов проверок и возможность их использования от проекта к проекту, удобная работа с окном просмотра, гибкая система отображения иерархии элементов в дереве элементов, более гибкая система выбора элементов, чем система поисковых наборов в Autodesk Navisworks, более качественная проверка модели на нахождение элементов ЦИМ внутри друг друга, гибкая система выгрузки строительных объёмов;</p>

Продолжение табл. 1

Наименование и сфера деятельности организации	Сценарии использования ЦИМ и требования к валидации ЦИМ в организации
<p>АК БАРС (г. Казань)</p> <p>Девелоперская организация</p>	<p>недостаток Solibri Office: невозможность загрузки в ПО комплектов чертежей, ввиду ограничений формата IFC. Отмечается, что в организации не возникает проблем с экспортом ЦИМ в формат IFC, однако для сторонних организаций данный процесс может быть проблематичен.</p>
<p>УДС (г. Ижевск)</p> <p>Девелоперская организация</p>	<p>Отмечается, что не все строительные проекты в организации реализуются с применением ЦИМ; цель применения ЦИМ: повышение качества проектной документации, сокращение геометрических коллизий и времени строительства, за счёт более качественного планирования;</p> <p>ПО для валидации моделей: Autodesk Navisworks, т.к. основная среда моделирования – Autodesk Revit. Прямая связь данных продуктов является ключевым преимуществом;</p> <p>при приёмке моделей упор сделан на проверку геометрических коллизий, координацию моделей разных разделов и проверку тех атрибутивных данных, которые отвечают за выгрузку строительных объемов из модели;</p> <p>по итогам проверки модели формируется отчёт о геометрических коллизиях стандартными средствами ПО, отчёт о проверке атрибутивных данных формируется вручную;</p> <p>при полном переходе организации к использованию BIM-технологий будут рассматриваться более глубокие возможности ПО (проверки проектных решений, проверки моделей на соответствие нормативной документации). На данный момент используемое ПО удовлетворяет потребности организации.</p>
<p>ИнПАД (г. Екатеринбург)</p> <p>Проектная организация</p>	<p>Ведется работа как с заказчиками, запрашивающими ЦИМ, так и с теми, кто ЦИМ не использует. В любом случае, проектирование ведется с использованием BIM-технологий, основная среда моделирования – Autodesk Revit;</p> <p>в зависимости от требований заказчика, организация производит проверку исходящих моделей либо согласно требованиям EIR, либо на проверку геометрических коллизий и тех атрибутивных данных, которые важны для формирования комплектов проектной документации;</p> <p>ПО для валидации: Autodesk Navisworks – для проверки геометрических коллизий и Autodesk Model Checker for Revit – для проверки атрибутивных данных;</p>

Окончание табл. 1

Наименование и сфера деятельности организации	Сценарии использования ЦИМ и требования к валидации ЦИМ в организации
ИнПАД (г. Екатеринбург) Проектная организация	ранее в организации рассматривался продукт Solibri Office, имеющий более широкий функционал в части проверок атрибутивных данных и проектных решений. От него отказались из-за более выгодной схемы лицензирования продуктов Autodesk; в зависимости от требований конкретного проекта используются индивидуальные скрипты Dymapo, ввиду сложности унификации возможных проверок в различных проектах; отчёты о проверках атрибутивных данных и геометрических коллизий формируются автоматически в соответствующем ПО; отмеченные недостатки Autodesk Navisworks: проблемы с проверками дублирования элементов, ограниченные возможности в части проверок проектных решений; при наличии ПО с более гибкими инструментами контроля соответствия требованиям, исключаящими постоянное создание скриптов Dymapo, организация готова рассмотреть данное ПО.

По итогам проведенных опросов были отобраны и протестированы четыре продукта для валидации. Важно отметить, что развитие BIM-технологий в ряде зарубежных стран началось куда раньше, чем в России, и зарубежные разработки превалируют над отечественными в данный момент, подтверждением чего являются и результаты количественного опроса в данном исследовании. Поэтому из четырёх протестированных продуктов только один разработан в России. Ниже представлены результаты тестирования (табл. 2).

Таким образом, обобщив опыт пользователей продуктов и результаты самостоятельного тестирования, сделан вывод, что ни одно ПО не соответствует абсолютно всем требованиям пользователей, каждый продукт имеет свои недостатки.

По результатам данного исследования можно сделать вывод, что разработка, удовлетворяющая всем требованиям таблицы 2, будет наиболее востребована на современном рынке ПО. На данный момент, для реализации части поставленных перед разными участниками строительно-инвестиционных проектов задач валидации решением является использование связок рассмотренного ПО.

Требование, актуальное для рынка, но отсутствующее у всех рассмотренных продуктов на уровне применения в реальных условиях – возможность проведения проверок на соответствие нормативной документации или же проверка проектных решений модели.

Таблица 2

Сравнительная таблица по результатам тестирования ПО для валидации

Требования к системе	Navisworks	Solibri Office	BIMCollab ZOOM	CADLib Модель и Архив
Многообразие форматов данных	AutoCAD, Revit, IFC, STEP и др.	AutoCAD (3D тела), IFC	IFC	Форматы Autodesk, Model Studio CS, IFC и др.
Гибкая проверка атрибутивных данных	Просмотр атрибутивных данных осуществляется составлением поисковых наборов по определенным параметрам. Автоматизируются отчеты о проверках отсутствуют	Реализуется через предустановленные наборы правил с разными видами настроек, что позволяет гибко настроить выборку и ряд условий. Для каждого вида проверок генерируются автоматические отчеты	Реализована через математические функции и строится на работе с таблицами – базами данных, элементы в которые отбираются с помощью фильтров. Отчет – таблицы в формате * .csv	Выбор элементов для проверок реализован через фильтры по параметру, условию и значению [8]. Для генерации отчетов для выборки указываются математические операции, которые нужно произвести над элементами выборки
Гибкая проверка геометрических коллизий	Выбор двух групп элементов через поисковые наборы, выбор типа проверки с указанием возможного «просвета», генерируется отчет о коллизиях с указанием ID элемента и точки обзора на виде [5]	По аналогии с проверками атрибутов	Выбор элементов по аналогии с проверками атрибутами атрибутов. Всего два основных типа проверки – пересечение и дублирование	Выбор элементов по аналогии с проверками атрибутов. Для создания условий проверки применяются условные операторы и функции

Сохранение прайв-чек	Присутствует	Присутствует	Присутствует	Присутствует
Проверка на соответствие нормативной документации/ проверка проектных решений	Отсутствует	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует
Совместная работа при валидации модели	Реализована через локальный обмен файлами формата *.nwf	Реализована через локальный обмен файлами формата *.snc с возможностью установки пароля для открытия файла, срока открытия файла [6]	Реализована через связь с облачным сервисом [7], позволяющим распределять роли, передавать уже созданные правила проверок	Реализована через связь с облачным сервисом

Литература

1. СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. N 928/пр и введен в действие с 1 июля 2021 г.
2. Hjelseth E. Classification of BIM-based model checking concepts // Journal of Information Technology in Construction (ITcon), Special issue: CIB W78 2015 Special track on ComplianceChecking. 2016. Vol. 21. P. 354–369. URL: <http://www.itcon.org/2016/23> (дата обращения: 25.01.2021).
3. Hjelseth E. BIM-based Model Checking (BMC). In: Building Information Modeling. 2015. P. 33–61. DOI: 10.1061/9780784413982.ch02.
4. Белоносов Д.Н. Экспертиза цифровых моделей и контроль проектных решений по технологии информационного моделирования // Современные инновации. 2019. № 1(29). С. 36–39.
5. Autodesk Navisworks. URL: <https://www.autodesk.ru/products/navisworks/overview> (дата обращения: 25.10.2021).
6. Solibri | BIM software for architects, engineers. URL: <https://www.solibri.com/> (дата обращения: 25.10.2021).
7. Smart Issues. URL: <https://www.bimcollab.com/en/products/bimcollab-zoom/smart-issues> (дата обращения: 25.10.2021).
8. Субботина М. Российские BIM-технологии: CADLib Модель и Архив как инструмент BIM-менеджера // CADmaster. 2021. № 2(96). URL: https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_96_27.html (дата обращения: 04.03.2021).

УДК 69+004.9

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.006

Гайдо Антон Николаевич, д-р техн. наук, декан
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: gaidoan@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0773-1124

Gaido Anton Nikolaevich, Dr. Sci. Tech., Dean
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ

CHOICE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE DEVICE OF PILE FOUNDATIONS ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF DATA OF INFORMATION SEARCH SYSTEMS

Изложены принципы построения информационных поисковых систем (ИПС) подземных пространств, интегрированных в цифровые модели городов. Они позволят с учетом анализа особенностей производства работ на соседних участках проводить обоснованный выбор свайных фундаментов. Предложено вносить в цифровые модели следующие показатели: характеристику способа, оборудования, глубину заглубления свай и их конструктивные параметры, значения несущей способности. Это позволит повысить обоснованность выбора конструктивно-технологических параметров устройства фундаментов, отвечающих требованиям проекта, качества и минимальных негативных воздействий для окружающей застройки.

Ключевые слова: цифровые двойники городов, информационная система, проектирование, свайный фундамент, риски, грунты.

The principles of building information retrieval systems of underground spaces integrated into digital models of cities are outlined. They will allow, taking into account the analysis of the features of the production of work in neighboring areas, to conduct a reasonable choice of pile foundations. It is proposed to enter the following indicators into digital models: the characteristics of the method, equipment, the depth of penetration of piles and their design parameters, the values of the bearing capacity. This will increase the validity of the choice of structural and technological parameters for the installation of foundations that meet the requirements of the project, quality and minimal negative impacts on the surrounding buildings.

Keywords: digital twins of cities, information system, design, pile foundation, risks, soils.

В современных условиях развития информационного моделирования перспективным направлением является разработка цифровых двойников городов (ЦДГ) [1–4]. Впервые концепция цифровой модели-близнеца была впервые представлена в 2012 году в Мичиганском университете доктором Майклом Гривзом (*Dr Michael Grieves*) в рамках исследовательской работы по управлению жизненным циклом продукции. Его идея заключалась в том, чтобы с помощью виртуальной копии совершенствовать проектируемый объект и снижать затраты на его производство. Реализация концепции в разных сферах деятельности стала возможной благодаря развитию облачных платформ, искусственного интеллекта, интернета вещей, программного анализа и машинного обучения» (URL: <https://realty.rbc.ru/news/5e297b079a79478024d54ff6>, дата обращения: 23.01.2020).

Для России накоплен опыт создания ЦДГ для Екатеринбурга, Владивостока, Тюмени, Калуги, ведется активная работа в Москве, Санкт-Петербурге, Кронштадте. Опыт эксплуатации таких систем показал следующие преимущества работы с ЦДГ в решении следующих задач (URL: <https://realty.rbc.ru/news/5f1fc6ab9a79479a8cfb8ffe>, дата обращения: 28.06.2020):

- принятие решения о комплексной реконструкции городских кварталов;
- оптимизации издержек эксплуатации зданий и сооружений;
- прогнозирования и сокращения затрат на всех этапах жизненного цикла объектов;
- проектирования транспортной инфраструктуры;
- обоснования и снижения рисков техногенных аварий при эксплуатации промышленных зданий, землетрясений, подтоплений территорий при наводнениях и т.п. [5, 6].

Для решения последней задачи создают ИПС, которые также позволяют прогнозировать и определять параметры устройства подземных пространств и их конструктивных элементов (преимущественно свайных фундаментов, ограждений котлованов и т.п.).

Следует отметить, что для Санкт-Петербурга такую работу по геологическому картированию ведет ГУП «Минерал». Разрабатываются ИПС на основании анализа результатов инженерно-геологических изысканий в виде виртуальных карт, содержащих зоны распространения факторов риска, обусловленных наводнениями, подтоплениями подземными водами, радоновой опасностью, карстовыми процессами и т.п. Кроме того, существуют предложения по созданию ИПС, объединяющих инженерно-геологические разрезы с положениями слоев, принимаемых в качестве надежных основания для свайных фундаментов [7]. На них также предлагают наносить значения

несущей способности свай. Положение геологических разрезов принимают на основании данных инженерно-геологических изысканий или методов интерполяции, базирующихся на теории аппроксимации поверхности сплайнами. Значения ожидаемой несущей способности свай в месте будущего строительства предлагается определять при математической обработки результатов статических испытаний на соседних участках.

К недостаткам таких ИПС следует отнести отсутствие в них сведений о способах устройства фундаментов, показателей производительности, применяемом оборудовании, выявленных дефектах, результатах геотехнического мониторинга территорий и зданий окружающей застройки. Анализ таких данных имеет большую практическую значимость для выбора способов устройства свайных фундаментов и исключения дополнительных затрат на устранение дефектов конструкций возводимых зданий и окружающей застройки.

Анализ представленной информации позволяет сделать следующие практически важные выводы. Современные технологии информационного моделирования, позволяющие создавать ЦДГ, включающие информацию о подземных сооружениях и инженерно-геологических характеристиках участков строительства. Однако они не позволяют в полной мере проанализировать конструктивно-технологические параметры подземных конструкций, как это требуется при оценке возможности строительства на соседних участках.

В этой связи предлагается указанную информацию учитывать при создании ИПС для решения следующих задач, решаемых при выборе конструкций и способов возведения фундаментов в условиях плотной городской застройки:

- на основании существующей информации на соседних участках задавать конструктивно-технологические параметры устройства свайных фундаментов;
- определять сроки производства работ;
- прогнозировать риски для существующей застройки от применения различных технологий;
- снизить затраты на устранение дефектов конструкций фундаментов, вызванные необоснованным выбором способов.

Для решения поставленной цели следует наполнять ИПС следующей информацией:

- о конструктивных параметрах выполненных свайных фундаментов, включая их количество, значения фактической глубины погружения в несущий слой грунта;

- технологическими показателями: применяемом оборудовании, сроках и производительности работ, количестве ударов, усилии вдавливания при погружении свай или вращающих моментах бурового инструмента;
- о значениях несущей способности свай, осадках и сроках отдыха, полученных при натуральных испытаниях;
- о дефектах выявленных при устройстве свайных фундаментов: недогрузках до проектных отметок, отклонениях свай в плановом положении, разрушении в плотных слоях грунтов или потери сплошности их стволов, снижении значений несущей способности;
- о технологических осадках прилегающего к участку грунтового массива и конструкций сооружений окружающей застройки, выявленные в ходе геотехнического мониторинга.

Указанную информацию следует принимать на основании анализа проектной документации, журналов производства работ, отчётов о результатах статических испытаний грунтов и геотехнического мониторинга. Полнота и вместе с тем компактное представление указанной информации в составе ИПС позволят сделать их эффективным инструментом при решении различных производственных задач.

В первую очередь их рационально создавать для кварталов сложившейся застройки, с наличием зданий и сооружений различного технического состояния. Известно, что при новом строительстве в таких районах необоснованный выбор способов устройства фундаментов может привести к развитию неравномерных технологических осадок существующих зданий, инженерных сооружений и тем самым спровоцировать различные аварийные ситуации, требующие приостановки их эксплуатации для проведения ремонтно-восстановительных работ. Анализ ИСП позволит реализовать риск-ориентированный подход при обосновании конструктивно-технологических решений возведения фундаментов и прогнозировании развития деформаций окружающей застройки на основании статистической информации, полученной в сходных инженерно-геологических условиях.

Такой подход востребован у широкого круга специалистов: представителей государственного строительного надзора, проектировщиков, заказчиков, производителей работ, специализированных организаций, выполняющих геотехнический мониторинг за поведением конструкций вновь возводимых или реконструируемых сооружений.

Пример графического оформления рассмотренных ИПС представлен на рис. 1, 2.

В заключении следует сделать вывод о перспективах развития ИПС в составе цифровых моделей городов, содержащих сведения о конструктивных и технологических особенностях устройства свайных фундаментов в различных инженерно-геологических условиях. Это позволит осуществлять обоснованный выбор параметров конструктивно-технологических фундаментов на основании анализа информации об особенностях возведения подземных конструкций зданий на прилегающих участках строительства, с учетом рисков для окружающих территорий, возникающих на период производства работ.

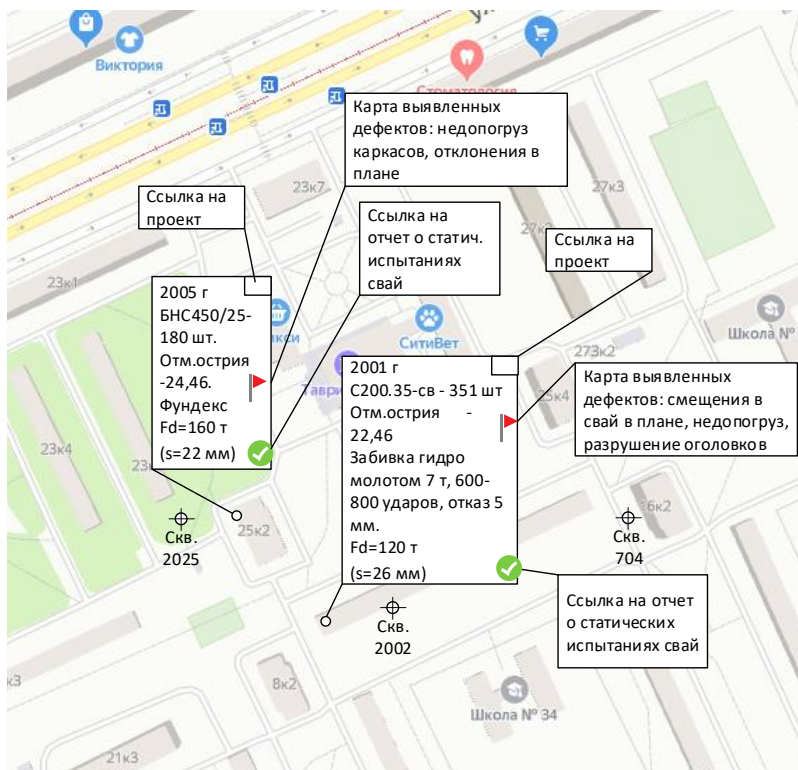


Рис. 1. Пример оформления графической среды ИПС в плане:
 F_d – несущая способность; s – осадка свай

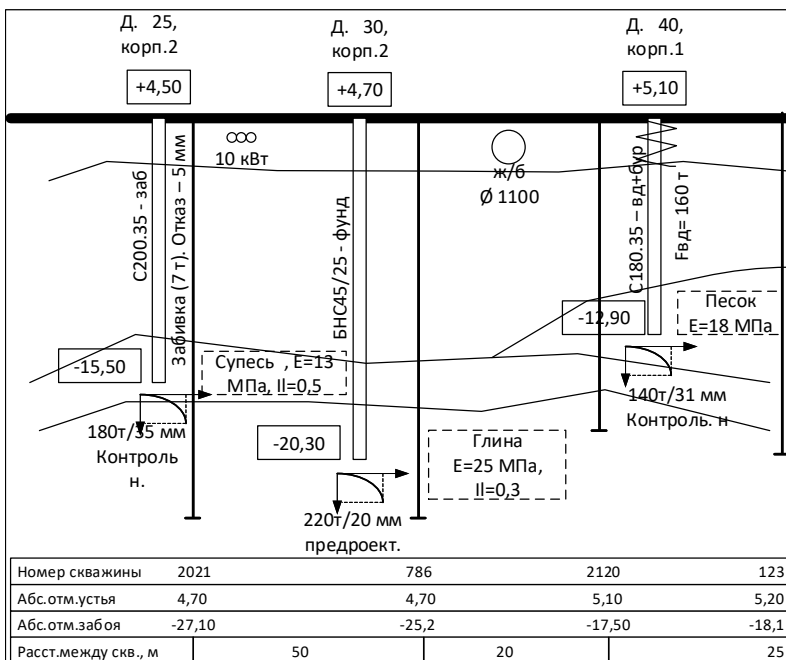


Рис. 2. Пример оформления графической среды ИПС в разрезе:

$F_{\text{вд}}$ – усилие вдавливания; E – модуль деформации грунта;

IL – показатель текучести

Литература

1. Shahat E., Hyun C.T., Yeom C. City digital twin potentials: A review and research agenda // Sustainability. 2021. Т. 13, № 6. С. 3386. DOI: 10.3390/su13063386.
2. Fuller A. et al. Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research // IEEE access. 2020. Vol. 8. P. 108952–108971. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2998358.
3. White G. et al. A digital twin smart city for citizen feedback // Cities. 2021. Vol. 110. P. 103064.
4. Shirowzhan S., Tan W., Sepasgozar S.M.E. Digital twin and CyberGIS for improving connectivity and measuring the impact of infrastructure construction planning in smart cities // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2020. Vol. 9, No. 4. P. 2021. DOI: 10.3390/ijgi9040240.
5. Semenov A. Buckling of Shell Panels Made of Fiberglass and Reinforced with an Orthogonal Grid of Stiffeners // Journal of Applied and Computational Mechanics. 2021. Vol. 7, No. 3. P. 1856–1861. DOI: 10.22055/jacm.2021.37768.3078.

6. Бовтеев С.В., Колесников С.В., Шерстобитова П.А. Календарно-сетевое планирование строительства на основе 4D-моделей // Управление проектами и программами. 2020, № 4. С. 276–284. DOI: 10.36627/2075-1214-2020-4-4-276-284.

7. Мангушев Р.А. Разработка информационно поисковой системы определения несущей способности свай на базе данных полевых статических испытаний // Вестник гражданских инженеров. 2014, № 4(45). С. 63–65.

УДК 721.021

DOI: 10.23968/ВМАС.2022.007

Горовой Никита Владимирович, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: themrnikitoc@gmail.com, *ORCID:* 0000-0001-7442-2618

Рудный Игорь Александрович, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: rudnyuyigor@gmail.com, *ORCID:* 0000-0001-6662-4519

Марданов Ильнур Алмазович, специалист отдела информационного моделирования
(ООО «РЛ Проект»)

E-mail: mardanov@rlproject.ru, *ORCID:* 0000-0001-9420-4351

Gorovoi Nikita Vladimirovich, postgraduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Rudnyy Igor Aleksandrovich, PhD in Sci. Tech, Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Mardanov Ilnur Almazovich, BIM-master
(“RL Project”, LLC)

МЕТОДИКА МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ

METHODOLOGY OF INTERDISCIPLINARY INTERACTION OF SPECIALISTS IN THE DEVELOPMENT OF A BUILDING INFORMATION MODEL

Технологии информационного моделирования в строительстве позволяют обеспечить высокий уровень взаимодействия между проектировщиками различных разделов. Комплексное проектирование любого объекта капитального строительства является сложным и многозадачным процессом, в котором задействованы специалисты различного профиля. При этом большое число проектировщиков, работающих над одним проектом, неизбежно ведет к возникновению коллизий. В данной статье предлагается методика взаимодействия специалистов, выполняющих проектирование архитектурных и конструктивных решений, в среде информационного моделирования. Рассмотрены различные аспекты работы проектных организаций, включая методы проверки на коллизии, а также устранение ошибок и несостыковок. В качестве результата приведена пошаговая методика взаимодействия специалистов.

Ключевые слова: ТИМ, ВМ, коллизии, координация, объемно-планировочные решения, матрица коллизий.

Information modeling technologies in construction allow for a high level of interaction between designers of various sections. Complex design of any capital construction object is a complex and multitasking process involving specialists of various profiles. At the same time, a large number of members working on one project inevitably leads to collisions. This article proposes a methodology for the interaction of specialists performing the design of architectural and structural solutions in the information modeling environment. Various aspects of the work of design organizations are considered, including methods of checking for collisions, as well as ways to eliminate errors and inconsistencies. As a result, a step-by-step methodology for the interaction of specialists is given.

Keywords: information modeling technologies, collisions, coordination, space-planning solutions, collision matrix.

Проектирование объектов капитального строительства при помощи технологии информационного моделирования подразумевает комплексный подход к разработке всех разделов проектной документации.

При классическом междисциплинарном взаимодействии специалистов различного профиля во время проектирования возникают проблемы, связанные с увязкой разделов документации между собой. В итоге это приводит к возникновению пересечений, несостыковок элементов конструкций, инженерных систем на строительной площадке и, как следствие, к задержкам строительного производства [1].

Примером классического взаимодействия можно считать работу проектировщиков смежных разделов в Autodesk AutoCAD или NanoSoft NanoCAD. Объемно-планировочные решения раздела АР подгружаются плоской «подложкой» в файл раздела КР и требует ручного контроля и отслеживания всех изменений. Качество проекта в данном случае во многом зависит от внимательности специалиста, т.е. от человеческого фактора.

Работая совместно над одним проектом в некоторых программных продуктах, реализующих проектирование с применением технологий информационного моделирования [2], специалисты всех смежных разделов имеют возможность отслеживать изменения и вносить информацию, связанную с проектом в режиме реального времени, что в свою очередь уменьшает трудозатраты и трудоемкость работы над проектированием зданий и сооружений [3].

В данной работе предлагается методика командного взаимодействия специалистов раздела «архитектурные решения» (АР) и проектировщиков раздела «конструктивные решения» (КР), целью которых является проработка объемно-планировочных решений зданий и сооружений.

Существует множество программных комплексов для решения задач совместной работы между специалистами различных разделов. Список программного обеспечения достаточно обширный и включает в себя такие программы, как Renga, Autodesk Revit, Archicad, Tekla, и др. Данная методика описывает процесс проектирования на базе программного продукта Autodesk Revit и Autodesk Navisworks. В данной статье предлагается методика взаимодействия специалистов разделов АР и КР в среде информационного моделирования зданий и сооружений.

Первым шагом работы является подготовка файлов для начала совместной работы специалистов разделов АР и КР. В исходном файле необходимо настроить начало координат и абсолютную отметку относительно Балтийской системы высот (или иной принятой). Данные параметры должны совпадать во всех проектах.

Следующим шагом в исходном файле специалист раздела АР создает все объемно-планировочные решения. По завершению моделирования основных архитектурных решений необходимо разделить все элементы информационной модели на несущие и ненесущие конструкции. Таковыми могут являться следующие элементы:

- несущие стены;
- несущие перекрытия;
- несущие колонны и пилоны;
- железобетонные лестницы;
- фундамент;
- иные элементы, которые могут выполнять роль несущих конструкций.

Все вышеперечисленные объекты конструктивной системы необходимо разделить на рабочие наборы в зависимости от их принадлежности. В рамках методики предлагается разделить все строительные элементы на следующий список рабочих наборов:

- общие уровни и сетки;
- связанные файлы смежных разделов (связь КР);
- несущие стены, перекрытия, лестницы;
- наружная отделка, полы и потолки;
- перегородки и помещения;
- окна и двери;
- сантехническое оборудование;
- мебель.

Сформированный список рабочих наборов позволяет структурировать и упростить работу с моделью в дальнейшем, например, рабочий

набор «сантехническое оборудование» можно скрывать или удалять после разработки разделов «Отопление и Вентиляция» и «Водоснабжение и Канализация». Следующим примером является скрывание набора «мебель» для работы с несущими и ограждающими конструкциями. Впоследствии специалист раздела АР предоставляет доступ к модели для дальнейшей разработки конструктивной системы.

Следующий шаг включает в себя разработку раздела Конструктивные решения на базе модели архитектурных решений. Получив исходный файл, специалист КР через инструмент «Диспетчер связей» добавляет модель раздела «архитектура» с размещением «базовой точки» по параметру «совмещение центров». В связанной модели АР скрывается видимость всех рабочих наборов, не принадлежащих к разделу несущих конструкций. На основе полученных данных моделируется конструктивная схема здания. В разделе КР при этом требуется дублировать все рабочие наборы, связанные с несущими элементами.

Для проверки пересечений объёмных элементов моделей смежных разделов необходимо создать координационный файл, в котором производится контроль всего проекта. При загрузке информационной модели раздела АР необходимо выключить ряд рабочих наборов, которые дублированы в модели КР. Затем необходимо с помощью «Диспетчера связей» добавить модель КР в координационный файл. Все файлы загружаются с размещением «базовой точки» — «совмещение центров». Полученные результаты координационной модели экспортируются в формате *.nwc.

Экспортируемая модель загружается в программный продукт Autodesk Navisworks [4]. Следующим шагом является проверка двух разделов между собой на пересечения на основании матричной системы (см. рис.). В различных проектных организациях существуют собственные стандарты на группы наборов, входящих в состав матрицы пересечений [5]. Итогом данной работы является отчет о коллизиях (пересечениях). Выявленные пересечения не всегда являются ошибками. Их можно подразделить на, условно, «мягкие» коллизии, т. е. ошибки, решаемые незначительными изменениями в геометрии, например, стена частично пересекается с колонной (решение – смещение одного из элементов), и «жесткие» коллизии – смысловые пересечения, которые приводят к существенным изменениям проекта, например, дверь пересекает колонну (при смещении двери могут измениться эвакуационные пути, расстановка мебели, расчетная схема здания и т.д.). Отчет о коллизиях можно экспортировать с идентификационными номерами элементов в модели.

		АР					КР					
		Стены	Стены, витражные	Пол	Потолок	Дверь	Стены	Перекрытия	Кровля	Колонны	Несущий каркас	Габаритные узлы
АР	Стены											
	Стены, витражные											
	Пол											
	Потолок											
	Дверь											
КР	Стены											
	Перекрытия											
	Кровля											
	Колонны											
	Несущий каркас											
	Габаритные узлы											

Пример матрицы коллизий

Полученный отчет передается специалистам соответствующих разделов для устранения всех видов пересечений элементов. Данный процесс повторяется до тех пор, пока все пресечения элементов модели не будут устранены.

Данная методика учитывает следующие факторы:

- при обмене информацией со смежными разделами создается набор элементов по смысловым группам;
- своевременная, регулярная проверка на пересечения геометрии для предупреждения возникновения коллизий;
- проектировщики соответствующих разделов, разрабатывая свою информационную модель, учитывают дальнейшую работу коллег смежных разделов;
- данная методика следует современным тенденциям и позволяет осуществлять процесс проектирования удаленно.

Методика состоит из следующих шагов:

1. Создание рабочих файлов с настройкой общей системы координат для всех разделов.
2. Разработка объемно-планировочных решений раздела АР.

3. Разработка совместных рабочих наборов с последующей фильтрацией элементов модели на несущие и не несущие конструкции.
4. Передача модели проектировщикам раздела КР.
5. Воссоздание конструктивных элементов объемно-планировочных решений в информационной модели КР.
6. Объединение моделей в единый координационный файл.
7. Проверка на пересечение геометрии при помощи матрицы коллизий.
8. Передача отчета о коллизиях смежным разделам для устранения пересечений.

При изложении методики в формате, не привязанном к Autodesk Revit, передача файлов между специалистами смежных специальностей, работающими в разных программных продуктах, может осуществляться путем открытого формата данных – Industry Foundation Classes (IFC) [6].

При выполнении проектной или рабочей документации в других программных комплексах данная методика требует корректировки и дополнения в соответствии с особенностями и возможностями конкретного ПО.

Работа выполнена в рамках проекта BIM-ICE (<https://bim-ice.com/>), финансируемого за счет средств гранта Программы ПС «Россия – Юго-Восточная Финляндия 2014-2020».

Литература

1. Плотников А.Г., Казибева Б.А., Соломатин А.А. BIM-технологии в строительстве: международный опыт и проблемы внедрения в России. В сб.: Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития (Вектор-2021). М.: РГУ, 2021. С. 201–206.
2. Кречко И.К., Турук Ю.В., Колесниченко И.Е. Преимущество Revit над AutoCad при строительстве и проектировании. В сб.: Современные прикладные исследования. 2020. С. 100–104.
3. Червова Н.А., Лепешкина Д.О. Коллизии инженерных систем при проектировании в BIM платформе // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 3(66). С. 19–29. DOI: 10.18720/CUBS.66.2.
4. Autodesk Navisworks. URL: <https://www.autodesk.ru/products/navisworks/overview> (дата обращения: 11.02.2022).
5. База знаний Development Systems. URL: <https://standard.ds.do/index.php/ds-knowledge-base/bim-standard/qc/матрица-коллизий/> (дата обращения: 08.03.2022).
6. Блохина Н.С., Малыгин К.М. Создание информационной модели и расчет этажа административного здания // Инновации и инвестиции. 2019. № 5. С. 165–168.

УДК 004.65+004.94

DOI: 10.23968/ВМАС.2022.008

Землянов Антон Алексеевич, магистрант

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: zemlyanov2.aa@edu.spbstu.ru, ORCID: 0000-0002-3666-092X

Кукина Анна Алексеевна, ассистент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: kukina_aa@spbstu.ru, ORCID: 0000-0003-4271-7408

Zemlyanov Anton Alekseevich, Master's degree student

(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

Kukina Anna Alekseevna, Assistant

(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

EVALUATION OF THE APPLICATION OF GOVERNMENT INFORMATION SYSTEMS IN THE DESIGN OF LINEAR STRUCTURES

В статье рассмотрено текущее состояние взаимодействия технологий информационного моделирования и государственных информационных систем. Определены ГИС РФ, применяемые на различных этапах проектирования линейного объекта. Проведен анализ применяемых методов взаимодействия с ГИС при проектировании линейного объекта. Изучен зарубежный опыт ведения электронного правительства и его применения в строительной отрасли. На основе анализа академической литературы выявлены основные проблемы цифровизации взаимодействия в строительной отрасли и описаны ключевые способы их решения. Определены перспективные направления интеграции ГИС и ТИМ. Сделаны выводы о дальнейшем развитии взаимодействия электронного правительства и технологий информационного моделирования.

Ключевые слова: государственные информационные системы, электронное правительство, технологии информационного моделирования, проектирование линейных объектов, инвестиционно-строительный проект.

The article considers the current state of interaction between information modeling technologies and state information systems. Diagram of GIS of the Russian Federation application at various stages of linear object design is made. The methods

of interaction with GIS used in the design of linear structures were analyzed. Foreign experience of e-government and its application in the construction industry was investigated. On the basis of the analysis of the academic literature the main problems of digitalization of interaction in the construction industry were identified and the key ways of their solution were described. Perspective directions of integration of GIS and BIM are defined. Conclusions are made about the further development of e-government interaction and information modeling technologies.

Keywords: Government information systems, e-Government, information modeling technologies, building information modeling, design of linear structures, construction projects.

Введение

Государственные информационные системы (ГИС) относятся к инфраструктурным компонентам электронного правительства.

Целью их создания и эксплуатации является обеспечение взаимодействия ГИС, автоматизирующих исполнение государственных функций или предоставление государственных услуг (ГУ), между собой, а также с информационными системами (ИС) граждан и организаций в процессе исполнения государственных функций или предоставление ГУ.

На сегодняшний день однозначно можно утверждать, что электронная форма предоставления ГУ повышает их доступность, обеспечивает экономию бюджетных средств, снижает коррупционные и иные риски, связанные с передачей и получением информации.

Реестровая модель оказания ГУ, при которой результатом оказания услуги является не информация на бумажном носителе, а запись в электронном реестре, представляется логичным развитием в том числе и строительной сферы.

Применение ГИС в проектировании

При проектировании линейных сооружений ГИС являются источником данных, а содержащаяся в них информация, наравне с исходными данными, основой для проектирования.

По результатам оценки применяемых ГИС в процессе проектирования, составлена диаграмма, отражающая взаимодействие с ГИС на каждом этапе разработки проектной документации линейного объекта (см. табл.).

**Диаграмма для процесса разработки проектной документации
линейного объекта**

Применяемая государственная информационная система	Ход разработки проектной документации линейного объекта							
	Предпроектная стадия				Проектная стадия			
	Заключение договора, получение технического задания	Проведение инженерных изысканий	Согласование результатов инженерных изысканий	Разработка предпроектной документации	Разработка проектной документации	Согласование проектной документации	Экспертиза проектной документации	Публикация проектной документации и передача заказчику
ЕИС Закупки								ГИС не применяются
ГИСОГД								
ФГИС ТП								
Росреестр								
– ФГИС ЕГРН								
– ПКК								
– ФППД								
ФГИС ЦС								
ИС РСО								
ГИС ЕГРЗ								
<p><i>Примечание:</i> ЕИС Закупки – Единая информационная система в сфере закупок; ГИСОГД – Государственная информационная система обеспечения градостроительной деятельности; ФГИС ТП – Федеральная государственная информационная система территориального планирования; Росреестр – Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии; ФГИС ЕГРН – Федеральная государственная информационная система ведения единого государственного реестра недвижимости; ПКК – Публичная кадастровая карта; ФППД – Фонд пространственных данных; ФГИС ЦС – Федеральная государственная информационная система ценообразования в строительстве; ИС РСО – Информационные системы ресурсоснабжающих организаций; ГИС ЕГРЗ – Государственная информационная система «Единый государственный реестр заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства»</p>								

Взаимодействие с ГИС в проектировании

Специфика проектирования линейных объектов связана с их большой протяженностью относительно объектов капитального строительства. Это влечет пересечение множества земельных участков и инженерных коммуникаций. В процессе проектирования могут возникать следующие ситуации взаимодействия с ГИС:

1. Импорт кадастровой карты в программное обеспечение систем автоматизированного проектирования (ПО САПР).
2. Получение технических условий эксплуатирующих организаций.
3. Согласование проекта с организациями, ведающими коммуникациями.
4. Загрузка проекта в единую цифровую платформу экспертизы.

Процесс обмена информацией между проектными организациями и ГИС развит слабо. Необходимость выполнения большинства операций «вручную» свидетельствует о низкой степени автоматизации взаимодействия. Высокая степень механизации взаимодействия приводит к увеличению времени проектирования, и, как следствие, повышению стоимости работ.

Зарубежный опыт ведения ГИС

Правительства государств, активно внедряющих технологии информационного моделирования (ТИМ), способствуют цифровизации и автоматизации взаимодействия с участниками строительного процесса путем создания единых ГИС (CORENET в Сингапуре, XFall в Германии, ByggSok в Норвегии и др.). Со временем, такие G2B-системы (Government to Business) показали свою эффективность [1].

Оценка текущего состояния взаимодействия с ГИС

Сегодня перед строительной отраслью в области цифровизации взаимодействия встают следующие вызовы:

1. Осуществление большинства процедур на бумажных носителях.
2. Разный уровень цифровизации участников градостроительной деятельности.
3. Обособленность существующих ИС.

Сейчас происходит новый этап в развитии электронного правительства, представляющий собой переход к государственным цифровым платформам, «системам систем» и единым суперсервисам [2]. Однако во многих сферах строительной отрасли все еще не осуществлен переход даже к электронному документообороту. ГУ по получению исходной

информации для проектирования, согласованию проектов, проверке их качества и др. находятся на разных этапах цифровизации. Тот функционал, который предоставляют созданные ИС, не позволяет организовать бесшовное взаимодействие и передачу данных в цифровом виде. Вышеописанные факторы снижают скорость и увеличивают стоимость проектирования линейных объектов.

Анализ академической литературы показывает тенденцию к взаимной интеграции государственных реестров [3]. Опыт иностранных правительств также говорит о росте эффективности в проектировании объектов капитального строительства при объединении ИС в службу «одного окна» и открытости для всех посетителей содержащейся в ней информации. Переход к электронным формам взаимодействия, при которых не требуется печать и отправка документов, позволяет сократить расходы проектной организации. Процесс подачи и отслеживания документации становится прозрачнее и удобнее. Снижаются коррупционные риски, риски, связанные с получением неактуальной или недостоверной информации, риски, обусловленные человеческим фактором и другие [4, 5].

Вопрос совместной интеграции ГИС и ТИМ особенно остро встанет с развитием машиночитаемого и машиноисполняемого права, автоматизированная загрузка и применение которого является основным условием реализации технологии [6].

Заключение

Ключевыми способами решения поставленных проблем являются:

1. Полномасштабный переход к реестровой модели, включающий все структуры строительной отрасли.
2. Переход к суперсервисам и государственным цифровым платформам, объединяющим информацию и упрощающим ее передачу.
3. Повышение компьютерной грамотности и инфокоммуникационной образованности всех участников инвестиционно-строительного проекта.

Можно определить некоторые действия, направленные на их исполнение. Существующие ИС сепарированы, поэтому в дальнейшем при интеграции ИС и взаимодействии с ними необходимо придерживаться тех же принципов, которые установлены концепцией «Электронного бюджета», а именно [7]:

- 1) Не должно происходить дублирование операций при вводе и обработке данных.

2) Необходимо осуществление полной автоматизации и интеграции всех охватываемых на данный момент и в перспективе процессов.

3) Бюджетные данные должны быть оснащены механизмом прозрачности для граждан и пользователей ИС.

Применяемые сегодня ИС, такие как ГИС «ЕГРН», требуют интеграции с ПО САПР. Предлагается разработать программное приложение для автоматизированного учета изменений расположения границ кадастровых участков.

Несмотря на то, что информационные системы не предполагают децентрализованность, можно предложить применение распределенных реестров для ведения ГИС. Страны Европы уже имеют опыт использования blockchain-технологии в сфере кадастрового учета [8].

Сегодня активно ведутся исследования в области автоматизации проверки качества информационной модели на соответствие нормативно-технической документации (НТД) [9]. Возможно, создаваемые суперсервисы будут снабжены системами обмена НТД непосредственно с ПО САПР проектировщика, что упростит процесс проверки качества модели.

В России применяется особая модель построения систем государственного управления с использованием электронного правительства [10]. Эта модель вызывает затруднение при интеграции ГИС и ТИМ, т.к. законы, нормативы, методы взаимодействия участников строительного процесса адаптируются под устаревший образ жизни всего общества, устаревшие способы социального взаимодействия и т.д. Однако тема обучения участников инвестиционно-строительного проекта выходит за рамки проводимого исследования и требует отдельного изучения.

Литература

1. CORENET e-Submission System. URL: <https://www.corenet.gov.sg/general/corenet-e-submission-system.aspx> (дата обращения: 20.11.2021).
2. Стырин Е.М., Дмитриева Н.Е., Синятуллина Л.Х. Государственные цифровые платформы: от концепта к реализации // Вопросы государственного и муниципального управления. 2019. № 4. С. 31–60.
3. Тарарин А.М. Цифровая трансформация градостроительной деятельности // Вестник СГУГиТ. 2021. № 1. С. 110–121. DOI: 10.33764/2411-1759-2021-261-110-121.
4. Истранина Е.В. Информационные системы в развитии градостроительной деятельности // Научный журнал молодых ученых. 2020. № 1(18). С. 48–53.
5. Белощедов В.А. Методы и механизмы противодействию коррупции в сфере строительства // Скиф. Вопросы студенческой науки. 2021. № 4(56). С. 127–132.

6. Понкин И.В. Концепт машиночитаемого и машиноисполняемого права: актуальность, назначение, место в РегТехе, содержание, онтология и перспективы // *International Journal of Open Information Technologies*. 2020. № 9. С. 59–69.
7. Распоряжение Правительства РФ от 20 июля 2011 года № 1275-р «Об одобрении Концепции создания и развития государственной интегрированной информационной системы управления общественными финансами «Электронный бюджет»». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902291021> (дата обращения: 18.01.2022).
8. A Pioneer in Real Estate Blockchain Emerges in Europe. URL: <https://www.wsj.com/articles/a-pioneer-in-real-estate-blockchain-emerges-in-europe-1520337601?mod=searchresults&page=1&pos=3> (дата обращения: 18.01.2022).
9. Волков С.А., Макиша Е.В. Формирование списков правил для верификации информационных моделей строительных объектов. Часть I // *Инженерный вестник Дона*. 2018. № 4(51). URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5347> (дата обращения: 18.01.2022).
10. Ботнев В.К. Зарубежный опыт построения электронного правительства // *Социально-политические науки*. 2018. № 1. С. 26–28.

УДК 69.05

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.009

Каракозова Ирина Викторовна, канд. техн. наук, доцент,
заместитель начальника управления
(Государственное автономное учреждение города Москвы
«Научно-исследовательский аналитический центр» (ГАУ «НИАЦ»))
E-mail: *i.kar@inbox.ru*, ORCID: 0000-0002-7913-919X

Karakozova Irina Viktorovna, PhD in Sci. Tech., Associate Professor,
Deputy Head of Department
(State Autonomous City Institution of Moscow “Research analytical center”
(GAU “NIAC”))

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «СЛОВАРЕЙ» ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

USING “DICTIONARIES” TO PLAN THE WORKING HOURS OF CONSTRUCTION MACHINES

Статья посвящена вопросу создания и применения «словаря» строительных машин и механизмов, используемого для планирования времени работы строительных машин и механизмов, а также сроков выполнения различных видов работ в строительстве. Одной из основных задач технологий информационного моделирования является обеспечение возможности автоматизированного составления графика работ с учетом технологической последовательности и сроков их выполнения. В качестве инструмента для создания «словаря» предлагается использовать действующие сметные нормы. Интеграция словаря в существующие информационные системы, используемые при проектировании объектов, повысит точность и достоверность формируемых сроков выполнения работ в строительстве.

Ключевые слова: сметная норма, строительные машины и механизмы, проект организации строительства, продолжительность строительства, технологии информационного моделирования.

The article is devoted to the creation and application of a «dictionary» of construction machines and mechanisms used to plan the working hours of construction machines and mechanisms, as well as the timing of various types of work in construction. One of the main tasks of information modeling technologies is to provide the possibility of automated scheduling of work taking into account the technological sequence and timing of their execution. It is proposed to use the current estimated standards as a tool

for creating a «dictionary». The integration of the «dictionary» into existing information systems used in the design of facilities will increase the accuracy and reliability of the generated deadlines for the execution of works in construction.

Keywords: estimated rate, construction machines and mechanisms, construction organization project, duration of construction, information modeling technologies.

Решение задачи по внедрению технологий информационного моделирования (далее – ТИМ) в строительстве напрямую связано с оптимизацией затрат на строительную продукцию. По данным [1, 2] при использовании ТИМ в процессе проектирования затраты на разработку проектной документации возрастают примерно на 20 %, при этом время сокращается почти на 33 %, а в процессе организации конкурсов повышается точность и уровень детализации тендерной документации, что способствует снижению погрешности в оценке стоимости строительно-монтажных работ до 15 %.

В составе проектной документации имеет место проект организации строительства, который содержит календарный план, формирующий общее представление об этапах выполнения работ, о сроках производства работ и вводе объекта в эксплуатацию. Для составления календарных планов используют отдельные программные продукты, например, Microsoft Project, Oracle Primavera P6 и другие, которые не позволяют пока решить проблемы с повышением эффективности планирования процесса производства работ и управления строительством по причине значительной сложности и трудоемкости создания графиков [3].

Автоматизированная обработка информации, в том числе при составлении календарных планов с использованием ТИМ должна быть направлена на восприятие исходных данных и обеспечение формируемых данных, вырабатываемых информационными системами, для последующей передачи их на строительный объект. При этом одна из основных задач ТИМ заключается в обеспечении возможности автоматизированного составления графика работ с учетом их технологической последовательности, оценки их объема и сроков производства. Для автоматизированной поддержки этих процессов целесообразно создать «словари», в которых сопоставлены конструктивные элементы, процессы их возведения и используемые ресурсы, что позволит составлять графики работ, рассчитывать сроки строительства и контролировать их выполнение [4].

При разработке календарных планов одним из источников получения информации о трудоемкости работ и времени работы строительных машин использовались сборники ЕНиР, ВНиР и другая нормативно-техническая документация. Однако Постановлением Правительства РФ

от 13.06.2020 № 857 [5] срок действия данных сборников был прекращен с 01.01.2021 года. При этом на территориальном уровне в городе Москве приказом Москомэкспертизы от 30.12.2020 № МКЭ-ОД/20-99 [6] утверждены и введены в действие с 01.01.2021 временные усредненные производственные нормы.

Сметная норма в соответствии с пунктом 31 статьи 1 Градостроительного кодекса [7] представляет собой совокупность количественных показателей строительных ресурсов, установленных на принятую единицу измерения. В состав строительных ресурсов входят строительные машины и механизмы, номенклатура и время эксплуатации которых, в зависимости от выполняемых работ, приводится в сборниках государственных элементных сметных норм на различные виды строительно-монтажных, ремонтно-строительных и других видов работ (далее – ГЭСН).

Сметные нормы в составе сборников ГЭСН разрабатываются на основе технологических карт, тем самым содержат в себе информацию о принятой технологии производства работ, условиях их выполнения, квалификационном составе исполнителей, используемых строительных машинах, механизмах, инструментах, оснастке и материальных ресурсах. В каждом сборнике ГЭСН приводится укрупненный состав работ в Технической части к сборнику, либо в таблице к сметным нормам.

Таким образом, производственные и сметные нормы могут выступать в качестве составляющих элементов информационной базы данных для планирования сроков производства отдельных видов/комплексов работ и общей продолжительности строительства при разработке проектов организации строительства. В состав такой базы согласно [8] целесообразно включать экспертные системы, содержащие опыт и знания специалистов, а также другую необходимую информацию о строительстве.

В качестве источника получения информации о времени работы строительной машины или механизма достаточно сборников ГЭСН. Однако здесь большое значение имеет правильный выбор ведущей машины и группы вспомогательных машин. Поэтому целесообразно в процессе разработки технологической карты создавать некую карту процесса, которая будет содержать информацию об организационно-технологических мероприятиях в части строительных машин и механизмов, в том числе:

- наименование вида(комплекса) работ, единицу измерения и объем, требования к их выполнению, общую продолжительность выполнения заданного вида (комплекса) работ;
- последовательный перечень процессов, в которых задействованы строительные машины и механизмы;

– состав строительных машин и механизмов, определяемый для каждого процесса, последовательность их участия с указанием их роли (ведущая и др.), технические характеристики, тип, марка, количество, время работы каждой машины в отдельности и всех машин в целом, технологические перерывы и др.

В качестве примера в таблице приведены группы строительных машин и механизмов, формируемые при выполнении работ по устройству дорожных оснований.

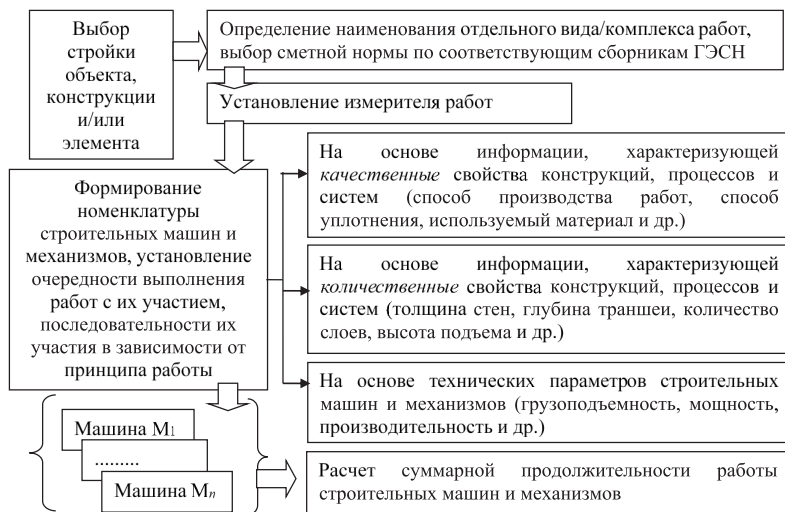
Группировка строительных машин и механизмов в зависимости от организационно-технологических мероприятий при устройстве дорожных оснований из щебня

Перечень работ	Принцип организации работы	Состав строительных машин и механизмов
Погрузка и/или доставка щебня на место производства работ	Параллельный	Погрузчик – автомобиль-самосвал
Распределение, планировка и прикатка щебня	Последовательный	Бульдозер – автогрейдер – каток
Увлажнение и уплотнение щебня	Совместный	Поливомоечная машина – каток
Исправление дефектных мест	Последовательный	Автогрейдер
Распределение щебня, в том числе при помощи механической щетки	Последовательный	Щебнераспределитель самоходный – поливомоечная машина
Увлажнение и уплотнение щебня	Совместный	Поливомоечная машина – каток

На рисунке приведен алгоритм сбора информации при создании «словаря» о строительных машинах и механизмах, задействованных при выполнении отдельных видов и/или комплексов работ, включая продолжительность их работы, при использовании ГЭСН.

Для каждого представителя из состава строительных машин и механизмов определяются набор технических параметров, характеризующих его технологические возможности (грузоподъемность, высоту подъема, мощность, массу и др.). При этом для каждого вида работ целесообразно выделять не более четырех значимых строительных машин и механизмов,

управляемых водителем/машинистом, которые выступают как самостоятельный ресурс, например, бульдозер или как ведущий ресурс, представляющий при этом совокупность строительных машин, связанных технологическим процессом, например, каток.



Последовательность сбора информации о строительных машинах при расчете продолжительности строительства объекта

При определении суммарной продолжительности работы строительных машин и механизмов необходимо учитывать не только их участие в основных процессах, где они выступают в роли ведущей машины, но и работы, сопутствующие им. Например, к таким работам будет относиться россыпь щебня погрузчиком по длине участка при устройстве оснований и покрытий автодорог, или полив основания водой при укатке основания из щебня катком дорожным самоходным.

В процессе формирования состава строительных машин также не должно учитываться время работы строительных механизмов, управляемых рабочими-строителями, к которым можно отнести виброплиты электрические, пневматические трамбовки и др.

Для корректного учета времени работы строительных машин в «словаре» следует устанавливать статус строительной машины в зависимости от принципа ее работы: последовательный, параллельный или совместный.

Таким образом, использования «словаря» строительных машин и механизмов и его интеграция в существующие информационные системы, используемые при проектировании объектов, позволит создать основу для планирования времени работы строительных машин и механизмов, а также сроков выполнения работ в строительстве.

Литература

1. Экономический эффект от внедрения BIM-технологий. URL: <https://www.pwc.ru/ru/assets/prop-tech-2020.pdf> (дата обращения: 11.02.2022).
2. Колчин В.Н. Применение BIM-технологий в строительстве и проектировании. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-bim-tehnologiy-v-stroitelstve-i-proektirovani> (дата обращения: 11.02.2022).
3. Бовтеев С.В. Применение 4D-моделирования в целях повышения эффективности календарного планирования строительства. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы III Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 81–87. DOI: 10.23968/ВМАС.2020.009.
4. Каракозова И.В. Исследование универсальной последовательности строительных работ // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15, № 9. С. 1321–1333. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.9.1321-1333.
5. Постановление Правительства РФ от 13.06.2020 № 857 «О признании не действующими на территории Российской Федерации актов и отдельных положений актов, изданных центральными органами государственного управления РСФСР и СССР, а также об отмене акта федерального органа исполнительной власти Российской Федерации». URL: <https://docs.cntd.ru/document/565115691> (дата обращения: 06.02.2022).
6. Приказ Комитета города Москвы по ценовой политике в строительстве и государственной экспертизе проектов (Москомэкспертизы) от 30.12.2020 № МКЭ-ОД/20-99 «Об утверждении временных усредненных производственных норм». URL: <https://www.mos.ru/mke/documents/prikazy/view/247918220/> (дата обращения: 06.02.2022).
7. Градостроительный кодекс Российской Федерации (Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 06.02.2022).
8. Волков А.А., Клашанов Ф.К., Крючков М.С., Каган П.Б. Экспертные системы при анализе трудоемкости в строительстве. В сб.: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019; Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции. М.: Изд-во МИСИ; МГСУ, 2019. С. 86–89.

УДК 004.925+514.182

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.010

Кузнецова Ольга Геннадьевна, старший преподаватель
(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.)
E-mail: kuznetsovaog@ssu.ru, ORCID: 0000-0001-6665-0899

Kuznetsova Olga Gennadievna, Senior Lecturer
(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov)

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДИЗАЙН-ПРОЕКТОВ В REVIT

VISUALIZATION OF DESIGN PROJECTS IN REVIT

В статье рассмотрен вопрос формирования демонстрационных представлений авторских эскизных дизайн-проектов посредством использования программного комплекса Revit. Сформулирована задача визуализации, как ключевого звена, наглядно представляющего проект и дающего возможность его перехода в реализованный дизайн-объект. Рассмотрены примеры дизайн-проектов различного масштаба и назначения, смоделированных в Revit Architecture. Выделены основополагающие компоненты организации наглядных изображений и определены связи аксонометрических и перспективных проекций с информационным наполнением объекта. Сформированы общие рекомендации по визуализации эскиз-идей.

Ключевые слова: эскизный дизайн-проект, трехмерное моделирование, наглядное изображение, визуализация, перспектива, аксонометрия.

The article considers the issue of the formation of demonstration representations of the author's design projects by means of using the Revit software package. The task of visualization is formulated as a key link that visually represents the project and makes it possible to transition it into a realized design object. Examples of design projects of various scales and purposes modeled in Revit Architecture are considered. The fundamental components of the organization of visual images are highlighted and the connections of axonometric and perspective projections with the information content of the object are determined. General recommendations for visualization of sketch ideas have been formed.

Keywords: sketch design project, 3D modeling, visual image, visualization, perspective, axonometry.

Программный продукт Revit имеет широкое применение в профессиональной среде архитектурно-дизайнерского проектирования и полностью реализует концепцию BIM, обладая для этого обширным арсеналом

средств. Т. е. имеется возможность всесторонне представить и рассмотреть весь жизненный цикл дизайн-объекта, используя одну «площадку». В Revit Architecture хорошо реализована технология концептуального моделирования, которая позволяет не зависеть от библиотеки объектов [1] и создавать контекстные решения, воплощая авторские замыслы без ограничений в формообразовании. Достаточно емко о специфике моделирования рассказывается в статье «Основы информационного моделирования для проектирования гражданских сооружений в программном комплексе Revit» [2].

Каждый дизайн-проект является уникальным, так как содержит в себе идейное воплощение автора. Разумеется, здесь имеется виду не типовые или стандартизированные решения, а архитектурные и средовые проекты – Art-дизайны. Каждая созданная специалистом «вещь» требует особого подхода в своем представлении для наиболее полного раскрытия своей сути. И встает вопрос: «Как продемонстрировать эту неповторимую индивидуальность, используя для этого некий стандартный набор программных средств?»

Одной из главных задач проектирования является гармонично сформированная подача графических листов, визуально представляющих проект, т. к. именно визуализация решает дальнейшую судьбу эскизного проекта и перехода его в статус реализованного объекта. Здесь необходимо подчеркнуть, что используемый термин «визуализация» рассматривается шире, чем понятие рендеринга – финального представления объекта фотореалистического характера. То есть, несомненно, реалистичность является одной из ключевых возможностей трехмерной визуализации [3], но не первостепенной. Следовательно, визуализация должна рассматриваться, как метод наглядного представления проектной идеи. Который, не должен сводиться к использованию типового шаблона – фотографического изображения, лишая представляемый дизайн-объект авторского лица.

Рассмотрим некоторые примеры эскизных дизайн-проектов, смоделированных в Revit Architecture и сформируем общие рекомендации по визуализации идей.

Показательным примером является эскизное предложение проектной единицы – «Туристического домика» (рис. 1), входящего в состав средового комплекса – зоны отдыха, расположенной в окрестностях села Неклюдово в Пензенской области. Проектный участок находится в лесном массиве на склоне долины правого берега реки Пиксанка. Техническое задание по объекту регламентировало использование легких и быстро возводимых конструкций небольших габаритов и антивандальной защиты для дома.

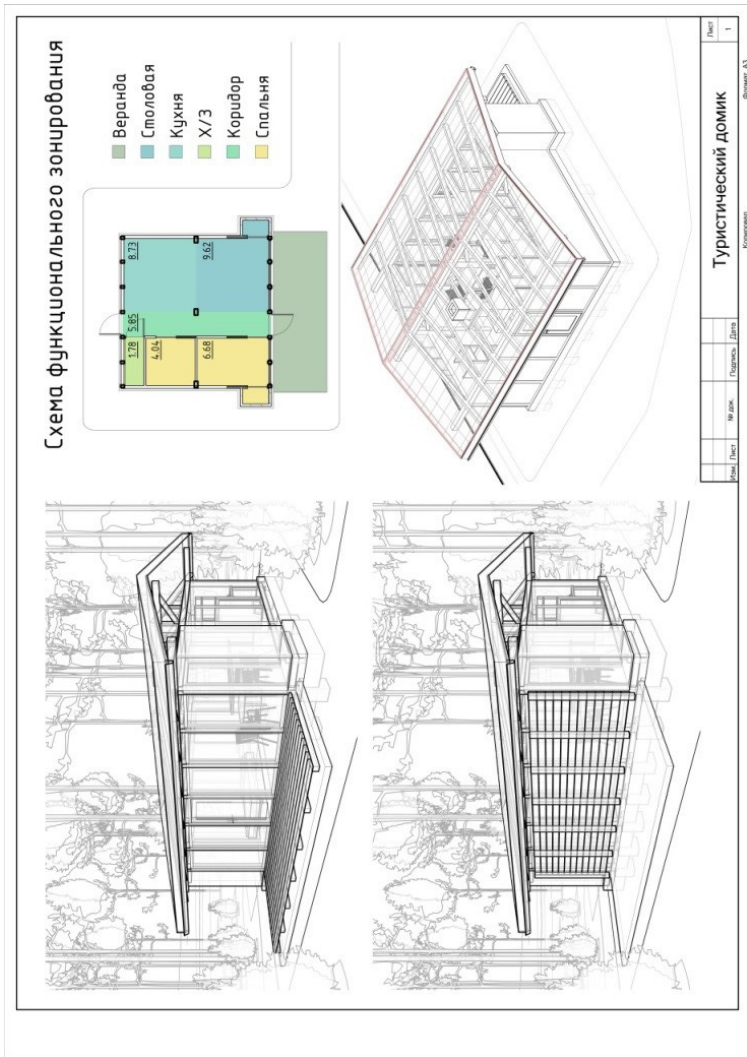


Рис. 1. Графический лист с представленными наглядными изображениями и схемой

Было предложено организовать небольшие террасы со строениями, соединённые тропами. Для домов была выбрана конструктивная система – деревянный каркас с навесными стенами. Стойки основного каркаса заглублены и использован столбчатый фундамент. Система стоек, балок, стропил и раскосов совместно активно участвует как во внешней, так и внутренней организации объекта, создавая его тектонику.

Таким образом, первостепенным для представления является каркасная система. Программа позволяет быстро осуществить построения каркаса в общем виде. А главное представлять информационное и графическое содержание по моделируемому объекту. На этапе формирования и создания эскиза необходимо параллельно вести работу со спецификациями, которые имеют неразрывную связь с моделью. Применительно к конструкциям каркаса и стен – это, прежде всего, расчет строительного объёма и представление его в «Ведомостях на материал» или «Спецификациях / количества». Именно этот ВМ-компонент и придаёт объекту жизненную проектную составляющую. Графические листы желательно представлять с такими оформленными, легко читаемыми таблицами, в которых также необходимо структурирование и обобщение. Относительно представления в эскизе конструктив целесообразнее показывать на наглядных изображениях [4], а не ортогональных проекциях. Для формирования таких изображений большое значение имеет ракурс [4, 6] и композиционная организация. В данном случае наилучшим образом подойдёт «Визуальный стиль: Скрытая линия» с установленным параметром «Прозрачность».

Второй уровень демонстрации связан с представлением объекта в контексте природного окружения. И для этого необходимо показать объект в соответствии с условиями нормального восприятия [4, 6].

Говоря о перспективном изображении (рис. 1), его необходимо представлять с реальных точек зрения, т. е. значение для параметра «Высота глаз наблюдателя» должно соответствовать нормальному горизонту [4] – среднему росту человека. Равные значения «Высота глаз наблюдателя» и «Высота точки цели» позволяет не исказить вертикальную составляющую объекта, что является очень важным для восприятия с позиции психофизиологии человека. Потребность в изображении перспектив с наклонной вертикалью возникает довольно редко. Например, когда представляются объекты «башенного типа» – с развитым значением вертикали и в городской застройке нельзя выбрать точку зрения на таком расстоянии, при котором можно построить центральную проекцию при нормальных вертикальных углах зрения [5]. Или при построении

перспективы интерьера, когда необходимо изобразить верхнюю часть внутреннего пространства помещения [5].

Говоря об организации композиции перспективного кадра, наиболее важным является не располагать линию горизонта по середине, а смещать её выше или ниже геометрического центра изображения; оставлять пространство перед объектом «для входа»; а сверху, как правило, изображать больше пространства – «воздуха», меньше «земли», но это не обязательно – главное, чтобы изображаемому объекту было достаточно пространства вокруг. Для перспектив экстерьеров, погружённых в среду, в особенности, если ставить задачу организации визуальных движений, то необходимо замыкать пространство «рамкой перспективы» [5], ограничивая его вокруг объекта (рис. 1, 2), это способствует созданию глубинной характеристики восприятия и повышения значимости представляемого объекта. Также не желательно оставлять «неприкрытой» линию горизонта (рис. 1, 2). «Открытая» линия горизонта создает эффект иллюзорности пространства – ирреальность, что в большинстве случаев разрушает восприятие «Выстроенной сцены» – среднего пространства с контекстным объектом.

А также важно, что именно представлять на наглядном изображении и с каким уровнем детализации. В данном примере главным является демонстрация антивандальной защиты – щитовой конструкции. Таким образом, на этом и сделан акцент в представленных перспективах.

Третий уровень демонстрации – это включение схемы в общую композицию (рис. 1). Хотя она и является главным цветовым акцентом с позиции организации листа. Привлекая к себе внимание, схема сразу отправляет зрителя для рассмотрения детализированных наглядных изображений, после чего возвращает его внимание на себя и дает возможность считать информационную составляющую – предложенную и метрически определенную функциональную организацию. Необходимо отметить, что этот BIM-компонент программа позволяет представлять разнообразно: либо в виде схемы функционального зонирования, или план-схемы с экспликацией, или плана с меблировкой и экспликацией, и/или спецификаций по ней.

Можно заключить, что BIM-концепция, только тогда раскрывает свое значение, когда она представляется совместно с геометрией объекта. Такое представление всегда наглядно и может быть легко изменено, если этого требуют возникающие проектные задачи.

В качестве демонстрации возможности использования различных стилей и пользовательских настроек Revit Architecture. Рассмотрим

эскизное предложение, сложное по пластической организации – объект культового назначения «Храм в честь иконы Иерусалимской Божьей Матери» (рис. 2). Стилистика объекта пропитана философскими идеями романтизма. И сформированный образ графического представления [4, 6] отсылает нас к живописному наследию Виктора Васнецова. Даная трактовка наиболее полно раскрывает идейное значение объекта – «Преданье старины глубокой».

Давая характеристику представленным изображениям (рис. 2), можно сказать, что данные визуальные стили имеют эффектный вид, весьма «сочный» по представлению, в какой-то степени имитирующий акварельную технику. При их сравнении видно, что визуальный стиль «Заливка» воспринимается плоскостным и более темным, и менее подходит для объектов, в которых имеют большое значение криволинейные поверхности.

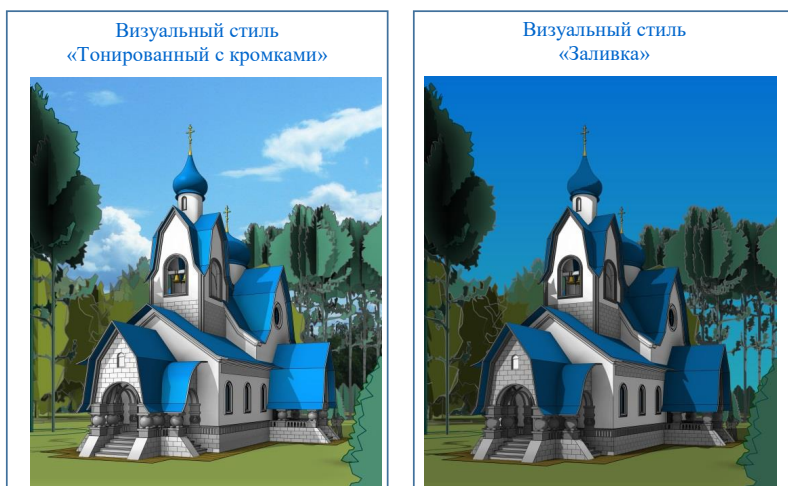


Рис. 2. Перспективные изображения цветографических эскизов храма

Составляя общее заключение, можно отметить следующее. Главным в визуализации идеи является четко сформированные проектные задачи, которые позволят выстроить структуру представления для объекта любого масштаба. Далее важна стилистика представления, именно она дает возможность авторского звучания идеи. После формируются наглядные изображения с учетом всех рассмотренных рекомендаций: точки зрения и ракурса, композиционной организации силовых линий, движения

и иерархии в восприятии. Также необходимо грамотно сформировать не только композиции отдельного изображения, но и организовать логично прочитываемую идею в графическом листе в целом.

Литература

1. Бородулина С.В., Кузнецова О.Г., Решетников М.К. BIM проектирование в России // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2020): сб. материалов XI Междунар. науч.-техн. конф. в рамках VI Междунар. науч. форума Донец. Народ. Респ. Донецк: 2020. С. 155–164.

2. Гулик В.Ю., Овчинников И.Г. Основы информационного моделирования для проектирования гражданских сооружений в программном комплексе Revit // Вестник евразийской науки. 2021. Т. 13, № 5. С. 50ECVN521. URL: <https://esj.today/PDF/50ECVN521.pdf> (дата обращения: 07.03.2022).

3. Хроменок Д.В., Зеленский И.Р., Деревцова К.В. Анализ возможностей 3D-визуализации в строительстве // Перспективы науки. 2020. № 4(127). С. 69–70.

4. Кузнецова О.Г. Формирование наглядных изображений в BIM-программах // Геометрическое и компьютерное моделирование в подготовке специалистов для цифровой экономики: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию СГТУ. Саратов: СГТУ, 2020. С. 88–97.

5. Короев Ю.И. Начертательная геометрия: учебник. 3-е изд., стер. М.: КНОРУС, 2015. 423 с.

6. Кузнецова О.Г. Вопросы формирования ортогональных проекций и наглядных изображений в BIM-программах // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 163–169. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.021.

УДК 69.001.5

DOI: 10.23968/ВМАС.2022.011

Кукина Анна Алексеевна, ассистент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: kukina_aa@spbstu.ru, *ORCID:* 0000-0003-4271-7408

Скиба Егор Сергеевич, студент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: egorllskiba@gmail.com, *ORCID:* 0000-0002-1596-1547

Kukina Anna Alekseevna, Assistant
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)
Skiba Egor Sergeevich, student
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВОК ОБЩЕСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА (НА ПРИМЕРЕ ПАРКИНГОВ)

OPTIMIZING THE LAYOUTS OF PUBLIC CONSTRUCTION FACILITIES SOLUTIONS OVERVIEW (USING THE EXAMPLE OF PARKING LOTS)

Статья представляет собой исследование, направленное на анализ текущего состояния качества и количества машиномест, определение требований для решения оптимизационных задач, касающихся планировок общественных объектов, степени проработанности темы. Анализ выполнен на основе поиска литературных источников. Отдельное внимание уделяется нормативно-правовым актам, содержащим требования к объемно-планировочным решениям. В результате работы можно заключить, что большинство исследований носят общий характер и не рассматривают конкретные примеры применения технологии для оптимизации планировочных решений парковочных пространств. Вышеупомянутое позволяет заключить о перспективности направления и актуальности поставленной проблемы.

Ключевые слова: нормативные документы, паркинг, генеративный дизайн, планировки, общественные здания.

The article is a study aimed at analyzing the quality and quantity parking spaces current state, determining the requirements for solving optimization problems related to the public facilities layout, the topic elaboration degree. The analysis is based on the search for literary sources. Special attention is paid to regulatory legal acts containing requirements for space-planning solutions. As a result of the work, it can be concluded that most of the studies are general in nature and do not consider specific examples of the

technology use to optimize the parking spaces planning solutions. The above allows us to conclude about the prospects of the direction and the relevance of the problem posed.

Keywords: regulatory documents, parking space, generative design, layouts, public buildings.

Современное градостроительство движется по инерции от мощного импульса советских застройщиков, главной целью которых было решение жилищного вопроса. Тогда прорыв в типовом строительстве, ставший возможным из-за налаживания массового производства панелей на заводах, позволил собирать дома за считанные недели, в то же время были приняты новые градостроительные нормы, фундамент которых остался в современных. В целом, главная задача, переселение семей из бараков и коммунальных квартир, была достигнута. Однако, как отмечает Сергей Кузнецов, главный архитектор Москвы, в книге Джефа Спекса «Город для пешеходов» [1]: «Микрорайоны по-советски – это огромные пространства, которые человек не способен осознать и тем более контролировать... Как правило, в них преобладает одна единственная функция – жилая, что, во-первых, является залогом ежедневной массовой миграции людей между местом проживания и местом работы, а во-вторых, создает весьма опасный с социальной точки зрения функциональный вакуум».

Градостроительные нормы не соответствуют текущему состоянию развития технологий и потребностей населения. В связи с этим у застройщиков есть возможность строить поля многоэтажек [2]. Люди, имеющие возможность иметь личный автомобиль, прекращают пользоваться загруженной развитой системой городского общественного транспорта. Увеличивается и требуемое количество машиномест в непосредственной близости к жилым зданиям, как следствие возросшей плотности населения. Обеспечение каждого человека машиноместом не представляется возможным. Строительство подземных автостоянок является дорогостоящим вариантом и не всегда возможно ввиду геологических особенностей той или иной местности [3]. Встает вопрос поиска оптимального и выгодного решения упомянутой выше проблемы. Освобождение дворов от автомобилей и компактность их размещения возможно благодаря многоуровневым гаражам из морских контейнеров разных компоновок.

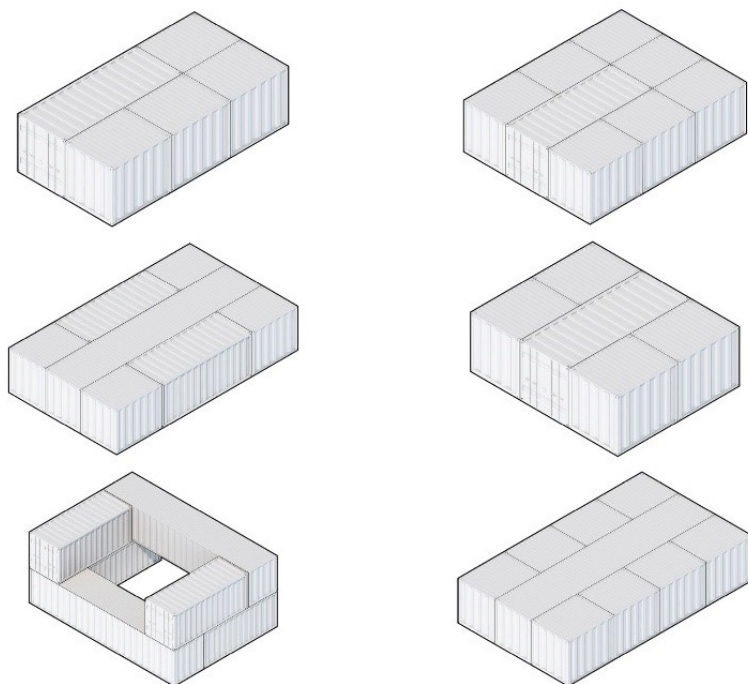
С ростом численности и благосостояния населения стремительно увеличивается количество автомобилей. По данным Департамента транспорта Москвы количество машин только в столице достигает 8,4 миллиона экземпляров [4]. Использование автомобиля невозможно не только без соответствующей инфраструктуры (дорожно-транспортная система, сервис), но и при отсутствии мест хранения (стоянки, гаражи, паркинги).

В результате проведенных исследований [5] В. В. Жиндаева установила, что количество выделенных зон для стоянки транспорта не достигает и половины от требуемого значения, кроме того, около 20 % территории занято автомобилями стихийной парковки. При размещении мест временного и постоянного хранения транспортных средств необходимо руководствоваться градостроительными нормами, устанавливающими нормативные показатели в соответствии с потребностями и возможностями той или иной территории [6]. Местоположения не должны противоречить нормативным документам. Площадь отводимых участков должна обеспечивать стопроцентную потребность жителей в машиноместах. Кроме проектного срока, стоит принимать во внимание потенциальный рост количества автомобилей, в связи с чем требуется резервирование территории [7].

Потенциальные участки, отводимые для строительства паркингов, могут иметь разную конфигурацию, виды в плане, размеры, рельеф и другие характеристики. Учет всех параметров без применения средств автоматизации – трудоемкое и затратное занятие, поэтому для повышения эффективности и экономичности решений можно прибегнуть к использованию генеративного дизайна и автоматизированному поиску проектных решений.

Генеративное проектирование, а также проектирование на основе алгоритмов, – это общие термины, которые используются для описания программ, позволяющие проектировщикам находить наилучшие решения той или иной задачи. При этом участие человека в этом процессе сводится лишь к заданию корректных и полных входных данных под определенную задачу (нагрузки, ограничения, математически интерпретированные строительные нормы и т. д.) – затрачиваемое ранее время на рутинную работу сводится к минимуму, и проектировщики могут сосредоточиться на изучении лучших вариантов дизайна (см. рис.).

В исследованиях [9, 10] приведены особенности применения генеративного дизайна и его роль в развитии автоматизированного проектирования. «Система генеративного проектирования для малоэтажных жилых зданий» [11] рассматривает практическую разработку системы генеративного проектирования на основе авторского алгоритма для проектирования малоэтажных жилых зданий, подбор необходимых исходных и документирование выходных данных. И. А. Дуванова и Т. Л. Симанкина в своем исследовании [12] не касаются вопросов генеративного дизайна, однако рассматривают варианты наиболее экономичных планировочных решений парковочного пространства в условиях жилой застройки.



Результат использования генеративного дизайна для создания различных компоновок контейнеров [8]

Важнейшим этапом решения оптимизационных задач является обработка исходных данных. В связи с этим, в настоящей статье поставлена цель изучения степени проработанности темы по данному направлению и поиска отечественных нормативно-правовых актов для их анализа с точки зрения дальнейшего использования в качестве ограничений при решении оптимизационных задач.

Состав разделов проектной документации на объекты капитального строительства производственного и непроизводственного назначения и требования к содержанию этих разделов содержатся в Постановлении Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 (ред. от 28.04.2020) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». В соответствии с указанным документом проектная документация складывается из текстовой и графической части по тематическим разделам проектирования.

Боровских О. Н. в своем исследовании [13] отмечает недостаточные темпы развития оптимизационного проектирования, несмотря на активную актуализацию нормативной документации с целью повышения эффективности проектирования.

Важным аспектом создания объемно-планировочных решений является обеспечение пожарной безопасности. В связи с этим необходимо учесть следующие нормативные документы. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»; Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме»; СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы»; СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты»; СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям»; СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»; СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»; СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения».

Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1431 наряду со статьей 57.5 Гражданского кодекса РФ утверждает правила формирования и состав информационной модели объектов капитального строительства. Для регулирования проектирования государственной информационной системы обеспечения градостроительной деятельности Российской Федерации был разработан СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве». При этом общие правила, порядок разработки и структуру планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования объектов строительства, регулирует СП 404.1325800.2018 «Информационное моделирование в строительстве».

Рассматривая проектирование многоэтажных паркингов, стоит обратиться к СП 113.13330.2016 «Стоянки автомобилей». Эрнст Нойферт в своем фундаментальном труде [14] посвящает главу вопросам грамотного создания парковок.

В результате исследования на основе обзора литературы выявлено, что использование генеративного дизайна в проектировании позволяет повысить эффективность процесса. Большинство исследований носят общий характер и не рассматривают конкретные примеры внедрения данной технологии, особенно применение технологии для оптимизации планировочных решений парковочных пространств.

Создание математической модели для решения задачи оптимизации проектных решений паркингов, следующее после анализа нормативных документов и разработки критериев и ограничений на их основе, позволит более полно решить существующую проблему. Результаты проведенных исследований в перспективе представляют практическую ценность.

Литература

1. Спек Д. Город для пешехода. М.: Искусство – XXI век. 2015. 352 с.
2. Почему в России строят многоэтажки. URL: https://stopress.ru/archive/html/sto_0166_mart_2019/pochemu_v_rossii_stroyat_mnogoetazhki.html (дата обращения: 22.02.2022).
3. Анищенко В.И. Сравнительный анализ строительных технологий развития подземного парковочного пространства: пример Москвы // Экономика строительства и природопользования. 2021. № 1(78). С. 102–110. DOI: 10.37279/2519-4453-2021-1-102-110.
4. Официальный telegram-канал Департамента транспорта. Новость от 26.12.2021 12:00. URL: <https://t.me/DtRoad/13410> (дата обращения: 22.02.2022).
5. Жиндаева В.В. Стихийные парковки: статистика и проблемы // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 1(1). С. 9–13.
6. Рябкова Е.Б. Проектирование многоэтажных гаражей и автостоянок. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2014. 89 с.
7. Петровская О.В. Современные теории развития урбанизма // Научная мысль Кавказа. 2014. № 4. С. 31–36.
8. Что получится, если соединить грузовой контейнер и студенческую курсовую? URL: https://vk.com/softculture?w=wall-80093690_7321 (дата обращения: 09.03.2022).
9. Li H. Generative design approach for modeling creative designs // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. No. 408. P. 012035. DOI: 10.1088/1757-899X/408/1/012035.
10. Пархимович А.Б., Краснова А.В., Воейко О.А. Генеративный дизайн как новая ступень проектирования. В сб.: Управление качеством на этапах жизненного цикла технических и технологических систем: Сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции. 2019. Т. 2. С. 125–129.
11. Федчун Д.О. Система генеративного проектирования для малоэтажных жилых зданий // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2018. № 3(36). С. 171–183. DOI: 10.5281/zenodo.1408252.
12. Дуванова И.А., Симанкина Т.Л. Оптимизация организации парковочного пространства в условиях жилой застройки // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 2(41). С. 108–117.
13. Боровских О.Н. Вопросы и перспективы развития проектной деятельности в России // Российское предпринимательство. 2017. Т. 18, № 22. С. 3393–3404. DOI: 10.18334/гр.18.22.38468.
14. Нойферт Э. Строительное проектирование. М.: Архитектура-С, 2009. 560 с.

УДК 004.6

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.012

Семенов Виталий Адольфович, доктор физ.-мат. наук, профессор, зав. отделом
(Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН,
Московский физико-технический институт,

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»)

E-mail: sem@ispras.ru, *ORCID:* 0000-0002-8766-8454

Аришин Семен Васильевич, аспирант

(Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН)

E-mail: arishin@ispras.ru, *ORCID:* 0000-0001-6128-7082

Фокина Наталья Юрьевна, аспирант

(Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН)

E-mail: nfokina@ispras.ru, *ORCID:* 0000-0002-5649-3882

Semenov Vitaly Adolfovich, Dr. Sci. Phys.-Math., Professor, Head of Department

(Ivannikov Institute for System Programming of the RAS)

Arishin Semen Vasilevich, graduate student

(Ivannikov Institute for System Programming of the RAS)

Fokina Natalya Yurievna, graduate student

(Ivannikov Institute for System Programming of the RAS)

ПРОБЛЕМЫ ГАРМОНИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИЙ OPENBIM (ISO 16739) И CDE (ISO 19650) ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РФ

TOWARDS HARMONIZATION OF OPENBIM (ISO 16739) AND CDE (ISO 19650) CONCEPTS IN THE TRANSITION TO A NEW TECHNOLOGICAL LEVEL OF MATURITY IN THE ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Обсуждаются перспективы развития и цифровой трансформации архитектурно-строительной отрасли РФ в соответствии с моделями зрелости BIM-технологий Бью-Ричардса и Шуккара. Выделяются три ключевые тенденции развития BIM, а именно структуризация проектной информации, консолидация и централизация управления. Отмечается, что базовые концепции управления документами, определяемые стандартом CDE (ISO 19650), не отражают эти тенденции и не содержательны для перспективных технологий управления данными, характерных для следующих уровней зрелости BIM и определяемых семейством

стандартов OpenBIM и, в частности, IFC (ISO 16739). Предлагается подход к управлению существенно неоднородными BIM-данными при переходе к новому технологическому укладу архитектурно-строительной отрасли РФ. Подход обеспечивает конструктивное использование стека перспективных информационных технологий в сочетании с традиционным документооборотом.

Ключевые слова: BIM, модели зрелости BIM, CDE, IFC, управление документами, управление базами данных.

The perspectives for the development and digital transformation of the architecture, engineering and construction (AEC) industry of the Russian Federation are discussed in the context of the BIM maturity models by Bew-Richards and Succar. Three trends in the evolution of BIM technologies, namely structuring project information, its consolidation and centralized management have been identified. It is noted that the basic concepts for document management defined by the CDE standard (ISO 19650) do not meet these trends and are not meaningful for promising data management technologies assumed by the OpenBIM standard family and, in particular, IFC (ISO 16739) for the next maturity levels. An approach to the management of substantially heterogeneous BIM data in the transition to a new technological level of the AEC industry of the Russian Federation is proposed. The approach is expected to provide constructive use of a stack of emerging information technologies in combination with traditional document management.

Keywords: BIM, BIM maturity models, Common Data Environment (CDE), Industry Foundation Classes (IFC), document management, database management.

Технологии информационного моделирования зданий и сооружений (BIM) получают все большее распространение в архитектурно-строительном комплексе РФ. Вместе с тем, их внедрение сопровождается рядом трудностей и проблем, одной из которых является переход к новому технологическому укладу. Данный уклад связан с активным применением технологий управления данными для хранения, согласованного доступа, передачи, интерпретации и обработки цифровых моделей зданий и сооружений интероперабельными приложениями, входящими в состав развитых экосистем программного обеспечения BIM. Именно наличие подобных технологий и приложений решает ключевые проблемы модернизации и автоматизации процессов проектирования, инженерии, строительства и эксплуатации зданий.

Текущий технологический уклад связан с организацией репозитория документов и широким применением систем управления документами и контроля версий, которым исполнилось уже почти полвека. Общие принципы организации подобных систем применительно к архитектурно-строительной отрасли определяет стандарт ISO 19650, где описывается популярная сейчас концепция CDE (Common Data Environment) [1].

Однако внедрение стандарта не привносит никаких изменений в давно сложившийся уклад и не решает ключевых проблем цифровой трансформации отрасли. Основное предназначение стандарта – это определение типовых организационных мероприятий и рабочих процессов документооборота, которые могут быть содержательны для отрасли.

Концепция CDE соответствует самым ранним этапам развития BIM-технологий как в популярной четырехуровневой модели Бью-Ричардса (BIM Level 0-3), так и в более релевантной и детальной пятиуровневой модели Шуккара (BIM Stage 0-4). Настоящая статья не преследует цель изложить данный материал и отсылает заинтересованного читателя к оригинальным источникам [2, 3]. Вместо этого, мы предпринимаем попытку квалифицировать концепцию CDE в уровнях зрелости BIM-технологий, а также определить возможные способы перехода к следующим технологическим укладам. В качестве главных тенденций при этом выделяются структуризация проектной информации, ее консолидация, централизованное управление и согласованное использование в процессе совместной деятельности (в английской технической литературе для этого применяется идиома “data exchange and sharing”).

Отметим, что в популярной четырехуровневой модели зрелости BIM-технологий Бью-Ричардса текущий уклад определяется уровнем BIM Level 1, на котором проектная информация частично структурируется в виде пространственно-двумерных и трехмерных геометрических моделей. Геометрические модели интерпретируются, визуализируются и обрабатываются с помощью компьютерных систем. Наличие средств коллективной работы с проектной информацией отнесено в данной модели к следующему уровню BIM Level 2, на котором также предполагается полная структуризация проектной информации и ее федеративная организация.

Концепция CDE предполагает представление проектной информации в виде произвольных документов, однако не уточняет, каким образом обеспечивается их федеративная организация, благодаря которой доступ к данным может осуществляться систематическим и согласованным образом. Заметим, что федерация данных предполагает наличие единого интерфейса доступа независимо от способов логической и физической организации данных, которые, например, могут распределено храниться на разных узлах компьютерной сети в разных открытых файловых форматах или под управлением СУБД как специализированных, так и общего назначения. Более того, в федерацию принципиально не могут быть включены полу-структурированные и неструктурированные данные, поскольку не определены способы идентификации их элементов.

Указанные обстоятельства не позволяют отнести концепцию CDE к следующему уровню зрелости.

Наконец, BIM Level 3 в данной модели является желанной целью для BIM-сообщества, хотя он вполне достижим в результате конструктивной имплементации триады открытых стандартов OpenBIM международного консорциума BuildingSMART. Данная триада включает в себя ISO 16739 (Industry Foundation Classes) [4], ISO 29481 (Information Delivery Manual) [5] и ISO 12006 (International Framework for Dictionaries) [6].

Напомним, что под структурированными понимаются данные, представленные в соответствии с открытой информационной схемой (иногда называемой моделью данных, иногда, когда речь идет о некотором классе задач или целой предметной области — онтологией). Для архитектурно-строительной и смежных отраслей подобную информационную схему предоставляет стандарт IFC. Национальные, ведомственные, корпоративные стандарты и рабочие спецификации могут служить альтернативной основой для структуризации проектной информации. Однако применение IFC вместе с сопутствующими стандартами для файловых форматов представления данных и программных интерфейсов доступа к данным на декларативных и императивных языках, позволяет при этом обеспечить интероперабельность специализированных приложений от разных вендоров и их использование в составе развитых мультидисциплинарных программных комплексов. С понятием интероперабельности BIM-приложений можно ознакомиться в наших работах [7, 8].

Близкую квалификацию концепции CDE устанавливает и пятиуровневая модель зрелости Шуккара. Для ступени BIM Stage 1 (Object-Based Modelling) характерно применение приложений, оперирующих с геометрическими и параметрическими моделями, календарно-сетевыми графиками, сметами. Взаимодействие между участниками происходит в рамках одной дисциплины на одном этапе жизненного цикла и осуществляется путем однонаправленной передачи файловых данных без поддержки коммуникаций и организации коллективных сессий. Концепцию CDE следует отнести к данной ступени. На следующей ступени BIM Stage 2 (Model-Based Collaboration) приложения для разных дисциплин на разных этапах проектной деятельности могут обмениваться данными друг с другом благодаря структуризации данных в рамках некоторой общей модели и организации интероперабельного файлового обмена (англ. interchange или interoperable exchange).

Иной характер взаимодействия участников проектной деятельности, определяемого термином «комплексное строительство» (англ. consultant

construction) и предполагающего интеграцию всех проектных активностей, их планирование и согласованное исполнение с достижением максимальных целевых показателей конструктивности, работоспособности и безопасности, достигается на ступени BIM Stage 3 (Network-Based Integration). Принципиально новое качество взаимодействия обеспечивается благодаря семантически развитым информационным моделям и применению интегрированных программных решений, в частности, федеративных баз данных, сервисных платформ (SaaS), серверов BIM-моделей. Взаимодействие характеризуется двусторонним транзакционным доступом (англ. two-way access) как к данным, так и связанным с ними документам (англ. synchronous interchange of model- and document-based data).

Наконец, финальная ступень BIM Stage 4 (Integrated Project Delivery) отражает видение Калифорнийского совета Американского института архитекторов на BIM как на комплексный «подход к реализации проекта, который объединяет людей, системы, бизнес-структуры и практики в высокоэффективный совместный процесс, использующий таланты и идеи всех участников для оптимизации результатов проекта, повышения ценности для собственников, сокращения потерь и максимизации эффективности на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации».

Таким образом, обе модели зрелости определяют общие тенденции в развитии BIM-технологий, начиная от управления документами и заканчивая управлением консолидированными структурированными данными с использованием интегрированных программных решений и платформ. В связи с этим, исключительно важными представляются гармонизация концепций CDE и OpenBIM и определение путей перехода к следующим технологическим укладам в архитектурно-строительной отрасли РФ.

Предлагаемый подход к гармонизации концепций и управлению существенно неоднородными данными на следующих этапах зрелости BIM-технологий состоит в следующем:

1) представление информационной модели здания или сооружения как консолидированного набора структурированных данных, определяемого концептуальной информационной схемой IFC;

2) использование полуструктурированных документов (например, CSV, XML, JSON, RDF файлов) и неструктурированных документов (например, файлов в проприетарных форматах или графических файлов) в качестве комплементарного контента, который может быть включен в состав информационной модели;

3) поддержка транзакционной работы с IFC данными при соблюдении ACID гарантий (атомарности, целостности, изоляции и сохранности);

- 4) поддержка статусов и версий документов для совместной работы;
- 5) согласование или обновление документов при фиксации транзакций с IFC данными и сохранение целостных наборов данных и документов в виде ревизий информационной модели на соответствующих этапах жизненного цикла здания или сооружения.

Как ожидается, внедрение подхода обеспечит системное и поступательное развитие BIM-технологий в РФ в соответствии с общепринятыми моделями Бью-Ричардса и Шуккара.

Литература

1. International Organization for Standardization. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles. 2018.
2. Bew M., Richards M. Bew-Richards BIM maturity model // BuildingSMART Construct IT Autumn Members Meeting. Brighton. 2008.
3. Succar B. Building Information Modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders // Automation in Construction. 2009. Vol. 18, No. 3. P. 357–375. DOI: 10.1016/j.autcon.2008.10.003.
4. International Organization for Standardization. ISO 16739-1:2018. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema. 2018.
5. International Organization for Standardization. ISO 29481-1:2016. Building information models – Information delivery manual – Part 1: Methodology and format. 2016.
6. International Organization for Standardization. ISO 12006-2:2015 Building construction – Organization of information about construction works – Part 2: Framework for classification of information. 2016.
7. Semenov V., Arishin S., Semenov G. Towards conceptual interoperability of BIM applications: transaction management versus data exchange // ECPPM 2021 – eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction. P. 51–58.
8. Семенов В.А., Аришин С.В. Новый файловый формат для обеспечения интероперабельности BIM-приложений на основе журнализации транзакций с ifc данными // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 377–384. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.047.

УДК 332.871.3

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.013

Шамсутдинова Анна Руслановна, зам. декана по учебной работе
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: anna_r_sh@mail.ru

Shamsutdinova Anna Ruslanovna, Deputy Dean for Academic Affairs
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА С УЧЕТОМ ВСЕХ СТАДИЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF THE PROJECT TAKING INTO ACCOUNT ALL STAGES OF THE LIFE CYCLE OF THE CAPITAL CONSTRUCTION OBJECT

Рассмотрено понятие инвестиционно-строительного проекта и его места в жизненном цикле объекта капитального строительства. Описаны проблемы и особенности определения экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта с учетом всех стадий жизненного цикла здания (сооружения). Обоснованы причины перехода к технологиям информационного моделирования, а также и их применение на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. Исследованы положительные стороны использования технологий информационного моделирования на всех стадиях жизненного цикла объекта капитального строительства. Раскрыто содержание методики оценки эффективности инвестиционно-строительных проектов. Сделаны выводы о необходимости учета всех стадий жизненного цикла объекта капитального строительства при оценке экономической эффективности проекта.

Ключевые слова: инвестиционно-строительный проект, объект капитального строительства, жизненный цикл, технологии информационного моделирования, оценка экономической эффективности, стадии жизненного цикла.

The concept of an investment and construction project and its place in the life cycle of a capital construction object is considered. The problems and features of determining the economic efficiency of an investment and construction project, taking into account all stages of the life cycle of a building (structure), are described. The reasons for the transition to information modeling technologies are substantiated, as well as their application at all stages of the life cycle of a capital construction object. The positive aspects of the use of information modeling technologies at all stages of the life cycle of a capital construction object are investigated. The content of the methodology

for evaluating the effectiveness of investment and construction projects is disclosed. Conclusions are drawn about the need to take into account all stages of the life cycle of the capital construction object when assessing the economic efficiency of the project.

Keywords: investment and construction project, capital construction object, life cycle, information modeling technologies, economic efficiency assessment, life cycle stages.

Развитие экономики во все времена тесно связано с реализацией инвестиционно-строительных проектов (ИСП). Согласно одному из принятых определений, «инвестиционно-строительный проект – это любое, ограниченное временными рамками, инвестиционное предприятие, направленное на создание нового уникального объекта недвижимости, без которого невозможно достижение целей инвестирования» [1]. Традиционный подход к оценке эффективности ИСП рассматривает проект на протяжении всего его жизненного цикла (ЖЦ), но не учитывает то, что жизненный цикл объекта капитального строительства (ОКС) на этом не заканчивается, а, наоборот, далее наступает самый продолжительный этап – его эксплуатация.

Необходимо различать понятия жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта (ЖЦ ИСП) и жизненного цикла объекта капитального строительства (ЖЦ ОКС). ЖЦ ОКС охватывает отрезок времени от инвестиционного замысла до сноса объекта капитального строительства [2], в то время как ЖЦ ИСП является лишь частью ЖЦ ОКС и включает лишь те этапы, на которых осуществляются инвестиции. Поэтому, с учетом курса на внедрение системы управления ЖЦ ОКС, актуальными становятся вопросы определения эффективности не только ИСП, но и проекта, с учетом всех стадий ЖЦ ОКС.

Вместе с тем, вопросы рациональной и эффективной эксплуатации ОКС поднимаются на протяжении многих лет. Особенно активно они начали обсуждаться с появлением технологий информационного моделирования (ТИМ или в англоязычном варианте BIM: Building Information Modeling), так как появилась теория, что внедрение данной технологии даст возможность повысить эффективность управления ОКС на всех стадиях ЖЦ [3].

Целью данного исследования является определение современного состояния и дальнейшего направления совершенствования методики оценки экономической эффективности проекта с учетом всех стадий жизненного цикла объекта капитального строительства.

Исследование проведено с помощью методов системного, сравнительного и логического анализа, а также синтеза и формализации.

В конце 2014 года принят «План поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного

и гражданского строительства» [4], предусматривающий разработку новых нормативных документов, а также образовательных стандартов. Позже, в 2017 году, был разработан «План мероприятий по внедрению оценки экономической эффективности обоснования инвестиций и технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства» [5], согласно которому внесены изменения в законодательные акты, разработаны и введены в действие новые нормативные документы.

Как раз с 2017 года началась активная разработка нормативных документов в области ТИМ, часть из них на сегодняшний день прекратили действие. В последующие годы продолжилось интенсивное развитие нормативной базы.

Одним из основополагающих этапов в разработке нормативных документов, касающихся технологий информационного моделирования, стало внесение в 2019 году в Градостроительный кодекс РФ формулировки понятия информационной модели (ИМ) объекта капитального строительства [6] как «совокупности взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства» [7].

Самым продуктивным в отношении пополнения нормативной базы оказался 2020 год, в течение которого было разработаны многочисленные ГОСТы и СП, описывающие правила, понятия и принципы разработки ИМ, а также Классификатор строительной информации (КСИ). Важным этапом формирования нормативной базы стала разработка и утверждение в 2021 году профессионального стандарта «Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве», который описывает компетенции, необходимые для работы в области информационного моделирования в строительстве.

Изучив деятельность государственных органов, связанную с разработкой нормативных документов, можно смело утверждать то, что переход к информационному моделированию в строительстве находится в стадии становления, поскольку имеющаяся нормативная документация пока охватывает, главным образом, стадии проектирования и строительства. Стадии эксплуатации и ликвидации жизненного цикла ОКС, на данном этапе, не имеют должного нормативного обоснования.

Обобщая сказанное, можно с уверенностью утверждать о недостаточной проработке вопросов, связанных с применением технологий

информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства.

В последние годы повысились темпы внедрения ТИМ в строительство с целью повышения эффективности инвестиционно-строительных проектов. В частности, согласно постановлению правительства России № 331 от 05 марта 2021 г., все участники инвестиционно-строительного процесса с 01 января 2022 года «обязаны осуществлять формирование и ведение информационной модели ОКС, финансирование которых осуществляется с привлечением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации» [8].

Использование ИМ на всех этапах жизненного цикла ОКС позволяет повысить качество проектной документации, сократить сроки строительства, улучшить эксплуатационные характеристики объекта, что дает возможность снижения стоимости управления жизненным циклом объекта капитального строительства. То есть можно говорить о снижении затрат как на проектирование в связи с повышением качества проектной документации и уменьшением сроков проектирования, так и на строительство за счет сокращения количества ошибок и сроков строительства, а также на эксплуатацию посредством легкого и быстрого доступа к исполнительной документации (ИД). В целом, все это ведет к экономии бюджетных средств.

Требования к разработке и наполнению ИМ различаются в зависимости от этапа ЖЦ объекта капитального строительства. На каждой стадии в ИМ добавляется все больше данных. Например, ИМ на этапе проектирования наполняется объемно-планировочными и конструктивными решениями, во время строительства в нее добавляются сведения о материалах и конструкциях, а также оборудовании, которые использовались в процессе возведения объекта. В идеале на первых двух этапах в ИМ должны быть запланированы техническое обслуживание и ремонты объекта, в соответствии с нормативными сроками службы материалов и конструкций. Накопленные сведения значительным образом повысили бы эффективность эксплуатации объекта капитального строительства. Но на сегодняшний день нет практического опыта реализации данной идеи.

От качества разработки проектной документации зависят эксплуатационные характеристики и безопасность готового здания. Качество проектной документации зависит от соблюдения требований нормативно-правовых актов, отклонения от которых, до недавнего времени, обнаруживались чаще всего, на этапе экспертизы. Не выявленные ошибки затрудняют как процесс возведения объекта, так и его эксплуатацию [9].

С началом внедрения технологии информационного моделирования, количество ошибок значительно сократилось, за счет повышения точности ИД и возможности визуализации возводимого ОКС, которая позволяет увидеть весь процесс создания объекта еще до начала производства работ.

На сегодняшний день имеется опыт внедрения ТИМ на этапах проектирования и строительства при реализации инвестиционно-строительных проектов, но нет опыта использования ТИМ на этапах эксплуатации и ликвидации. Эта проблема недостаточно разработана, но интересует всех участников строительного сообщества.

Также отсутствует нормативное регулирование этих вопросов. В нормативной литературе есть упоминание, что во всех расчетах нужно учитывать стадии эксплуатации и ликвидации ОКС, но не представлены методики, с помощью которых возможно это сделать, что значительным образом замедляет процесс распространения ТИМ применительно ко всем стадиям ЖЦ объекта капитального строительства.

Что касается процесса инвестиционной деятельности, и в частности, реализации инвестиционно-строительных проектов с использованием технологии информационного моделирования, нужно отметить, что он имеет особенности, по сравнению с традиционным процессом.

Это отличие основывается на инновационном характере формирования проектно-сметной документации, возможности совместной работы, позволяющей сокращать время на коммуникации, повышении точности расчетов, как конструктивных, так и стоимостных и т.д.

Все эти особенности значительным образом влияют на эффективность инвестиционно-строительного проекта.

Действующим документом, в соответствии с которым определяется эффективность инвестиционно-строительных проектов, являются «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов». В соответствии с методическими рекомендациями, для определения эффективности инвестиционно-строительного проекта, необходимо оценить:

- эффективность проекта в целом,
- эффективность участия в проекте.

С помощью показателей эффективности проекта в целом устанавливается насколько привлекателен для инвестора данный проект, а в дальнейшем на основании полученных результатов подбираются источники финансирования [10].

Для оценки проекта в целом определяется как общественная (социально-экономическая), так и коммерческая эффективность инвестици-

онно-строительного проекта. В соответствии с методическими рекомендациями, общественная эффективность проекта определяется влиянием результатов его реализации на экономическую составляющую окружения проекта, а также на социальный аспект [11]. С помощью показателей коммерческой эффективности оцениваются финансовые последствия осуществления проекта для его участника. Тогда как показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения [10].

Исходя из проведенного исследования, можно сделать вывод, что существующая методика оценки эффективности ИСП рассматривает исключительно жизненный цикл проекта, но не учитывает, остальные этапы ЖЦ ОКС, самым продолжительным из которых является стадия эксплуатации.

С учетом продолжительности стадии эксплуатации, можно уверенно утверждать, что эта стадия является весьма затратной и именно на ней оказывается наибольшее воздействие на окружающую среду, а значит на экологию. Из этого следует, что принятые в проекте конструктивные решения должны обеспечивать снижение затрат на стадии эксплуатации и ликвидации ОКС, а также обеспечивать минимизацию неблагоприятного воздействия на окружающую среду.

Обобщая все вышесказанное, можно заключить, что существует необходимость разработки методики оценки экономической эффективности ИСП с учетом всех стадий жизненного цикла ОКС. Данное исследование является крайне актуальным и востребованным в связи с активным инновационным развитием строительной сферы.

Работа выполнена в рамках проекта BIM-ICE (<https://bim-ice.com/>), финансируемого за счет средств гранта Программы ПС «Россия – Юго-Восточная Финляндия 2014-2020».

Литература

1. Лушников А.С. Проблемы проектирования инвестиционно-строительных проектов на современном этапе // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 3(56). С. 279–288.
2. Лосев К.Ю. Методологические аспекты жизненного цикла зданий // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11, № 6. С. 76.
3. Селютин Л.Г. Современные информационные технологии с позиции эксплуатации объекта капитального строительства: от информационной модели к FM // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2018. Т. 4, № 1. С. 15–23.
4. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 декабря 2014 года N 926/пр «Об утверждении Плана

поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» (с изменениями на 4 марта 2015 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420245345> (дата обращения: 15.02.2022).

5. Поручение правительства РФ 2468п-п9 «План мероприятий по внедрению оценки экономической эффективности обоснования инвестиций и технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства» URL: <https://www.normacs.ru/Doclist/doc/11R9U.html> (дата обращения: 15.02.2022).

6. Фёдоров А.Б., Вайтиева В.А. ВИМ-технологии в мечтах и в действительности // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № S8 (9). С. 107-121.

7. Федеральный закон РФ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» №190-ФЗ от 29.12.2004. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901919338> (дата обращения: 15.02.2022).

8. Постановление Правительства РФ от 5 марта 2021 года N 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573842519> (дата обращения: 15.02.2022).

9. Макиша Е.В. Верификация информационных моделей строительных объектов на основе языка моделирования правил. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: НИУ МГСУ, 2019.

10. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Утверждены Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике 21.06.1999 № ВК477. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005634> (дата обращения: 15.02.2022).

11. Лосев К.В., Будагов А.С., Корнилова С.В. К вопросу об алгоритме анализа эффективности и отбора значимых инвестиционно-строительных проектов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. Т. 12, № 1. С. 183–190. DOI: 10.18721/JE.12115.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

УДК 004.94

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.014

Баранова Анна Антоновна, студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: annabaranova.edu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3336-5650

Нижегородцев Денис Валерьевич, ассистент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: mdvd0d@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9550-9947

Цыгановкин Виктор, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: vitya_97@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-2412-1523

Baranova Anna Antonovna, student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Nizhegorodtsev Denis Valer'evitch, Assistant Lecturer

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Tsyganovkin Viktor, postgraduate student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

СОЗДАНИЕ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ СКРИПТОВ В СРЕДЕ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

INTERFACES FOR SCRIPTS IN VISUAL PROGRAMMING ENVIRONMENT

Статья посвящена поиску решений проблем автоматизации процессов проектирования, а также использования этих решений рядовыми пользователями программного обеспечения, реализующего работу с применением технологии информационного моделирования. Рассматриваются способы упрощения взаимодействия сотрудников со скриптами, разработанными в средах визуального программирования, посредством создания интерфейсов. Предлагаются способы реализации интерфейсов с использованием исключительно визуального программирования и с использованием кода на IronPython. Оба подхода продемонстрированы и описаны для сред визуального программирования Dynamo и Grasshopper. В заключении приводятся результаты обзора, недостатки и достоинства рассмотренных подходов.

Ключевые слова: Dynamo, Grasshopper, Autodesk Revit, интерфейс, визуальное программирование, IronPython, технология информационного моделирования, BIM.

The article is devoted to the search for solutions to the problems of automation of design processes, as well as the use of these solutions by ordinary users of software that implements work using information modeling technology. The ways to simplify the interaction of employees with scripts developed in visual programming environments by creating interfaces are considered. The methods of implementing interfaces using exclusively visual programming and using IronPython code are proposed. Both approaches are demonstrated and described for Dynamo and Grasshopper visual programming environments. In conclusion, the results of the review, the disadvantages and advantages of the approaches considered are presented.

Keywords: Dynamo, Grasshopper, Autodesk Revit, interface, visual programming, IronPython, information modeling technology, BIM.

Обязательное внедрение ВМ для государственных заказов, а также постепенное повсеместное внедрение в строительство информационного моделирования, в том числе стимулируемое государственной политикой, указывает на актуальность и перспективность автоматизации процессов. В то же время нехватка ВМ-специалистов вызывает потребность в инструментах автоматизации, которые не требовали бы высокого порога вхождения для работы с ними [1, 2].

Внедрение технологии информационного моделирования зданий и сооружений требует значительных затрат ресурсов, которые в дальнейшем окупаются за счет сокращения времени работы на этапах проектирования, строительства, эксплуатации [2–4]. Дополнительным способом сокращения временных затрат является автоматизация процессов проектирования. Наиболее доступным для рядового пользователя (инженера) методом автоматизации своей работы является визуальное программирование [5].

Скрипты, созданные в программах для визуального программирования, зачастую используются не только создателями, но и обычными пользователями, не обладающими навыками автоматизации или испытывающими затруднения при использовании чужого продукта из-за недостаточного описания требуемых от них вводных данных. Это приводит к возникновению потребности в инструкции для использования скрипта.

Дунамо (приложение для визуального программирования, внедренное в Autodesk Revit) пытается решить эту проблему при помощи плеера, однако, как только названия данных, вводимых в плеере перестают быть интуитивно понятными или начинают требовать пояснений (текстовых или графических), вновь появляется нужда в дополнительном документе, разъясняющем ввод рядовому пользователю.

Grasshopper (среда разработки визуального программирования в Rhinoceros 3D) и вовсе не ставит задачи упростить взаимодействие пользователя с готовым скриптом и предлагает вносить данные непосредственно в рабочем пространстве или через командную строку (начиная с Rhino 7).

Проблема низкой степени наглядности визуальных скриптов решается созданием простого интерфейса, который позволил бы не только упорядочить вводные данные, но и включал бы в себя разъясняющие изображения и схемы, а также текстовые пояснения к каждой не интуитивно понятной графе. Рассмотрим, как может быть решена эта проблема, а также основные достоинства и недостатки существующих решений.

Реализация пользовательского интерфейса для визуальных скриптов осуществляется двумя разными подходами. В основе первого подхода лежат кастомные ноды (блоки, созданные пользователями и сторонними организациями) и плагины, не требующие от создателя скрипта как-либо работать с кодом. В основе второго подхода – программирование.

Существуют несколько способов создания интерфейса, не требующих знания языков программирования. В Dynamo наиболее полным пакетом нодов, выполняющим поставленную задачу, является пакет Data-Shapes. Ряд нодов, позволяют создать интерфейс, формирующий по принципу списка: каждый нод отвечающий за ввод той или иной информации, соединённый с нодом создания интерфейса, увеличивает высоту окна интерфейса и размещается под предыдущим блоком ввода.

Это создаёт две проблемы, которые могут стать существенными недостатками способа при разработке задуманного интерфейса.

Во-первых, появляется необходимость структурировать информацию строго по одной оси, сверху вниз, как в плеере Dynamo, так как сгруппировать вводные данные по горизонтали, по столбцам – не представляется возможным.

Во-вторых, при достижении критической высоты окна, автоматически увеличивающейся с количеством блоков вводных данных, интерфейс перестает работать стабильно и вместо одного окна, включающего все блоки, создаёт несколько последовательных, каждое из которых содержит возможность заполнить только один пункт из всех поданных запросов на ввод. При этом, кнопка отмены тоже перестает работать интуитивно, отменяя лишь одну операцию ввода, а «карусель» появляющихся друг за другом окон продолжается вне зависимости от того, была ли выбрана пользователем «отмена» или «ок» (рис. 1).

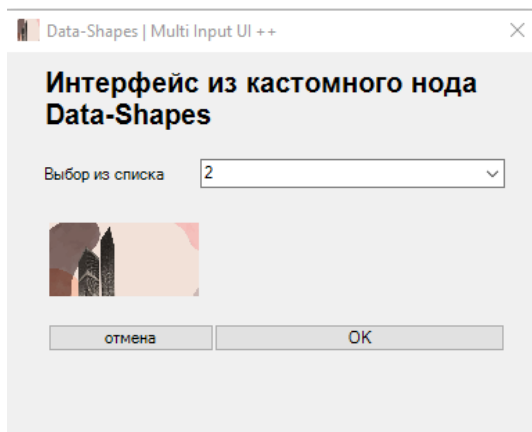


Рис. 1. Интерфейс окна, созданного при помощи Data-Shapes

С другой стороны, способ имеет и ряд достоинств: он достаточно простой в исполнении и отлично подходит для создания интерфейсов с небольшим количеством вводных данных и без потребности структурировать информацию в двух осях.

Наиболее популярным плагином для создания интерфейса в Grasshopper является Human UI, целиком направленный на создание динамического интерфейса. Список возможностей, предусмотренных плагином, шире, чем в DataShapes.

Плагиин нагляден и закрывает потребности в интерфейсе для большинства простых скриптов полностью. Однако Human UI обладает тем же недостатком, что и Data-Shapes: расположение элементов по горизонтали не настраивается, а выдается списком, линейно идущим сверху вниз по порядку подключения нодов. В отличие от DataShapes в Human UI предусмотрена возможность пролистывания интерфейса, решающая проблему размещения большого количества блоков в ограниченном пространстве окна (рис. 2).

Ещё одна слабая сторона Human UI в том, что плагин не обновляется с 2019-го года, а последняя версия выпускалась для Rhino 6, хоть и работает на Rhino 7.

Второй путь решения проблемы – создание интерфейса с помощью кода, позволяет создать более гибкий интерфейс, полностью отвечающий нашему представлению о структуре информации внутри окна. Для обеих рассматриваемых сред визуального программирования существует универсальное

решение, так как и в Dynamo, и в Grasshopper поддерживаются блоки с кодом на языке программирования IronPython. Благодаря этому интерфейс, созданный внутри одной из двух программ, без потребности изменять код, запустится и в другой. Это открывает возможности к созданию шаблона интерфейса организации, который не только позволял бы структурировать информацию в наиболее доступном виде, но и бы был знаком сотруднику даже при использовании скриптов, разработанных в среде визуального программирования, с которой он никогда не работал (рис. 3).

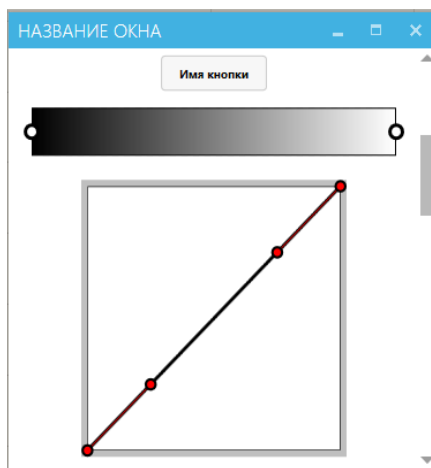


Рис. 2. Интерфейс окна, созданного при помощи Human UI

Недостатком данного способа является необходимость в начальном знании языка программирования IronPython для разработки интерфейсов. Положительным фактором является то, что IronPython при разработке был предназначен для Microsoft.NET, поэтому как нельзя лучше подходит для реализации первого интерфейса Windows Forms [6].

Так как создание интерфейсов увеличивает круг пользователей, которые могут использовать автоматизацию процессов, любой из вариантов приведет к уменьшению временных затрат на выполнение рутинных задач. Выбор способа создания интерфейса следует делать исходя из сложности скрипта, знания программирования и среды разработки. Однако наиболее гибким и универсальным из них является способ создания формы Windows Forms на IronPython.

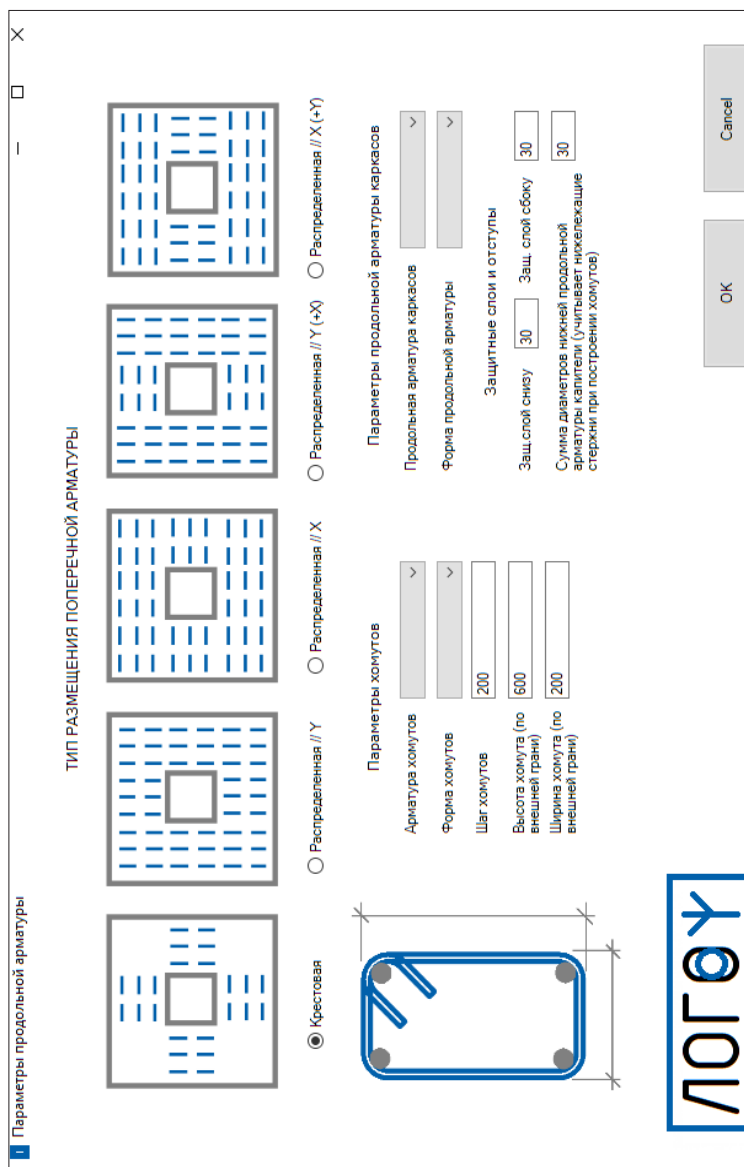


Рис. 3. Интерфейс окна, созданного на IronPython

Предлагаемые решения и подходы к организации интерфейса для скриптов в среде визуального программирования позволяют значительно упростить порог входа для рядовых пользователей САПР, при условии предварительной разработки такого интерфейса соответствующим специалистом (или группой специалистов) внутри организации.

Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства».
2. Анахин Н.Ю., Грошев Н.Г., Оноприйчук Д.А. BIM технологии как основа современного объекта // Вопросы науки и образования. 2018. № 26(38). С. 29–31.
3. Отчет по исследованию «Уровень применения BIM в России 2019». ООО «Конкуратор», НИУ МГСУ. 2019. С. 26.
4. Черных А.Г., Нижегородцев Д.В., Кубасевич А.Е., Цыгановкин В.В. Проектирование и расчет строительных конструкций с применением технологий информационного моделирования // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 3(80). С. 72–78.
5. Ведерникова А.А., Федухина Н.В. Разработка Dynamo-Script для ускорения процесса проектирования раздела КР в Autodesk Revit. В сб.: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. А.А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 93–98.
6. Официальная страница IronPython. URL: <https://ironpython.net/> (дата обращения: 10.01.2022).

УДК 004.94

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.015

Бессонова Наталья Владимировна, канд. пед. наук, доцент
(Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет (Сибстрин))

E-mail: natalyabessonova@mail.ru

Bessonova Natalya Vladimirovna, PhD in Sci. Ped., Associate Professor
(Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin))

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

INFORMATION MODELING OF UNIQUE BUILDINGS, STRUCTURES AND MONUMENTS OF ARCHITECTURE

В статье рассмотрены некоторые возможности применения технологий информационного моделирования (BIM) архитектурных объектов. Приведены примеры создания моделей памятников деревянного зодчества, уникальных кирпичных особняков, а также – сооружений фантазийной формы на основе формообразующих элементов. Описан подход, позволяющий систематизировать данный процесс путём создания многократно применяющихся семейств с изменяемыми параметрами, с возможностью редактирования их объёмной геометрии. Приведены примеры моделей декоративных элементов фасадов и малых архитектурных форм в различных архитектурных стилях. В процессе моделирования использовалась среда программного комплекса Autodesk Revit Architecture и визуальное программирование в Dynamo.

Ключевые слова: параметрическое моделирование, информационное моделирование (BIM), семейства Revit, формообразующие, визуальное программирование, программирование в Dynamo.

In this article some possibilities of using building information modeling (BIM) technologies for architectural objects are considered. Some examples of creating models of wooden architecture monuments, unique brick mansions, as well as fantasy-shaped structures based on form-building elements are given. An approach is described that makes it possible to systematize this process by creating reusable families with variable parameters, with the possibility of editing their volumetric geometry. Examples of models of decorative elements of facades and small architectural forms in various

architectural styles are given. During the modeling process, the environment of the Autodesk Revit Architecture software package and visual programming in Dynamo were used.

Keywords: parametric modeling, building information modeling (BIM), Revit families, shapers, visual programming, Dynamo programming.

В эпоху развития информационного моделирования растёт актуальность создания моделей уникальных зданий, построенных в различных архитектурных стилях, а также – современных зданий сложной геометрии. Поскольку уникальные архитектурные объекты обычно имеют нетривиальную форму, это вызывает значительные сложности при их моделировании. Возникает необходимость сокращения сроков и повышения качества моделирования [1–4].

Целью данной работы стал поиск оптимальных методов создания моделей уникальных объектов. Задачи работы: 1) рассмотрение и применение среды Autodesk Revit Architecture для моделирования уникальных элементов; 2) моделирование элементов в различных архитектурных стилях.

Возможности современных программных комплексов, таких как Autodesk Revit Architecture, позволяют упростить и систематизировать процесс моделирования сложных уникальных архитектурных элементов с помощью создания изменяемых параметрических семейств, работы с 3D геометрией семейств (сочетание объёмной и пустотелой геометрии выдавливания, перехода, вращения, сдвига, перехода по траектории), а также геометрии формообразующих и визуального программирования. Всё это даёт возможность создания моделей сооружений сложных форм в разнообразных архитектурных стилях [2–6].

Особый интерес вызывает моделирование памятников деревянного зодчества [2, 5, 6]. На кафедре ИСТ была создана модель частично утраченного комплекса «Братский острог», в который входят: четыре угловые башни, проезжие ворота, изба приказчика и церковь с обнесённой колодом территорией (рис. 1).

Каждая из бревенчатых стен комплекса уникальна. Стены моделировались как загружаемые семейства из массива брёвен, с возможностью изменения длины бревна и количества брёвен в массиве, что позволяло менять ширину и высоту стены. Проёмы вырезались с помощью вычитания элементов пустотелой геометрии. Как отдельные семейства создавались окна, бочка, главка, лестница с опорными стенками, а также более мелкие детали: дощечки лемеха, резные фрагменты обрамления и другие.

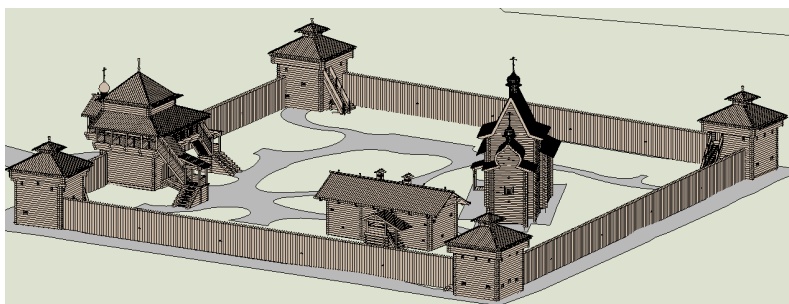


Рис. 1. Модель комплекса «Братский острог»

Ещё одним ярким примером моделирования объектов деревянного зодчества явилось создание модели памятника архитектуры – особняка Сукачёвых, сохранившегося в Иркутске (рис. 2).



Рис. 2. Фотографии особняка Сукачёвых (Иркутск).
(Источник: <https://topgid.net/5048-muzej-usadba-vp-sukacheva.html>)

При моделировании данного объекта применялась среда Dynamo – для размещения стен вдоль линий, а также – при подсчёте количества брёвен. Виды модели представлены на рис. 3.



Рис. 3. Виды модели в окнах проекта Revit

Здание украшено пропиленным деревянным декором. Декоративные элементы создавались как одиночные семейства, либо как семейства, состоящие из массива повторяющихся резных деталей (рис. 4).

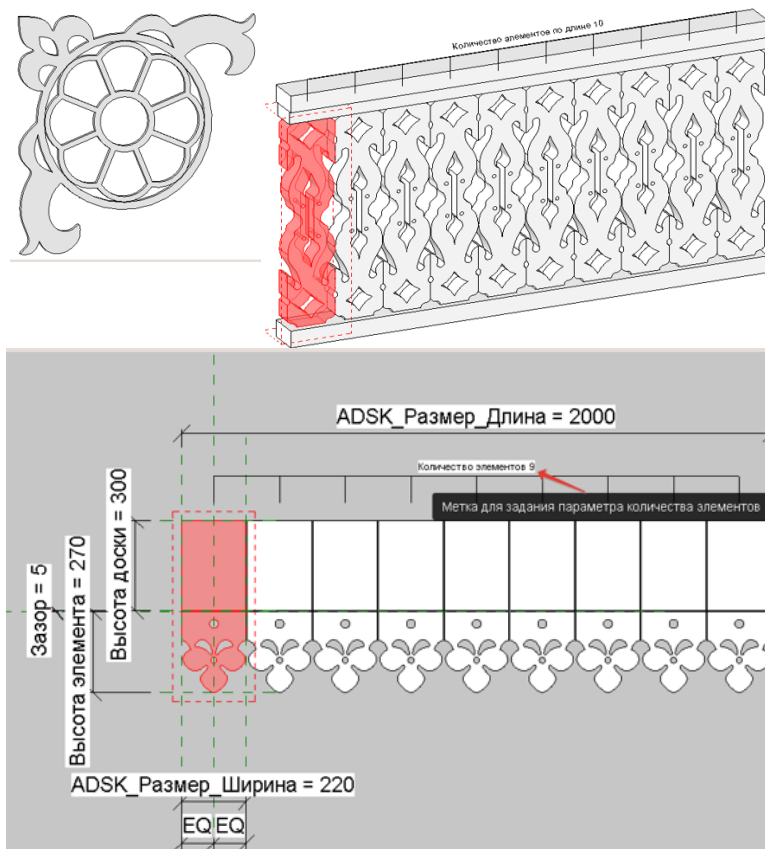


Рис. 4. Одиночный элемент и массивы повторяющихся деталей

Уникальность архитектурному стилю придают такие элементы, как фантазийные детали оформления фасада и крыши, балконы, эркеры, фронтоны, окна и их обрамление, форма проёмов, и многое другое.

Проёмы декоративной формы создаются по категории семейства «Метрическая система, окно». Геометрия проёма доводится до желаемой

формы, при необходимости добавляется обрамление как элемент выдавливания, а остекление не добавляется. Добавив в семейство изменяемые параметры и зависимости, можно при вставке в проект менять его размеры.

Для создания окна добавляется стекло как элемент выдавливания, а затем – декоративные накладные элементы (рис. 5).



Рис. 5. Модели окон в готическом, мавританском и романском стилях

Свою нишу занимает моделирование резного декора окон в деревянном зодчестве (рис. 6).

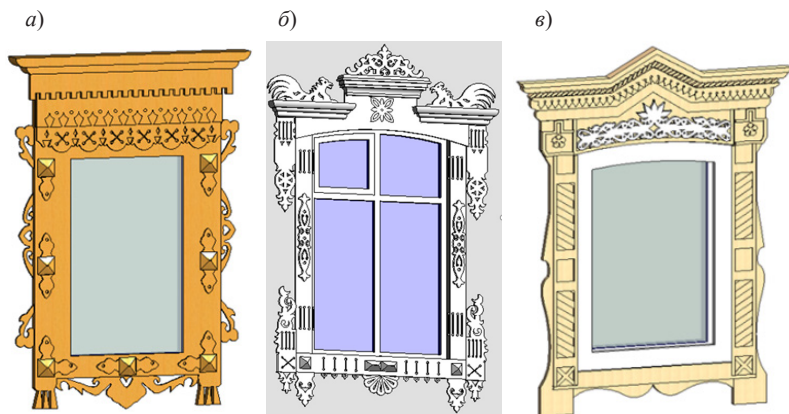


Рис. 6, начало. Модели окон, характерных для Южного Урала (а, б); Поволжья (в)

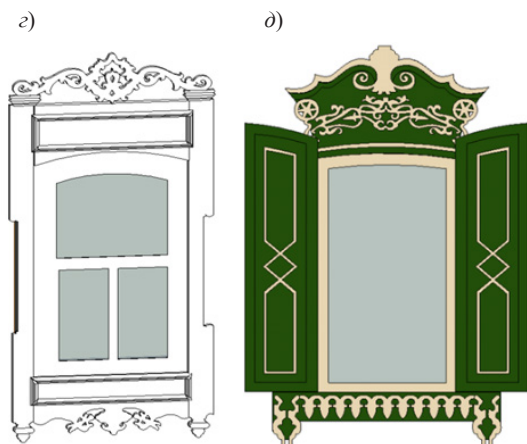


Рис. 6, *окончание*. Модели окон, характерных для Сибири (а, б)

Модели дверей (а также – пустые декоративные проёмы) создаются на основе категории семейства «Метрическая система, дверь» (рис. 7). Процесс моделирования аналогичен созданию окон.



Рис. 7. Примеры моделей дверей в восточном стиле

В ландшафтном дизайне широко применяются малые архитектурные формы – например, павильоны и беседки, многие из которых без преувеличения можно назвать архитектурными шедеврами. Для восточной культуры характерны питьевые фонтаны и фонтаны омовения – красиво украшенные беседки с кранами, имеющие не только декоративное назначение как украшение ландшафта, но и функциональное. Модели

этих объектов – более сложные семейства, чем ранее рассмотренные, их удобно создавать на основе категории «Метрическая система, антураж» (рис. 8).



Рис. 8. Модели фонтана Ахмеда III (фонтан Палача) и Немецкого фонтана (Стамбул)

Для зданий, относящихся к категории кирпичных особняков, характерной чертой является объёмный декор фасадов. Это карнизы, межэтажные пояса, наличники, полуколонки и многое другое. Такие элементы удобно моделировать как семейства категории «... типовая модель на основе грани» с последующим наложением на плоские грани стены (рис. 9).

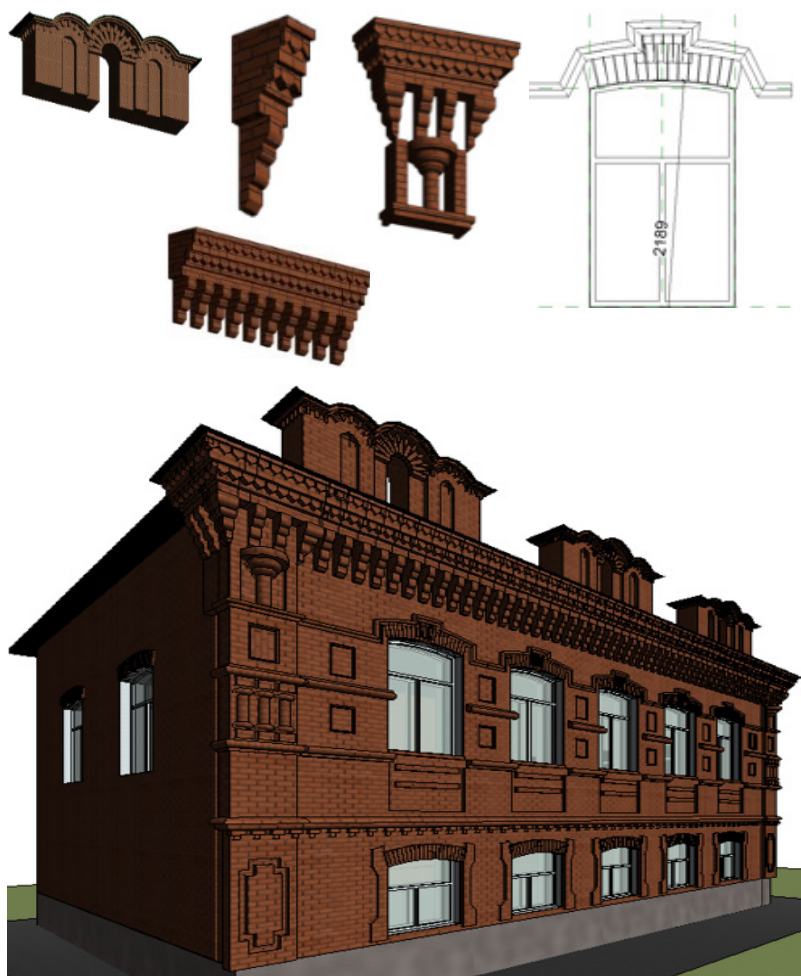


Рис. 9. Моделирование элементов оформления фасада кирпичного особняка по ул. Ядринцевская, 25, в Новосибирске

Для моделирования геометрии нестандартных элементов и размещения их на модели можно применять среду визуального программирования Дупато (рис. 10). Показан скрипт, с помощью которого объекты размещаются в модели.

Ещё одним современным методом моделирования нестандартных зданий и сооружений является применение формообразующих элементов, по граням которых создаются стены, крыши и перекрытия. Используя семейства формообразующих, можно многократно применять их для моделирования кривых стен, или плоских стен сложного профиля с проёмами декоративной формы (рис. 11).

К формообразующим, как и к семействам, можно применять изменяемые параметры, что позволит использовать в одном или нескольких проектах одну и ту же геометрию, но с разными соотношениями размеров.

Современные технологии параметрического моделирования имеют все возможности для проектирования сооружений любой сложности, а также – для воссоздания памятников архитектуры. Развивающиеся возможности 3D печати позволяют реализовать проекты любой сложности.

В статье использованы модели, созданные студентами НГАСУ Валерией Нугумановой, Солмоном Назриевым, Натальей Романенко, Ириной Сафроновой, а также доцентом кафедры ИСТ Н. В. Бессоновой.



Рис. 10, начало. Фото особняка Иконниковой по ул. Чаплыгина, 36, в Новосибирске

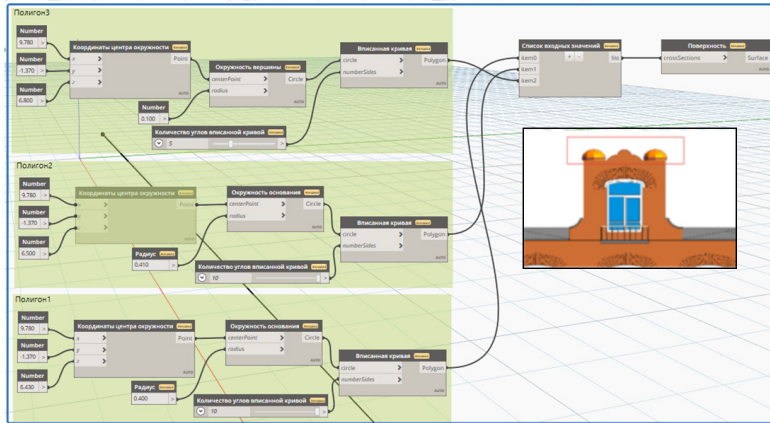
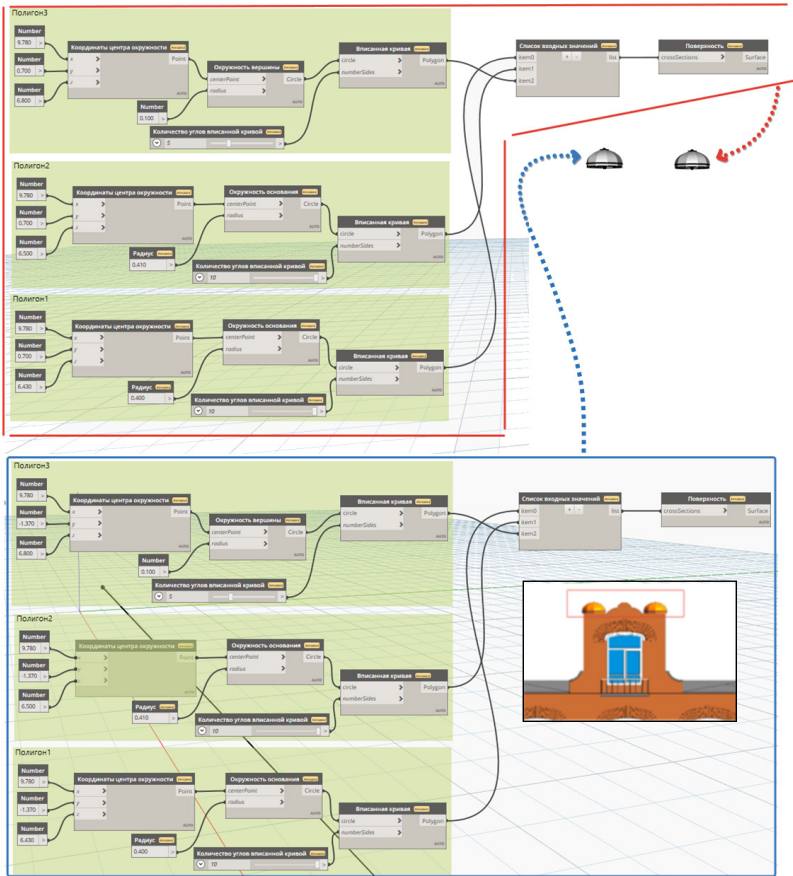


Рис. 10, окончание. Процесс моделирования фасада особняка Иконниковой по ул. Чапыгина, 36, в Новосибирске с использованием Дупато

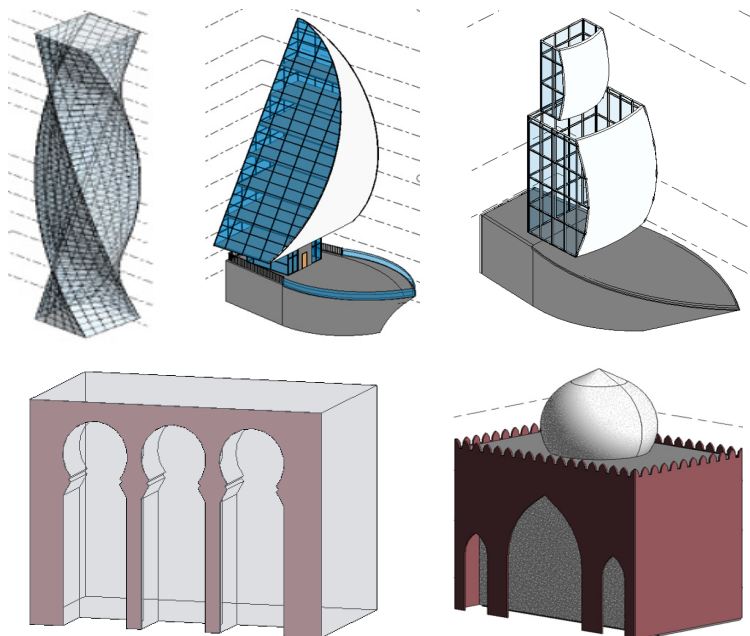


Рис. 11. Стены по граням формообразующих

Литература

1. Голдберг Э. Revit Architecture 2009/2010. Самоучитель по технологии BIM: перевод с англ. Талапова В.В. М.: ДМК Пресс, 2010. 472 с.
2. Талапов В.В. Технологии BIM в России. Зашиверская церковь. Электронный ресурс. URL: https://www.cadmater.ru/magazin/articles/cm_61_18.html (дата обращения: 02.03.2022).
3. Бессонова Н.В., Маркелова А.А. Методы информационного моделирования уникальных зданий и форм в среде Autodesk Revit Architecture: РНСК-2020, тезисы / секция «Математическое моделирование и программирование». Новосибирск: НГАСУ, 2020. С. 21–22.
4. Бессонова Н.В., Ювенко Д.С. Возможности моделирования металлического декора для архитектурных объектов в Autodesk Revit Architecture // Аллея науки. 2018. Т. 2, № 6(22). С. 1028–1042.
5. Бессонова Н.В., Ромм А.В. Современные BIM технологии в сохранении традиций деревянного зодчества: РНСК-2020, тезисы / секция «Математическое моделирование и программирование». Новосибирск: НГАСУ, 2020. С. 23–25.
6. Козлова Т.И., Талапов В.В. О методике применения BIM в моделировании памятников архитектуры. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-metodike-primeneniya-bim-v-modelirovanii-pamyatnikov-arhitektury> (дата обращения: 02.03.2022).

УДК 721.011

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.016

Гусева Анна Сергеевна, магистрант

(Казанский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: ann.boltayeva@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3150-8790

Ахтямов Ильнар Ингельевич, доцент

(Казанский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: e.achti@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4804-8260

Ахтямова Резеда Хакимовна, старший преподаватель

(Казанский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: rezeda.akhtiamova@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0578-8485

Guseva Anna Sergeevna, Master's degree student
(Kazan State University of Architecture and Engineering)
Akhtiamov Inar Ingelievich, Associate Professor
(Kazan State University of Architecture and Engineering)
Akhtiamova Rezeda Khakimovna, Senior Lecturer
(Kazan State University of Architecture and Engineering)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО
ИНФОРМАЦИОННОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ОБМЕНА МЕЖДУ ЗДАНИЕМ И ГОРОДСКОЙ СРЕДОЙ
НА ПРИМЕРЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТА
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА**

**MODELING AN EFFECTIVE INFORMATION AND ENERGY
EXCHANGE BETWEEN A BUILDING AND THE URBAN
ENVIRONMENT ON THE EXAMPLE OF A CONCEPTUAL
PROJECT OF A RESEARCH INSTITUTE**

Для эффективного использования технологий устойчивого развития необходим комплексный подход к моделированию информационного и энергетического обмена между зданием и средой: на уровне организационной модели, качественных параметров и количественной оценки. В статье, во-первых, предложена новая модель интеграции научно-исследовательского института в городскую застройку. НИИ не только с минимальным углеродным следом использует природные ресурсы, но и улучшает качество городской среды благодаря наглядным технологическим процессам и частичной открытости городу в качестве рекреации. Во-вторых, произведена качественная оценка устойчивости архитектурных и градостроительных решений НИИ по стандарту LEED. В-третьих, эффективность одного

из энергосберегающих параметров смоделирована и доказана количественно, что подтверждает преимущества комплексного подхода на этапе проектирования.

Ключевые слова: информационный обмен, параметризация, городская среда, энергоэффективность, LEED.

Effective use of sustainable development technologies requires an integrated approach to modeling the information and energy exchange between the building and the environment, featuring an organizational structure, qualitative parameters, and quantitative assessment. In the article, firstly, a new model of a research institute, integrated in the urban environment, is proposed. The institute not only uses natural resources with a minimal carbon footprint, but also improves the urban environment quality, thanks to its visual technological processes and its partial openness to the city as a recreation. Secondly, a qualitative sustainability assessment of the institute's architectural and urban planning solutions is conducted, according to the LEED standard. Thirdly, the building's one energy-saving parameter is modeled and quantitatively proven effective, which confirms the advantages of an integrated approach at the design stage.

Keywords: information exchange, parametrization, urban environment, energy efficiency, LEED.

BIM-среда позволяет моделировать, как проектируемый объект действует информацию и ресурсы окружающей среды в процессе строительства и эксплуатации. Если взаимодействие объекта со средой заложено в его организационную и архитектурно-технологическую модель, то сама структура и облик здания демонстрируют посетителям преимущества устойчивого развития, делая здание энергетически автономным и привлекательным для горожан. Так, предлагается новая организационная модель научно-исследовательского института (рис. 1), который становится городским центром инноваций, новым местом работы и досуга, а также катализатором улучшения качества среды.

Так, в новом НИИ эко-технологические системы интегрированы в архитектуру не только для комфортной рабочей среды, но и для сбора климатических данных и их дальнейшего исследования. Подобная стратегия уже внедрена в исследовательские центры городской среды в США [1] и Великобритании [2]. Фасады и внутреннее пространство НИИ демонстрируют новейшие эко-технологические разработки в действии, максимально используя ресурсы территории, как естественное освещение и ветер, для достижения визуального эффекта и оптимального микроклимата (см. табл.). Комплекс энергосберегающих решений повышает автономность института. Архитектурные и градостроительные решения института (рис. 2) проявляют его принципы деятельности, заложенные в организационной модели, и имеют высокую энергоэффективность (см. табл.) по стандарту LEED [3].

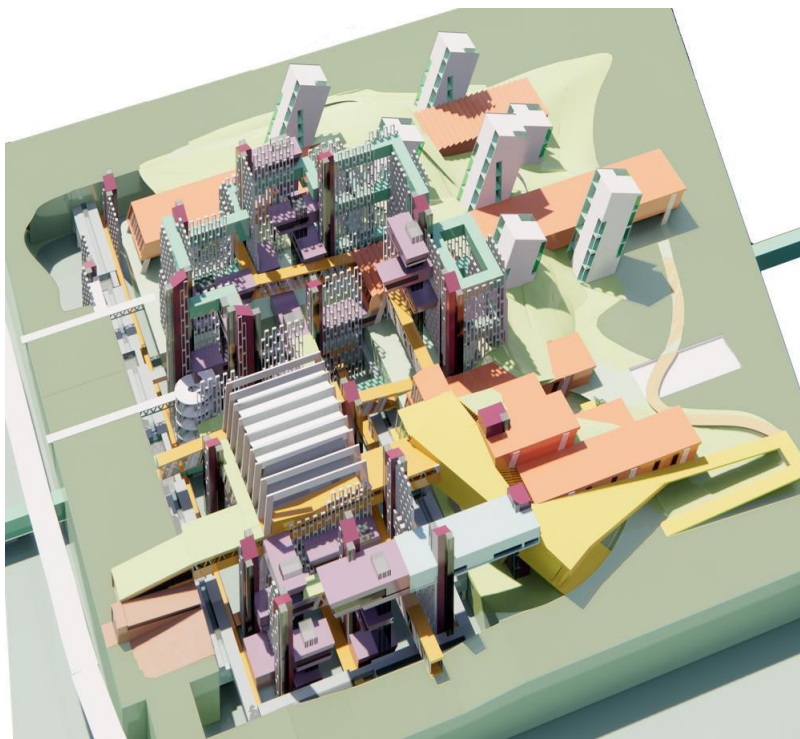


Рис. 1, начало. Визуализация новой организационной модели НИИ

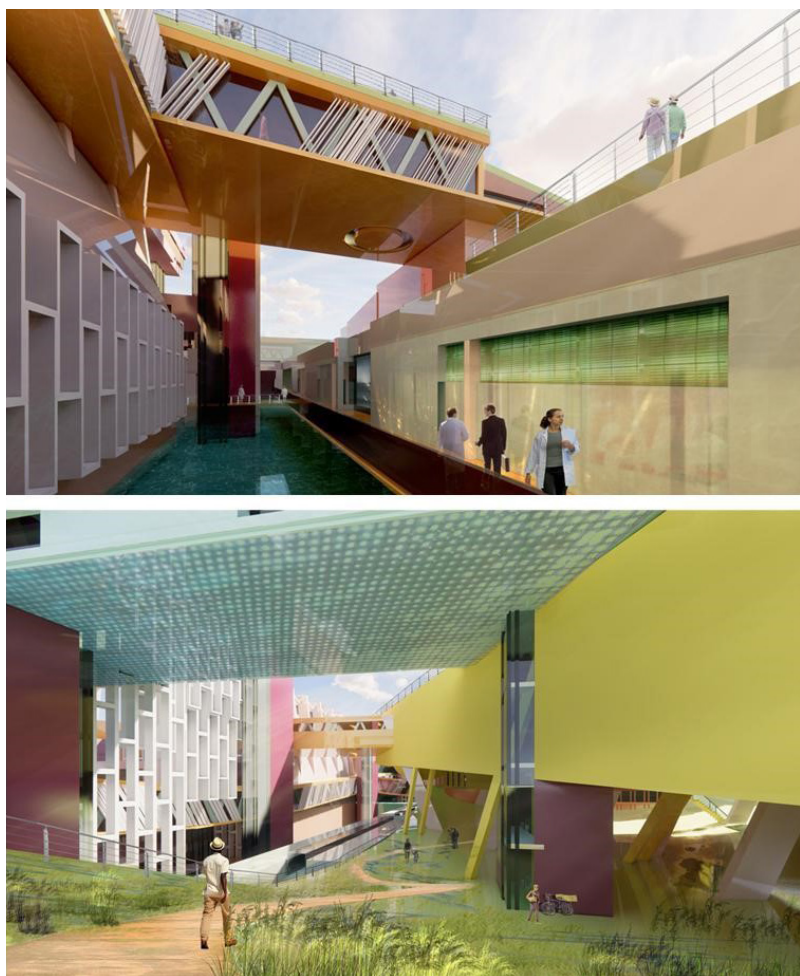


Рис. 1, окончание. Визуализация новой организационной модели НИИ

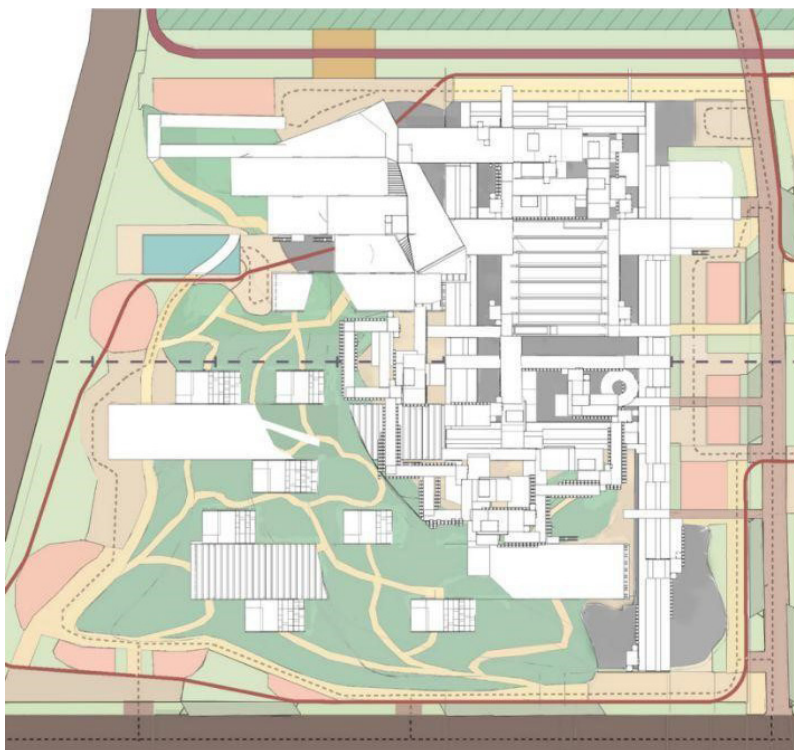


Рис. 2, начало. Схема генерального плана НИИ



Рис. 2, окончание. Схема водохранилищ и системы водоснабжения

Качественные параметры эффективного информационного и энергетического обмена проектируемого комплекса зданий

Категория LEED [3]	Параметры концептуального проекта НИИ
Экологически устойчивые площадки застройки	Удобная логистика по транспортным артериям (магистраль и бульвар) при строительстве и эксплуатации. Преобразование одностороннего проезда с трамвайной веткой в озелененный бульвар. Крытые павильоны заглубленных парковок с эксплуатируемой зеленой кровлей на месте открытых асфальтовых парковок уменьшают тепловой остров [4]. Компактная площадь застройки за счет многоуровневого рельефа. Открытые зоны зеленого холма как общественная рекреация для жителей прилегающих районов. Снижение ветровой нагрузки на конструкции внутри каркасной техно-оболочки.

Окончание таблицы

Категория LEED [3]	Параметры концептуального проекта НИИ
Эффективность водных систем	Естественное орошение зеленого холма и сток дождевой воды в водохранилища в зоне пониженного рельефа, дополнительное очищение и фильтрация воды с помощью элементов био-плато на холме [4]. Единая автономная спринкерная система пожаротушения комплекса, связанная с водохранилищами и каналами водоотведения зданий. Защита от подъема грунтовых вод с помощью водохранилищ. Наружная вентиляция как ресурс влаги и ветра для получения дополнительной электроэнергии, увлажнения воздуха и поддержания зеленого фасада. Естественный сток воды с наклонных сегментов покрытия эксплуатируемых кровель.
Энергия и окружающая среда	Оптимальный угол наклона солнечных панелей на кровлях для захвата максимального количества солнечных лучей в летнее время [5]. Повышенная эффективность солнечных батарей на рельефных зеленых кровлях [6]. Генерация электричества и тепла с помощью облицовки фасадов панелями по PVT технологии [7, 8]. Генерация электроэнергии по пьезоэлектрической технологии из ветровых потоков [9], проходящих сквозь каркасную техно-оболочку комплекса. Пьезоэлектрическое покрытие [10] на техническом проезде, пешеходных дорожках и внутри помещений.
Строительные материалы и ресурсы	Баланс земляных масс для устройства озелененного рельефа территории (открытые подземные водохранилища и насыпной холм). Обогащение верхнего растительного слоя на насыпном холме уменьшает эрозию почвы и повышает биоразнообразие территории [4]. Клееная древесина в конструкции покрытий как возобновляемый ресурс. Оптимальные габариты сборных конструктивных элементов для местного производства деталей и их транспортировки к площадке.
Качество экологии в здании	Шумоизоляция помещений от транспортных магистралей насыпным рельефом [4]. Наклонная зеленая кровля на террасах как рекреация [11] и путь эвакуации по зеленому холму с допустимым уклоном. Умеренный рассеянный свет в рабочих пространствах внутри каркасной техно-оболочки комплекса [12]. Сбалансированный микроклимат лабораторий и хранилищ в пониженном рельефе. Безопасная система передачи и хранения информации посредством внешней каркасной техно-оболочки комплекса. Цветовые решения фасадов и интерьеров соответствуют функциональному назначению блоков [12].

Успешность комплексного подхода к моделированию информационного и энергетического обмена доказывают количественные показатели, как расчет эффективности пьезоэлектрических панелей [10] в напольных покрытиях института.

Благодаря данной технологии пользователи за счет перемещений по зданию генерируют электроэнергию для частичного обеспечения работы оборудования. Для анализа выбран 3-уровневый административных блок проектируемого института (рис. 3).

Количественная оценка проведена в 5 этапов.

Во-первых, проанализированы количество и характеристики оборудования в проектируемом административном блоке (освещение, компьютерная техника, кондиционирование) и требуемая мощность для его обслуживания. Так, мощность компьютерных и осветительных приборов умножены на их количество в данном блоке, а среднее количество посетителей умножено на тепловое излучение человека для приближенного вычисления требуемой мощности кондиционирования. В сумме получена общая требуемая мощность 13852000 Вт/день.

Во-вторых, проанализирована интенсивность движения пользователей в пределах рассматриваемого блока, для определения наиболее используемых участков (рис. 3) с помощью параметрической программы SimWalk [10]. Так выявлено среднее количество шагов в определенных частях административных помещений в течение дня. В-третьих, подобрана оптимальная модель пьезоэлектрических панелей (марок Pavegen и Waynergy) в результате сопоставления продуктов [10] по габаритам, стоимости, сроку эксплуатации и мощности.

На следующем этапе разработана сеть напольных пьезоэлектрических панелей, где минимальное число панелей используется для максимальной выработки энергии в местах наибольшей интенсивности потоков людей. В результате умножения средней мощности панелей на количество шагов в интенсивных участках движения людей получена средняя генерируемая мощность 8049755 Вт/день. Таким образом, соотношение вырабатываемой сетью пьезоэлектрических панелей мощности и требуемой мощности для обслуживания административного блока составляет в среднем 58,1 %. Следовательно, нагрузка на городские электрические сети снижена на 40 %, что в течение срока эксплуатации панелей окупает затраты на их установку, а также повышает энергоэффективность комплекса.

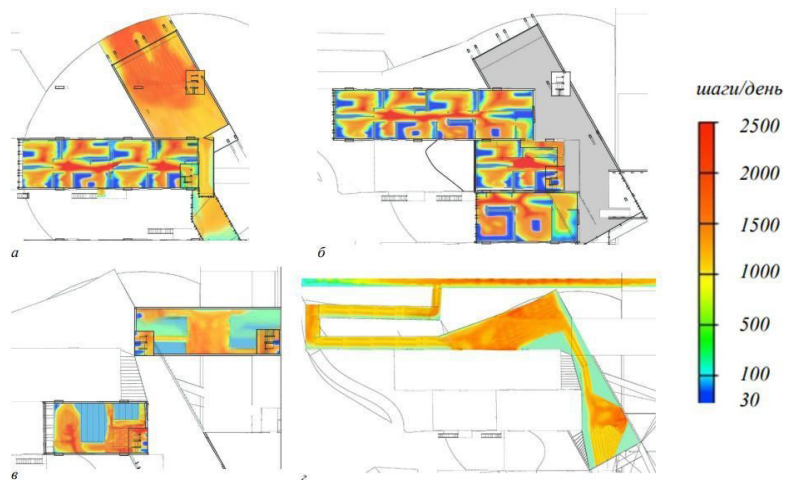


Рис. 3. Анализ интенсивности движения в 3-уровневом административном блоке с эксплуатируемой кровлей и пандусом

Таким образом, комплексное моделирование информационного и энергетического обмена от организационной модели до детальных технологических показателей повышает эффективность проектируемого здания. Пространственные и технологические решения нового НИИ позволяют максимально использовать природные ресурсы территории для комфортного микроклимата, а также для дальнейших исследований устойчивого городского развития. Уникальная архитектурная среда НИИ демонстрирует актуальные эко-технологические разработки в действии, вдохновляя посетителей на эксперименты со средой. Универсальные проектные решения способны адаптироваться к изменениям в работе НИИ, например, к переходу на новые природные методы работы с информацией.

Литература

1. Хутман Т., Окада Д., Плесс Ш., Шеппи М., Торцеллини П. Офисное здание с нулевым потреблением энергии // Здания высоких технологий. 2015. № 3. С. 14–28. URL: http://zv.abok.ru/upload/pdf_articles/261.pdf (дата обращения: 12.03.2022).
2. Urban Sciences Building, Newcastle University. The living laboratory. URL: <https://www.hawkinsbrown.com/projects/urban-sciences-building-newcastle-university1> (дата обращения: 30.03.2021).
3. Стандарт LEED. Совет по экологическому строительству США. URL: <https://www.usgbc.org/leed> (дата обращения: 15.03.2022).

4. Корендяева Е.В. Экологические аспекты управления городом. М.: МГУУ Правительства Москвы, 2017. 140 с.
5. Куприянов В.Н. Климатология и физика архитектурной среды. М.: Изд-во АСВ, 2016. 194 с.
6. Почему зеленые крыши – лучшее место для солнечных батарей? URL: <https://archi.ru/tech/83607/pochemu-zelenye-kryshi-luchshee-mesto-dlya-solnechnykh-batarei> (дата обращения: 15.02.2022).
7. Chel A., Kaushik G. Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building // Alexandria Engineering Journal. 2018. Vol. 57. P. 655–669. DOI: 10.1016/j.aej.2017.02.027.
8. Nagy Z., Svetozarevic B., Jayathissa P., Begle M., Hofer J., Lydon G., Willmann A., Schlueter A. The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes // Frontiers of Architectural Research. 2016. Vol. 5. P. 143–156. DOI: 10.1016/j.foar.2016.03.002.
9. Büyükkeskin I., Tekin S.A., Gurel S., Genc M.S. Electricity Production from Wind Energy by Piezoelectric Material // International Journal of Renewable Energy Development. 2019. Vol. 8, No. 1. P. 41–46. DOI: 10.14710/ijred.8.1.41-46.
10. Elhalwagy A.M., Ghoneem M.Y.M., Elhadidi M. Feasibility Study for Using Piezoelectric Energy Harvesting Floor in Buildings' Interior Spaces // Energy Procedia. 2017. Vol. 115. P. 114–126. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.05.012.
11. Зачем Москве зеленые кровли. Исследование КБ Стрелка. URL: <https://media.strelka-kb.com/green-roof> (дата обращения: 15.03.2022).
12. Дерибере М. Цвет в деятельности человека. М.: Стройиздат, 1964. 342 с.

УДК 721.021

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.017

Епишкин Александр Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: epishkin@mail.ru, *ORCID:* 0000-0002-8890-1406

Курмелев Даниил Алексеевич, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: daniilkurmelev@gmail.com

Иванов Александр Дмитриевич, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: hcsasha@gmail.com

Epishkin Aleksandr Evgenevich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Kurmelev Daniil Alekseevich, Master's degree student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Ivanov Alexander Dmitrievich, Master's degree student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ПРИМЕНЕНИЕ ВІМ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

APPLICATION OF BIM TECHNOLOGIES FOR MODELING LIGHTNING PROTECTION SYSTEMS

С 1 января 2022 года ведение и формирование информационной модели объекта капитального строительства становится обязательным в соответствии с постановлением правительства Российской Федерации № 331, следовательно, проектная документация на объект капитального строительства должна быть реализована в специальном программном комплексе, который позволит реализовать проектные решения в информационной среде и создать как цифровую модель здания, так и модель различных инженерных систем. В данной статье рассматривается возможность применения ВІМ-технологий для моделирования систем молниезащиты в Autodesk Revit, на примере подготовленных решений от производителя электротехнической продукции ОВО Bettermann.

Ключевые слова: Autodesk Revit, цифровая модель строительства, молниезащита, заземление, ВІМ-проектирование, ОВО Bettermann.

From January 1, 2022, the maintenance and formation of an information model of a capital construction object becomes mandatory in accordance with the decree of the Government of the Russian Federation No. 331, therefore, the design documentation

for the capital construction object must be implemented in a special software package that will allow implementing design solutions in the information environment and creating both a digital model of the building and a model of various engineering systems. This article discusses the possibility of using BIM technologies for modeling lightning protection systems in Autodesk Revit, using the example of prepared solutions from the manufacturer of electrical products OBO Bettermann.

Keywords: Autodesk Revit, digital construction model, lightning protection, grounding, BIM design, OBO Bettermann.

Ежегодно удары молнии и перенапряжения создают угрозы и наносят ущерб людям, животным и имуществу. Возникают огромные материальные потери, и эта тенденция только растёт. Выход из строя дорогостоящего электрооборудования приводит к экономическим потерям в промышленности, что касается защиты людей, то на законодательном уровне она регламентируется строительными нормами и правилами [1].

Основываясь на действующих нормах, можно определить необходимость молниезащитной системы. Дополнительно можно даже сопоставить экономическую эффективность установки без защиты и с повреждениями, с одной стороны, и расходы на систему защиты, позволяющую предотвратить ущерб, с другой стороны, например, медицинское оборудование, устанавливаемое на центр протонно-лучевой терапии, обходится в разы дороже, чем установка системы молниезащиты, которое может не единожды спасти оборудование от импульсного перенапряжения, а также защитить человека от поражения электрическим током.

Сегодня преимущества BIM-технологий не подвергаются никакому сомнению. Возможности Autodesk Revit предоставляют инженерам неограниченные возможности детального 3D-моделирования, визуализации, сохранения большого объема данных и максимальной мобильности. Данная статья является продолжением работы кафедры электроэнергетики и электротехники, посвященных применению BIM-технологий в электрообеспечении [1].

При анализе возможности моделирования систем молниезащиты в BIM был использован опыт компании ОБО Беттерманн, работающей в области проектирования объектов и внедрения технологии информационного моделирования зданий и сооружений (BIM) [2]. Специально для компаний, использующих технологии информационного моделирования зданий и сооружений (BIM), в компании ОБО Беттерманн разработаны следующие материалы:

– готовый шаблон для разработки BIM-модели и выпуска проектной документации раздела «Молниезащита и заземление» на стадиях П и РД;

- удобный функционал для визуального отображения зоны защиты выбранного молниеприемного оборудования;
- скрипт для автоматической расстановки соединителей и держателей проводников;
- скрипт для расчета сопротивления горизонтального заземлителя, вертикального заземлителя и общего сопротивления заземляющего устройства;
- детальное руководство пользователя, обучающие видео ролики по работе в системе Autodesk Revit.

Авторами статьи была спроектирована система молниезащиты и заземления для медицинского центра в Нижнем Новгороде (рис. 1).

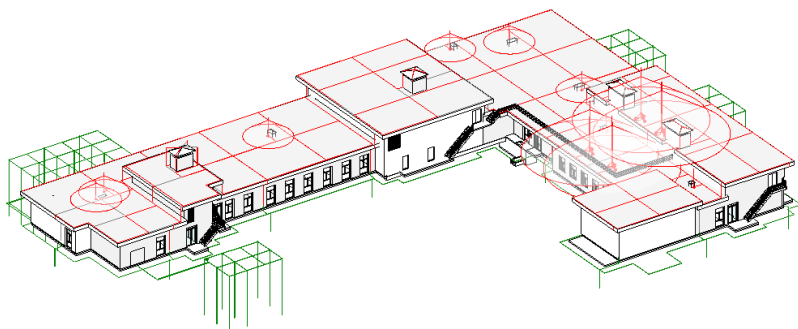


Рис. 1. Выполненный в ВМ проект молниезащиты и заземления

Для построения системы молниеотводов использовались заранее настроенные типы плоских и круглых проводников с установкой соединителей в местах пересечения (рис. 2).

Все выбранные и смоделированные элементы автоматически попадают в спецификацию оборудования.

Молниеприемное устройство (молниеприемник) является составной частью системы внешней молниезащиты и выполняет функцию улавливания молний. Молниеприемное устройство может быть выполнено в виде молниеприемного стержня или молниеприемной сетки [3].

В каждом семействе молниеприемника предусмотрена возможность посмотреть его область защиты (рис. 3). Активировать данную функцию можно, выбрав параметр «Видимость тела защиты». Зона защиты молниеприемника строится на основе формулы в соответствии с [5].

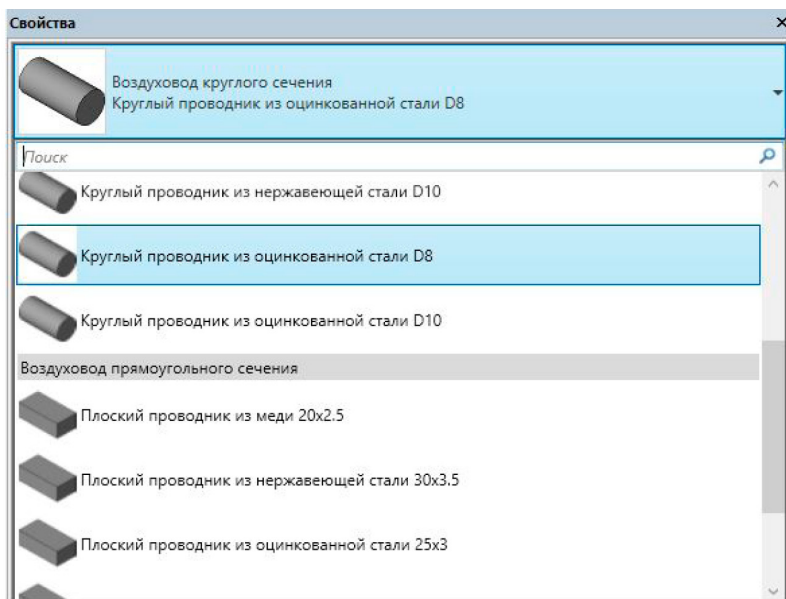


Рис. 2. Выбор типов проводников

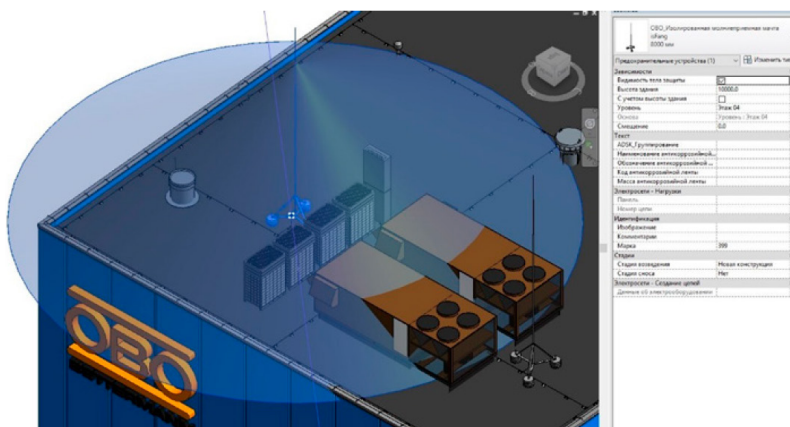


Рис. 3. Пример отображения зоны защиты молниеприемного устройства

Молниеприемная сетка – это тип молниеприемного устройства, представляющий собой металлический проводник, уложенный на кровлю здания с определенным шагом ячейки в зависимости от категории молниезащиты объекта. Шаг ячейки молниеприемной сетки регламентируется нормативными документами [4, 5].

Для моделирования молниеприемной сетки применялся инструмент «Воздуховод» (рис. 4).

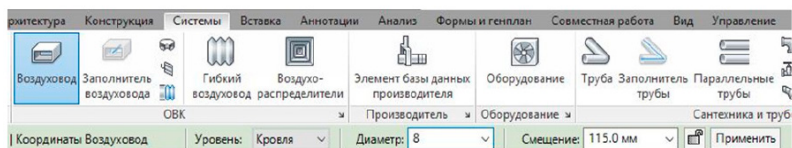


Рис. 4. Инструмент «Воздуховод» для создания молниеприемной сетки

При подключении молниеприемника к молниеприемной сетке происходит автоматическое размещение соединительных элементов (рис. 5).

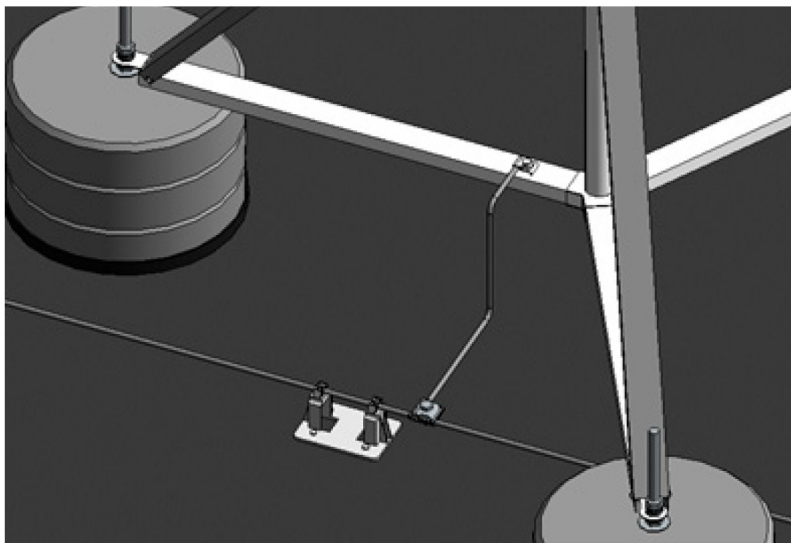


Рис. 5. Подключение молниеприемника к сетке

Существует возможность автоматической расстановки держателей, для этого в программе Dymato во вкладке «Управление» (рис. 6) необходимо открыть подготовленный скрипт «ОВО_Расстановка креплений».

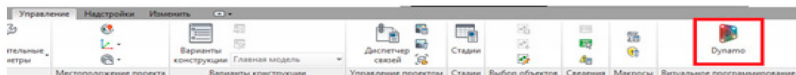


Рис. 6. Инструмент «Воздуховод». Вкладка «Управление»

По результату исполнения скрипта будут крепления в зависимости от ориентации проводника (вертикальный/горизонтальный), либо от заданного типа крепления (рис. 7).

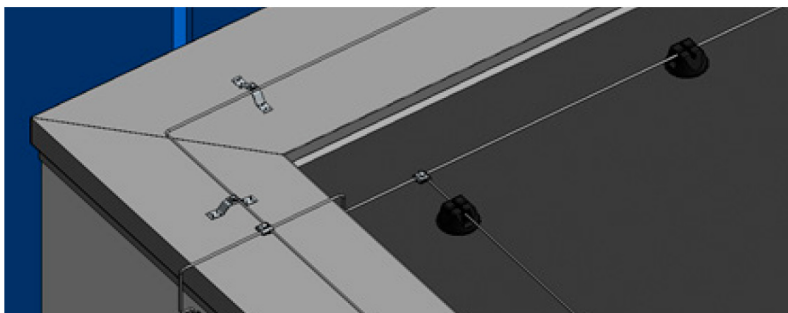


Рис. 7. Расставленные держатели проводников

В шаблоне загружены марки для всех категорий оборудования: «Предохранительные устройства», «Воздуховоды», «Электрооборудование», «Соединительные детали воздуховодов», что позволило максимально быстро и эффективно оформить планы и листы документации. На рис. 8 представлены примеры маркировки элементов системы внешней молниезащиты.

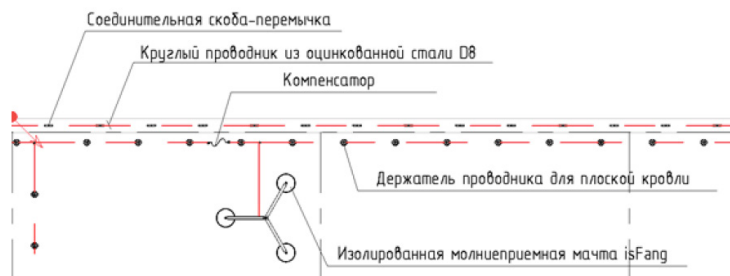


Рис. 8. Пример маркировки элементов системы молниезащиты

Для каждой категории оборудования созданы и настроены «Спецификации», которые будут заполнены автоматически (рис. 9).

Преимущества использования заранее заготовленного шаблона для моделирования системы молниезащиты с помощью Autodesk Revit очевидны, время выполнение проекта молниезащиты существенно снижается, наглядность визуализации зон защиты молниеприемников позволяет проектировщику оценить защищенную область для установки оборудования, моделирование по заранее заготовленному производителем шаблону позволяет избежать ошибок при закладывании элементов системы в спецификацию, так как вся атрибутивная информация является актуальной, аксонометрические виды позволяют максимально наглядно представить свои решения перед заказчиком.

Недостатками применения ВМ-технологий при моделировании систем молниезащиты можно назвать нехватку обученных специалистов на данный момент, но с развитием данной технологии, появляются авторизированные обучающие центры, которые могут обучить специалиста в очном и дистанционном форматах, а также подтвердить его знания международным сертификатом.

Кроме рассмотренного решения ОВО Bettermann, компания DKC также предоставляет ВМ модели своей продукции в сфере молниезащиты, но для полноценного выпуска документации проектировщикам необходимы не только ВМ модели, но еще и подготовленный шаблон для эффективного оформления планов и составления спецификации. На данный момент полным комплексом инструментов обладает только ОВО Betterman.

Работа выполнена в рамках проекта ВМ-ICE (<https://bim-ice.com/>), финансируемого за счет средств гранта Программы ПС «Россия – Юго-Восточная Финляндия 2014-2020».

Поз.	Наименование и технические характеристики	Тип, марка, обозначение документа, описанное листа	Код пробурши	Поставщик	Ед. измерения	Количество	Масса 1 ед., кг	Примечание
Молниеотводы и заземление								
Крепежные элементы								
1	Сверление резьбой 18x2000 мм	TR 18 2M G	314106	"060 Белтерран"	шт	30		
2	Шуруп с шестигранной головкой 6x40 мм	HNKS 6x40 G	3188143	"060 Белтерран"	шт	150		
3	Труба без резьбы, диаметр 563,3000 мм	563M FT	2044559	"060 Белтерран"	м.	9		
Материалы для молниеотводов и заземления								
1	Круглый профиль из оцинкованной стали, диаметр 8 мм	80 8-FT	5021081	"060 Белтерран"	м.	1625		
2	Цинк-содержащий держатель круглого профильной диаметром 8-10 мм	165 M6S-8-10	5218100	"060 Белтерран"	шт	1625		
3	Соединитель Угел для Ветрога монтажа круглых профилей	249 8-10 ST	5315300	"060 Белтерран"	шт	400		
4	Диаметр 8-10 мм							
4	Коннектор	172 AR	5218926	"060 Белтерран"	шт	25		
5	Держатель профиля коньковый	132 P VA	5302590	"060 Белтерран"	шт	20		
6	Держатель профильной 8 мм для черепицы, шиферной и фольгофаной	159 VA-V	5217075	"060 Белтерран"	шт	20		
7	Молниезащитный стержень 3 м	101 VL3000	5407889	"060 Белтерран"	шт	11		
8	Оребрение молниезащитного башенки	F-FIX-16	5403200	"060 Белтерран"	шт	11		
9	Держатель дисперсионный изоляционный	ISO-A-500	5408806	"060 Белтерран"	шт	11		
10	Молниезащитная накладка 8 м	101 3B-8000	5402880	"060 Белтерран"	шт	4		
11	Трехконный шпатель для молниезащитной накладки	16Fang 3B-150	5408969	"060 Белтерран"	шт	4		
12	Оребрение молниезащитного башенки	F-FIX-516	5403227	"060 Белтерран"	шт	60		
13	Рамка для башенки оребрения	F-FIX-816 3B	5403238	"060 Белтерран"	шт	20		
14	Шпатель для резки	16Fang 3B-64	5408905	"060 Белтерран"	шт	12		
15	Крепежный замок для профиля	249 8-10 ST-07	5316503	"060 Белтерран"	шт	4		
16	Держатель профиля диаметром 8-10 мм, оцинкованный	113 2B-10	5229860	"060 Белтерран"	шт	200		
17	Плоский профиль из оцинкованной стали, 10x4 мм	5152 DIN 4074	5109355	"060 Белтерран"	м.	800		
18	Борд надрезанная	311 M-ALU 8-10	3045256	"060 Белтерран"	шт	20		
19	Соединитель полка и профиля профильной	239 A VA	5336457	"060 Белтерран"	шт	16		
20	Сверление заземления олеах, диаметр 15 мм, диаметр 20 мм, оцинкованный	219 20 OHEX FT	5000107	"060 Белтерран"	шт	308		

Рис. 9. Пример спецификации

Литература

1. Епишкин А.Е., Калинин А.С. Проектирование систем электроснабжения в Revit. В сб.: ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы III Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 205–210. DOI: 10.23968/ВМАС.2020.026.
2. OBO Bettermann. Техническое руководство по проектированию молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений. Энциклопедия молниезащиты-2021. URL: <https://www.obocom.ru/catalogs/2018/Энциклопедия%20молниезащиты.pdf> (дата обращения: 26.02.2022).
3. Базелян Э.М. Азбука молниезащиты. М: «Знак», 2011. 192 с.
4. РД 34.21.122-87 «Инструкция по молниезащите зданий и сооружений».
5. СО 153-343.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».

УДК 004.942

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.018

Есауленко Игорь Васильевич, ведущий архитектор, ассистент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: eivspbgasu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8808-7459

Пастух Ольга Александровна, канд. архит., доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: gvolia@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8946-8547

Esaulenko Igor Vasilevich, Lead Architect, Assistant
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Pastukh Olga Aleksandrovna, PhD in Arch., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

К ВОПРОСУ О ЦИФРОВОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРЫ И ДИЗАЙНА ПРИ ИНТЕГРАЦИИ В BIM-МОДЕЛИ

THE ISSUE OF DIGITAL INTERACTION OF SPECIALISTS IN THE FIELD OF ARCHITECTURE AND DESIGN WHEN INTEGRATING BIM

Статья содержит анализ цифрового взаимодействия специалистов в области архитектуры и дизайна, основанный на личном опыте авторов в данной сфере. В ней авторы задаются вопросом устранения препятствий продуктивного сотрудничества специалистов данных областей в единой BIM-модели, а также о перспективах использования этой модели в процессе эксплуатации здания с постоянными корректировками на всем жизненном цикле объекта. Дается подробный разбор профессиональных ролей, цели и задач, степени ответственности специалистов при взаимодействии в единой BIM-модели. Сделаны выводы о наличии целого ряда нерешенных задач и расставлены акценты среди наиболее значимых и требующих первоочередного решения позиций в данной области.

Ключевые слова: цифровое взаимодействие, цифровая зрелость, единая BIM-модель, интеграция, архитектура, дизайн.

The article contains an analysis of the digital interaction of specialists in the field of architecture and design, based on the personal experience of the authors in this field. In it, the authors ask the question of removing obstacles to productive cooperation of specialists in these fields in a single BIM model, as well as the prospects for using this model in the operation of a building with constant adjustments throughout the life cycle of the object. A detailed analysis of professional roles, goals and objectives, the

degree of responsibility of specialists when interacting in a single BIM model is given. Conclusions are drawn about the existence of a number of unsolved tasks and accents are placed among the most significant and requiring priority solutions positions in this area.

Keywords: digital interaction, digital skills, common BIM model, collaboration, architecture, design.

Введение

Перед современным поколением специалистов в области архитектуры и дизайна поставлены задачи повышения «цифровой зрелости» при интеграции в BIM-проектировании, понимания дальнейших путей развития, осознания меры профессионального взаимодействия смежных отраслей и перехода на новый уровень реализации задуманного.

Впервые идеи о синхронизации и оптимизации работы многих специалистов в единой цифровой модели, близкие по подходу к BIM-проектированию, относятся к 1962 году и принадлежат Дугласу Карлу Энгельбарту. В своей работе «Усиление человеческого интеллекта: концептуальная основа» (Douglas Carl Engelbart, «Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework») он описал архитектора, заносящего данные (ведомости, спецификации и т. д.) в проект здания с последующим формированием структурированного объема, что отдаленно напоминает современное параметрическое моделирование. Само упоминание BIM-технологий появилось уже в 1980-х годах, когда начал формироваться новый концептуальный подход BIM – Building Information Model (информационная модель здания) – трехмерная модель строительного объекта, связанная с базой данных, через которую можно задать необходимые свойства и атрибуты.

Ключевая ценность данной концепции – единая рабочая модель, объединяющая в себе абсолютно всю информацию об объекте, что дает возможность эффективного взаимодействия разноплановых специалистов, сводя к минимуму риск ошибок.

На сегодняшний день сформирована обширная нормативная база по применению и разработке BIM-технологий, как отечественная, так и зарубежная.

Процесс внедрения данной технологии в производственный процесс проектирования происходит повсеместно через опыт непосредственной работы с моделью и ее «насыщения».

Начиная с 2019 г. в нашей стране разрабатывается проект документа «Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального

хозяйства Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [1]. Данный документ направлен на организацию продуктивного взаимодействия большого количества специалистов, стратегий, инициатив, планов, программ, целей, отраслей, а также прогнозов и показателей.

Согласно постановлению правительства Российской Федерации № 331 с 1 января 2022 года формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства становится обязательным для заказчика, застройщика, технического надзора, эксплуатирующей организации [2]. Исключением являются объекты капитального строительства, которые создаются в интересах обороны и безопасности государства.

Данное постановление четко закрепило направление развития цифровой зрелости специалистов и продвижения BIM-технологий проектирования в трехмерной среде. В связи с этим особый интерес представляет взаимодействие специалистов двух смежных направлений: архитектуры и дизайна.

Цифровое взаимодействие специалистов в данных областях взаимодополняющих друг друга при интеграции в BIM осуществляется на всех уровнях работы в единой модели: от процесса возведения здания с последующим введением в эксплуатацию до внедрения определенного набора характеристик и социально значимых качеств объекта строительства (рис. 1).

Целью данной работы является анализ профессионального цифрового взаимодействия смежных отраслей в рамках единой BIM модели.

Авторы ставят перед собой задачи выявить наиболее уязвимые и недостаточно проработанные вопросы, обосновать условия перехода на новый уровень реализации задуманного продуктивного взаимодействия творческого и инженерного начала при интеграции в единой BIM модели.



Рис. 1. Архитектурный проект с разработанной дизайн-концепцией общественных пространств здания коммерческого назначения с подземной автостоянкой и встроенной трансформаторной подстанцией в Санкт-Петербурге, по адресу Выборгский р-н, пр. Энгельса, дом 107, литер А.; коллектив архитектурной мастерской «АМЦ-ПРОЕКТ», 2019 г.; *a* – архитектурная концепция здания; *б* – дизайнерские решения по интерьерам и экстерьерам архитектурного объекта

Рассуждение

Работа над архитектурным проектом подразумевает колоссальный труд и взаимодействие огромного количества специалистов разных уровней и направлений. Однако, чем больше человек задействовано, тем

больше появляется факторов, допускающих внедрение ошибки, не всегда касающиеся уровня компетенций отдельного специалиста. Практическая деятельность показывает, что в данной области при внесении систематических изменений в отдельные части проекта, велика вероятность упущения деталей и нюансов, способных стать причиной фатальных ошибок. Это отражается на финансовых вложениях, увеличении трудозатрат, возмещении издержек с лиц, несущих материальную, административную и уголовную ответственность. Так работает классическая схема проектирования с двумерным построением чертежей, вне зависимости от способа реализации проекта: с привлечением любого программного обеспечения или с использованием ручной графики.

При переходе к совместной работе в цифровой среде рассматриваются различные сценарии взаимодействия специалистов в данной области.

По одному из этих сценариев предлагается запустить программы экспериментального внедрения BIM минимум на три или четыре аналогичных по составу и объему объекта. Это может дать возможность проанализировать взаимодействие коллектива и оценить его командность (сформировать модель совмещенных профессиональных компетенций), увязку нормативных документов и требований, отработать организацию взаимодействия заказчика со всеми участниками проектирования, подготовить кадры, провести исследования с последующим делением на уровни, отсекающие специалистов от модели. В результате, согласно данному сценарию, должно остаться два специалиста ответственных за BIM-модель на всех этапах жизненного цикла объекта строительства [3].

Технологические инструменты в виде программного обеспечения уже готовы, но не хватает специалистов, понимающих и готовых корректно пользоваться их. Часто оказывается, что главный архитектор проекта (далее ГАП) или главный инженер проекта (далее ГИП) с богатым профессиональным опытом не имеют достаточной квалификации в современных цифровых технологиях и ПО, а приглашать на такую ответственную должность человека с небольшим опытом строительные компании опасаются [4].

При создании проекта архитекторы учитывают ключевые факторы, влияющие на проектирование, но пока объект не начнет эксплуатироваться его модификации не остановятся, а на самом этапе эксплуатации могут возникать вопросы и ситуации, требующие повышенного внимания специалистов, осуществляющих авторский надзор. Прямой обязанностью проектировщика является грамотное составление проектной

и рабочей документации, умение считывать информацию со смежных разделов. Следовательно, в новой информационной среде необходимо научить будущих специалистов правильному построению такой базы данных, как BIM.

В условиях высокой цифровой зрелости специалистов и эффективного использования информационных технологий формируется высоко-профессиональная и высокоинтеллектуальная модель (рис. 2). Массив объекта включает в себя все сопутствующие разделы с графической и неграфической информацией, представляя собой цифровую модель, которая и будет задавать вектор на дальнейшее ее применение в режиме эксплуатации здания.

Деятельность архитектора и дизайнера играют ключевую роль при различных задачах в данном контексте. Архитектор создает пространство, включающее в себя: художественный образ; осязаемые объемы и формы; пространственные и структурные связи. Дизайнер наполняет это пространство объектами материальной среды, используя собственные компетенции в области синтеза разных стилей и направлений искусства, а также индивидуальное творческое осмысление проекта в рамках профессиональных компетенций с учетом требований заказчика.

Работа дизайнера имеет несколько возможных способов взаимодействия с архитектором, каждый из которых подразумевает определенные навыки владения разными программными пакетами: выпуск чертежей в 2D; работа в отдельной копии BIM-модели, не связанной с общей (обусловлено узкими профильными компетенциями); коллективная работа над всем объектом с несением полной ответственности между всеми участниками и взаимодействующими сторонами (может превратиться в серьезную проблему, если дизайнер не является частью творческого коллектива) [5].

При этом необходимо помнить, что отказ от участия в комплексном подходе любого из участников приводит к дублированию информации традиционным способом.

Стадии цифрового взаимодействия специалистов можно отобразить на уровнях взаимодействия в одной модели: нулевой и первый уровень ориентированы на проектирование в двумерном пространстве, начиная со второго уровня, мы можем получить цельную информационную модель, включающую в себя всю генерацию знаний и возможностей объекта проектирования. На третьем уровне при увеличении функциональности и интеграции интеллектуальными технологиями выстраивается «Умное здание» [6].

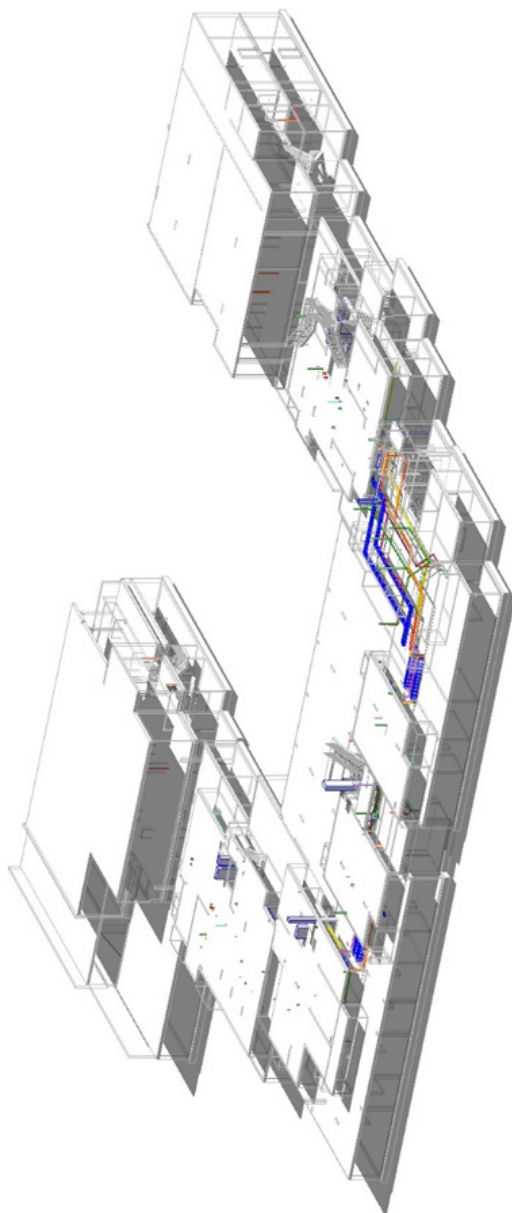


Рис. 2. Трехмерная модель здания с применением технологии BIM, разрабатываемая специалистами архитектурной мастерской «АМЦ-ПРОЕКТ», 2022 г.

Архитектор является гарантом коллаборации всех разделов и смежных областей строительства, обладая соответствующими навыками и компетенциями. Профессия дизайнера не предполагает столь обширных знаний. Деятельность специалистов в данной области является узкопрофильной и направлена на создание комфортной рабочей или жилой среды с учетом потребностей конкретного заказчика, индивидуального или корпоративного профиля.

Низкий уровень ответственности становится причиной безнаказанности некомпетентных специалистов в данной области. Известны случаи, когда дизайнеры интерьеров переходили допустимые рамки своей сферы деятельности, нарушая конструктивную схему, объемно-планировочную структуру здания, нанося тем самым непоправимый ущерб как материального, так и уголовного характера, подвергая угрозе жизнь и здоровье людей. К сожалению, по существующему законодательству РФ, они за свои действия ответственности не несут, зачастую вся вина ложится на ГАПа или ГИПа, основным аргументом против которых становится допущение ошибки, вероятность которых можно свести к минимуму при корректном цифровом взаимодействии специалистов разных профилей и компетенций в единой ВМ-модели.

В контексте взаимодействия специалистов двух смежных областей проектной деятельности с разным уровнем компетенций и ответственности авторы считают необходимым уделить особое внимание поиску решений по следующим остроактуальным направлениям:

- возможность совместной работы дизайнера и архитектора в единой ВМ-модели, не затрагивая сферу профессиональных знаний и навыков специалистов узкого профиля;
- разработка регламентов и ограничений по вносимым изменениям, алгоритмов и диапазона ответственности отдельных специалистов в единой ВМ-модели с учетом заложенных компетенций в области нормативной документации;
- устранение ограничений между опытными возрастными специалистами и юными сотрудниками с высокой цифровой грамотностью, но небольшим практическим опытом.

Выводы

Опираясь на статические данные, аналитические теоретические работы в данной области и личный опыт, авторы делают вывод о том, что максимальный эффект от цифрового взаимодействия специалистов в области архитектуры и дизайна в единой ВМ модели можно получить,

обеспечив комплексный подход процесса проектирования при условии устранения выявленных в данной аналитической работе проблем взаимодействия специалистов разного профиля и компетенций, с повышенным взаимодействием в области нормативной базы.

Качество профессионального взаимодействия в области архитектуры и дизайна основывается на цифровой и правовой зрелости специалистов смежных областей проектной деятельности при интеграции в единой BIM-модели.

Литература

1. Проект стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18723/> (дата обращения: 03.02.2022).
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 г. № 331. «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства». URL: <http://government.ru/docs/all/133174/> (дата обращения: 03.02.2022).
3. Зиганшин А.М., Зиганшин М.Г. Smart BIM в О и В. Информационное моделирование в отоплении и вентиляции = Smart BIM in HVAC. Information Modeling in Heating and Ventilation Systems. Казань: КГАСУ, 2019. 350 с.
4. Пастух О.А., Кураков А.Ю. Роль BIM-технологий в проектировании, строительстве и подготовке квалифицированных кадров. В сб.: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы III Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 344–354. DOI: 10.23968/BIMAS.2020.045.
5. Пиляй А.И. Измерения и уровни информационного моделирования строительного проектирования // Интернет-журнал Науковедение. 2017. Т. 9, № 6. С. 15.
6. Ледовских Л.И., Карпиняну Е. Нормативно-техническая база по применению BIM-технологии на начало 2021 года // Инженерный вестник Дона. 2021. № 5(77). С. 54–63.

УДК 624.07

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.019

Исупов Никита Сергеевич, магистрант

(Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина)

E-mail: isupovn98@gmail.com

Карманова Марина Михайловна, старший преподаватель

(Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина)

E-mail: m.m.karmanova@urfu.ru

Isupov Nikita Sergeevich, Master's degree student

(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)

Karmanova Marina Mikhailovna, Senior Lecturer

(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)

КОРРЕКТИРОВКА АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ DYNAMO

CORRECTION OF THE ANALYTICAL MODEL OF THE BUILDING USING DYNAMO

Существует большое многообразие программных комплексов для различных видов задач: для построения архитектурных моделей, для моделирования сетей, топографии, проектирования несущих конструкций, для расчетов этих конструкций и т.д., но нет ещё такого программного обеспечения, который бы обладал уникальным функционалом для всех разделов, чтобы не пришлось бы прибегать к стороннему софту. Частично эту проблему решают технологии BIM, позволяющие работать в одной или нескольких программах над одним проектом, разрабатывая разные разделы, но из-за этого возникает вопрос корректного взаимодействия и интероперабельности между ПО. В данной статье сформулированы рекомендации моделирования несущих конструкций в Revit для предотвращения ошибок при экспорте аналитической модели в расчетный комплекс, описана методика работы скрипта по исправлению аналитической модели.

Ключевые слова: Дупано, скрипт, аналитическая модель здания, физическая модель, визуальное программирование.

There is a wide variety of software packages for various types of tasks: for building architectural models, for modeling networks, topography, design of load-bearing structures, for calculations of these structures, etc., but there is still no such software that would have unique functionality for all sections, so that you would not have to resort to third-party software. BIM technologies partially solve this problem, allowing you to

work in one or more programs on one project, developing different sections, but because of this, the question arises of correct interaction and interoperability between software. This article formulates recommendations for modeling load-bearing structures in Revit to prevent errors when exporting an analytical model to a calculation complex, describes the methodology of the script to correct the analytical model.

Keywords: Dynamo, script, analytical model of a building, physical model, visual programming.

Во время перехода инженеров-конструкторов с САД-моделирования на BIM-моделирование произойдут существенные перемены: если раньше проектировщик создавал расчетную модель здания, а затем воплощал результаты в плоских чертежах, то сейчас придется реализовывать сразу 2 модели в разных ПО (расчетная модель и физическая модель), следовательно, увеличатся трудозатраты специалистов [1]. Целью работы является ускорение проектирования из-за уменьшения ручных корректировок аналитической модели здания.

Существует несколько способов расширения функционала работы BIM программ (скрипты, плагины, макросы), но опытные проектировщики с недоверием относятся к ним, т. к., с одной стороны, они позволяют ускорить рабочий процесс, но, с другой стороны – могут привести к проблемам разных категорий, например, некорректный экспорт аналитической модели здания в расчетный комплекс из-за отсутствия целостности модели [2].

К возможным проблемам экспорта можно отнести следующие моменты: разрывы в местах примыканий стен/колонн к перекрытиям (рис. 1), отсутствие аналитических моделей элементов, экспорт балки в расчетную модель пластинами, а не стержнем (рис. 2) [3]. Обозначенные проблемы не влияют на пересечение объемной геометрии конструкций в информационной модели, следовательно, их не отследить при проверке на коллизии, а возникают они из-за недочетов в построении информационной модели здания [4]. Указанные недочеты можно исправить при ручной корректировке элементов в расчетном комплексе, но это затруднительно при большом количестве обнаруженных ошибок, поэтому для их автоматического исправления был разработан скрипт в Dynamo версии 2.5.0.

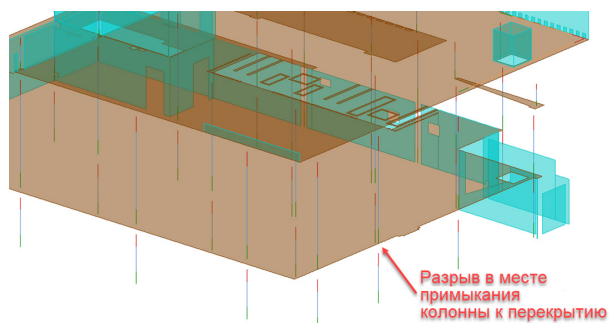


Рис. 1. Ошибка в узле примыкания аналитических моделей колонны и перекрытия

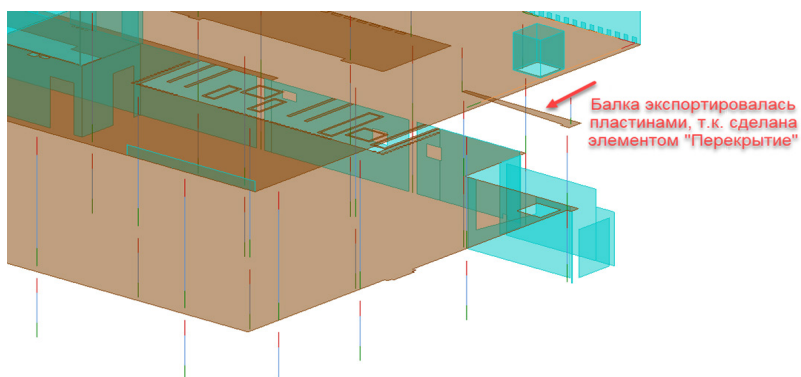


Рис. 2. Ошибка в экспорте аналитической модели балки

После анализа технологии экспорта аналитических моделей из Revit 2021 в ЛИРА-САПР 2016 удалось выявить и систематизировать некоторые недочеты, а также сформулировать рекомендации для корректного построения физической модели здания:

1. На отметке верха каждой плиты/балки перекрытия должен быть создан уровень, чтобы в параметре «Уровень» каждой плиты/балки было значение равное «0».

2. Балки перекрытия должны иметь категорию «Каркас несущий», в параметре «Рабочая плоскость» у них должен быть указан уровень, принадлежащий верхней отметке данной балки. Параметры «Смещение начального уровня» и «Смещение конечного уровня» равны «0».

3. Стены и колонны необходимо отсоединить от плит перекрытия при помощи инструмента «Отсоединить верх/основание».

4. В параметрах колонн «Базовый уровень» и «Верхний уровень» должны быть указаны уровни, принадлежащие нижней и верхней плите/балке.

5. Нижняя грань колонны должна совпадать с верхом нижней плиты/балки; верхняя грань колонны совпадает с низом верхней плиты/балки. Если условия выполнены корректно, то в параметре «Смещение снизу» будет указано значение «0», в параметре «Смещение сверху» указано значение «- t », где t – толщина перекрытия (высота балки).

6. В параметрах стен «Базовая зависимость» и «Зависимость сверху» должны быть указаны уровни, принадлежащие нижней и верхней плите/балке перекрытия, к которым привязана данная стена (в параметре «Зависимость сверху» не допускается значение «Неприсоединенная»).

7. Нижняя грань стены должна совпадать с верхом нижней плиты/балки. Верхняя грань стены совпадает с низом верхней плиты/балки. Если условия выполнены корректно, то в параметре «Смещение снизу» будет указано значение «0», а в параметре «Смещение сверху» – значение «- t », где t – толщина перекрытия (высота балки).

8. В параметре стен и перекрытия «Несущая конструкция» должна стоять галочка, иначе не будет создана аналитическая модель элемента.

9. Капители должны быть замоделированы при помощи инструмента «Перекрытие» и иметь толщину равную сумме толщины плиты перекрытия и высоты капители. В плите перекрытия должен быть создан проем, повторяющий форму и размеры капители.

10. Каждая несущая конструкция должна быть создана соответствующим инструментом, а не инструментом «модель в контексте», иначе не будет создана ее аналитическая модель.

Недостатком данных рекомендаций может являться то, что они могут противоречить информационными требованиями заказчика – EIR, например, нельзя будет ввести дополнительные уровни для плит/балок как указано в пункте 1. Данную проблему необходимо решать с заказчиком для прихода к компромиссу путем оценки затраченного времени конструктора на корректировку аналитической модели и координатора на согласование моделей разных разделов.

Для корректировки аналитической модели был реализован скрипт, в котором выполнена проверка построения плиты перекрытия до уровня и дотягивание стен/колонн до перекрытий. Взаимодействие скрипта со стороны пользователя организовано через Dynamo Player, где достаточно

установить необходимые «ползунки» в активное положение и нажать кнопку Play (рис. 3).

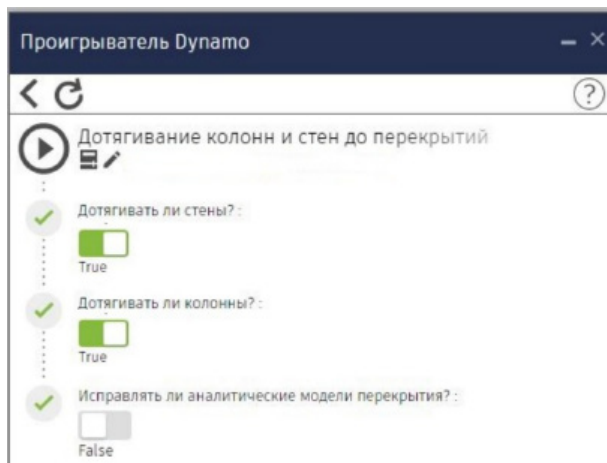


Рис. 3. Интерфейс работы скрипта с пользователем

Скрипт состоит из трех независимых блоков, каждый из которых отвечает за определенную задачу. Рассмотрим каждый блок отдельно:

- Дотягивание колонн до перекрытий: входными данными является выборка всех расположенных в проекте аналитических моделей колонн и изменение параметра «Способ выступа сверху» со значения «Автоопределение» на «Проекция» [5] (рис. 4).

- Дотягивание стен до перекрытий: входными данными является выборка всех расположенных в проекте аналитических и физических моделей стен и изменение параметра аналитической модели стены «Способ выступа сверху» со значения «Автоопределение» на «Проекция». Далее происходит смена значения параметра «Верхняя проекция оси у», на значение из параметра «Зависимость сверху» у соответствующей стены (рис. 5).

- Дотягивание аналитических моделей перекрытий до уровней построено по аналогии с предыдущими блоками скрипта: входными данными является выборка всех расположенных в проекте аналитических и физических моделей перекрытий и изменение параметра аналитической модели «Способ выравнивания» со значения «Автоопределение» на «Проекция». Далее происходит смена значения параметра «Проекция оси z», на значение из параметра «Уровень» у соответствующего перекрытия.

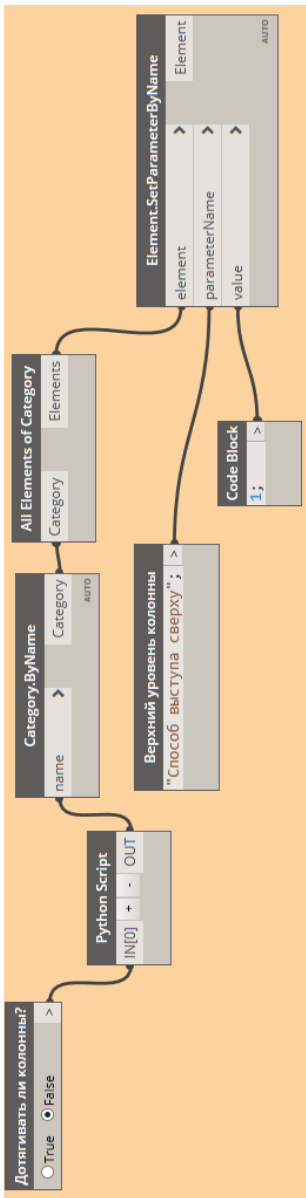


Рис. 4. Блок скрипта по дотягиванию колонн до перекрытий

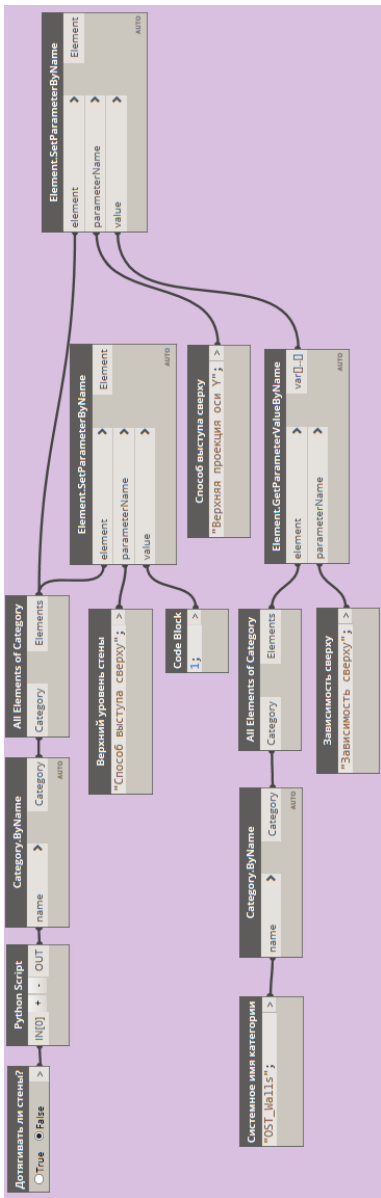


Рис. 5. Блок скрипта по дотягиванию стен до перекрытий

Вывод: использование написанного скрипта и рекомендаций при разработке конструктивного раздела позволит скорректировать экспорт аналитических моделей в расчетный комплекс и уменьшит трудозатраты проектировщика на доработку конечноэлементной модели.

Литература

1. Левина Д.А., Блохина Н.С. ВМ-технологии. Экспорт аналитической модели из ПК Revit в ПК Лира-САПР. В сб.: Дни студенческой науки: сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института фундаментального образования НИУ МГСУ за 2018-2019 гг. М.: НИУ МГСУ, 2019. С. 56–59.
2. Шайхутдинов И.К., Шмыкова Е.И. Autodesk Revit как инструмент интеграции модели в расчётно-строительные программы. В сб.: Выставка инноваций – 2017: сборник материалов XXIII Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов. ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», 2017. С. 189–192.
3. Егоров А.В., Черова Н.А., Мишаров С.И. Аналитическая модель в AUTODESK REVIT // Синергия наук. 2017. № 12. С. 739–753.
4. Официальный сайт Динамо. URL: <http://dynamobim.org> (дата обращения: 17.10.2021).
5. Марфутин М.О., Дмитренко Е.А., Недорезов А.В., Машталер С.Н. Методика экспорта аналитической модели из Autodesk «Revit» в ПК «Лира САПР» на примере башенного копра шахты «Северная» ГП «Макеевуголь» // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2018. № 4(132). С. 20–27.

УДК 624.21/.8

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.020

Козак Николай Викторович, ассистент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: kozak.spbgasu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7707-4388

Kozak Nikolai Viktorovich, assistant lecturer
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

**AUTODESK INFRAWORKS: ПРАКТИЧЕСКИЙ
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
АЛЬТЕРНАТИВНОГО РЕШЕНИЯ ЛЕВОБОРЕЖНОЙ
РАЗВЯЗКИ БОЛЬШОГО СМОЛЕНСКОГО МОСТА**

**AUTODESK INFRAWORKS: PRACTICAL EXPERIENCE
OF USING DURING THE SEEK OF ALTERNATIVE
SOLUTION FOR THE LEFT-BANK INTERCHANGE
OF B. SMOLENSKY BRIDGE**

В статье автором изложен опыт использования программы Autodesk Infracworks при решении задачи оперативного эскизного моделирования в ходе обсуждений альтернативных вариантов планировочного решения транспортной развязки на левом берегу Невы в составе планируемого Большого Смоленского моста в Санкт-Петербурге. Во введении статьи приведено объяснение наблюдаемому сегодня повышению значимости презентационной части инфраструктурных проектов. Далее в статье выделены и структурированы специфические проблемы при использовании инструментов программы в условиях моделирования объектов в городской среде, а также приведены возможные способы решения данных проблем. В заключении статьи сформулированы сильные и слабые стороны использования программы Autodesk Infracworks при решении подобных задач.

Ключевые слова: BIM, BrIM, мост, транспортная развязка, Infracworks.

In this article the author shares experience of using Autodesk Infracworks as software for modeling and next visualization for alternative design of the left-bank interchange of planned Bolshoy Smolensky bridge over Neva river, which are development and discussion by city societies and government of St. Petersburg. The introduction of the article explains the observed increase the influence of the presentation part of infrastructure projects. In the next part of the article specific problems of software using in the case urban infrastructure' cases are identified and structured, as well as a possible ways to solve these problems. At the end of the article, the advantages and disadvantages of using the Autodesk Infracworks program in urban infrastructure' cases are given.

Keywords: BIM, BrIM, bridge, road interchange, modeling, Infracworks.

Введение

В настоящее время для городских строительных проектов становится крайне важной презентационная часть (основных проектных решения, представленные в доступном виде и позволяющие быстро оценить идею проекта), выносимая на согласование с заказчиками и общественными институтами [1–3]. С чем это связано? Ранее презентационные части проектов представляли собой рисунки, схемы и упрощенные чертежи, в настоящее же время под ними подразумеваются фотореалистичные рендеры и интерактивные модели. Если во взаимодействии со службами заказчика в большинстве случаев переход с «рисунков, схем и упрощенных чертежей» на «рендеры и модели» представляется скорее эволюционным процессом, то для общественных институтов он носит скорее революционный характер, так как презентационный материал становится значительно более доступным. Если в случае «рисунков, схем и упрощенных чертежей» для чтения и последующего воспроизведения образа объекта читающему нужны специальные навыки, то при «рендерах и моделях» образ объекта выстраивается без какой-либо подготовки. Таким образом, значительно понижается «порог вхождения» для оценивания проектов. Следствием этого становится популяризация общественных обсуждений – как официальных (например, общественных слушаний), так более неформальных, проводимых в среде городских сообществ.

Подобная популяризация, в свою очередь, способствует развитию и популяризации «простых» инструментов для эскизного проектирования, позволяющих в процессе обсуждений оперативно изображать идею или корректировать имеющиеся идеи.

В данной статье далее будет освещен опыт работы по проекту корректировки планировочных решений транспортного узла, инициированным группой городских активистов как из среды градозащитного движения (ВООПиК), так и из среды инфраструктурных урбанистов («Город в движении»); автор статьи принимает участие в рабочей группе данного проекта как специалист по моделированию инфраструктурных объектов.

О проекте и решаемых задачах

Объектом описываемого проекта выступает проектируемая левобережная развязка нового Большого Смоленского моста через Неву в Санкт-Петербурге. Работы по строительству моста планируются вести в 2023-2028 годах, в данный момент происходит согласование проекта планировки территории. Вынесенное предложение по границам пятна развязки с проспектом Обуховской Обороны на левом берегу (рис. 1)

вызвало вопросы со стороны ряда городских сообществ по части оправданности сноса значительного числа старых домов начала XX века, а также по части рациональности планировочного решения развязки.



Рис. 1. Предлагаемый вариант транспортной развязки

Согласно предварительным проектам, развязка предлагается в виде классической схемы неполного сжатого клеверного листа. Со стороны сообщества инфраструктурных урбанистов были отмечены следующие возможные «слабые» места проекта:

- при выбранной схеме сжатого клевера образуются значительные пустые пространства между съездами, разрывающие структуру застройки района;
- не рассмотрены способы организации связи пересекаемых в разных уровнях трамвайных линий;
- бессветофорное решение по пр. Обуховской Обороны слабо согласуется с фактическим характером организации движения по проспекту на прилегающих участках (узкая проезжая часть с множеством пересечений и светофоров).

Основываясь на вышеперечисленном, инициативная группа из специалистов разных областей принялась за разработку альтернативных решений для дальнейшего обсуждения их в профильных комитетах. Для повышения наглядности идеи было принято решение о необходимости разработки модели транспортного узла для последующего формирования фотореалистичных изображений для презентаций (рис. 2).

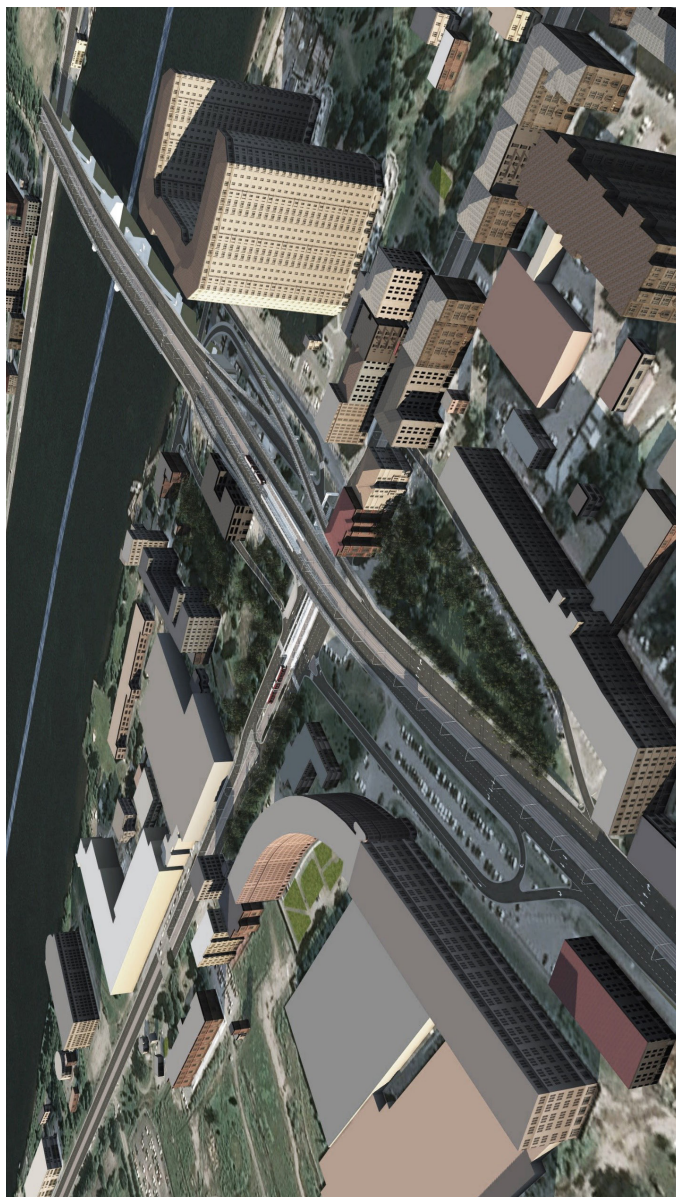


Рис. 2. Общий вид разработанной модели альтернативного решения в Autodesk InRoads

Инструменты моделирования

В качестве среды моделирования была выбрана программа Autodesk Infraworks 2021. Несмотря на то, что в первую очередь программа позиционируется разработчиками как BIM-GIS система [4], она также является и удобным инструментом моделирования для задач разработки концепций [5], что было подтверждено и в текущей задаче. В тоже время, в ходе моделирования городского транспортного узла автором был отмечен ряд разнообразных специфических особенностей программы. Анализируя проведенную работу, в данной статье далее будет предпринята попытка систематизировать возникшие проблемы и их возможные решения. Систематизация будет выполнена по этапам проведения работы (начальный этап, построение дорог в осях, детализровка дорог, детализровка пересечений, работа с компонентами). Анализ проблем и способ решений будет приведен в таблицах 1-5, дополнительно перед таблицами будет приведен общий комментарий по этапу.

1. Начальный этап (подготовка исходных данных)

Одной из наиболее сильных сторон программы является встроенный генератор окружающей среды по данным картографии OpenStreetMap (OSM). Для задач проектирования в городской среде при наличии информации в OSM значительно снижаются затраты на моделирование контекста, так, например, все здания генерируются автоматически.

Таблица 1

Проблемы и способы их решения для начального этапа

Проблема	Возможный способ решения
Информации из OSM не хватает для корректной генерации дорог, особенно в городских условиях, при наличии нескольких проезжих частей.	Сетка существующих дорог в границах участка проектирования выстраивается заново вручную с учетом фактических характеристик дороги.
Качество импортируемого рельефа (данные спутниковой съёмки) ожидаемо низкое, позволяющее использовать Infraworks как GIS, но непригодное для любых работ по проектированию	Поверхность земли редактируется с использованием Civil 3D. Для относительно ровных участков, как в случае данного проекта, возможно отключить неровности рельефа в целом.

2. Этап построения дорог в осях

Программа предлагает довольно удобный двухэтапный алгоритм моделирования осей дорог. На первом этапе («планируемые дороги») происходит их отрисовка слайдами по узловым точкам, на втором этапе

(«составные дороги») производится автоматизированное преобразование сплайнов в классические полилинии из прямых и кривых с переходными участками; вертикальные параметры при этом редактируются привычными для отрасли продольными профилями. На первом этапе основные характеристики дороги задаются общим стилем (есть редактор стилей), на втором этапе есть возможность работать с каждым из элементов дороги индивидуально.

Таблица 2

Проблемы и способы их решения для этапа построения дорог в осях

Проблема	Возможный способ решения
Инструменты программы не позволяют делать уширения и ответвления от дороги по левую сторону от ее оси (рис. 3, б), в то время как для городских территорий данная схема является весьма распространенным решением (рис. 3, а).	Прорабатывается общее решение в осях, затем оси всех дорог проводятся по их левому краю (рис. 3, в). В результате получается реалистичная модель, однако осевая схема для последующего экспорта некорректная.
Инструменты программы не позволяют для одной дороги назначить различные параметры профилирования (например, участок с насыпью на подходе к эстакаде и затем участок эстакады с нулевым профилированием)	Дорога разделяется на две отдельных и далее настраивается каждый сегмент отдельно. Существенный минус – необходимость вручную сопрягать геометрию осей и невозможность повторного объединения дорог в одну.
На этапе «планируемая дорога» есть возможность задать количество полос в каждую из сторон; однако на следующем этапе для «составной дороги» нельзя добавить полосы в противоположном направлении, если их не было в момент преобразования.	Только перестроение дороги в целом.
В программе отсутствуют инструменты для моделирования трамвайного полотна.	Создается специальный стиль для дороги с внешним подобием трамвайному полотну, далее трамвайные линии прокладываются как обычные дороги.
В программе отсутствуют встроенные стили дорог с трамвайным полотном.	Если схема узла простая (не предполагаются сложные пересечения с трамвайным полотном), то условное трамвайное полотно можно добавить в стиль дороги как разделительную полосу; если схема сложная, то трамвайное полотно моделируется как отдельная дорога с собственной осью.

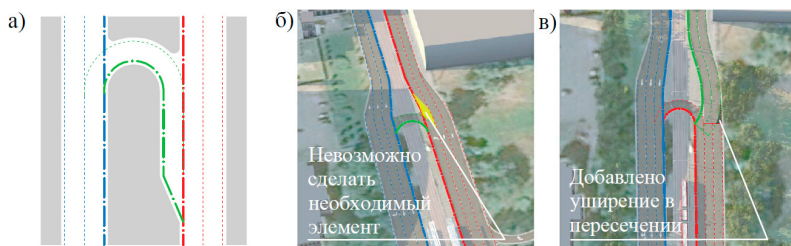


Рис. 3. Пояснение к проблеме левых съездов

3. Этап детализовки дорог

К этапу детализовки дорог относится добавление различных локальных уширений проезжей части, добавление и редактирование тротуаров, ограждений и т. п. В целом элементы детализовки разделяются на два типа – непрерывные, входящие в состав сечения дороги, и дискретные, представляющие собой векторы однотипных элементов, расставляемых по траектории.

Таблица 3

Проблемы и способы их решения для этапа детализовки дорог

Проблема	Возможный способ решения
Дискретные элементы детализовки (например, металлические ограждения безопасности) невозможно использовать на нелинейных элементах модели (пересечениях)	При возможности заменить дискретные элементы условными непрерывными; при невозможности – расставить элементы вручную без привязки к конструкциям используя инструмент расстановки компонентов

4. Этап детализовки пересечений

Пересечения в программе – это узлы сопряжения стандартных линейных элементов модели (участков дорог). Пересечения могут быть в виде классических перекрестков или перекрестков с круговым движением. У пересечений как у объектов модели есть ряд настраиваемых параметров, включая локальные уширения, возможные направления движения и т. п.

Таблица 4

Проблемы и способы их решения для этапа построения перекрестков

Проблема	Возможный способ решения
В программе фактически не предусмотрен такой специфичный вид пересечения, как разделение (объединение) направлений движения дороги (т. е. когда односторонние дороги с индивидуальными осями объединяются в единую с одной осью).	Объединение возможно условно смоделировать перекрестком с предельно малым углом между объединяемыми дорогами и последующей настройкой направлений движения. В результате получается условно реалистичная модель, однако осевая схема для последующего экспорта некорректная.
В программе не предусмотрены узлы пересечения трамвайных полотен.	Узел моделируется как обычный перекресток, готовое детальное решение подгружается как внешний геометрический компонент (из Civil 3D, SketchUp или др.)

5. Этап работы с компонентами

К компонентам относят всевозможные элементы системы организации движения, благоустройства и т. п. Данные элементы не привязываются к линейным объектам или пересечениями, а свободно располагаются в глобальной системе. В данном проекте с использованием компонентов были смоделированы стоп-линии, светофоры и пешеходные переходы. Также как компоненты в модель были загружены условные модели моста, трамвайной станции и трамваев (рис. 4).

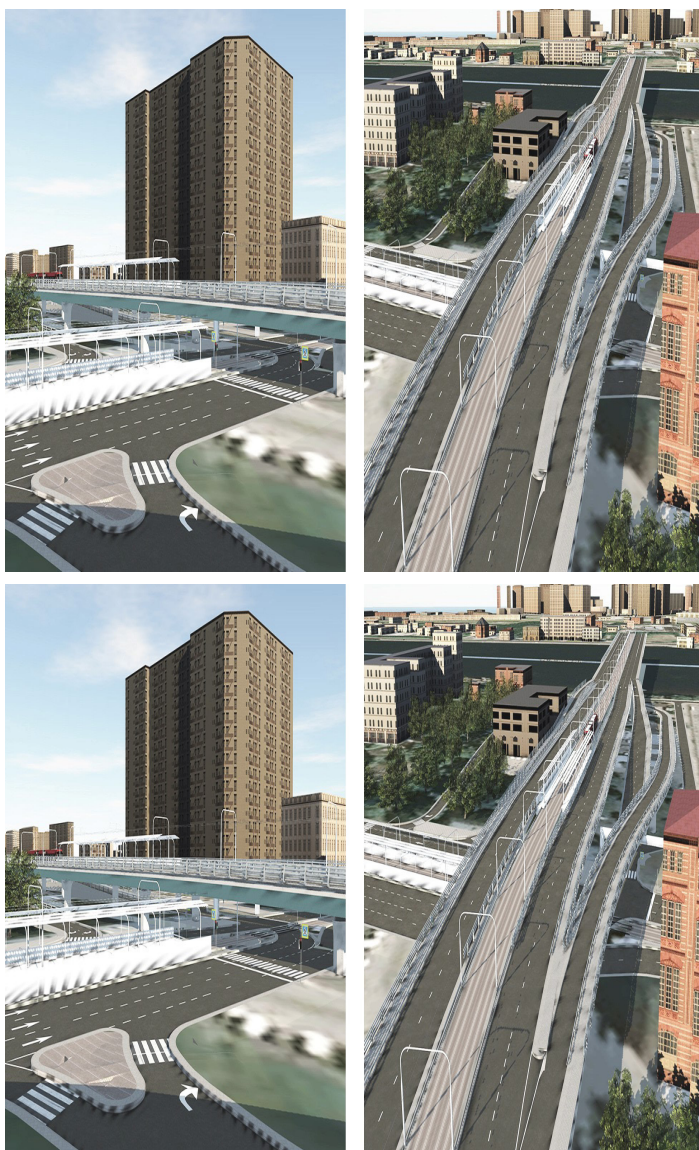


Рис. 4. Детализовка модели компонентами

Выводы

Проанализировав процесс моделирования и полученные результаты в контексте поставленных задач, можно отметить следующее:

1. Использование Autodesk Infracore позволяет в сжатые сроки (на первую модель был затрачен менее 1 рабочего дня) произвести эскизное моделирование довольно сложного объекта в городской среде даже в условиях малого объема исходных данных.

2. Процесс редактирования модели при адаптации к вносимым в процессе обсуждений проекта изменениям в целом оптимален и удобен, однако в определенных ситуациях необходима практически полная перестройка модели, что требует значительных трудозатрат.

3. По умолчанию функциональные возможности программы скорее ориентированы на моделирование простых транспортных узлов, однако моделирование сложных узлов также возможно (при условии творческого подхода к решению возникающих проблем).

Литература

1. Munir M., Kiviniemi A., Jones S.W., Finnegan S. The business value of BIM for asset owners: a cross-case analysis // *Journal of Facilities Management*. 2020. Vol. 18, No. 5. P. 469–486. DOI:10.1108/jfm-06-2020-0037.

2. Козак Н.В., Ярошутин Д.А. BrIM или BIM: Особенности концепции информационного моделирования мостовых сооружений // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы III Международной научно-практической конференции*. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 245–253. DOI:10.23968/BIMAC.2020.032.

3. Юсупова А., Ерзин Э. Быстрое макетирование инфраструктурных моделей с помощью Autodesk Infracore // *САПР и графика*. 2014. № 3. С. 13–17.

4. Huang J. Making Something from Nothing: Integrating Autodesk Infracore into Your Design // *Conference: Autodesk University*. 2013. P. C11270.

5. Козак Н.В. Опыт применения современных средств моделирования при разработке концепции транспортной развязки // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы III Международной научно-практической конференции*. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 229–237. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.030.

УДК 721.021.23+004.42

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.000.035

Кукина Анна Алексеевна, ассистент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: kukina_aa@spbstu.ru, ORCID: 0000-0003-4271-7408

Макаренко Анна Николаевна, студент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: sotnikova.an@edu.spbstu.ru, ORCID: 0000-0003-3398-3237

Рябов Александр Игоревич, студент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: ryabov.ai@edu.spbstu.ru, ORCID: 0000-0001-8366-1610

Kukina Anna Alekseevna, Assistant
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

MaKarenko Anna Nikolaevna, student
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

Ryabov Aleksandr Igorevich, student
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ОБЪЕМОВ ОТДЕЛКИ ПОМЕЩЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

AUTOMATION OF CALCULATIONS OF ROOM FINISHING VOLUMES USING VISUAL PROGRAMMING

Развитие компьютерных технологий оказало большое влияние на строительную отрасль. В современных реалиях участникам строительного процесса приходится обрабатывать большие объемы информации, вследствие чего появилась потребность в автоматизации строительных процессов. В статье была рассмотрена и проанализирована проблема расчета объемов отделки помещений. На основе готовой архитектурной модели был проведен анализ всех существующих методов расчета, а также выявлены их сильные и слабые стороны. По полученным выводам проведенного анализа был создан новый алгоритм расчета отделки, реализованный с помощью визуального программирования. Были обоснованы преимущества использования предложенного способа.

Ключевые слова: BIM, автоматизация, программное обеспечение, Dymapo, визуальное программирование, алгоритм, отделка.

The development of computer technology has had a great impact on the construction industry. In modern realities, the participants of the construction process have to process

large volumes of information, as a result of which the need to automate construction processes appeared. In the article the problem of calculating the volume of room finishing was considered and analyzed. The analysis of all existing calculation methods has been performed on the basis of the ready-made architectural model. Based on the conclusions of the analysis, a new algorithm for calculating the finish, implemented by means of visual programming, was created. The advantages of using the proposed method were justified.

Keywords: BIM, automation, software, Dynamo, visual programming, algorithm, finishing.

Современное строительство ставит перед проектировщиками такие задачи как сокращение сроков, увеличение объемов проектирования и расчет эксплуатационных показателей. В результате этого появилась тенденция автоматизации расчетов строительных процессов [1, 2]. Визуальное программирование – это такой тип программирования, в котором основная часть программы составляется из графических элементов [3, 4].

Платформа Dynamo – это приложение для Revit, представляющее среду визуального программирования для создания и запусков различных программ в адаптированной для инженера форме. Dynamo позволяет создавать алгоритмы, позволяющие анализировать выборку заданных параметров и определять наиболее целесообразный вариант [5]. Скрипт на Dynamo – это файл, состоящий из совокупности нодов, связанных друг с другом по определенным правилам и выполняющие одну или несколько рабочих операций [6–8].

Вследствие продиктованной нынешними реалиями и упомянутой выше необходимости автоматизации процессов проектирования были опробованы физический и аналитический методы расчётов объёмов отделки. В результате анализа было выявлено, что существующие программы и плагины (см. табл.) основываются на моделировании объекта, что усложняет работу архитекторов и не позволяет получить оценочные объёмы на ранних стадиях проектирования для их учёта в стоимости объекта. В итоге был создан способ, позволяющий автоматизировать расчет черновой отделки без создания отдельной геометрии, который, в отличие от существующих решений, дает возможность быстрого внесения изменений и уменьшает размер файла, и, как следствие, ускоряет рабочий процесс. Разработанный алгоритм был реализован в программе визуального программирования Дунато (рис. 1). Принцип работы созданного скрипта можно описать следующим образом:

1. Скрипт считывает экземпляры помещения (при проекте реконструкции считываются только помещения со стадии монтажа) и определяет стены и полы, ограничивающие его. Отдельно считывается граница помещения в виде элементов линий и кривых.

2. Скрипт по каждому помещению определяет оконные и дверные проёмы, их площади и стены, в которых они расположены.

3. Производится расчет площади проемов и откосов и сортируется по типам стен, в которых эти проёмы расположены.

4. Определяется соответствие границ со стенами, сопоставляются их материалы.

5. Считываются материалы стен для определения типа поверхности черновой отделки.

6. Производится группировка значений по заданному материалу стен, из помещения считывается параметр «высота черновой отделки», на основе него определяется площадь отделки без учёта откосов и проёмов.

7. Площадь стен суммируется с площадью откосов, от полученной суммы отнимают площадь проемов, получая итоговую площадь отделки.

8. На выходе автоматически заполняется параметр «площадь черновой отделки» по каждому помещению.

Рассмотрим фрагмент написанного кода (рис. 2). Одним из главных этапов расчета является сопоставление каждой границе помещения соответствующего типа стены. Один экземпляр стены может располагаться сразу в нескольких помещениях, что может вызывать трудности при расчете площади отделки. В рамках каждого помещения определяются его границы, представленные линиями геометрии, и все стены, окружающие помещение. Создаются все возможные пары стен и границ в рамках одного помещения, между ними определяются углы и отфильтровываются все пересечения. На следующем этапе определяются расстояния между линией границы помещения и условной осью стены. Так как в Revit каждая стена генерирует отдельный отрезок границы помещения, то найти однозначное соответствие между границей и стеной можно определяя наименьшее расстояние между ними. На основе данного соответствия согласно параметрам типов отделки по различным поверхностям формируется объем.

Написанный в программе код можно условно разделить на 4 этапа работы с информацией (рис. 3). На первом этапе происходит считывание информации. На втором и третьем этапе вычисление площадей по стенам и проёмам. На последнем этапе суммируются ранее полученные значение и помещениям присваиваются объёмы отделки.

В результате проведенного расчета на выходе получаем спецификации с рассчитанными площадями черновой отделки. Спецификация представляет собой расписанную по каждому помещению площадь отделки, разделённую по типам поверхности. Каждый тип скомпонован параметрами марки, описания, примечания и площади, полученной в результате расчёта.

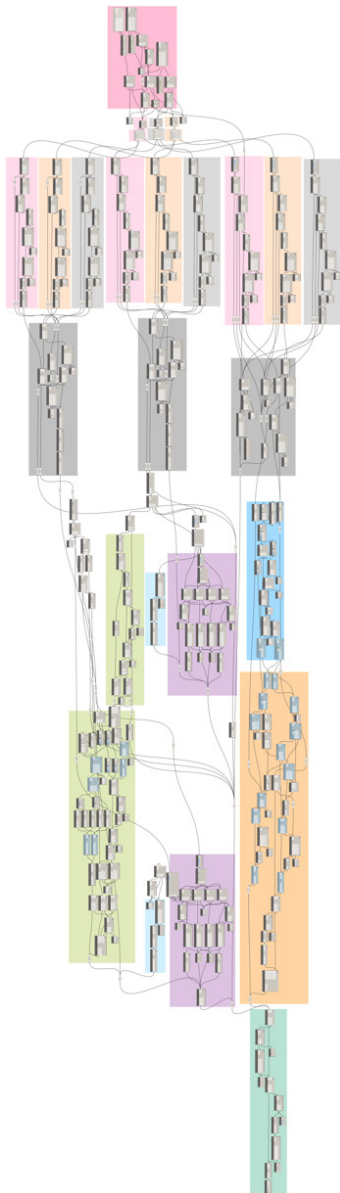


Рис. 1. Расчет черновой отделки, реализованный в программе визуального программирования Дуплато

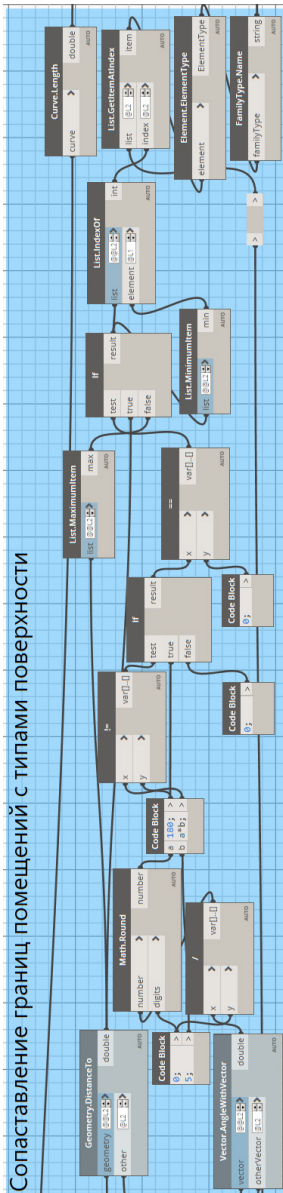


Рис. 2. Фрагмент написанного кода, демонстрирующий сопоставление границ помещений с типами поверхности

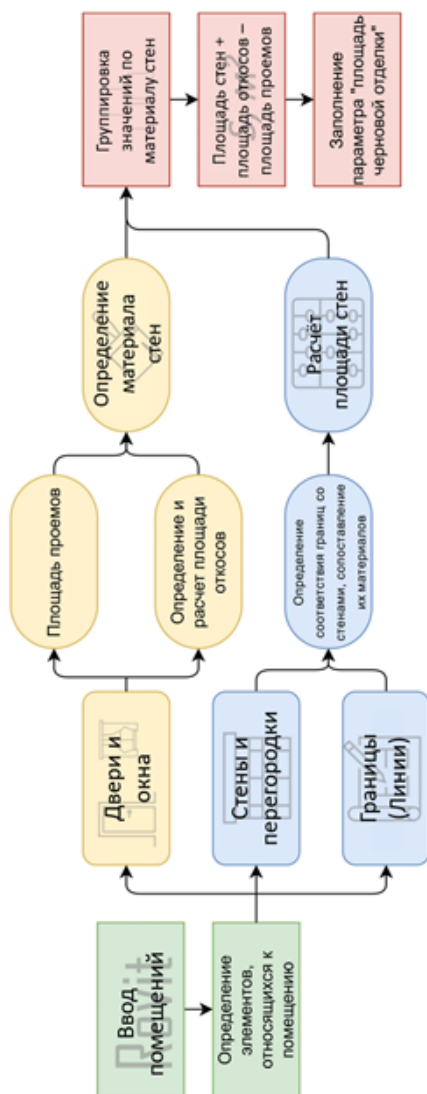


Рис. 3. Блок-схема, описывающая работу созданного алгоритма

После проведения анализа собранных решений были выявлены основные характеристики, влияющие на работу пользователя с рассмотренными продуктами.

Сводная таблица анализируемых решений

Методы	Аналитика / Модель	Обновление объёмов	Обновление типов отделки	Область генерации расчёта	Экспорт объёмов в сметную программу
Ручной расчёт	Аналитика	–	–		–
Расчёт в Revit (базовые инструменты)	Модель	Ручная корректировка элементов модели	Элементы меняются вручную	исходный файл модели	Выгрузка на прямую из Revit для совместимых программ + Выгрузка объёмов через EXCEL/XML
Room finishing (Autodesk App store)	Модель	Ручная корректировка элементов модели	Элементы меняются вручную	исходный файл модели	
BIMSTEP	Модель	Ручная корректировка элементов модели	Элементы меняются вручную	исходный файл модели	
Плагин «ТЕХНИК-АРХИТЕКТОР» для Revit	Модель	Автоматически при изменении контура помещения	Элементы меняются вручную	исходный файл модели	
Плагин «MiraCad» для Revit	Модель	Автоматически при изменении контура помещения	Теряются при обновлении геометрии	связанный файл	
Разработанный скрипт Dynamo	Аналитика	Автоматически с запуском скрипта	Привязаны к параметрам помещения	исходный файл модели	

В силу отработанных типовых 2D решений некоторые компании до сих пор используют ручной расчет при определении объемов СМР, в частности, объемов отделки. Предложенный скрипт, реализованный посредством аналитического расчета, позволяет сделать модель более пластичной к изменениям в проекте. Обновление объемов и типов отделки привязано только к помещениям, что позволяет осуществлять быстрый пересчет параметров при изменении расположения помещения в рамках здания. Особенно эта проблема касается объектов социальной значимости, таких как школы, детские сады, медицинские учреждения, в которых зачастую на этапе проектирования помещение с узким функционалом меняет свое расположение и требует пересчета объемов. Аналитический метод расчета, в отличие от физического моделирования элементов отделки, не влияет на вес файла и количество объектов в нем, влияющих на производительность машины. Скрипт позволяет выгружать объемы посредством форматов EXCEL и XML для дальнейшего их использования в сметных программах.

Предложенное решение позволяет сократить временные затраты на этапе проектирования, корректировки и выгрузки объемов для дальнейшего использования их смежными отделами, что влечет за собой сокращение трудозатрат.

Литература

1. Collao J., Lozano-Galant F., Antonio Lozano-Galant J., Turmo J. BIM visual programming tools applications in infrastructure projects: A state-of-the-art review // Applied Sciences (Switzerland). 2021. Vol. 11, No. 18. DOI: 10.3390/app11188343.
2. Макаренко А.Н., Муравьева М.Д., Рябов А.И. Совместное использование Connected BIM, IIOT и Blockchain для мониторинга строительных конструкций // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы IV Международной научно-практической конференции. 2021. С. 512–519. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.065.
3. Divin N.V. BIM by using Revit API and Dynamo. A review // AlfaBuild. 2020. № 2 (14). С. 1404–1404. DOI: 10.34910/ALF.14.4.
4. Knyazeva N., Larin V. Automation of repetitive tasks when designing an eco-friendly residential home // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 244. P. 05021. DOI: 10.1051/e3sconf/202124405021.
5. Mikhailov S., Mikhailova, A., Nadyrshine N., Nadyrshine L. BIM-technologies and digital modeling in educational architectural design // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 890. P. 012168. DOI: 10.1088/1757-899X/890/1/012168.
6. Onur A.Z., Nouban F. BIM software in architectural modelling // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 8, No. 11. P. 2089–2093. DOI: 10.35940/ijitee.K1968.0981119.

7. Shan Z., Haoyuan S., Yesheng S., Jixiang C., Bin X., Haoran S. Application of Dynamo in modeling of variable cross section bridges // Proceedings – 2020 International Conference on Virtual Reality and Intelligent Systems, ICVRIS 2020. 2020. P. 1011–1013. DOI: 10.1109/ICVRIS51417.2020.00247.

8. 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.

УДК 624.131.3

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.021

Ланько Сергей Владимирович, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: s.v.lanko@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-1815-1056

Олейник Николай Николаевич, генеральный директор
(ЗАО «ЛЕНТИСИЗ»)
E-mail: oleynic@lentsiz.ru

Lanko Sergei Vladimirovich, PhD in Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Oleynik Nikolay Nikolaevich, CEO
(CJSC “LenTISIZ”)

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

PRINCIPLES OF FORMATION OF DIGITAL GEOLOGICAL MODELS

В работе изложены принципы формирования цифровых моделей геологической среды для геотехнического проектирования, этапы построения моделей, основные особенности. При построении моделей необходимо анализировать исходную геологическую информацию используя принципы построения моделей в различных ПК. Раскрывается проблема при построении цифровых моделей большого размера (на уровне микро-и макрорайонов). В целом при формировании цифровых геотехнических моделей следует изменить подходы и принципы к инженерно-геологическим изысканиям, как в плане объемов, так и видов изысканий. Приводятся примеры построения моделей других авторов.

Ключевые слова: инженерная геология, цифровая модель геологической среды, геотехнические расчеты, инженерно-геологические изыскания, геотехническое информационное моделирование.

The article considers the principles of formation of digital models of the geological environment for geotechnical design, the stages of building models, the main features. It is necessary to analyze the initial geological information using the principles of building models in various softwares. The problem in the construction of digital models of large size (at the level of micro- and macro-districts) is revealed. In general, when forming digital geotechnical models, it is necessary to change the approaches and principles to engineering and geological surveys, both in terms of volumes and types of surveys. Examples of building models of other authors are given.

Keywords: engineering geology, digital model of the geological environment, geotechnical calculations, engineering and geological surveys, geotechnical information modeling.

Введение

Технологии информационного моделирования (BIM) активно используются в практике проектирования, при этом наряду с бумажной версией проектной документации в экспертизу или заказчику передаётся и цифровая модель, что также регулируется соответствующими правилами (СП 328.1325800) и постановлениями Правительства РФ (№ 1431 и № 331). При этом для зданий и сооружений порядок формирования цифровой модели здания, стандарты оформления и принципы создания базы данных разработаны и повсеместно внедряются в практику.

Создание цифровых моделей зданий можно рассматривать как шаги к формированию цифровых двойников городов (что является предметом исследования зарубежных авторов [1]), так как в крупных городах при большом количестве данных управление последними будет затруднено при отсутствии инструментов работы с ними.

Отдельная сфера, где подходы и принципы на сегодняшний день практически не проработаны, это инженерно-геологические изыскания и, непосредственно, сама цифровая модель геологической среды. Это также обусловлено ещё и отсутствием полноценных инструментов для работы с трехмерной геологией.

Можно выделить два основных назначения цифровых моделей геологической среды (ЦМГС), которые будут использоваться в общем процессе проектирования:

- оценка инженерно-геологических условий площадки на этапе проектирования (выбор несущего слоя для фундаментов, параметров заглубления ограждений котлованов и т.п.);
- выполнение геотехнических расчетов (использование модели в специализированных программных комплексах).

Оценка исходной геологической информации

Информация о строении геологической среды на первом этапе представляет собой литологическую колонку (паспорт буровой скважины) с напластованием грунтов, которое формирует полевой инженер-геолог (рис. 1) на основе визуального освидетельствования извлеченных кернов (рис. 2).

Масштаб 1 :100

Наименование :сква.1
 Начата :17.11.09 Отметка устья :25.30 м
 Окончена :17.11.09 Общая глубина :13.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геологический литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Сведения о воде		Глубина отбора образцов
						появление воды	устойчив. уровень	
tIV	0.90	0.90	24.40	1	0.0-0.1м осефальт массивные гранты слуховиеся	24.80	24.80	▲ □
lgII	0.90	1.80	23.50	2	0.1-0.2м щебень 0.2-0.9м пески мелкие,слеси, с гравием, галькой, щебнем известняка до 15%, влажные, с гл. 0.5м насыщенные водой.Срок отсытки более 3 лет.	17.11.09	18.11.09	■ ●
gIII	0.80	2.60	22.70	3	глины полутвердые, летние пылеватые, коричневатого-серые, с прослоями зеленоватого-серых, с гнездами ожелезнения, с редкими растительными остатками, с прослоями песков, насыщенных водой, с гравием и галькой до 3%.			■
				4	слеси пластинчатые, пылеватые, неяснолистые, серо-коричневые, с гнездами песков, насыщенных водой, с гравием и галькой до 10%.			■
gIII	10.40	13.00	12.30		слеси твердые, пылеватые, коричневатого-серые, с гнездами песков, насыщенных водой, с гравием и галькой до 10%.			■

Рис. 1. Паспорт буровой скважины

Построение инженерно-геологического разреза, который впоследствии используется в геотехническом проектировании, производится на основе статистической обработки результатов испытаний образцов (кернов, монолитов) группой камеральных инженеров, которые оценивают полученные результаты испытаний с точки зрения «идентичности» характеристик.

При простом уровне сложности геологических условий (в частности, при равномерном напластовании грунтов) проблем с построением разрезов (а также и трёхмерных моделей) не вызывает трудностей, необходимо только варьировать мощность слоя в каждой скважине.



Рис. 2. Общий вид извлеченных кернов

Однако, при наличии линз, выклинивающихся слоев, неравномерном напластовании основной проблемой является выявление границ слоев. Чаще всего положение границ разнородных слоев (рис. 3) принимается геологом на основе собственного опыта, либо произвольно. В некоторых случаях в качестве инструмента, способного выявить неравномерность напластования, можно использовать геофизические методы, которые чаще всего хорошо «отбивают» границы слоев с сильно отличающимися свойствами (плотные, твердые глины, скальные грунты, мерзлые/талые грунты и т. п.).

Физико-механические свойства грунтов наряду с геометрическими параметрами слоёв является наиболее важным фактором при геотехнических расчетах, так как от этого зависит напряженно-деформированное состояние грунтового массива. Также наиболее важные свойства (показатель текучести, механические свойства и др.) в некоторых случаях необходимо использовать при анализе геологического строения и формирования «больших» моделей (под «большими» моделями подразумевается ЦМГС для районов, городов, т.е. под застройку в целом).

Таким образом на первом этапе построения модели необходимы либо геологические колонки (при условии выделения инженерно-геологических элементов (ИГЭ) в них) или готовые разрезы с геометрическими параметрами толщин.

Инструменты для построения трехмерных моделей

Различные программные комплексы (как геотехнические, так и САД-системы) используют похожий принцип построения моделей (при этом порядок построения может различаться). Одним из сложных этапов является определение исходного напластования всех ИГЭ для сложных площадок. Можно выделить следующие этапы построения моделей (рис. 4, 5):

- изучение напластований грунтов по всей площадке (по всем разрезам);
- формирование последовательного напластования всех грунтов для всей площадки;
- «зануление» слоёв в тех скважинах, где эти ИГЭ не выявлены;
- добавление фиктивных скважин на границах линз, выклинивающих слоев.

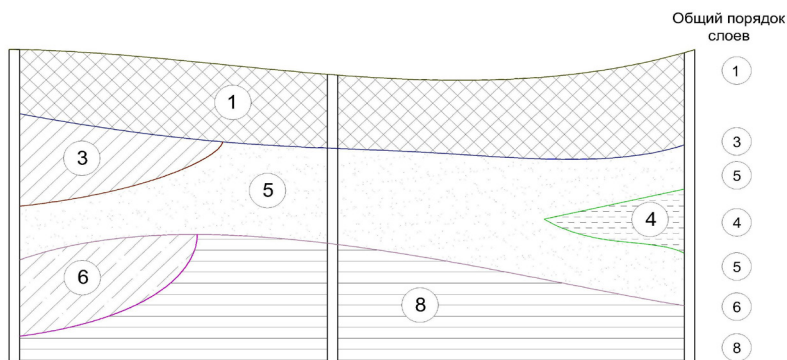


Рис. 4. Исходный геологический разрез

Следует отметить, что в некоторых случаях построение очень точных моделей не всегда оправдано, так как слои малой толщины зачастую объединяют в более мощные, в этом случае, если их свойства отличаются несущественно [2]. При этом нет каких-либо интегральных критериев по тому, какие слои можно объединять, а какие следует оставить. Это выполняется непосредственно инженером-геотехником при оценке свойств грунтов.

На основе построенных скважин выполняется построение границ слоев в виде поверхностей, построенных по условным точкам,

соответствующих их высотному положению. Получаемые поверхности можно использовать для создания 3D-тел при применении различных BIM-программ [3], но чаще всего такие поверхности строятся по методам линейной интерполяции и, зачастую, без возможности использовать нелинейные интерполяторы, что может оказаться актуальным при наличии выклинивающихся слоёв с плавными контурами.

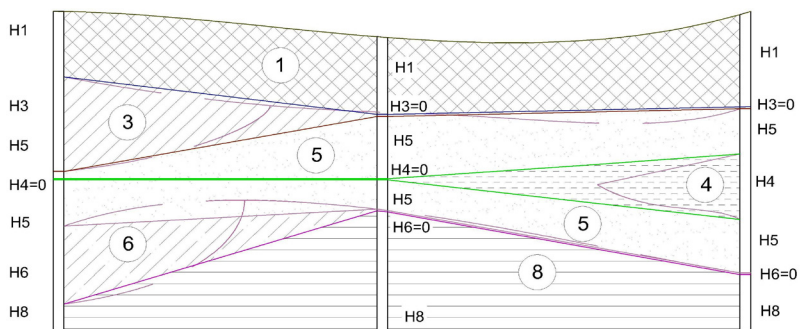


Рис. 5. «Зануление» слоев в скважинах с устройством фиктивных скважин

Наиболее доступным инструментом для построения трехмерных моделей геологической среды является комплекс программ компании Autodesk (Civil 3D с Geotechnical module) совместно с Revit. Инструментарий этого ПО безусловно можно использовать при формировании ЦМГС, однако здесь кроется существенный недостаток: физико-механические свойства могут назначаться только в виде атрибутов (т.е. фактически текста), в то время, когда для полноценных геотехнических моделей требуется своя база данных с набором свойств, которая бы воспринималась любыми геотехническими программами. Причём эти свойства должны быть представлены в виде графиков и зависимостей от НДС массива для более точных прогнозных расчетов. Кроме того, данную модель возможно было бы использовать в дальнейшем при выполнении мониторинга. Так, например, авторы [4] предлагают вносить все данные по инженерным изысканиям в трёхмерную модель и выполнять некоторые расчеты.

Цифровое моделирование геологической среды городов

Указанные выше подходы к построению моделей применяются чаще всего для локальных объектов (от одного до нескольких зданий), однако если масштабировать это микро- или макрорайоны города,

то необходимо использовать несколько иные подходы и принципы. Так как изыскания для различных объектов выполняются различными организациями, то эти данные необходимо накапливать и использовать для «больших» моделей, которые можно использовать для комплексного развития подземного пространства [5, 6, 7], но для этого необходимо унифицировать систему классификации ИГЭ при инженерных изысканиях, предложенную авторами [8, 9]. Эта система предполагает единство в цифровой «маркировке» каждого ИГЭ в зависимости от его генезиса и основных свойств.

Выводы

Как было отмечено выше, цифровое информационное моделирование при инженерно-геологических изысканиях наименее развито и требует разработки как основных принципов, так и изменение подходов и объемов при полевых и камеральных работах. Следует отметить, что построение геологических моделей в нефтегазовой и других добывающих отраслях давно и успешно реализуется [10]. Основное отличие геотехнического моделирования от геологического (для месторождений) заключается в «разрешении» и точности данных: для первого случая погрешность при построении моделей должна составлять не более $0,1 \dots 0,5$ м, а для последнего – может достигать нескольких метров.

Цифровое моделирование геологической среды для целей проектирования зданий и сооружений должно быть представлено не только твердыми телами, соответствующим каждому ИГЭ, но и «аналитическими» моделями, позволяющими проводить адаптацию результатов испытаний к применяемым геотехническим моделям грунтов и набором необходимых характеристик в виде графиков и зависимостей. Для такого моделирования рекомендуется использовать термин Геотехническое информационное моделирование или *Geotechnical information modeling* (GIM), который отражает не только возможности геологического, но и геотехнического моделирования.

Литература

1. Shahat E., Hyun C.T., Yeom C. City digital twin potentials: A review and research agenda // Sustainability. 2021. Т. 13, № 6. С. 3386. DOI: 10.3390/su13063386.
2. Мельников Р.В. Использование метода конечных элементов в геотехнике: учебное пособие. М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 188 с.
3. Савельев И.А., Яваров А.В. Опыт создания информационной модели на основе геологических данных В сб.: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. СПб.: ИСИ СПбПУ, 2021. С. 53–56.

4. Болдырев Г.Г., Дивеев А.А. Технология информационного моделирования в геологии и геотехнике. Независимый электронный журнал «ГеоИнфо». 2021. URL: <https://www.geoinfo.ru/product/boldyrev-gennadij-grigorevich/tekhnologiya-informacionnogo-modelirovaniya-v-geologii-i-geotekhnike-44711.shtml>. (дата обращения: 29.01.2022).

5. Ломакин Е.А., Прокопчук Д.И. Современные информационные технологии – инструмент повышения качества изысканий, или средство презентации его результатов // Подземные горизонты. 2014. № 2. С. 36–43.

6. Ломакин Е.А. GEO+BIM: ключ к реформированию отрасли // Подземные горизонты. 2017. № 13. С. 24–27.

7. Ломакин Е.А., Нагорный С.Я., Лехов А.В., Румынин В.Г., Смоленцев В.Г. Чем поможет трехмерное картирование подземного пространства // Инженерные изыскания. 2008. № 6. С. 20–27.

8. Ломакин Е.А., Пеньков Д.В. Инженерно-геологическое обеспечение GEO+BIM-моделей. В сб.: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. А.А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 313–320. DOI: 10.23968/VIMAC.2021.040.

9. Ломакин Е.А., Пеньков Д.В. Опыт внедрения GEO+BIM-технологии в рамках концепции комплексного использования ресурсов подземного пространства. В сб.: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. А.А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 184–191. DOI: 10.23968/VIMAC.2021.024.

10. Серебряков А.О. Геологическое многомерное цифровое моделирование месторождений. М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 236 с.

УДК 721.021

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.022

Тесля Евгений Сергеевич, генеральный директор

(EST Group, Санкт-Петербург)

E-mail: est.teslya@gmail.com

Захарова Галина Борисовна, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

(Уральский государственный архитектурно-художественный университет)

E-mail: zgb555@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4939-1914

Teslya Evgeny Sergeevich, CEO

(EST Group, Saint Petersburg)

Zakharova Galina Borisovna, PhD in Tech. Sci., Leading Researcher

(Ural State University of Architecture and Art)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЙ КАК НЕОБХОДИМЫЙ КОМПОНЕНТ ЗЕЛеноЙ СЕРТИФИКАЦИИ

BUILDING ENERGY MODELING AS A REQUIRED COMPONENT OF GREEN CERTIFICATION

Неотъемлемым разделом зеленой сертификации зданий является расчет энергопотребления, выполняемый в ВЕМ-системах (Building Energy Modeling), что позволяет комплексно оценить работу инженерных систем здания, подобрать оптимальные теплотехнические характеристики ограждающих конструкций и оценить энергопотребление объекта в течение эксплуатационного периода. На основе краткого обзора литературы по теме энергомоделирования в статье представлено программное обеспечение для ВЕМ, выявлена проблема координации ВІМ и ВЕМ. Отмечен опыт компании EST Group по проведению зеленой сертификации зданий и на примере объекта СПА-комплекса на озере Байкал показаны результаты энергомоделирования, даны рекомендации по применению энергоэффективных решений.

Ключевые слова: ВІМ, ВЕМ, энергомоделирование, энергоэффективность, gbXML, зеленая сертификация.

An integral part of the green certification of buildings is the calculation of energy consumption, performed in BEM-systems (Building Energy Modeling), which allows you to comprehensively evaluate the operation of building engineering systems, select the optimal thermal characteristics of building envelopes and evaluate the energy consumption of an object during the operational period. Based on a brief review of the literature on the topic of energy modeling, the article presents software for BEM, and

identifies the problem of coordinating BIM and BEM. The experience of the EST Group company in conducting green certification of buildings was noted and, using the example of the SPA complex on Lake Baikal, the results of energy modeling were shown, recommendations were given on the use of energy-efficient solutions.

Keywords: BIM, BEM, energy modeling, energy efficiency, gbXML, green certification.

В последние годы наблюдается рост интереса к устойчивому развитию территорий. Немаловажным инструментом в этом направлении является экологическая сертификация объектов недвижимости. Системы зелёной сертификации направлены на эффективность принимаемых проектных решений и управления строительными процессами. Оценка производится по совокупности критериев, нацеленных на минимизацию негативного влияния на окружающую среду, сокращение водо- и энергопотребления, количества отходов, создание здоровых и комфортных условий для жизни.

Во всех многочисленных системах экологической сертификации раздел по энергопотреблению вносит существенный вклад в общую оценку объекта. Самый полезный для инвестора, девелопера и проектировщика цифровой инструмент на этапе проектирования – это моделирование энергопотребления Building Energy Modeling (BEM) и моделирование микроклимата. BEM позволяет оценить энергопотребление объекта за год, понять окупаемость конструкций, инженерных решений и технологий. Процедура энергетического моделирования позволяет комплексно оценить работу инженерных систем здания, подобрать оптимальные теплотехнические характеристики ограждающих конструкций и оценить совместное влияние инженерных систем и оболочки здания на энергопотребление объекта в течение эксплуатационного периода. Также итогом проведённого анализа может стать стоимостная оценка потребления энергоресурсов. Моделирование микроклимата позволяет оценить качество внутренней среды в помещении, показать температуру, влажность воздуха и др. Это дает ответ на вопрос, насколько комфортно будет человеку в здании, офисе или своей квартире.

Направление BEM хорошо развито в США, Европе, Австралии, где на протяжении более 50 лет применяется специализированное программное обеспечение. В статье [1] даны примеры расчетов в 4-х наиболее распространённых системах энергомоделирования: IES VE, DesignBuilder, Autodesk Ecotect и связке Open Studio, EnergyPlus, ScetchUp, проведено сравнение по их функционалу в части формирования модели, ввода данных, расчетов и анализа результатов. Для моделирования требуются архитектурно-планировочные решения, геометрия здания, алгоритм работы инженерных систем, расписание эксплуатации объекта: количество

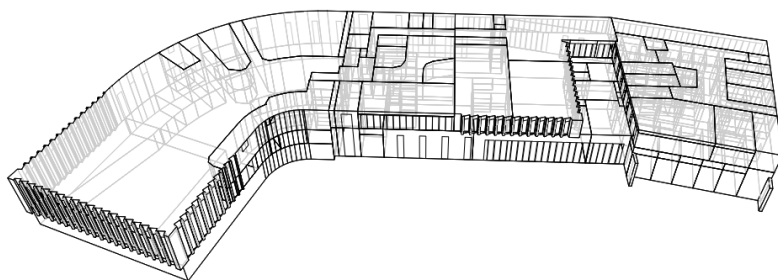
людей, параметры потребления воды и электроэнергии, микроклимата помещений. Необходимы также погодные файлы соответствующей местности. Основными форматами передачи данных в BEM-модель являются gbXML (green building XML) и IFC.

В связи с интенсивным развитием информационного моделирования BIM в странах, внедряющих инновационные технологии в строительной отрасли, многие исследователи уделяют внимание координации BIM и BEM моделей. Поскольку BEM появилось раньше и развивалось независимо от BIM, приходится решать вопросы по согласованию этих моделей. Так, информационная модель содержит «лишние» с точки зрения энергомоделирования компоненты. В статье [2] обсуждается вопрос совместимости между BIM и BEM на примере Autodesk Revit и системами DesignBuilder и IES VE. Несмотря на ряд проблем, энергетическое моделирование на основе BIM представляется перспективным инструментом для проектирования зданий с низким энергопотреблением, однако процесс преобразования BIM в BEM является нестандартизированным. Обзор [3] направлен на исследования в области зеленого BIM, отмечено отсутствие целенаправленного изучения того, как BIM способствует проектированию экологически чистых зданий посредством анализа эффективности зданий. Результаты показывают, что наиболее изучены такие виды анализа, как: энергетический и тепловой, рейтинг экологически чистых зданий, затраты и выгоды, в то время как анализу ветра и вентиляции, акустическому анализу и анализу эффективности водопользования уделяется мало внимания. Статья [4] представляет BIM как средство повышения эффективности использования энергии и оценки всего жизненного цикла зданий – проектирования, строительства, управления и эксплуатации объектов на различных уровнях квалификации участников процесса.

Далее на конкретном объекте представим опыт компании EST Group, которая использует BEM для подготовки отчетности при сертификации зданий по системам LEED и BREAM. Энергомоделирование выполняется в соответствии с руководствами [5–7], а также российскими СНИП 2.04-01-2013 «Строительная климатология», СНИП 3.02-04-2009 «Административные и бытовые здания», СНИП 3.02-02-2009 «Общественные здания и сооружения», ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения».

В качестве примера приведем результаты энергомоделирования СПА-комплекса с отелем. Объект располагается на берегу озера Байкал, где априори была поставлена цель выбрать наиболее экологичный вариант энергообеспечения. Постановка задачи и ее решение включают в себя следующие основные итерации:

- разработка и построение трехмерной модели объекта;
 - построение соседних построек и объектов;
 - постановка граничных условий;
 - разработка и моделирование внутренних инженерных систем;
 - разработка и моделирование ограждающих конструкций;
 - разработка и моделирование графика работы посетителей и персонала;
 - разработка энергоэффективных мер;
 - проведение энергомоделирования потребления объекта за год для разработанных мер, определение вклада в сокращение энергопотребления;
 - совместно с заказчиком определение набора энергоэффективных мер, для реализации на проекте; энергомоделирование конечной модели.
- Согласно построенным 3D моделям (см. рис.) площадь объекта – 5 852 м²; внутренний объём объекта – 31 686 м³; этажность – 2 этажа.



Визуализация термального комплекса; 3D-модель объекта, построенная по предоставленным данным раздела АР

Результат энергомоделирования представлен в табл. 1. Анализируя значения потребления энергии, можно сделать вывод, что энергоэффективные решения следует применять к таким категориям потребления, как система отопления и теплоснабжения, внутреннее освещение и система вентиляции.

Таблица 1

Распределение потребления энергии по категориям за год

Категория	Значение за год	
	МВт	%
Отвод тепла от холодильных машин	11	0,2
Насосы	11	0,2
ГВС	2454	47,8
Работа вентиляторов	1315	25,6
Охлаждение в системе вентиляции (работа компрессора)	44	0,9
Отопление и теплоснабжение	1002	19,5
Наружное освещение	25	0,5
Внутреннее освещение	184	3,6
Охлаждение холодильных камер (работа компрессора)	0	0
Розеточное оборудование	89	1,7

По результатам энергомоделирования и оценке предоставленной документации по инженерным системам был проведён анализ энергоэффективности мероприятий (табл. 2).

Таблица 2

Показатели экономии энергоэффективных мероприятий, %

Вариант	Расходы на энергоресурсы, рублей в год	Экономия	
		Абсолютное значение	%
Рассматриваемый вариант	3 382 172.78	–	–
Наружные стены с утеплителем толщиной 300 мм ($R = 6.3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$)	3 362 146.74	20 026.04	0,59
Наружное остекление с $R = 0.8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$	3 352 177.49	29 995.29	0,88
Наружное остекление с коэффициентом пропускания солнечной тепловой энергии (SHGC) 0.35	3 389 970.97	– 7 798.19	– 0,23

Окончание табл. 2

Вариант	Расходы на энергоресурсы, рублей в год	Экономия	
		Абсолютное значение	%
Энергоэффективное освещение, снижение нагрузки на 30 %	3 327 825.47	54 347.31	1,60
SFP вентиляторов приточно-вытяжных установок не более 2.5 Вт/(л/с)	2 985 142.21	397 030.57	11,73
Использование геотермального теплового насоса в контуре горячего водоснабжения, тепловая мощность теплового насоса 200 кВт	2 800 242.14	518 930.64	17,20

В качестве одного из энергоэффективных мероприятий на объекте было рассмотрено уменьшение мощности электродвигателей вентиляторов. Кроме того, было рассмотрено использование геотермального теплового насоса теплопроизводительностью 200 кВт в контуре горячего водоснабжения, что позволяет существенно снизить затраты на энергоресурсы и снизить установленную тепловую мощность, необходимую для подведения к объекту.

В результате анализа возможных мероприятий предложены следующие ключевые решения: использовать более энергоэффективные электродвигатели и роторные рекуператоры в приточно-вытяжных установках; рассмотреть улучшение показателя приведённого сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций; предусмотреть в проекте энергоэффективное внутреннее освещение и продуманные решения по его управлению – датчики движения в коридорах и общих зонах, диммирование части светильников, датчики присутствия в кабинетах.

Таким образом, на конкретном примере показаны результаты энергомоделирования и выработаны рекомендации по повышению энергоэффективности объекта, что демонстрирует возможности ВЕМ и в какой-то мере способствует распространению данной технологии в России.

Литература

1. Чельшков П.Д., Гроссман Я.Э., Хроменкова А.А. Анализ программных комплексов для энергомоделирования // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 7. С. 79–84.
2. Elnabawi M.H. Building Information Modeling-Based Building Energy Modeling: Investigation of Interoperability and Simulation Results // Frontiers Built Environment. 2020. Vol. 6. P. 573971. DOI: 10.3389/fbuil.2020.573971.

3. Chang Y.-T., Hsieh S.-H. A Review of Building Information Modeling Research for Green Building Design through Building Performance Analysis // *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. 2020. Vol. 25. P. 1–40. DOI: 10.36680/j.itcon.2020.001.
4. Petri I., Kubicki S., Rezgui Y., Guerriero A., Li H. Optimizing Energy Efficiency in Operating Built Environment Assets through Building Information Modeling: A Case Study // *Energies*. 2017. Vol. 8, No. 8. P. 1167. DOI: 10.3390/en10081167.
5. Building energy modeling: An ASHRAE Certification Study Guide. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2012. 88 p.
6. CIBSE Building Energy and Environmental Modeling Applications Manual AM11:1998 (CIBSE). 96 p.
7. ASTM E1980-11(2019) Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces. URL: <https://www.astm.org/e1980-11r19.html> (дата обращения: 18.02.2022).

УДК 721.021.23

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.023

Тохтуев Артем Андреевич, магистрант, BIM-менеджер
(ООО «ИнПАД»)

E-mail: taa@inpad.ru, ORCID: 0000-0003-4785-5260

Сальников Виктор Борисович, канд. техн. наук, доцент

(Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина)

E-mail: vbs@inpad.ru

Придвизкин Станислав Викторович, д-р экон. наук, завкафедрой

(Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина)

E-mail: s.v.pridvizhkin@urfu.ru

Tohtkuev Artem Andreevich, Master's degree student, BIM-manager
("Institute of Construction Design", LLC)

Salnikov Viktor Borisovich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)

Pridvizhkin Stanislav Viktorovich, Dr. Sci. Ec., Head of Department
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)

ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРАКТИКЕ ОТДЕЛА ПРОДАЖ ЗАСТРОЙЩИКА

USE OF BIM TECHNOLOGY IN DEVELOPER'S MARKETING DEPARTMENT

В данной статье рассматривается применение технологии информационного моделирования зданий и сооружений (BIM) на этапе подготовки материалов для продажи квартир. Автором проанализированы существующие преимущества применения данной технологии в процессе подготовки материалов в BIM, а также объективные трудности, которые могут возникать в процессе использования BIM на этапе продажи квартир. Практическая ценность работы заключается в формировании метода последовательной обработки модели в целях оптимизации используемых данных из неё на этапе подготовки материалов, формировании плановок в сжатые сроки, а также при передаче заказчику BIM-модели.

Ключевые слова: планировочные решения, модель квартиры, отдел продаж, программирование плановок, BIM.

This article discusses the application of information modeling technology of buildings and structures (BIM) at the stage of preparing materials for the sale of apartments. The author analyzes the existing advantages of using this technology in the process of preparing materials in BIM, as well as difficulties that may arise in the practice of using

BIM at the stage of selling apartments. The practical value of the work in the preparation of materials lies in the use of information model data, as well as the formation of layouts in a short time.

Keywords: drawing layout, 3D model of the apartment, programming layouts, BIM.

Несмотря на некоторые трудности, процесс развития и внедрения BIM-технологий в России необратим [1]. Технология BIM всё чаще успешно применяется крупными российскими девелоперами именно для полного жизненного цикла зданий и сооружений. И в перспективе объемы её применения будут только расти. На сегодняшний день большинство застройщиков жилого домостроения разрабатывают информационную модель объекта капитального строительства. Модель концентрирует в себе большое количество информации, в том числе и строительные объемы, которые затем использует в сметных расчетах [2]. Формирование планировок квартир для отдела продаж и размещение на сайте застройщика является очень важным этапом жизненного цикла зданий, так как на основании представленной информации отделом продаж формируется представление клиента о предлагаемой ему квартире, расположение квартиры относительно мест общего пользования и относительно двора (рис. 1). Также, не маловажной частью является соответствие площадных характеристик проектной декларации застройщика с планировочными решениями квартир, размещаемых на сайте застройщика [3].

Применение информационных технологий на этапе подготовки материалов для отдела продаж, является, по меньшей мере, целесообразным инструментом и несмотря на ряд проблем, возникающих при их внедрении на практике, имеет множество неоспоримых преимуществ. Информационная модель, изначально созданная с расчетом на получение основных строительных материалов, может значительно усовершенствовать процесс подготовки планировок квартир и секций, которые в дальнейшем будут использоваться на сайте продаж застройщика.

В первую очередь, информационная модель имеет данные о площадных характеристиках помещений, которые указываются на планах каждой квартиры. К сожалению, коммуникация между внутренними отделами проектировщиков и заказчиков, в частности отделом продаж, не всегда идеальна по части BIM и дальнейшее использование заложенной информации не всегда находит применение. Исходя из нашего опыта общения с отделом продаж, видно, что они стремятся работать максимально самостоятельно и независимо ввиду ограниченного

и чёткого функционала, ведь подтверждённым обменом документации по-прежнему является метод экспорта в форматы pdf и dwg. Без применения информационной модели отделом продаж передаются планировки квартир в форматах dwg исполнителю, и исполнитель, в свою очередь, оформляет отдельный вид каждой квартиры и секции. В данном случае, отделу продаж необходимо дополнительно проверять планы квартир и секций с проектной документацией на достоверность данных, так как dwg формат редактируется исполнителем в течении подготовки планировок квартир. Кроме этого, необходима Excel-таблица экспликации помещений, где площадные показатели должны соответствовать значениям, которые указаны на планах. Использование информационной модели позволяет выводить корректные площадные характеристики помещений (рис. 2) и избавляет отдел продаж от проверки данных на планах (см. табл.).

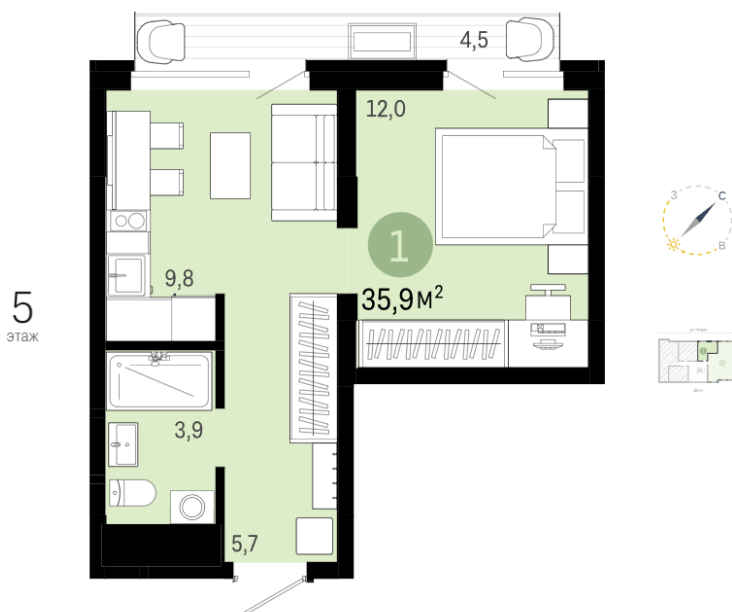


Рис. 1. Планировка однокомнатной квартиры на сайте застройщика «Брусника»

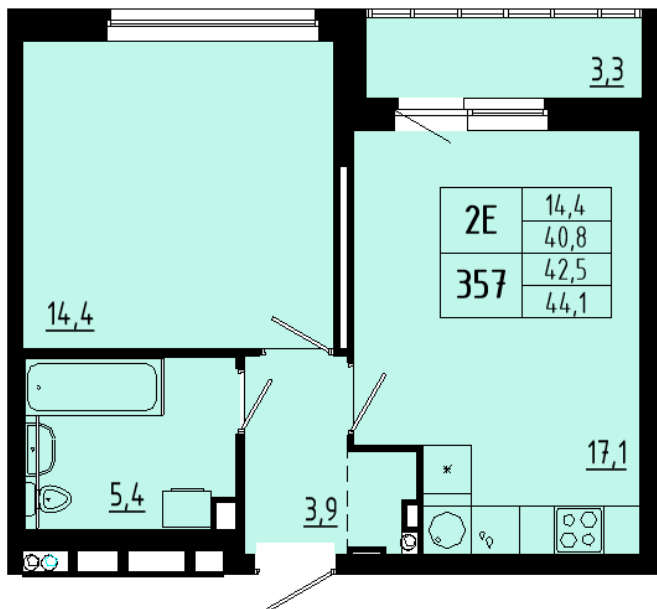


Рис. 2. Планировка однокомнатной квартиры из ПО Autodesk Revit

**Экспликация помещений
однокомнатной квартиры**

Квартира 357	
Наименование	Площадь
Кухня-столовая	17,1
Ванная	5,4
Прихожая	3,9
Жилая комната	14,4
Лоджия	3,3

Вторым преимуществом технологии является возможность значительно повысить качество планировочных решений, которые видит клиент на сайте отдела продаж. При использовании BIM есть возможность сохранить идентичность планировочных решений и информации, которая будет доступна покупателю на сайте. Зачастую, отдел продаж разрабатывает только типовой этаж многоквартирного дома, но бывает так, что планировка на втором этаже дома отличается от последнего этажа из-за особенностей вентиляционной системы и конструктивных решений здания (рис. 3, рис. 4). Информационная модель учитывает вышеперечисленные особенности объекта. С помощью плагина для Revit [4] можно автоматизировать процесс создания видов планировочных решений квартиры, применить уникальное оформление по требованию заказчика и предоставить планировки не только типового этажа, но и остальных квартир объекта.

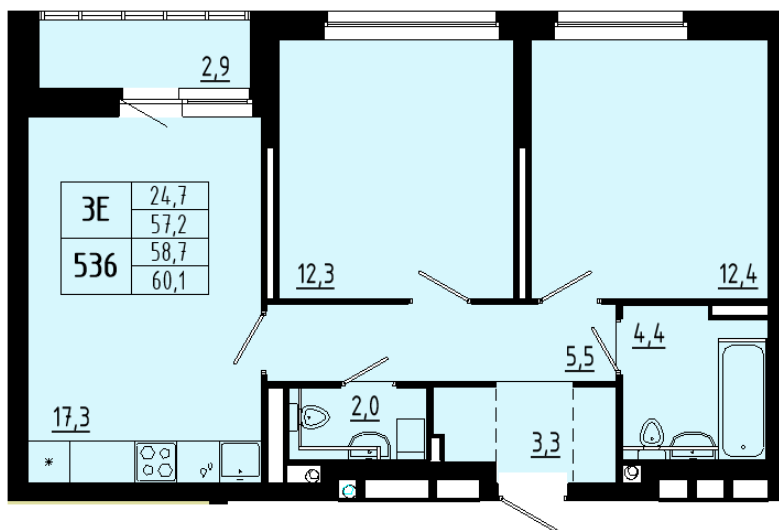


Рис. 3. Планировка однокомнатной квартиры на 2-м этаже из ПО Autodesk Revit

Однако внедрение технологии информационного моделирования на этапе разработки планировок для отдела продаж, несмотря на все преимущества, иногда сталкивается с несоответствием планировочных решений, выданных для экспертизы, с планами для отдела продаж. Это

происходит в связи с тем, что информационная модель живая и учитывает все малейшие изменения в площадных характеристиках. В таком случае необходимо параметр площади помещения фиксировать в отдельный параметр помещения. Применение данной функции позволит избежать несоответствующих данных в информационной модели.

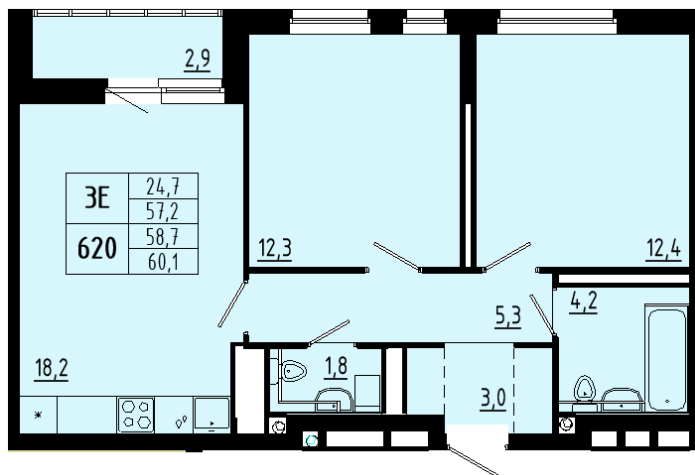


Рис. 4. Планировка однокомнатной квартиры на 31-м этаже из ПО Autodesk Revit

Рассматриваемая технология также имеет значительный потенциал для создания 3D видов квартир, паркинга, офисных помещений и мест общего пользования. Для исполнителя по визуализации не нужно по dwg подложке отстраивать стены, окна, двери, перегородки, инженерное оборудование. В информационной модели присутствует вся необходимая информация (рис. 5), которую можно экспортировать в нужный формат данных [5].

Таким образом, учитывая все вышеназванные аспекты, среди ключевых задач, влияющих на потенциальную возможность применения технологии информационного моделирования на этапе подготовки материалов для отдела продаж, можно выделить последовательность в обработке информации из модели при подготовке видов квартир с помощью методов автоматизации и применение модели для формирования актуальных данных по выбранным объектам для визуализации интерьеров и экстерьеров, которые увидит покупатель.



Рис. 5. Планировка квартиры в 3D

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 5 марта 2021 г. № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели капитального строительства».
2. Никитина Е.А. Внедрение BIM-технологий в сметную документацию // Инженерный вестник Дона. 2020. № 12. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6725> (дата обращения: 22.03.2022).
3. Федеральный закон № 214 – ФЗ «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» от 30.12.2004 (в редакции от 03.12.2021 № 476-ФЗ)».
4. Плагины проектной компании ООО «ИнПАД». URL: <http://www.inpad.ru/plugins> (дата обращения: 22.03.2022).
5. Згода Ю.Н., Семенов А.А., Вагер Б.Г. Особенности подготовки BIM-модели при создании фотореалистичной интерактивной визуализации в виртуальной и дополненной реальности // Вычислительные технологии. 2020. Т. 25, № 4. С. 69–82. DOI: 10.25743/ICT.2020.25.4.007.

УДК 69.059.4

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.024

Черных Александр Григорьевич, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: ag1825831@mail.ru, *ORCID:* 0000-0001-9805-1428

Нижегородцев Денис Валерьевич, ассистент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: mdvd0d@yandex.ru, *ORCID:* 0000-0002-9550-9947

Корольков Дмитрий Игоревич, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: korol9520@yandex.ru, *ORCID:* 0000-0002-8063-1878

Chernykh Alexander Grigorievich, Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Nizhegorodtsev Denis Valerievich, Assistant Lecturer
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Korolkov Dmitry Igorevich, postgraduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОБЪЕКТОВ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ASSESSING THE RESIDUAL LIFE OF WOODEN HOUSE- BUILDING OBJECTS USING INFORMATION MODELING TECHNOLOGY

Оценка остаточного ресурса объектов деревянного домостроения, в том числе исторических, может быть затруднена плохим состоянием рабочей, исполнительской, эксплуатационной документации. Традиционные методы расчета остаточного ресурса зданий и сооружений с учетом этого могут быть трудно реализуемы. В данной работе предлагается алгоритм оценки остаточного ресурса объектов деревянного домостроения с применением технологии информационного моделирования. Алгоритм основан на применении эксплуатационных информационных моделей и результатов обследования конструкций объектов капитального строительства. Приведены способы автоматизации расчета остаточного ресурса объектов деревянного домостроения при применении указанного алгоритма.

Ключевые слова: информационное моделирование, ВІМ, здания и сооружения, эксплуатация, остаточный ресурс, деревянные конструкции.

The assessment of the residual resource of wooden housing construction objects, including historical ones, may be hampered by the poor condition of working, executive, operational documentation. Traditional methods of calculating the residual resource of buildings and structures with this in mind can be difficult to implement. In this paper, we propose an algorithm for estimating the residual resource of wooden housing construction objects using information modeling technology. The algorithm is based on the application of operational information models and the results of a survey of the structures of capital construction facilities. The methods of automating the calculation of the residual resource of wooden housing construction objects when using this algorithm are given.

Keywords: information modeling, BIM, buildings and structures, operation, residual resource, timber structures.

Существующие нормативные документы предусматривают обеспечение достаточной надежности (несущей способности, жесткости, устойчивости) деревянных конструкций в течение всего заданного периода эксплуатации. Определение остаточного ресурса объектов деревянного домостроения может быть затруднено отсутствием документов, содержащих информацию о результатах предыдущих обследований и проведенных мероприятиях по восстановлению эксплуатационной надежности. Документация исторических объектов может быть не читаема из-за износа. В качестве решения подобных предлагается применить технологию информационного моделирования (ТИМ). При этом не существует методики применения таких технологий при оценке остаточного ресурса как зданий и сооружений в целом, так и деревянных конструкций в частности.

Целью работы является разработка алгоритма оценки остаточного ресурса объектов деревянного домостроения с применением технологии информационного моделирования.

Эксплуатационная информационная модель (ЭИМ) объекта капитального строительства (ОКС) должна включать в себя следующие сведения [1, 2]:

- исполнительная трёхмерная модель;
- проектная и рабочая документация;
- исполнительная документация;
- эксплуатационная документация.

Наиболее простым в реализации является формирование ЭИМ для вновь возводимых зданий, т.к. создание модели производится ещё на этапе проектирования. Однако, это возможно и для существующих зданий и сооружений [3]. Создание исполнительной трёхмерной модели при современном уровне развития ТИМ становится более доступным за счёт развития технологии лазерного сканирования, что позволяет

избежать многочисленных обмерных работ для существующих зданий, для которых зачастую отсутствует какая-либо графическая документация. Внесение и обновление актуальных сведений о состоянии всех конструкций и систем в среде информационного моделирования (ИМ) возможно как в ручном режиме, так и с применением комплекса датчиков и соответствующего программного обеспечения.

По итогам результата оценки остаточного ресурса (ОР) все данные вносятся в ЭИМ, поддерживая её всегда в актуальном состоянии. При этом работа инженера, выполняющего расчёт, значительно упрощается, а риск потери каких-либо важных сведений сводится к минимуму (при условии правильного выполнения ЭИМ).

Разработанный алгоритм определения ОР с использованием ЭИМ представлен на рис. 1.

Этапы, входящие в группу «Оценка остаточного ресурса», выполняются по известным методикам, утверждённым надзорными и нормирующими органами [4, 5], или вновь предлагаемым различными авторами [6–8].

Хранение данных об объекте обследования в формате информационных моделей даёт возможность воспользоваться инструментарием, реализующим автоматизацию расчёт ОР в среде информационного моделирования. Получение исходных данных из информационной модели, проведение расчётных операций, обратную передачу данных в параметры элементов здания, возможно выполнять с применением средств визуального программирования. Преимущество данного метода – доступность для пользователей, т.к. для его применения не требуется изучения непосредственно языков программирования.

Принцип работы инструментов визуального программирования – использование готовых компонентов программного кода, представляемых в виде графических объектов, соединенных при помощи связей (рис. 2).

При помощи комбинации таких элементов составляются алгоритмы, которые позволяют автоматизировать различные процессы – создание геометрии, заполнение элементов информацией, получение информации об элементах и экспорт этой информации в текстовые или иные форматы, а также выполнение расчётных операций.

Так как каждый компонент можно заменить, переместить, или дополнить наполнением в любой момент времени, такие алгоритмы легко редактируются и корректируются, что позволяет применять в расчёте остаточного ресурса различные методы, а также изменять алгоритм при выборе иного метода. На рис. 3 приведён пример внешнего вида алгоритма, выполненного в программном комплексе *Dynamo* для определения ОР.

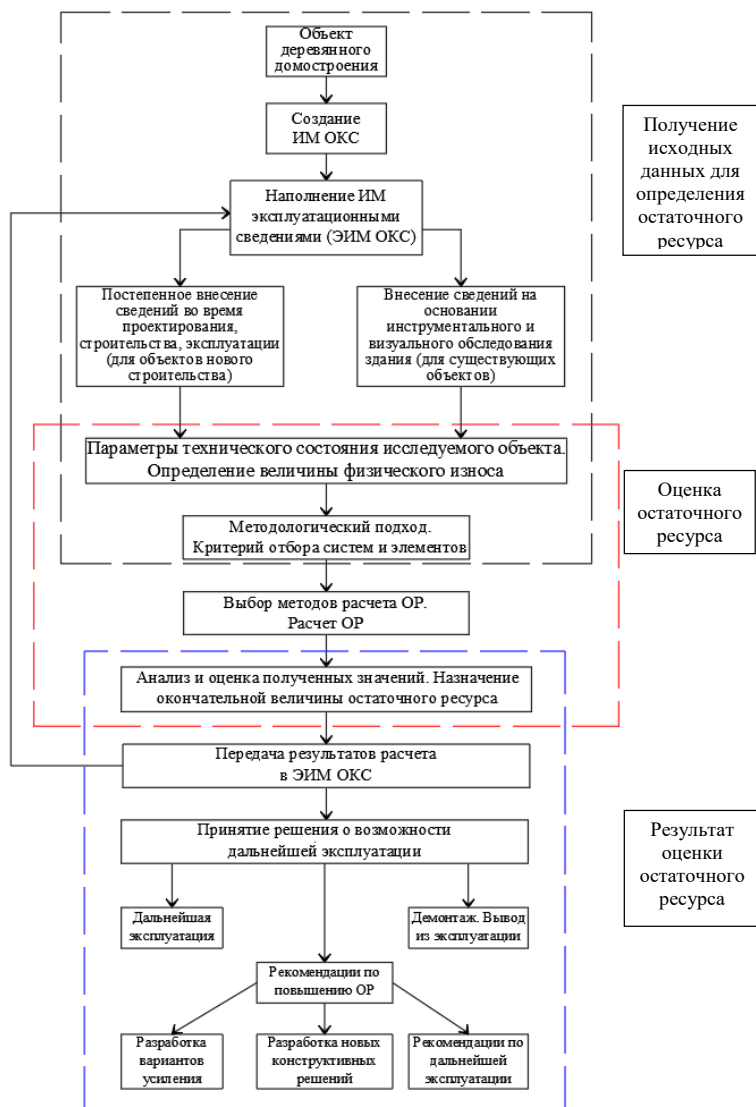


Рис. 1. Алгоритм определения ОР объекта деревянного домостроения с учетом применения инструментов информационного моделирования

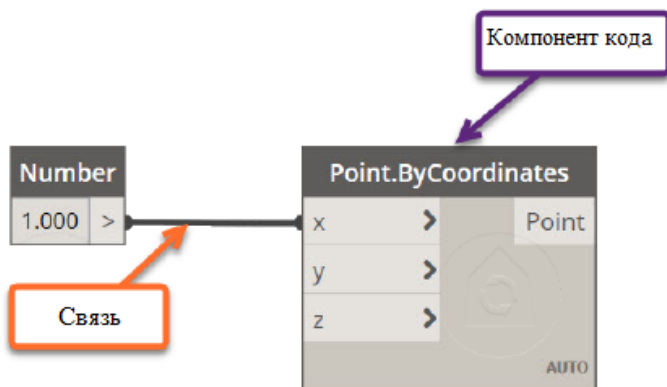


Рис. 2. Пример работы инструментов визуального программирования

Полученные результаты расчёта остаточного ресурса могут экспортироваться в отдельные текстовые или табличные документы, а также сохраняются внутри информационной модели, причем форма записи выбирается непосредственно исполнителем расчёта. К примеру, можно автоматически записать в модели дату выполнения расчёта, срок эксплуатации конструкции на момент расчёта и сам результат расчёта по его завершению.

Таким образом, применение технологии информационного моделирования, включая инструменты визуального программирования, позволяет:

- хранить все данные об объекте капитального строительства в централизованном цифровом формате;
- автоматически получать значения нужных для расчёта ОР параметров из ЭИМ;
- исключить ручной труд при выполнении математических операций;
- автоматически передавать результаты расчёта в ЭИМ, что позволит избежать потери данных о зданиях и сооружениях, вызванные человеческим фактором.

Представленный в данной работе алгоритм может стать основой для формирования конкретных методик оценки остаточного ресурса исторических и вновь возводимых объектов деревянного домостроения.

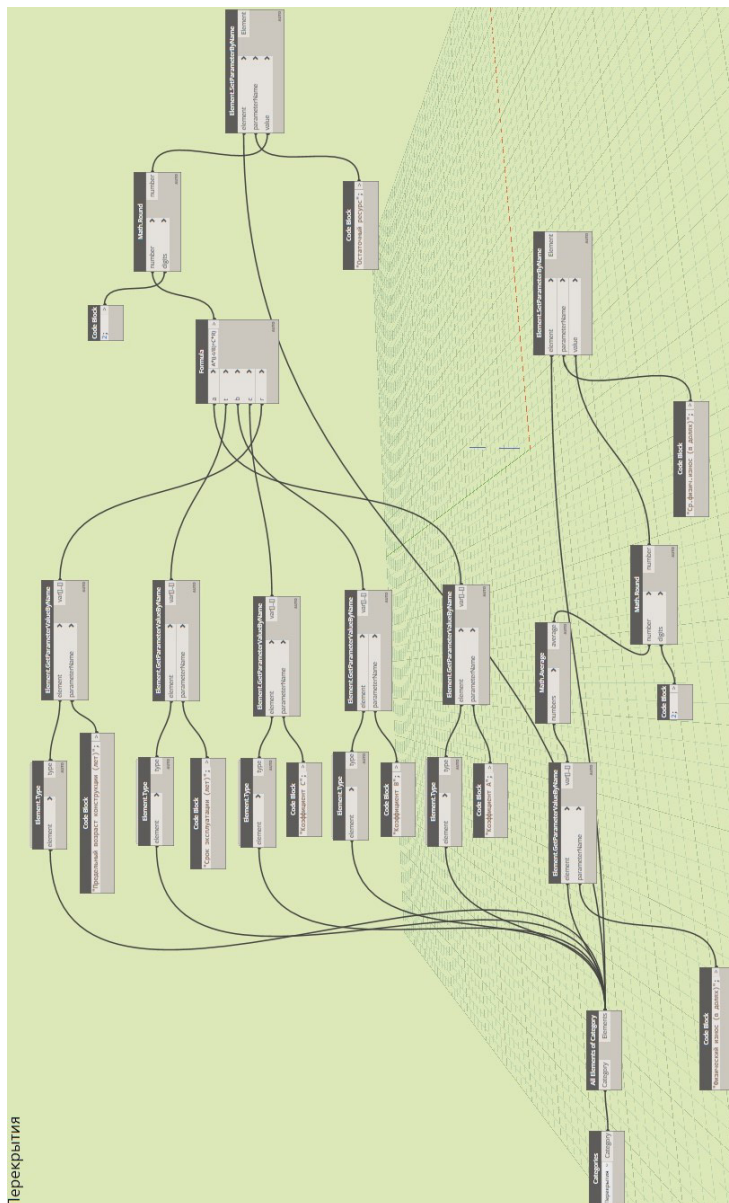


Рис. 3. Пример программы для расчѳта остаточного ресурса в среде визуального программирования Дулато

Литература

1. ГОСТ Р 57311-2016. Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200142711> (дата обращения: 30.01.2022).
2. СП 480.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Требования к формированию информационных моделей объектов капитального строительства для эксплуатации многоквартирных домов, реализованных по проектам повторного использования. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565278451> (дата обращения: 30.01.2022).
3. Чаганов А.Б., Воинский И.И., Шалагинова Е.В. Работа с информационной моделью при обследовании зданий и сооружений. В сб.: Материалы Всероссийского форума «ВМ. Проектирование. Строительство. Эксплуатация». Воронеж: ВГТУ, 2018. С. 69–73.
4. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М: ЦНИИПромзданий, 2001. 100 с. URL: <http://www.files.stroyinf.ru> (дата обращения: 20.01.2022).
5. Цапулина А.В., Кохало Г.Н., Зенин С.А., Петров А.М. Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций зданий и сооружений: методические рекомендации ФАУ ФЦС. М: Минстрой, 2018. 50 с.
6. Chernykh A., Korolkov D., Nizhegorodtsev D., Kazakevich T., Mamedov S. Estimating the Residual Operating Life of Wooden Structures in High Humidity Conditions // *Architecture and Engineering*. 2020. Vol. 5, No. 1. P. 10–19. DOI: 10.23968/2500-0055-2020-5-1-10-19.
7. Korolkov D.I., Nizhegorodtsev D.V., Klevan V.I., Golovina S.G. Predicting the Parameters of Construction Structures with Variable Action of Factors over Time and with Mutual Influence on Each Other. In: *Innovations and Technologies in Construction. BUILDINTECH BIT 2021*. Eds: Klyuev S.V., Klyuev A.V., Vatin N.I. Lecture Notes in Civil Engineering. Springer, Cham, 2021. Vol. 151. P. 63–70. DOI: 10.1007/978-3-030-72910-3_10.
8. Серов Е.Н., Миронова С.И. Усиление клееных деревянных конструкций // *Вестник гражданских инженеров*. 2018. № 5(70). С. 68–74. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-5-68-74.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ, ВЛАДЕЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯМИ BIM

УДК 69.004

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.025

Алешин Артем Александрович, студент
(НИУ Московский государственный строительный университет)
E-mail: ikouchannel@gmail.com

Рыбакова Ангелина Олеговна, старший преподаватель
(НИУ Московский государственный строительный университет)
E-mail: ryibakovaao@mgsu.ru, ORCID: 0000-0002-6652-6334

Aleshin Artem Alexandrovich, student
(NRU Moscow State University of Civil Engineering)
Rybakova Angelina Olegovna, Senior Lecturer
(NRU Moscow State University of Civil Engineering)

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

FEATURES OF TRAINING AND IMPLEMENTATION OF INFORMATION MODELING TECHNOLOGIES IN HIGHER EDUCATION

С конца XX века и до настоящего времени по всему миру происходит процесс всеобщей информатизации и перехода к цифровым методам проектирования. Ежегодно происходит улучшение и совершенствование методик. Компании, специализирующиеся на информационном моделировании (BIM), регулярно обновляют и дорабатывают свои программные продукты. Как результат, время на разработку и создание информационной модели уменьшается, а эффективность труда возрастает. Процесс перехода от традиционных методов проектирования к BIM-технологиям обусловлен именно быстрым развитием информационных технологий и разработкой специализированных программ. Однако на сегодняшний день существует ряд препятствий для распространения BIM-технологий, в том числе проблема обучения и освоения навыков работы. Целью данного исследования является анализ современного преподавания основ информационного моделирования, а задачами – анализ применяемых программных средств, нахождение вариантов решения проблем преподавания при изучении технологий, а также поиск новых технологий для обучения.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, автоматизация проектирования, цифровизация, проектная документация, 3-D моделирование.

From the end of the 20th century to the present, the process of universal informatization and the transition to digital design methods has been taking place all over the world. Every year there is an improvement and improvement of methods. Companies specializing in information modeling (BIM) regularly update and refine their software products. As a result, the time to develop and create an information model decreases, and labor efficiency increases. The process of transition from traditional design methods to BIM technologies is due precisely to the rapid development of information technologies and the development of specialized programs. However, today there are a number of obstacles to the spread of BIM technologies, including the problem of training and mastering work skills. The purpose of this study is to analyze the modern teaching of the basics of information modeling, and the tasks are to analyze the software tools used, find solutions to teaching problems in the study of technologies, as well as search for new technologies for teaching.

Keywords: information modeling technologies, design automation, digitalization, project documentation, 3-D modeling.

В настоящее время ВІМ-технологии очень востребованы в сфере ІТ-технологий и строительства. Преимущества данных технологий достаточно большие [1–2]:

1. Оптимизация работы. До перехода в работе использовался только ручной труд. Чертежи создавались ручным способом, малейшая неточность или неаккуратность приводила к повторному выполнению.

2. Взаимозаменяемость. При изменении или замене какой-либо части проекта, программа будет автоматически обновлять и дополнять связанные параметры информационной модели, документацию, описание и другие элементы.

3. Простота. Большинство программ, например, продукты компании Autodesk Revit и AutoCAD, адаптированы для новых пользователей. Лёгкий для понимания интерфейс и большое количество подсказок дают возможность быстро сориентироваться в новой среде.

4. Работа на всех этапах проектирования. ВІМ-технологии дают возможность не только смоделировать цикл, но и предсказать эксплуатационные свойства, провести тесты в симуляциях, что было бы невозможно без компьютеризации процесса.

С распространением информатизации переход от классических чертежей в цифровой вид неизбежен. Следовательно, требуются

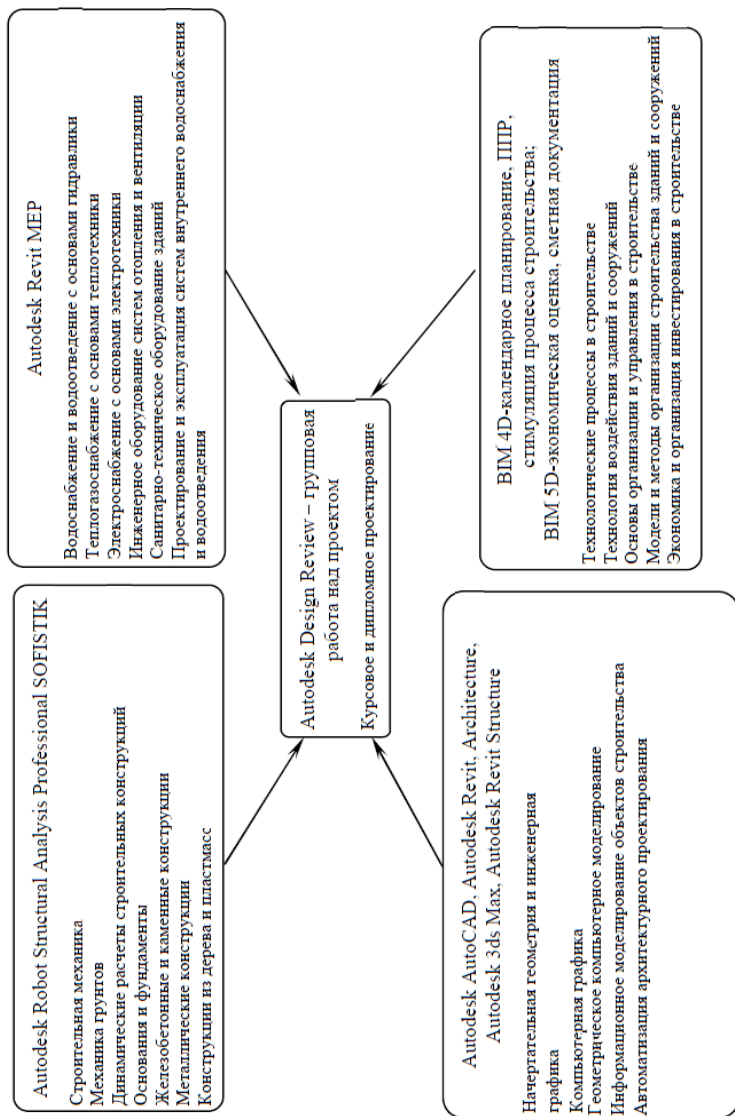
подготовленные специалисты в области BIM-технологий [3–4]. В то время как в США и европейских странах технологии BIM уже успешно внедрены в обучение на протяжении более 10 лет, в России только начинают активно внедряться. Одни из самых известных вузов, где обучают в России инструментарию технологий информационного моделирования: Московский политехнический университет (МПУ), Российский университет дружбы народов (РУДН), Московский государственный строительный университет (МГСУ), Высшая школа экономики (ВШЭ), Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ) и другие архитектурно-строительные ВУЗы России (см. рис.) [5].

Существует огромное количество концепций внедрений BIM-технологий в учебный процесс. Одним из наиболее известных и практических вариантов является продукт компании Autodesk Design Review. Данная программа может быть всецело использована для групповой работы над проектом в рамках курсового проектирования. В ней удобно просматривать и контролировать правки, исправления, составлять замечания и предложения, есть поддержка огромного количества форматов (DWF, DWFx, DWG, DXF, PDF, bmp, jpg, gif, psx, pct, png, glc, tga, tif, mil, cal и т.д.). Создана тесная связь с другими программами Autodesk с помощью формата. На основе формата DWF выполняется тесная связь с другими программами Autodesk. Учащиеся смогут без особых проблем просматривать и печатать сложные 2D и 3D чертежи, карты и модели, опубликованные в приложениях Autodesk Design или в программе DWF Writer. Адаптированный интерфейс, интеграция части одних программ в другие способствуют более быстрой и качественной работе.

Процесс внедрения технологий информационного моделирования в Европе идет более интенсивнее. В Германии и Великобритании работа в BIM закреплена на законодательном уровне. Также, тенденция к внедрению технологий информационного моделирования наблюдается во Франции, Хорватии, Сингапуре и Китае [6–7].

В России же обучение информационному моделированию делится на направления:

- BIM-инженер – архитекторы, конструкторы, дизайнеры, инженеры;
- BIM-менеджер – управление BIM-процессами;
- BIM-координатор – специалисты, обеспечивающие взаимодействие между остальными участниками.



Концепция внедрения BIM-технологий в учебный процесс [5]

К сожалению, обучение каждому из направлений на сегодняшний день недостаточного уровня, что обусловлено нехваткой средств на покупку современного оборудования, поддерживающего программное обеспечение; сложность внедрения нового материала в программы обучения [7]. Одной из проблем может являться незаинтересованность студента в обучении. Он/она не теряют стремление к учёбе, например, из-за плохой подачи материала или отсутствия полезных методических пособий [8].

Одно из решений – для привлечения студентов к учёбе и улучшения закрепления приобретённых навыков можно использовать другие технологии, например, 3D-печать. С помощью такого устройства, как 3D-принтер, есть возможность воссоздать материальную модель по чертежам цифровой. Это поможет не только рассмотреть проект с новой точки зрения, но и обнаружить ошибки и недочёты. Одновременно, это возможность для студентов расширить круг интересов и увеличить количество приобретённых навыков посредством использования ВМ-технологий совместно с другими развивающимися отраслями науки. На сегодняшний день компонентов 3D-печати нет ни в одном программном обеспечении ВМ [8]. Самый простой вариант – перевод в формат .stl (литография). Это может повлечь за собой ряд проблем, например, необходимость увеличения количества форматов файлов, которые можно использовать в ВМ и найти другие способы для усовершенствования существующие решений.

Подводя итоги исследования, следует сказать, что ко всем категориям обучающихся необходим специфический подход. В данный момент в большинстве ВУЗов обучение компьютерному моделированию сводится к изучению отдельно взятых программ. Возможно, лучшим решением будет изменить стратегию и перейти к обучению тому как овладевать технологиями, как решать возникающие в процессе проектирования проблемы, потому что будущая работа выпускника будет связана с непрерывным освоением всё более новых и более современных программ, а уже изученные приложения могут безнадежно устареть. Следует повышать интерес студентов учиться, вводя и правильно используя смежные технологии, такие как VR или 3D-печать, т.к. это может дать толчок к развитию информационного моделирования в целом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90064.

Литература

1. Талапов В.В., Махиев Б.Е., Хапин А.В. Послесловие к ВМ-форуму: кого и кому учить ВМ-технологиям проектирования // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. 2019. № 4. С. 157–160.

2. Жахина У.А., Епифанцева Л.Р. Особенности ВІМ. Опыт применения ВІМ в России. В сб.: Новые технологии – нефтегазовому региону: Материалы Международной научно-практической конференции. Отв. ред. П. В. Евтин. Тюмень: ТИУ, 2018. С. 175–177.
3. Хапин А.В., Махиев Б.Е. Проблемы внедрения технологий ВІМ в архитектурно-строительное образование. В сб.: ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы III Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 75–80. DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.008.
4. Семенов А.А., Суханова И.И. Проект ВІМ-ICE – интеграция ВІМ в высшее и профессиональное образование. В сб.: ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы III Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–17 апреля 2020 года. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 372–378. DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.048.
5. Исаева Е.С., Кондратьева Д.И., Антонова Н.Н. ВІМ-технологии в образовательной среде архитектурно-строительных вузов. В сб.: Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии. Сб. статей XXIII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2021. С. 79–83.
6. Королев А.В. ВІМ-технологии, без которых строительству не жить! // Строительство: новые технологии – новое оборудование. 2016. № 1. С. 20–22.
7. Шевелева Я.С., Кузоваткина Н.В. Обзор покрытия и анализ теней с помощью ВІМ/GIS интеграции // Форум молодых ученых. 2018. № 12-4(28). С. 651–659.
8. Семенов А.А. Обучение ВІМ в университете: необходимые технологии // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 223–227. DOI: 10.23968/ВІМАС.2019.041.

УДК 658.5:624.05

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.026

Бовтеев Сергей Владимирович, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: sbovteev@lan.spbgasu.ru, ORCID: 0000-0002-2765-9329

Bovteev Sergei Vladimirovich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University in Architecture and Civil Engineering)

ОПЫТ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ СОВРЕМЕННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СТРОИТЕЛЬСТВА

EXPERIENCE OF TEACHING STUDENTS IN MODERN TECHNOLOGIES OF VISUALIZATION OF THE CONSTRUCTION PROCESS

Рассмотрены особенности изучения дисциплины «Визуальное планирование организации строительства» студентами магистратуры. Особое внимание уделено составу, содержанию и принципам разработки курсового проекта по визуализации решений планирования и контроля строительства объекта. Представлена схема последовательности курсового проектирования. Изложен порядок и особенности выбора и подготовки исходных данных в виде 3D модели здания в Autodesk Revit, разработки календарно-сетевых графиков в Microsoft Project, формирования 4D модели и выгрузки 4D анимации строительства здания с последующим облётком и с сечениями в SYNCHRO Pro. Даны принципы формирования визуальных отчётов о ходе выполнения работ и статусе строительного проекта как непосредственно в среде календарных графиков, так и на информационных панелях, разработанных в Power BI. Показано формирование карты строительства объектов в среде Power BI.

Ключевые слова: BIM, 4D моделирование, визуализация процесса строительства, календарно-сетевое планирование строительства, информационные панели.

Features of the study of the discipline “Visual planning of the construction organization” of master’s students are included. Particular attention is paid to the composition, content and principles of development of a course work on the topics of visualization of construction planning and control solutions. Representation scheme of the sequential of the project designing is shown. The order and features of the selection and initial data in the form of a 3D structure in Autodesk Revit, the development of a calendar-network schedule in Microsoft Project, the formation of 4D models and the uploading of 4D animation of construction with flight around the building and with sections in SYNCHRO

Pro are outlined. The principles of generating visual reports on the progress of work and the status of a construction project are given both directly in the environment of schedules and on dashboards developed in Power BI. The formation of a construction map of objects in the Power BI environment is shown.

Keywords: BIM, 4D modelling, visualization of construction, construction scheduling, dashboards.

Строительная отрасль в Российской Федерации имеет огромный потенциал для инновационного развития, поэтому одной из важнейших задач на сегодняшнее время является подготовка молодых специалистов, способных в ближайшем будущем применять современный инструментарий для решения практических задач в практике строительства.

В нашем университете студенты 2-го курса магистратуры, обучающиеся по направлению 08.04.01 «Строительство» изучают дисциплину «Визуальное планирование организации строительства», при этом 4D моделированию обучают студентов ещё с 2018 года.

Дисциплина «Визуальное планирование организации строительства» включает четыре основных компонента:

- углубление знаний календарно-сетового планирования и развитие практических навыков работы в Microsoft Project Professional;
- получение знаний и навыков визуализации процессов строительства посредством 4D моделирования, а также навыков работы в специализированном программном обеспечении SYNCHRO Pro;
- получение теоретической базы и приобретение практических навыков контроля хода строительно-монтажных работ и формирования отчётности как непосредственно в среде Microsoft Project Professional, так и на основе формирования информационных панелей («дашбордов» от англ. – dashboard) в среде Microsoft Power BI;
- развитие навыков формирования презентаций в среде Microsoft PowerPoint (при желании, можно овладеть и другими программными средствами, такими как Canva или Prezi) и публичных выступлений с докладами о ходе осуществления строительных проектов.

В рамках дисциплины «Визуальное планирование организации строительства» предусмотрены лекции и лабораторные работы, но основным инструментом для получения и закрепления знаний и приобретения навыков моделирования является курсовой проект на тему «Визуализация планирования и контроля строительства объекта».

Исходными данными для курсового проектирования служат, как правило, 3D модели жилых домов, самостоятельно разработанные студентами в рамках предшествующей дисциплины «Проектная и производственная

подготовка». Однако такие 3D модели требуют корректировки и доработки, например, разрезки 3D элементов конструкции на части, для того, чтобы можно было показать деление объекта на захватки. Кроме того, студенты добавляют объекты строительного хозяйства (дороги, склады, бытовые помещения), импортируют пространственные модели строительных машин, техники и оборудования, разрабатывают внутренние конструкции здания.

Порядок выполнения курсового проекта представлен на рис. 1. Цветом залиты элементы, требующие участия преподавателя.



Рис. 1. Порядок выполнения курсового проекта

Функция курсового проектирования сводится к освоению концепции Virtual Design and Construction (VDC) [1]. Детальное календарно-сетевое

планирование и тщательный контроль являются основой для грамотного и успешного управления строительством. Повышению качества планирования и контроля служит визуализация, которая ещё 20 лет назад была недоступна строителям по причине отсутствия необходимой компьютерной техники и специализированного программного обеспечения. В наше время 4D моделирование уже обеспечено всеми необходимыми ресурсами и широко применяется на практике [2, 3], поэтому студенты должны получать и получают знания и навыки четырёхмерного моделирования.

В современных российских нормах практически отсутствуют методики, правила и решения 4D моделирования, только в Своде правил 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» в приложении Ж говорится о том, что одной из задач применения информационного моделирования в строительстве может быть задача визуализации процесса строительства, заключающаяся в синхронизации информационной модели и календарно-сетевых графика строительства для оптимизации организационно-технологических решений, поиска пространственно-временных коллизий, контроля выполнения работ и визуализации план-фактного анализа [4]. Такую задачу решают в курсовом проектировании, сопровождаемом получением необходимых теоретических знаний на лекциях по предмету.

Для возможности разработки 4D модели студенты формируют календарно-сетевой график в среде MS Project Professional. В график включаются только те работы, которые можно отразить на 4D модели. Детализация календарно- сетевого графика доводится до уровня рабочих операций (армирование, опалубка, бетонирование, набор прочности бетона, распалубка), а также студенты учатся кодировать работы по критериям локации выполнения работ (секция, этаж) и наименования операций, создавая соответствующие таблицы подстановки и пользовательские текстовые поля.

Для непосредственно 4D моделирования применяется программное обеспечение SYNCHRO Pro, т. к. с 2021 года в нашем университете возобновилось действие академической лицензии Bentley Systems. В прошлом учебном году студенты выполняли 4D модели в среде Autodesk Navisworks Manage. SYNCHRO Pro предоставляет больше возможностей (например, деление элементов на части, задание направления развития рабочего процесса, возможность показывать сечения во время

4D-анимации) как для курсового проектирования, так и для реального управления строительством [5].

В курсовом проекте студенты выполняют 4D-анимацию (рис. 2), объединенную с облётом построенного объекта (рис. 3). Итоговый видеоролик длится около 45 секунд. При этом в случае возведения монолитных конструкций отдельными цветами показаны разные операции, разной прозрачностью отображены периоды выполнения операций и периоды законченности операций, например, процесс армирования и завершенность процесса армирования (в период от завершения армирования до начала бетонирования). Во время анимации и во время облёта предусмотрен показ нескольких сечений, чтобы увидеть, например, возведение перегородок.



Рис. 2. 4D-анимация строящегося объекта в среде SYNCHRO Pro

Очень важной составляющей является визуализация контроля осуществления строительного проекта. Отчёты о выполнении работ выполняются в среде программного обеспечения MS Project Professional и MS Power BI. Посредством создания необходимых пользовательских полей, ввода формул, настройки графических индикаторов, а также создания и форматирования представлений MS Project формируются следующие отчёты: о статусе проекта; о статусе отдельных работ проекта и о качестве актуализации календарно-сетевого графика.

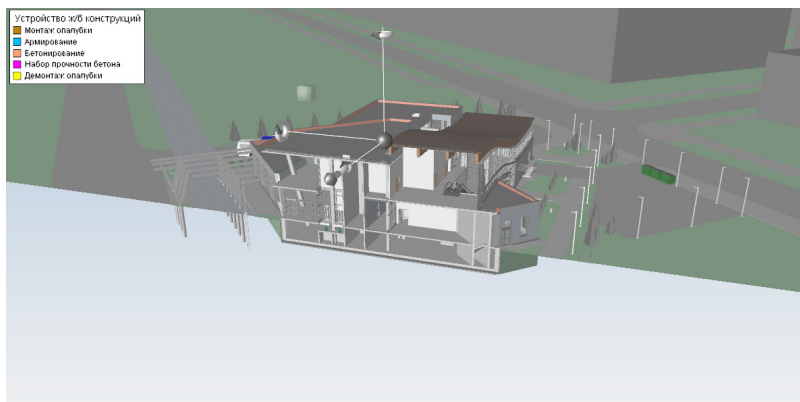


Рис. 3. Облёт построенного объекта с сечением в среде SYNCHRO Pro

В программном обеспечении MS Power BI формируются отчёты о ходе проекта в виде отдельных информационных панелей, или дашбордов. Кроме информационных панелей в курсовом проекте разрабатывается карта объектов из десяти условно строящихся зданий в Санкт-Петербурге или в других городах, при этом одно из зданий является объектом проектирования. Карта сопровождается дополнительными графиками, круговыми диаграммами, гистограммами и таблицами, а для её разработки используется тот же Power BI.

В заключение можно отметить, что обучение студентов магистратуры нашего университета теории и практике визуализации процессов строительства, включая 4D моделирование, позволяет им получить современные компетенции и повысить конкурентоспособность на рынке труда.

Работа выполнена в рамках проекта BIM-ICE (<https://bim-ice.com/>), финансируемого за счет средств гранта Программы ПС «Россия – Юго-Восточная Финляндия 2014-2020».

Литература

1. What is Virtual Design and Construction? VDC definition. URL: www.bimcorner.com/what-is-virtual-design-and-construction/ (дата обращения: 17.02.2022).
2. Бовтеев С.В., Колесников С.В., Шерстобитова П.А. Календарно-сетевое планирование строительства на основе 4D-моделей // Управление проектами и программами. 2020. № 4. С. 276–284.
3. Диско А.И. Исследование истории развития BIM-технологий как инструмента комплексного управления инвестиционным проектом // BIM-моделирование

в задачах строительства и архитектуры: Материалы IV Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 491–497. DOI: 10.23968/VIMAC.2021.062.

4. СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. М.: Стандартиформ, 2020. 219 с.

5. Опарина Л.А., Карасев И.С. Внедрение программного комплекса SYNCHRO Pro в учебный процесс подготовки бакалавров и магистрантов по направлению «Строительство» // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы IV Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 456–462. DOI: 10.23968/VIMAC.2021.057.

ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 658.5:624.05

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.027

Веселова Наталья Игоревна, студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: shocotorts@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3990-8417

Veselova Natalya Igorevna, student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

DEVELOPING A VISUALISATION METHOD OF A COSTRUCTION SITE ORGANIZATION

В статье рассмотрены методы визуализации организации строительной площадки при помощи современного программного обеспечения Bentley LumenRT: создание реалистичной анимационной модели, включающей в себя анимацию инфраструктурных моделей движущимися объектами, анимация инфраструктурных моделей движущимися объектами, например: автомобили, имитация дорожного движения, перемещение людей, колышущиеся от ветра растения, деревья в различных погодных и сезонных условиях, плывущие облака, водная рябь. Предложена подробная методика проектирования визуально-информационной модели и создание 3D-видео презентации. Рассмотренный в работе метод визуализации позволяет в полной мере использовать потенциал современного программного обеспечения такого как Bentley LumenRT, что позволит увеличить качество строительной продукции в целом.

Ключевые слова: BIM, 3D-моделирование, Bentley LumenRT, Autodesk Revit, презентация инженерных проектов, организация строительной площадки.

The article reviews a method for visualization of construction site organization with modern software Bentley LumenRT: creating a realistic animated model, which includes: animating infrastructure models with elements in motion such as simulated traffic using vehicles of all types, moving people, wind-swept plants, breeze-animated and seasonal trees, rolling clouds, rippling water. We also propose a method for designing visually-informational model and for making 3D-video presentations. The method considered in the work allows to use full potential of modern software such as Bentley LumenRT in full measure, what lets to improve quality of construction products.

Keywords: BIM, 3D-modeling, Bentley LumenRT, Autodesk Revit, presentation of engineering projects, organization of the construction site.

Информация в современном обществе играет всё более значимую роль. В последние десятилетия способы её распространения претерпели значительные изменения под влиянием цифровых технологий. Вместе со способом передачи информации претерпевает изменение и форма её представления: в современном мире визуализация используется во всех отраслях, т. к. расширяет возможности потребления информации, делает её более гибкой.

В строительной сфере визуализация – это процесс создания 2D- и 3D-изображений для архитектурно-строительных решений.

Технология BIM позволяет сократить стоимость строительства объектов на более чем 20 % за счет повышения эффективности взаимодействия всех участников процесса. Прежде всего, она позволяет в виртуальном режиме собрать воедино, подобрать по назначению, рассчитать, состыковать и согласовать создаваемые разными специалистами и организациями компоненты и системы будущего сооружения, «на кончике пера» заранее проверить их жизнеспособность, функциональную пригодность и эксплуатационные качества, а также избежать самого неприятного для проектировщиков – внутренних нестыковок и пересечений, например, инженерных систем зданий (коллизий) [1]. Таким образом, применение информационной модели здания существенно облегчает работу с объектом и имеет массу преимуществ перед прежними формами проектирования.

Важно заметить, что с 1 января 2022 года формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства становится обязательным для заказчика, застройщика, технического заказчика, эксплуатирующей организации, если на этот объект выделены средства из бюджета Российской Федерации [2].

Любая технология держится на инновациях. В части BIM это [3]:

- возросшие компьютерные мощности;
- дешёвые хранилища для информации;
- новые программы.

В современном мире использование программного обеспечения для строительства является стандартом, потому что программное обеспечение представляет собой эффективный инструмент управления строительством и позволяет максимизировать использование всего строительного оборудования, снизить затраты и время, необходимое для завершения строительства [4]. Вопрос выбора инструмента для проектирования крайне серьезный, от этого будет зависеть дальнейшая работа, ее темп, результативность и комфорт.

Компания Autodesk предлагает свой собственный взгляд на моделирование BIM. Autodesk Revit предоставляет на выбор большой набор инструментов для проектирования. Большинство архитектурных и строительных фирм в мире и России сегодня предпочитают Revit, поскольку возможность совместной разработки экономит много времени и денег.

Одна из самых известных компаний-разработчиков программного обеспечения на основе технологии BIM для профессионалов в сфере строительства это Bentley Systems, представляющая нам такое программное обеспечение, как SYNCHRO Pro. Это среда, объединяющая в себе решения по календарно-сетевому планированию и трехмерные модели объектов, используемая для оптимизации календарных графиков и выявления коллизий [5].

Также существует программное обеспечение создания окружающей среды Bentley LumenRT. Эта революционная среда для визуализации является одновременно простой в использовании для всех специалистов в области и предоставляет возможность создавать красивые изображения. Одним из ключевых преимуществ программы является возможность создания визуализации в режиме реального времени.

Существуют следующие особенности визуализации организации строительной площадки при интеграции Bentley LumenRT с Autodesk Revit.

В программе довольно небольшой выбор строительной техники и рабочих. Из объектов есть возможность установить дорожные знаки, ограничивающие передвижение по строительной площадке и расставить пожарные гидранты, если их нет в модели.

Все файлы подобного типа устанавливаются вместе с самой программой и, как правило, хранятся в формате «.lob». Это тип данных, используемый для хранения больших объектов – различные форматы текстов, изображения, видео, звуковые файлы. Однако, можно добавить в программу простым «перетаскиваем» в окно программы любые файлы формата «.3DS». С этими файлами можно проводить те же операции, что и с программными: менять местоположение, масштабировать, назначать анимацию и т.д.

Удобно при помощи программы в режиме ночного времени проверить достаточность освещенности строительной площадки при помощи регулирования высоты расположения предполагаемых осветительных приборов, и их мощности (рис. 1).



Рис. 1. Процесс настройки освещения строительной площадки

Дополнительно к этому есть два удобных инструмента, помогающих добавить в модель больше конкретной информации. Первый из них это измерительный инструмент. Его крайние точки можно настроить по координатам для большей точности. Это можно использовать, например, для проверки расположения пожарного гидранта на условие удаленности от дороги на 2 м [6]. Второй это инструмент «текст» с помощью него, можно подписать весь экран модели, а также отдельные элементы или объекты.

Поскольку LumenRT – это продукт компании Bentley Systems, он имеет возможность работы с облачным сервисом iModelHub. С его помощью есть возможность интеграции программы с другими продуктами компании.

При импорте модели из Autodesk Revit 2020 можно визуализировать только определенный день производства строительно-монтажных работ. Однако, если перенести готовый файл из SYNCHRO Pro можно увидеть весь процесс последовательно [7]. Делается это в следующей последовательности:

1. Переносится файл в SYNCHRO Control.
2. Загружается файл в LumenRT при помощи iModel Hub.

При таком способе загрузки в режиме создания видео-презентации появляется временная шкала, длительностью 60 сек. По шкале можно перемещаться от начала строительства до его окончания в соответствии с календарно-сетевым графиком строительно-монтажных работ, используем в SYNCHRO Pro (рис. 2).

Опубликовать модель, созданную в LumenRT можно двумя способами [8].

1. Публикация LiveCube.

Можно выбрать любую из предложенный настроек, дать название будущему файлу. Публикация займет какое-то время, файл будет сохранен в формате «.exe».

2. Создание 3D-видео презентации.

В LumenRT видео-презентации создаются при помощи плавного перехода от одной точки обзора на модель к другой. Есть возможность отрегулировать количество времени перехода между ними, а также время задержки на определённой точке.

После того, как были проведены все настройки можно экспортировать созданное видео в выбранном качестве. Файл будет экспортирован в формате «.avi».



Рис. 2. Перемещение по шкале времени
(<https://www.bentley.com/ru/products/product-line/construction-software/synchro-control>)

В заключении можно подвести следующие итоги:

1. У программы есть широкие возможности для создания реалистичного изображения, но нет детальной, проработанной и разнообразной библиотеки объектов для визуализации организации строительной площадки. Для более детальной и точной проработки строительной площадки требуется создать специальную библиотеку, содержащую все необходимые объекты. В данный момент интеграция программы с Autodesk Revit больше подходит для учебных или демонстрационных целей.

2. При интеграции с SYNCHRO Pro в LumenRT переносятся все ресурсы, задействованные на строительной площадке. Результатом синхронизации двух программ будет являться наглядная демонстрация строительно-монтажных работ, потоки движения ресурсов по строительной площадке, что в свою очередь позволит строительным компаниям более грамотно организовать расположение различных объектов на строительной площадке, предотвратить коллизии, выбрать наиболее подходящие оборудование и лучший из возможных способов выполнения строительно-монтажных работ.

3. В программе реализовано два удобных способа демонстрации модели. Публикациями LiveCube из-за их сравнительно небольшого веса удобно делиться с большим количеством пользователей [9], а 3D-видео презентации в кинематографическом качестве могут быть с успехом продемонстрированы заказчику.

Литература

1. Царегородцева О.В., Габриелян А.А., Лютова К.Г. Информационная поддержка жизненного цикла строительного объекта на примере BIM технологии // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование: Сб. науч. тр. 4-й Междунар. молод. научно-практ. конф. В 3-х т. Отв. ред. Е.В. Павлов. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2017. С. 164–168.

2. Постановление Российской Федерации от 5 марта 2021 года № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157208> (дата обращения: 14.10.2021).

3. Трофимова Л.А., Трофимов В.В. Реализация стратегии инновационного развития строительной отрасли РФ на основе информационного моделирования промышленных и гражданских объектов // Современное строительство и архитектура. 2017. № 1(5). С. 31–35. DOI: 10.18454/mca.2017.05.1.

4. СП 301.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. М.: Стандартинформ, 2017. 23 с.

5. Бовтеев С.В. Применение 4D-моделирования в целях повышения эффективности календарного планирования строительства // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы III Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 81–87. DOI: 10.23968/VIMAS.2020.009.

6. СП 48.13330.2019. Организация строительства. СНиП 12-01-2004. М.: Стандартинформ, 2020. 66 с.

7. Bentley LumenRT. URL: <https://www.youtube.com/channel/UCJY6oj53S93k94Cf7cH7qAg> (дата обращения: 16.10.2021).

8. Запись вебинара «Bentley LumenRT. ПО для моделирования окружающей реальности ваших инженерных проектов». URL: <https://www.irisoft.ru/vebinary/zapis-vebinara-bentley-lumenrt-po-dlya-modelirovaniya-okruzhayushhej-realnosti-vashih-inzhenernih-proektov/> (дата обращения: 17.10.2021).

9. Детальное проектирование, помощь в тендерном процессе и управление проектом для строительства 12 парков IT/Hi-Tech // САПР и графика. 2021. № 2(292). С. 18–19.

УДК 004.92:004.94

DOI: 10.23968/ВМАС.2022.028

Диско Анастасия Игоревна, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: disko2020@inbox.ru, ORCID: 0000-0003-0346-7952

Disko Anastasiya Igorevna, Master's degree student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ SYNCHRO ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВОМ

USE OF SYNCHRO SOFTWARE FOR COMPLETE CONSTRUCTION MANAGEMENT

Статья описывает современные подходы управления инвестиционным строительным проектом с применением информационных технологий. Проведен анализ продуктов для 4D моделирования и организации СОД, выделен подходящий комплекс ПО для задач исследования. Описаны возможности и преимущества развертывания среды общих данных на проекте с использованием SYNCHRO Control и SYNCHRO Field. Обозначено применение SYNCHRO 4D для анализа плановых и фактических показателей реализации проекта. Описан подход к созданию качественной 4D модели и представлен необходимый перечень параметров, вносимых в модель. Приведен перечень ключевых преимуществ использования 4D моделирования и инструментов сопровождения строительства.

Ключевые слова: VDC, информационная модель, инновационный, управление, визуализация, календарно-сетевое планирование, 4D, SYNCHRO.

The article describes modern approaches to investment project management using information technology. The paper analyzes products for 4D modeling. This article describes the features and benefits of deploying a shared data environment on a project using SYNCHRO Control and SYNCHRO Field. The application of SYNCHRO 4D for the analysis of planned and actual indicators of the project implementation is shown. An approach to creating a high-quality 4D model is described and the necessary list of parameters introduced into the model is presented. The list of key advantages of using 4D modeling and construction support tools is given.

Keywords: VDC, information model, innovative, management, visualization, scheduling, 4D, SYNCHRO.

На данный момент тема комплексного подхода к управлению инвестиционным проектом является достаточно популярной, что отражается в концепции VDC (Virtual design and construction) [1]. Многие компании

стремятся развивать у себя отделы сопровождения строительства с применением информационных технологий и организацией среды общих данных (СОД). Актуальность использования BIM продуктов обусловлена цифровизацией строительной отрасли в целом.

Целью изучения и применения комплексного подхода к управлению инвестиционным проектом является повышение эффективности строительного производства путем минимизации рисков, связанных со сложностью и трудоемкостью логической связки строительно-монтажных работ с поставками материалов и оборудования, отсутствием визуализации и представления организационно-технологических решений, отсутствием надлежащей коммуникации между участниками проекта и разрозненностью хранения и получения исходных данных для работы. Стоит задача выделить необходимые составляющие для обеспечения качественной организации строительного производства и рассмотреть ряд продуктов, которые способствуют формированию и оптимизации контроля за ходом реализации проекта.

Ведущими компаниями в области BIM технологий, в том числе используемых в целях организации и контроля, являются AUTODESK и Bentley Systems, которые в своем портфеле имеют ряд продуктов для создания 4D моделей и формирования информационной среды. Autodesk Navisworks – продукт, имеющий базовые инструменты для создания 4D моделей и отслеживания планового и фактического выполнения работ, однако не имеющий достаточного функционала для работы с графиками непосредственно в программе и возможностей гибкой фильтрации, группировки работ, настройки отображения моделей, наполнения работ необходимыми атрибутами. Более мощным ПО для 4D моделирования является SYNCHRO 4D от Bentley Systems, которое поддерживает детальное планирование, расчет количественных показателей проекта (сроки, объем, количество ресурсов, выработка, стоимость), отслеживание плановых и фактических показателей с использованием статусов работ и конструкций, что делает софт наиболее подходящим для управления ходом строительства.

Первым этапом организации рабочего процесса является развертывание среды общих данных. СОД – уже неотъемлемый инструмент в управлении инвестиционным проектом. Важно, чтобы все заинтересованные участники проекта получали одинаковые данные и информацию своевременно и в полном объеме [5]. На рынке существует множество облачных сервисов для организации СОД, функционал которых схож – это Autodesk BIM360, SYNCHRO Control, Pilot BIM от компании АСКОН. Учитывая, что удобней работать в едином комплексе продуктов,

с упрощенной интеграцией моделей и данных, рассмотрим использование SYNCHRO Control для формирования комплексного подхода к организации производства. Единый доступ ко всем документам, замечаниям, моделям, который сформирован на базе Synchro Control, эффективно выстраивает рабочий процесс, избавляя от излишней цепочки коммуникации между заказчиком, инвестором, генпроектировщиком, генподрядчиком, технадзором и другими задействованными участниками процесса. Выводя статистику по выполнению задач и устранению замечаний, можно отслеживать эффективность и качество работы участников строительства (рис. 1). Использование Synchro Field (мобильная версия) позволяет непосредственно со строительной площадки назначать статусы готовности элементов конструкции, также формировать замечания или информировать о проблемах, которые мгновенно направляются ответственным лицам. И самое главное – все это связано в одном комплексе продуктов.

Второй этап – это создание 4D модели (синтез 3D модели и календарного графика производства работ). В функционал SYNCHRO 4D входит создание календарно-сетевых графиков, проверка на коллизии, создание анимации и отчетов в виде серии изображений [2]. Используя расширенные возможности программы, такие как создание пользовательских полей, сценариев, кодов работ, фильтров, можно упростить и автоматизировать работу на стройплощадке: обеспечить технику безопасности, отслеживать и оптимизировать технологические, логистические и финансовые процессы [3]. План-фактный анализ, отображаемый на диаграмме Ганта и 4D модели (рис. 2) позволяет выявить проблемы и вовремя найти пути их решения без потери во времени и бюджете. 4D моделирование широко применяется в строительстве крупных объектов, например, американская инжиниринговая компания Bechtel одна из первых стала использовать SYNCHRO для реализации проектов: строительство пересадочного узла метро и железнодорожного вокзала London Liverpool Street.

Для создания качественной 4D модели необходимо формировать ВЕР (BIM Execution Plan) – документ, регламентирующий план реализации BIM моделирования объекта. В области 4D моделирования данный документ в основном формируется на этапе создания строительной и исполнительной модели. В нем отображают требования к исходным данным: состав и детализация графика производства работ, необходимое атрибутивное наполнение элементов конструкций и графика. Для минимизации трудоемкости создания 4D модели можно предусмотреть нарезку 3D элементов на захватки, назначить коды элементам модели и календарно-сетевому графику для автоматической синхронизации [4].

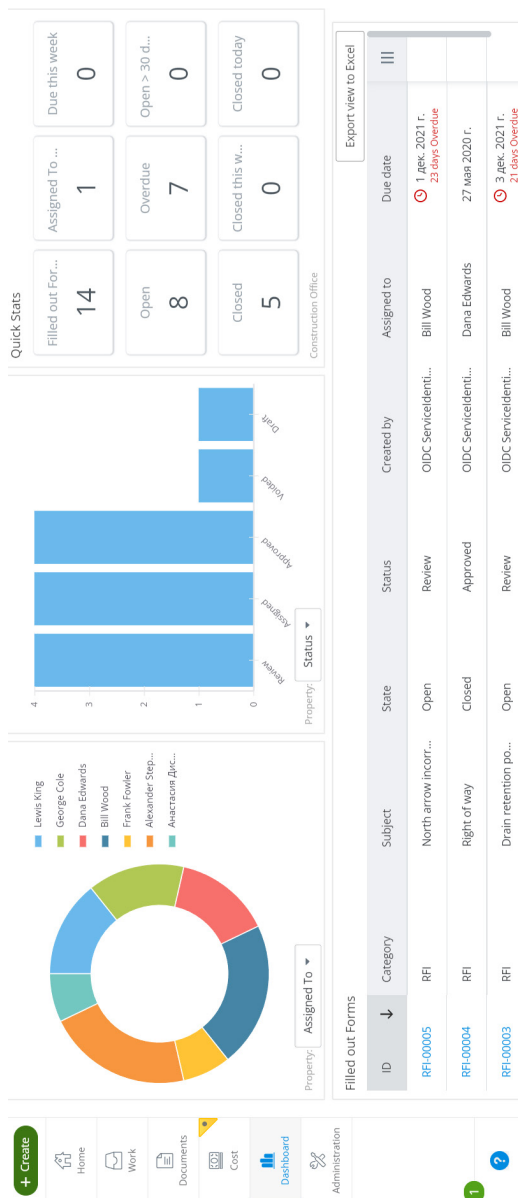


Рис. 1. SYNCHRO Control – информационная панель в разрезе выполнения задач по проекту

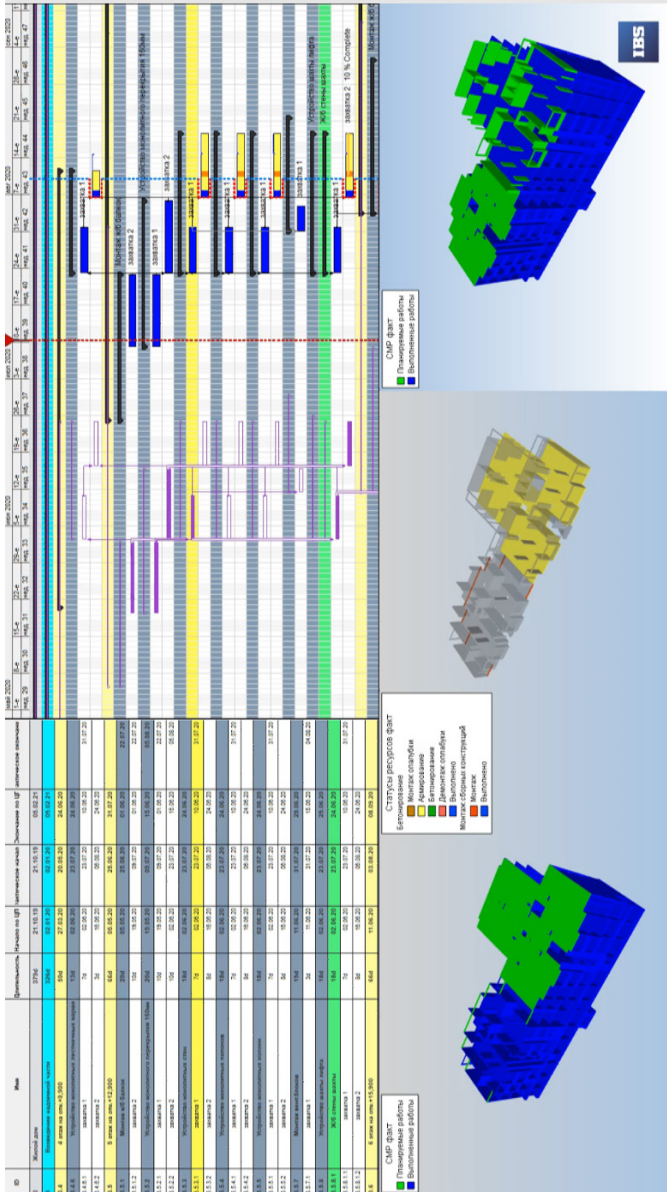


Рис. 2. Представление анимации «план-факт» с изображением диаграммы Ганта и статусами работ и ресурсов

В зависимости от потребностей Заказчика перечень необходимых параметров, внесённых в модель, изменяется, но для качественной работы выделен необходимый минимум (см. табл.).

Описание параметров на этапе формирования строительной и исполнительной моделей

Параметр	Описание
Подрядчики	Данные по подрядчику, включая наименование, номер договора, наименование субподрядчика
Номер захватки	Обозначение части здания, разделенного в соответствии с производственными процессами
Номер участка	Обозначение части здания (сооружения), в пределах которого существуют одинаковые производственные условия, дающие возможность применять одинаковые методы и технические средства
Физический объем	Агрегированное по элементам значение параметра, по которому происходит нормирование и оценка стоимости выполнения СМР
Единицы измерения	Единицы измерения физического объема
Идентификаторы элементов	Уникальные идентификаторы элементов для связи элементов BIM-модели с графиком
Визуальные профили	Состояние СМР, например: статус конструкций, движение техники, статус выдачи РД, статус план/факт
ИД	Номер, дата и гиперссылка на скан-копию в СОД, например: акт освидетельствования скрытых работ (АОСР)

Подводя итог, можно выделить ряд преимуществ применения комплексного подхода к управлению строительством путем организации СОД и создания 4D модели объекта:

- Визуализация процесса строительства. Выявление пространственно-временных коллизий. Наглядное представление план-факта по срокам, бюджету.
- Управление субподрядчиками и координация проекта. Распределение зон ответственности путем настройки фильтров, сортировки с применением цветовых схем [6].
- Управление строительством. Организация взаимодействия всех заинтересованных лиц, ведение документооборота. Создание отчетности,

в том числе в виде дашбордов, контроль за выполнением СМР в виде план-фактного анализа.

- Оптимизация строительства. Сравнение нескольких альтернатив производства работ, что приводит к экономии времени и бюджета.
- Обеспечение охраны труда и промышленной безопасности путем обозначения опасных зон.
- Формирование динамического стройгенплана путем показа движения техники, управления опасными зонами работы крана. Сопоставление работ на стройплощадке с графиком поставок, обеспечение мест складирования.

На сегодняшний день статистика влияния информационных технологий на сферу строительства по данным Sweett Group показывает сокращение затрат на 20 %, продолжительности работ на 10-12 %, что говорит об эффективности использования данных ВІМ технологий в разрезе управления строительством.

Работа выполнена в рамках проекта ВІМ-ICE (<https://bim-ice.com/>), финансируемого за счет средств гранта Программы ПС «Россия – Юго-Восточная Финляндия 2014-2020».

Литература

1. Диско А.И. Исследование истории развития ВІМ-технологий как инструмента комплексного управления инвестиционным проектом // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 491–497. DOI: 10.23968/ВІМАС.2021.062.
2. Семенов В.А., Шуткин В.Н., Морозкин Н.К. Эффективный подход к 4D-визуализации масштабных строительных проектов и программ на основе иерархических динамических уровней детализации // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 385-393. DOI: 10.23968/ВІМАС.2021.048.
3. Храпкин П.Л. Методические указания по Synchro Pro/Bentley. 2019. 28 с.
4. Бовтеев С.В. Практика применения 4D-моделирования в строительстве // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 77–84. DOI: 10.23968/ВІМАС.2021.009.
5. Нафикова М.В., Астафьева Н.С., Мамаев А.Е. Использование облачных сервисов при реализации инвестиционно-строительных проектов // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 329–335. DOI: 10.23968/ВІМАС.2021.042.
6. Нечипорчук Я., Башкова Р. Краткий обзор 4D моделирования в строительстве // Архитектура. Строительство. Образование. 2020. № 1(15). С. 35–41.

УДК 69.058+69.059

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.029

Мишуренко Николай Александрович, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: nikolai8421@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0022-734X

Mishurenko Nikolai Aleksandrovich, postgraduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

СОСТОЯНИЕ ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В РОССИИ

STATE OF IMPLEMENTATION OF BIM-TECNOLOGIES IN THE FIELD OF SURVEY OF BUILDINGS AND STRUCTURES IN RUSSIA

В статье рассматривается состояние внедрения BIM-технологий в России. Проведен обзор исследований по данной тематике. Рассмотрены предложения по использованию BIM при эксплуатации зданий и сооружений, при ведении деятельности по сохранению объектов культурного наследия. Обозначены направления исследований внедрения BIM-технологий в области обследования зданий и сооружений. В заключении предлагается общий подход по реализации информационного моделирования для объектов обследования. Обозначены принципиальные параметры для информационных моделей объектов обследования, а также перспективы реализации BIM в области технического обследования зданий и сооружений.

Ключевые слова: обследование, эксплуатация, BIM-технологии, дефекты, усиление, напряженно-деформированное состояние.

The article changes the state of application of BIM technologies in Russia. Conducted scientific research on this topic. Variants of the proposal for the BIM proposal in the operation of buildings and structures, in the course of measures to preserve cultural heritage sites. The directions of researches of BIM-technologies in the field of researches of buildings and constructions are designated. As part of a collaborative approach to implement information modeling to consider objects. The main parameters for information models of research objects are outlined, as well as the prospects for the implementation of BIM in the field of technical research of buildings and structures.

Keywords: survey, exploitation, BIM-technologies, defects, reinforcement, stress-strain state.

В соответствии с [1] на территории России осуществляется внедрение ВМ (информационного моделирования) в жизненный цикл зданий и сооружений, представленный на рисунке.



Жизненный цикл зданий и сооружений

Эксплуатация объектов капитального строительства подразумевает проведение обследования технического состояния зданий и сооружений: комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимости восстановления, усиления, ремонта, и включающий в себя обследование грунтов основания и строительных конструкций на предмет выявления изменения свойств грунтов, деформационных повреждений, дефектов несущих строительных конструкций и определения их фактической несущей способности [2].

С момента введения приказа об утверждении внедрения информационного моделирования в области строительства проводятся научные изыскания на предмет эффективности и целесообразности применения ВМ-моделирования на различных стадиях жизненного цикла здания.

Перспективы внедрения ВМ-технологий, а также проблемы, связанные с внедрением ВМ-технологий, рассматриваются в статье А. А. Баженова [3].

В исследовании [4] формулируется проблема создания эффективной единой информационной модели. Для решения данной проблемы предлагается создать единое технико-экономико-правовое пространство, в связи с чем будет реализовано развитие экономики.

В статье [5] в качестве основания для развития информационного моделирования рассматривается государство, как источник финансирования и нормативно-правовой базы.

С. С. Бачурина, И. Л. Владимирова и Г. Ю. Каллаур [6] сформулировали задачи внедрения технологий информационного моделирования на этапе эксплуатации объекта: материально-техническое управление и коммерческое управление.

В статье [7] предложено использование ВМ-моделирования для замены инженерных сетей существующего жилищного фонда, за счет создания типовых моделей сетей для многоквартирных домов серийного

производства (каждой серии предусматривается набор определенных моделей).

Процесс интеграции BIM-технологий в деятельность по сохранению объектов культурного наследия представлен в работе П. С. Кононовой [8]. Установлено, что первоначальное внедрение BIM ведет к удорожанию и увеличению сроков инженерных изысканий, однако прогнозируется снижение трудоемкости последующих работ, и как следствие, снижению последующих затрат.

Реализация использования BIM в ходе реставрации представлена в статье [9]. В качестве примеров представлены: Дом главного горного начальника (г. Екатеринбург, ул. Набережная Рабочей молодежи, 3, литера А); Усадьба Рязанова, 1 пол. XIX в. (г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 63).

Перспективы и сложности применения BIM-технологий в сфере технического обследования обозначены в исследованиях [10–13].

В статье [14] представлено исследование комплексного использования Connected BIM, IoT и Blockchain в ходе мониторинга строительных конструкций. По результатам исследования установлено, что совместное применение информационных технологий является перспективным в связи с возможностью контролирования объекта в реальном времени, а также прогнозирования поведения строительных конструкций по результатам статической обработки.

В работах А. Г. Черных, Д. И. Королькова и А. С. Пакиной [15–16] предлагается использовать BIM-технологии для расчета остаточного ресурса строительных конструкций.

В работе [15] представлен алгоритм расчета остаточного ресурса конструкций, в основе которого лежит комплексное использование различных методик и методов расчета остаточного ресурса: при расчете остаточного ресурса каждой конструкции применяется не менее 3 методик или методов. Для проверки адекватности результатов расчета предлагается выполнять оценку расхождений значений.

Работа [16] представляет реализацию алгоритма расчета остаточного ресурса конструкций на примере каркасного жилого пятиэтажного дома.

Обследование зданий и сооружений условно можно разделить на несколько основных категорий:

1. Плановое обследование.
2. При обнаружении дефектов во время эксплуатации.
3. По результатам аварий, пожаров, стихийных бедствий.
4. Обследование в рамках проведения реконструкции.

Существуют также иные случаи, когда проводят обследование зданий и сооружений, однако такие случаи составляют меньшую долю от общего объема проводимых обследований.

Несмотря на то, что общая основа у всех категорий обследований одинаковая, существует принципиальная разница в итоговом варианте заключения по результатам технического обследования. Это связано как с основанием для проведения обследования, так и с нормативной базой: допустимость применения тех или иных норм обусловлена категорией обследования.

Таким образом, информационная модель одного и того же объекта в зависимости от категории проводимого обследования должна отражать свой набор отличающихся параметров.

Разумным подходом в данной ситуации будет создавать базовую информационную модель, отражающую неизменные особенности объекта: конструктивная схема здания; материалы строительных конструкций; объемно-планировочные решения; составы конструкций; назначение помещений; дату строительства. Далее, в зависимости от целей проведения обследования, следует переходить к уточнению информационной модели.

Независимо от целей проведения обследования, на стадии полевых работ важной задачей является выявление дефектов и повреждений строительных конструкций, а также фактических характеристик материалов строительных конструкций. Параметры дефектов и повреждений, характеристики материалов необходимо вносить в информационную модель объекта, так как эти данные оказывают влияние на напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкций и, как следствие, на несущую способность объекта.

Зачастую, по совокупности различного рода факторов, в ходе выполнения поверочных расчетов устанавливается, что несущая способность конструкции или объекта в целом не обеспечена. В большинстве случаев (при экономическом и конструктивном обосновании) разрабатывается и выполняется усиление таких конструкций. В данных условиях применение ВМ-технологий является наиболее полезным, так как дополнение информационной модели объекта сведениями о выполнении усиления, позволит выявить целесообразность и эффективность усиления, в связи с тем, что выполнение усиления меняет НДС конструкций и важно иметь представление о том, как изменение НДС конструкции отразится на объекте в целом.

На текущий момент нет устоявшегося подхода к применению ВМ-технологий в области обследования зданий и сооружений. В рамках тестовых задач на примере реальных объектов Региональным центром

строительных исследований «Артель» было принято решение сформировать представление о том, какой должна быть информационная модель объекта в области обследования.

Литература

1. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 декабря 2014 года № 926/пр «Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» URL: <https://docs.cntd.ru/document/420245345?marker=6560Ю> (дата обращения: 12.02.2022).

2. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200100941> (дата обращения: 08.02.2022).

3. Баженов А.А. Перспективы применения BIM-технологий в современной строительной отрасли. В сб.: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 40–44. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.006.

4. Бахарева О.В., Кордончик Д.М. Внедрение технологических и управленческих инноваций: BIM-модель в архитектуре, проектировании, строительстве и эксплуатации. В сб.: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 44–49. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.007.

5. Петров К.С. и др. Применение BIM-технологий при проектировании и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4(51).

6. Бачурина С.С., Владимирова И.Л., Каллаур Г.Ю. Требования к цифровой модели здания на эксплуатационной фазе жизненного цикла. В сб.: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 49–53. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.008.

7. Карасев И.С., Опарина Л.А. Применение BIM-технологий для капитального ремонта многоквартирных домов и их инженерных сетей с целью повышения энергоэффективности. В сб.: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 97–103. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.011.

8. Кононова П.С. Синтез традиций и новейших технологий: использование BIM-моделирования при осуществлении деятельности по сохранению объектов культурного наследия. В сб.: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 504–511. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.064.

9. Захарова Г.Б. Применение BIM в реставрации объектов культурного наследия. В сб.: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 112–118. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.020.

10. Беркетов В.П. Применение BIM технологий при проведении технического обследования зданий и сооружений. В сб.: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 243–247. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.045.

11. Кузнецов Д.В., Левичев Е.В., Якунина В.А. Опыт и проблематика применения BIM-моделей в период эксплуатации здания // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2021. № 1 (11).

12. Чигинский Д.С., Валеев Г.В. Применение ВІМ-технологий при обследовании строительных конструкций зданий и сооружений. В сб.: ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 248–254. DOI: 10.23968/ВІМАС.2021.032.

13. Шеина С.Г., Виноградова Е.В., Денисенко Ю.С. Пример применения ВІМ технологий при обследовании зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2021. № 6(78).

14. Макаренко А.Н., Муравьева М.Д., Рябов А.И. Совместное использование Connected ВІМ, ІоТ и ВЛОККCHAIN для мониторинга строительных конструкций. В сб.: ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 512–519. DOI: 10.23968/ВІМАС.2021.065.

15. Черных А.Г., Корольков Д.И., Пакина А.С. Алгоритм расчета остаточного ресурса строительных конструкций при создании информационной модели здания или сооружения. В сб.: ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 174–180. DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.021.

16. Черных А.Г., Корольков Д.И., Пакина А.С. Расчет остаточного ресурса строительных конструкций по модифицированному методу с применением средства визуального программирования Dупаmо. В сб.: ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 408–418. DOI: 10.23968/ВІМАС.2021.051.

УДК 658.5:624.05

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.030

Плетникова Татьяна Юрьевна, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: tanapletnikova1@gmail.com

Pletnikova Tatyana Yuryevna, Master's degree student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ 4D-МОДЕЛИ СТРОИТЕЛЬНОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

METHODOLOGY FOR THE FORMATION OF A 4D-MODEL OF THE CONSTRUCTION MASTER PLAN DURING CONSTRUCTION

В работе выделены основные этапы формирования 4D-модели строительного генерального плана в составе проекта организации строительства и проекта производства работ. Обозначены преимущества и критерии применимости внедрения 4D-модели строительного генерального плана в процесс строительства. Даны рекомендации по выбору степени детализации цифровой модели. Был проведён анализ процесса 4D-моделирования и способов использования его преимуществ для повышения эффективности управления строительными проектами. По результатам исследования автором сделан вывод о том, что использование 4D-модели позволяет эффективно управлять рисками и ресурсами, а также повышать уровень коммуникации заинтересованных лиц, что в целом положительно влияет на качество строительного проекта.

Ключевые слова: BIM, информационное моделирование, внедрение BIM-технологий, 4D-моделирование, календарно-сетевое планирование, визуализация строительства, 4D-проектирование.

The main stages of the formation of the 4D-model of construction master plan as a part of the construction organization project and the project of works were identified in the work. The advantages and applicability criteria of the 4D-model of the construction master plan in the construction process were outlined. The recommendations on the choice of the degree of detailization of the digital model are given. The analysis of the process of 4D-modeling and ways of use of its advantages for increase of efficiency of management of construction projects has been carried out. According to the results of the study the author concluded that the use of 4D-model allows effective management

of risks and resources, as well as increase the level of communication of stakeholders, which generally has a positive impact on the quality of the construction project.

Keywords: BIM, information modeling, implementation of BIM-technologies, 4D-modeling, calendar-network planning, construction visualization, 4D-design.

Строительная сфера непрерывно развивается, меняются масштабы объектов строительства, с каждым годом процесс их проектирования и возведения становится всё более трудоемким, включающим значительное количество работ. Организация и планирование строительства – ответственный этап в ходе создания любого здания или сооружения. 4D-модель – визуальный инструмент, объединяющий трехмерную модель с проектом организации строительства для имитации реальных строительных процессов. Использование 4D-модели строительного генерального плана дает возможность осуществлять мониторинг строительных работ в режиме реального времени, своевременно устранять пространственно-временные коллизии и оптимизировать процесс планирования строительства. Применение 4D-моделирования при организации строительства поможет сделать процесс строительства более экономичным, быстрым и эффективным.

Проектные организации неохотно осуществляют массовое внедрение 4D-модели в процесс организации и планирования строительства. Причиной этому служат технические, социальные и экономические ограничения. Безусловно, условия каждой конкретной организации нужно рассматривать отдельно, но существует общая тенденция – отсутствие опыта и какой-либо методики по внедрению 4D-модели стройгенплана в строительный процесс.

Целью работы является выявление общих положений методики формирования 4D-модели строительного генерального плана в составе проекта организации строительства и проекта производства работ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- 1) обзор литературных источников по теме работы;
- 2) выявление преимуществ применения 4D-моделирования в процессе организации строительства;
- 3) выделение основных этапов формирования 4D-модели строительного генерального плана в составе проекта организации строительства и проекта производства работ.

В работе [1] рассмотрено современное программное обеспечение 4D-моделирования, этапы внедрения 4D-моделирования в практику деятельности строительной компании, а также возможные получаемые

выгоды. Авторы статьи [2] указывают на предпосылки появления 4D-моделирования и концепции «Виртуальное проектирование и строительство», рассматривают разные варианты ответственности за формирование 4D-моделей строительства, их преимущества и недостатки. Помимо прочего, отображены отдельные практические аспекты 4D-моделирования строительства на базе современного программного обеспечения SYNCHRO Pro, Autodesk Navisworks и Powerproject BIM.

В статье [3] дан обзор базовых этапов развития информационного моделирования зданий и сооружений. Рассмотрены различные программные продукты для проектирования, визуализации и управления проектом, выделены основные этапы внедрения информационного моделирования в России, показаны основные проблемы и трудности использования BIM-технологий.

Авторы работы [4] рассматривают основные принципы 4D-моделирования и методы синхронизации календарно-сетевых графиков с BIM-моделями зданий и сооружений, а также основные эффекты 4D-моделирования в строительстве.

В статье [5] T. Mazars и A. Francis рассмотрели стратегию связи между 3D-моделью, хронографическим моделированием и 4D-симуляцией.

В работе [6] обсуждаются преимущества, возможные риски планирования строительства с использованием 4D-BIM, существующие и будущие проблемы 4D-планирования в строительной отрасли.

Однако, несмотря на большой объем исследований, посвященных данной теме, до настоящего времени не было описано конкретной методики формирования 4D-модели строительного генерального плана, применимой в России.

Исследования в сфере 4D-моделирования в общем случае направлены на расширение области применения технологии BIM в различных строительных процессах. Большую долю составляют работы, вносящие вклад в модернизацию управления строительными проектами. Также обзор литературы раскрывает некоторые недостатки в текущей практике управления проектами.

Помимо неотъемлемого преимущества – наглядности, внедрение 4D-моделирования в процесс организации строительства обладает следующими достоинствами:

- улучшенное понимание плана выполнения работ;
- возможность выявления пространственно-временных коллизий;
- сокращение объемов работ, выполняемых вне запланированных, что приводит к экономии материальных ресурсов;

- упрощение сотрудничества между субподрядчиками и генподрядчиком;
- повышение производительности благодаря более детальному пространственному планированию;
- сокращение расходов на оборудование в результате 4D планирования крупногабаритного оборудования;
- четкая видимость отставания от графика и возможность снижения риска задержек.

Первым шагом для инициации формирования 4D-модели является определение цели и потребности в модели, что позволит выявить основных пользователей. В начале любого проекта с использованием 4D-моделирования необходимо разработать спецификацию 3D-модели и процедуру 4D. Это поможет обеспечить понимание результатов и требований, необходимых для разработки 4D-модели, что в свою очередь снизит общую трудоемкость работ по её созданию. Требования, особенно к организации графика и именованию задач WBS, должны быть четко определены в сопроводительной документации. Это позволит упростить рутинное обновление 4D-модели.

Начинать процесс создания 4D-модели следует с предварительной обработки 3D-модели перед импортом. В случае крупных проектов (например, строительства промышленных зданий) в информационную модель необходимо внести ряд дополнительных параметров и кодов для объектов, составляющих модель. На этапе создания 3D-модели необходимо учесть все дополнительные детали и элементы, которые требуют моделирования. В зависимости от сложности и объемов проекта следует добавлять необходимую информацию в виде разработанных заранее кодов для маркировки 3D-объектов. При возникновении конфликтов между расписанием и 3D-ресурсами необходимо добавить в модель дополнительные работы, чтобы обеспечить правильную визуализацию фаз 4D.

При моделировании должны быть учтены такие элементы, как котлован, строительные леса, башенные краны и другие объекты, которые являются частью процесса строительства. Интеграция строительных лесов и башенных кранов в пространственно-временную модель может помочь оценить конструктивность и вопросы безопасности до выхода на стройплощадку. Строительные леса также необходимы, поскольку они влияют на пространственные ограничения для оборудования и людей.

Уровень проработки 4D-модели должен быть определен в соответствии с назначением и может варьироваться в зависимости от масштабов строительства. Степень сложности 3D-модели должна разрабатываться

в тесном взаимодействии с детализацией расписания, которая должна быть определена на ранней стадии процесса. Объем 4D-модели напрямую влияет на длительность её разработки. Уровень детализации зависит от запроса заказчика. Если 4D-модель будет использоваться в течение всего периода проекта, то график должен содержать более подробный список задач, охватывающих каждый этап строительного процесса.

Для того, чтобы получить объективное представление о движении ресурсов и происходящих процессах на строительной площадке, 4D-модель должна использоваться для еженедельного анализа и отслеживания хода строительства. Это позволит сравнивать действительный и целевой графики проекта для более эффективного управления. Кроме того, использование 4D-моделей предлагает лучший способ управления рисками и ресурсами, повышение уровня коммуникации со всеми заинтересованными сторонами проекта и обеспечение прозрачности и подотчетности. В процессе решения в пользу применения 4D-моделирования должны учитываться как потенциальные выгоды, так и уровень усилий для получения готовой продукции.

При разработке методики формирования 4D-модели в процессе планирования и организации строительства необходимо учесть следующее:

- применение 4D-модели в процессе планирования и организации строительства становится более целесообразным с увеличением масштаба проекта;
- проект может быть хорошим кандидатом для 4D-моделирования, если существует потенциал для значительных рисков;
- степень детализации 3D-модели должна разрабатываться в тесном взаимодействии с детализацией расписания, которая должна быть определена на ранней стадии процесса.

Предлагаемые этапы формирования 4D-модели строительного генерального плана в процессе организации строительства можно увидеть на схеме.



Этапы формирования 4D-модели строительного генерального плана в процессе организации строительства

Литература

1. Бовтеев С.В. Применение 4D-моделирования в целях повышения эффективности календарного планирования строительства // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы III Международной научно-практической конференции СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 81–87. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.009.
2. Бовтеев С.В. Практика применения 4D-моделирования в строительстве // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы IV Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 77–84. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.009.
3. Диско А.И. Исследование истории развития BIM-технологий как инструмента комплексного управления инвестиционным проектом // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы IV Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 491–497. DOI: 10.23968/BIMAC.2021.062.
4. Бовтеев С.В., Колесников С.В., Шерстобитова П.А. Календарно-сетевое планирование строительства на основе 4D-моделей // Управление проектами и программами. 2020. № 4. С. 276–284.

5. Mazars T., Francis A. Chronographical spatiotemporal dynamic 4D planning // Automation in Construction. 2020. Vol. 112. P. 103076. DOI: 10.1016/j.aut-con.2020.103076.

6. Ahmadi P.F., Arashpour M. An Analysis of 4D-BIM Construction Planning: Advantages, Risks and Challenges // Proceedings of the 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction / ISARC: From Demonstration to Practical Use – To New Stage of Construction Robot – 2020. P. 163–170.

УДК 69.002.5

DOI: 10.23968/ВМАС.2022.031

Салахова Александра Вадимовна, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: sasha_sal.188@mail.ru, *ORCID:* 0000-0001-6053-8951

Демидова Юлианна Андреевна, магистрант

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: juliaandreeva99@mail.ru, *ORCID:* 0000-0003-4880-887X

Кротов Олег Михайлович, магистрант

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: krotov.om@edu.spbstu.ru, *ORCID:* 0000-0003-0911-5341

Salakhova Aleksandra Vadimovna, Master's degree student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Demidova Yulianna Andreevna, Master's degree student
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)
Krotov Oleg Michailovich, Master's degree student
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

АВТОМАТИЗАЦИЯ БАШЕННЫХ КРАНОВ С ЦЕЛЬЮ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D-ПЕЧАТИ

AUTOMATION OF TOWER CRANES FOR THE PURPOSE OF CONSTRUCTION 3D PRINTING

Строительство сегодня преобразуется с точки зрения автоматизации основных технологических процессов. Аддитивная печать становится популярным направлением возведения зданий и сооружений с помощью специальной программируемой техники, а именно строительных принтеров, позволяющих сократить сроки строительства, а также уменьшить трудозатраты за счет использования минимального количества ресурсов. Но поскольку на строительных площадках сегодня основной техникой остаются строительные краны, то для постепенного перехода к автоматизированному строительству в данной статье рассматривается возможность повышения функционала стандартного башенного крана, используемого на строительной площадке, для проведения работ по аддитивной печати, то есть для автоматизированного беспалубочного бетонирования. Также определяется целесообразность модернизации башенного крана до строительного принтера.

Ключевые слова: строительство, строительная печать, башенный кран, послойная печать, автоматизация, строительный принтер.

Construction is being transformed today in terms of automation of the main technological processes. Additive printing is becoming a popular direction for the construction

of buildings and structures with the help of special programmable technology, namely construction printers, which reduce construction time, as well as minimize labor costs by using a minimum amount of resources. But since construction cranes remain the main equipment on construction sites today, for a gradual transition to automated construction, this article considers the possibility of increasing the functionality of a standard tower crane used on a construction site for additive printing, that is, for automated formwork concreting. Also the feasibility of upgrading a tower crane to a construction printer is determined.

Keywords: construction, construction printing, tower crane, layer-by-layer printing, automation, construction printer.

Трехмерная печать в наше время затрагивает многие сферы деятельности человека: создание прототипов органов, запчастей для машин, еды, а также зданий и сооружений. Под строительной печатью понимается послойное создание объектов с помощью печатающей головки принтера, движущейся по траектории, заданной в программном комплексе. Основным преимуществом для стран-конкурентов в этой области является существенная экономия на строительстве зданий и сооружений [1]. Печатающая головка принтера исключает использование опалубки, поскольку конструкция создается послойно из специального бетона. Однако проектирование специальной смеси является не самой простой задачей для технологов и строителей. Специально спроектированная смесь строительного принтера обладает такими характеристиками, как быстрый набор прочности, быстрое схватывание смеси, что позволяет не использовать опалубку и создавать многослойные конструкции без растеканий [2]. Создание основных строительных конструкций автоматизированным способом, тракторная строительная печать с номинальным количеством смеси – все эти особенности ведут к уменьшению трудозатрат. Также можно отметить таких процессов, как опалубочные работы, вибрирование и выдержку смеси в опалубке и разборку опалубки за счет послойного создания объектов [3]. Однако сегодня данная технология не может полностью заменить монолитное строительство из-за отсутствия сертифицированного решения автоматизированного армирования, поэтому строительная печать может применяться в основном для возведения малоэтажных зданий, а также печати стен зданий с продольным армированием [4], что используется редко.

Сегодня в мире наиболее популярными являются строительные принтеры порталного и кранового типов. Портальные строительные принтеры производят печать в трехмерной системе координат внутри рабочей площадки, лимитированной опорами принтера. При таком

способе печати уменьшается возможность колебания печатающей головки при проведении работ, поскольку печатающая головка движется вдоль портальной балки. Крановый принтер, наоборот, имеет высокую вероятность изменения формы печатаемого слоя при колебании головки за счет ветра и других факторов, находящейся на конце стрелы. Несмотря на это, крановый принтер является достаточно мобильным и является достаточно удобным при переносе по строительной площадке [5].

Поскольку сегодня основной техникой на строительной площадке является башенный кран, а конструкция кранового принтера имеет сходство с обычным краном, цель данной статьи заключается в рассмотрении возможности автоматизации башенного крана для проведения работ по строительной печати. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Рассмотреть процесс подготовки моделей к печати.
2. Исследовать электронику строительного принтера.
3. Спроектировать схему электроники адаптированного башенного крана.
4. Сделать вывод о целесообразности автоматизации башенного крана.

Для подготовки моделей к строительной печати сегодня используют комплекс из трех программ (рис. 1): программы для проектирования (AutoCAD, Компас) с выгрузкой файлов в формате dxf, программы для подготовки G-кода (SheetCAM) и программы-операторы для проведения работ на принтере (Mach3).

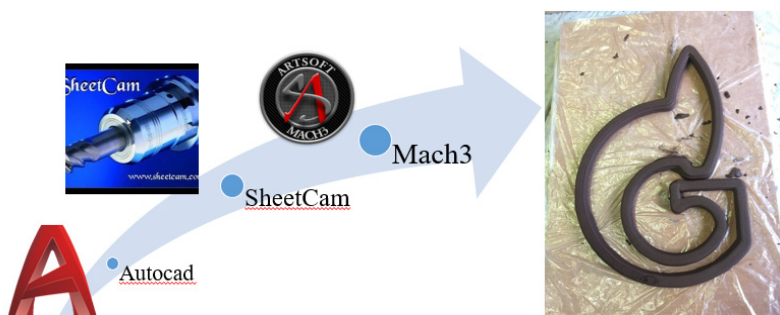


Рис. 1. Комплекс программ для строительной печати

Сначала создается эскиз объекта в двумерной плоскости, который после выгружается в dxf формате. Данный файл попадает в SheetCAM,

где задаются высота объекта, высота каждого слоя, ширина слоя и другие параметры печати; на выходе создается G-код. После этого он загружается в программу-оператор, после чего производится печать. Набор программ используется в существующей строительной печати и может применяться в случае возможной автоматизации башенного крана. Для этого необходимо рассмотреть электронику строительных принтеров.

Электроника строительного принтера является основной ведущей частью строительного принтера. Автоматизация работы строительного принтера связывает большой пласт программных комплексов, а также механизмов. Для подключения принтера к компьютеру в данной работе используется плата Arduino Uno через USB и VGA кабеля. Вся работа принтера увязана на передвижении печатающей головки в пространстве, а именно в сферической системе координат, если говорить о крановом типе принтеров. Передвижение головки в пространстве происходит за счет шаговых двигателей, отвечающих за свои оси. Так, на рис. 2 представлена предположительная схема расположения осей для шаговых двигателей башенного крана, аналогичная строительному принтеру кранового типа.

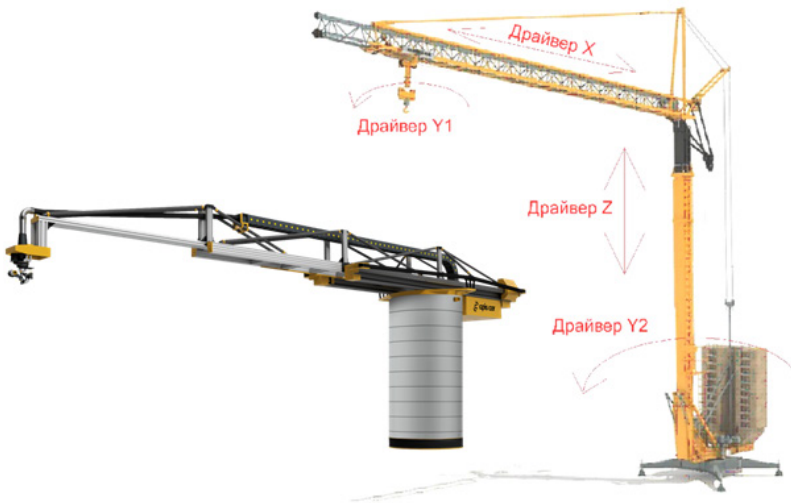


Рис. 2. Крановый принтер и схема автоматизации башенного крана

Выбраны оси X, Z, Y1 и Y2, движение вдоль каждой из которых производится за счет шаговых двигателей. Y1 отвечает за вращение шнека

внутри печатающей головки. К каждому шаговому двигателю подсоединяется драйвер, который получает сигналы от контроллера и компьютера и изменяет ток в обмотках двигателя, заставляя вал двигателя поворачиваться в соответствующем направлении на заданный угол.

Драйверы шаговых двигателей подсоединяются к контроллеру через блоки питания. Несколько драйверов можно подсоединять через один блок питания, но не пытаться подсоединить все через один блок. Так, для компактности схемы Y1 и Y2 подключаются к одному блоку питания (рис. 3) Учитывая простоту данной схемы, для автоматизации работы башенного крана к блоку электроники крана необходимо подключить плату через кабельное соединение, а также добавить недостающие двигатели и драйверы в общую схему электроники. Таким образом, двигатели башенного крана будут получать сигналы от компьютера через контроллер и драйверы и в итоге позиционировать печатающую головку на местности в рамках рабочей площадки башенного крана.

Компьютер в работе со строительным принтером является базовым пунктом отправки сигналов на принтер, поэтому для правильной работы принтера и дальнейшей печати кроме электроники принтера необходимо качественно настроить модель на компьютере.

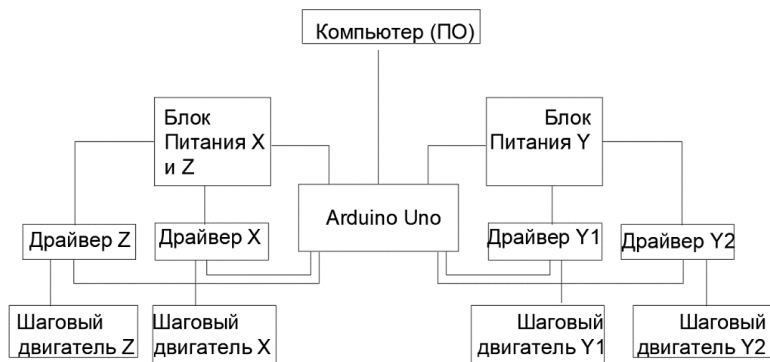


Рис. 3. Типовая схема электроники строительного принтера

Сегодня строительные принтеры позволяют создавать сложные архитектурные объекты автоматизированным способом в короткие сроки. Данная автоматизация также позволяет создавать типовые объекты, затрачивая меньше времени, чем при традиционном строительстве. Но, учитывая наличие большого количества техники, применяемой

при традиционном строительстве, интересным является возможность рассмотрения автоматизации данной техники для нужд строительной печати. Таким образом, исходя из практики строительной печати с применением строительных принтеров башенного типа при создании реальных объектов строительства, а также учитывая возможность добавления к башенному крану электроники, характерной строительным принтерам, можно сделать вывод, что автоматизация башенных кранов для беспалубочного бетонирования может быть целесообразна при создании зданий и сооружений.

Литература

1. Беляева С.В., Кротов О.М., Гокканен А.И., Обмачкин В.А. Применение 3d-принтера в строительной отрасли. В сб.: Неделя науки ИСИ. Сборник материалов Всероссийской конференции. СПб.: Политех-ПРЕСС, 2021. С. 83–85.
2. Souza M.T., Ferreira I.M., Guzi de Moraes E., Senff L., Novaes de Oliveira A.P. 3D printed concrete for large-scale buildings: An overview of rheology, printing parameters, chemical admixtures, reinforcements, and economic and environmental prospects // *Journal of Building Engineering*. 2020. Vol. 32. P. 101833. DOI: 10.1016/j.jobe.2020.101833.
3. Мустафин Н.Ш., Барышников А.А. Новейшие технологии в строительстве. 3D принтер // *Региональное развитие*. 2015. № 8. С. 13–15.
4. Li Z., Wang L., Ma G., Sanjayan J., Feng D. Strength and ductility enhancement of 3D printing structure reinforced by embedding continuous micro-cables // *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 264. P. 120196. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120196.
5. Sakin M., Kiroglu Y.C. 3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM // *Energy Procedia*. 2017. Vol. 134. P. 702–711. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.09.562.

УДК 69.001.5

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.032

Салахова Александра Вадимовна, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: sasha_sal.188@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6053-8951

Демидова Юлианна Андреевна, магистрант

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: juliaandreeva99@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4880-887X

Кротов Олег Михайлович, магистрант

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: krotov.om@edu.spbstu.ru, ORCID: 0000-0003-0911-5341

Salakhova Aleksandra Vadimovna, Master's degree student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Demidova Yulianna Andreevna, Master's degree student
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)
Krotov Oleg Michailovich, Master's degree student
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

ПРИМЕНЕНИЕ ВІМ-РЕШЕНИЙ ПРИ КООРДИНАЦИИ ПРОЕКТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

APPLICATION OF BIM SOLUTIONS IN PROJECT COORDINATION IN CONSTRUCTION

На сегодняшний день передовые технологии, в частности информационное моделирование зданий (Building Information Modeling – BIM), успешно применяются во всем мире на стадии планирования, проектирования и строительства уникальных объектов и сооружений, многофункциональных комплексов, жилья, стадионов, в социальной, транспортной, инженерной инфраструктурах. В статье рассмотрены программные обеспечения, такие как Autodesk Navisworks и SYNCHRO 4D, позволяющие совершать виртуальную координацию проектов, создавать информационные модели, находить и устранять коллизии, контролировать процесс выполнения работ, планировать строительные работы и предотвращать возникновение проблем на строительной площадке в перспективе. Представлен сравнительный анализ сходств и различий данных программ для моделирования. Рассмотрены области применения программных комплексов на примере возведенных объектов.

Ключевые слова: программный комплекс, Autodesk Navisworks, SYNCHRO 4D, строительство, информационные технологии.

Presently, trendsetting technologies, in particular BIM (Building Information Modeling), are used successfully at the stages of planning, designing and building of unique

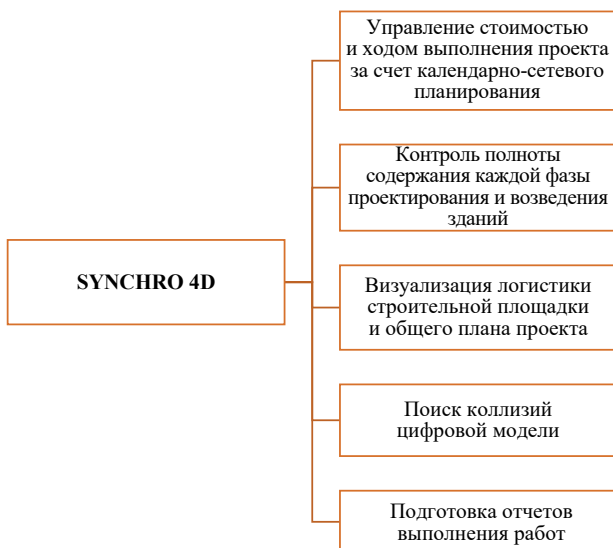
facilities and structures, multifunctional complexes, real estate, stadiums and in amenity, transport and engineering infrastructures. This article presents software (Navisworks and SYNCHRO 4D) which allows to make a virtual coordination of projects, create information models, find and reduce the conflicts, monitor and plan the work process and prevent problems on the construction site. The article gives the comparative analysis of the similarities and differences between these modeling programs. Field of application of software systems is consider by the case of facilities built.

Keywords: software system, Navisworks, SYNCHRO 4D, building, IT.

Строительство не стоит на месте, появление новых программных комплексов, способствующих оптимизации времени, управлению жизненным циклом объекта, снижению количества ошибок при проектировании, оснащении и возведении зданий, существенно облегчает жизнь человека. Также, нельзя не заметить, что использование в проекте информационного моделирования существенно повышает рентабельность и производительность, снижает стоимость строительства, уменьшает трудозатраты рабочей силы, и экономит бюджет при закупке строительных материалов, за счет чего целевые показатели при строительстве типовым методом с использованием САД-технологий в сравнении с использованием ВІМ являются менее выгодными [1]. Использование ВІМ на протяжении всего жизненного цикла повышает эффективность проекта. Программные обеспечения Autodesk Navisworks и SYNCHRO 4D помогают целостно контролировать весь проект.

SYNCHRO 4D – программное обеспечение для синхронизации 3D модели с графиком производства работ, отображения диаграммы Ганта, управления процессом проектирования и получения информации о состоянии проекта в любой промежуток времени – продолжительность работ, стоимость, потребность в рабочей силе и др. SYNCHRO 4D, помимо основных задач (см. рис.), имеет возможность контролировать проблемные моменты при возведении сооружения, эффективно планировать и обеспечивать наглядное представление последовательности выполнения строительных работ на 3D модели объекта [2].

Применение программного обеспечения SYNCHRO 4D можно увидеть на стадии реконструкции объекта, а также при проектировании и строительстве новых сооружений. Одним из наиболее ярких примеров применения данного программного обеспечения на сегодняшний день является реконструкция Петербургского спортивно-концертного комплекса, расположенного по адресу: Российская Федерация, Санкт-Петербург, Муниципальный округ Гагаринское, пр. Юрия Гагарина, д. 8, в целях создания многофункционального спортивно-досугового комплекса.



Основные задачи SYNCHRO 4D

SYNCHRO 4D применяется для:

- визуального анализа и создания графической формы отчетности – макета объекта;
- целостного контроля проекта;
- аналитики хода выполнения СМР (строительно-монтажных работ);
- моделирования логистики строительной площадки;
- исключения пересечений и равномерного распределения бригад рабочих по строительной площадке;
- визуального моделирования потоков работ.

Другим инструментом для работы специалистов в области проектирования, позволяющее анализировать этапы выполнения и управление фазам проекта, моделировать процесс строительства [3], является программное обеспечение Autodesk Navisworks, позволяющее выполнять сборку модели, выгружать объемы СМР, создавать точки обзора для демонстрации проекта. Чаще всего Navisworks применяют для обнаружения несоответствий и коллизий между компонентами и элементами проекта такими как: системы вентиляции и кондиционирования, водоотведение,

бетонные конструкции, элементы архитектуры [4]. Navisworks – продукт компании Autodesk, используемый для 4D и 5D-моделирования.

На практике Autodesk Navisworks (табл. 1) использовался при на завершающих этапах проектирования и в дальнейшем при строительстве объектов на территории Российской Федерации.

Таблица 1

Применение Autodesk Navisworks в России

№ п/п	Название проекта	Область применения
1	Реконструкция Многофункционального волейбольного комплекса «Янтарный» в Калининграде	проверка инженерных систем на пространственные столкновение внутри проекта; создание для предоставления заказчику 3D презентации
2	Стадион «Динамо» («ВТБ Арена – Центральный стадион “Динамо” имени Льва Яшина») по адресу: Российская Федерация, Москва, Ленинградский проспект, 36	сборка цифровой графической части каждого раздела проектной документации в единую модель; составление отчета, после задания правил и проверки сводной модели на наличие коллизий
3	Строительство центральной кольцевой автомобильной дороги № 4 (концессионный участок ЦКАД-4) в Московской области	Управление план-графиком строительства, графиком строительно-монтажных работ, поиск пространственных и временных коллизий с окружающей средой

Получение полной информации об объекте, его текущем состоянии на разных стадиях жизненного цикла является основной задачей параметрического моделирования, так как это позволяет инвесторам оценить риски, принять необходимые управленческие решения и показать эффективность строительства объекта [5]. Обе программы Autodesk Navisworks и SYNCHRO 4D обладают рядом преимуществ, сходств и отличий (табл. 2) в сравнении друг с другом, что делает их удобными в использовании каждому пользователю. Одним из важных преимуществ обоих программных обеспечений – возможность размещать трехмерные модели в облачных структурах, с разрешения администратора предоставлять доступ только тем, кто работает в проекте. Следует учесть, что программы созданы с целью максимально оптимизировать работу человека,

они не принимают никаких самостоятельных решений за пользователя, не учитывают того, что не учел бы руководитель проекта.

Таблица 2

Сходство и различия программных обеспечений для ВМ-моделирования

Autodesk Navisworks ↔ SYNCHRO 4D	
Сходство	Различия
Программные обеспечения позволяют работать с несколькими информационными моделями одновременно	SYNCHRO 4D позволяет привязывать оборудование (экскаваторы, краны и т. д.) к конкретным задачам, объектам, возможность выбора машин, механизмов и транспортных средств из библиотеки
Возможность поиска пространственных столкновений между объектами, выявление конфликтов в объединенных моделях	Экспорт отчетов в разные форматы электронных документов: Navisworks предпочтительно в HTML/XML/TXT, в SYNCHRO 4D есть возможность в PDF
Широкий спектр анимации для создания презентационных работ, видео, графиков, 3D-визуализация модели	SYNCHRO 4D имеет функцию создавать и изменять трехмерные объекты, Navisworks – только редактировать измерения
Объединение информационных моделей из разных источников; также, для удобства, предусмотрено наличие ленточного интерфейса	Navisworks не имеет возможности создавать гистограммы оценки трудовых и материальных ресурсов, в SYNCHRO 4D присутствуют эти инструменты
Совместимы с большинством файловых форматов, используемых в данной индустрии, в том числе и с IFC (Industry Foundation Classes)	SYNCHRO 4D выделяется среди прочих программных обеспечений функцией планирования с использованием метода критического пути, что крайне важно для крупномасштабных проектов

ВМ-моделирование помогает устранять ошибки и вносить изменения на стадии проектирования, тем самым позволяя создавать точную, продуманную и информативную модель сооружения, сокращать количество отходов от производства и повышать эффективность проекта.

Каждая из программ имеет свои сильные и слабые стороны, поэтому при выборе программного обеспечения для работы необходимо исходить из задач, которые планируется сделать пользователю. Для более детального моделирования строительной площадки, с указанием работ механизмов удобно воспользоваться SYNCHRO 4D, если все исходные данные

ранее разработаны в одном из продуктов Autodesk и требуется отобразить только процесс строительства в целом – Navisworks отлично подойдет для использования.

Литература

1. Егоров Д.А., Человьян В.Д., Тарханова О.В. О целесообразности использования BIM-технологий в строительстве. В сб.: Информационные и графические технологии в профессиональной и научной деятельности. Сборник статей III Международной научно-практической конференции. Отв. ред. Н. И. Красовская. 2019. С. 168–170.
2. Nechporchuk Y., Bašková R. The conformity of the tools of selected software programs for 4D building modeling // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 867. P. 012034. DOI: 10.1088/1757-899X/867/1/012034.
3. Корытин А.А., Кокарева Я.А. Построение 4D модели 2-х этажного жилого дома с использованием по «NAVISWORKS MANAGE» в учебном процессе. В сб.: Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Матер. Междунар. научно-практ. конф. 2020. С. 73–76.
4. Eldeep A.M., Farag M.A.M., El-hafez L.M.A. Using BIM as a lean management tool in construction processes – A case study // Ain Shams Engineering Journal. 2022. Vol. 13, No. 2. DOI: 10.1016/j.asej.2021.07.009.
5. Кочетова К.Д., Хачиев Р.В., Касаткина А.И. Особенности внедрения BIM-технологий в организацию строительного производства в России. В сб.: Технология и организация строительного производства. Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 117–123.

УДК 69.05

DOI: 10.23968/BIMAC.2022.033

Салимгареева Эльза Назимовна, магистрант

(НИУ Московский государственный строительный университет)

E-mail: elsa.salimgareeva@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-8167-6728

Синенко Сергей Анатольевич, д-р техн. наук, профессор

(НИУ Московский государственный строительный университет)

E-mail: sasin50@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2212750X

Salimgareeva Elza Nazimovna, Master's degree student

(NRU Moscow State University of Civil Engineering)

Sinenko Sergey Anatolyevich, Dr. Sci. Tech., Professor

(NRU Moscow State University of Civil Engineering)

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ AUTODESK REVIT ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ

FEATURES OF USING AUTODESK REVIT FOR THE DESIGN OF SYSTEMS OF HINGED VENTILATED FACADES

Необходимость перехода проектирования на применение BIM-инструментов объясняется современными тенденциями и подходами к проектированию. Сегодня оказываются важны как скорость выполнения проектных работ, так и их качество, возможность использования проектной документации в эксплуатационном периоде, доступность информации участникам строительства, возможность консолидации всей информации в рамках одной модели. В статье рассмотрен положительный опыт перехода к проектированию при помощи Autodesk Revit. Работая с моделью здания в 3D-представлении, повышается качество проектной документации. В данной статье рассматриваются особенности использования Autodesk Revit для проектирования систем навесных фасадных систем, оценена эффективность использования в проектировании навесных вентилируемых фасадов. Исследование проводилось на предмет снижения трудозатрат при проектировании и путей автоматизации повторяющихся процессов проектирования навесного вентилируемого фасада (НВФ) для создания информационной модели.

Ключевые слова: навесные вентилируемые фасады, информационное моделирование, автоматизация в процессе проектирования.

The need to switch design to the use of BIM tools is explained by modern trends and approaches to design. Today, both the speed of project work and their quality are important, the possibility of using project documentation in the operational period, the

availability of information to construction participants, the possibility of consolidating all information within one model. The article discusses the positive experience of the transition to design using Autodesk Revit. Working with the building model in 3-D representation improves the quality of project documentation. This article discusses the features of using Autodesk Revit for the design of hinged facade systems, evaluates the effectiveness of the use in the design of hinged ventilated facades. The study was conducted to reduce labor costs in the design and ways to automate repetitive processes of designing a hinged ventilated facade, to create an information model.

Keywords: hinged ventilated facades, information modeling, automation in the design process.

Процесс распространения и развития цифровых технологий с каждым днём все больше проникает в строительную отрасль. Использование современных технологий повышает конкурентоспособность предприятия, эффективность строительных процессов, помогает развивать отрасль в целом и предприятие в частности. К таковым относится и создание информационной модели здания. Данная технология носит название Building Informational Modeling (BIM) – информационное моделирование зданий. Процесс создания такой модели является более трудоёмкой частью, чем традиционное проектирование. Современные программные комплексы позволяют проектировать конструктивные части здания с заданной точностью, и рассматриваемое ПО – Autodesk Revit, поддерживающее BIM-технологии, позволяет получать актуальную и достоверную информацию по всему объекту.

При разработке проектной документации строящегося здания на стадии проектирования (П) в решениях вентилируемого фасада зачастую ограничиваются обозначением цветовых решений и добавлением типовых узлов, данных производителями подсистемы. При этом, для дальнейшей реализации архитектурного решения необходима технологическая документация для выпуска рабочей. Потребуется проект производства работ (ППР): раскладка подсистемы, её обозначение, раскладка облицовочного материала. Рекомендуется разрабатывать проект навесного фасада отдельно от общего проекта, либо, когда несущие стены уже возведены – данная рекомендация связана с возможными изменениями в изначальных проектных данных, а также с рациональностью в распределении трудозатрат на разработку проектной документации. Как правило, разработка документации производилась с помощью САПР-программ (Систем Автоматизации Проектных Работ) [1], чаще – AutoCAD. Такое решение, бесспорно, ускоряет процесс проектирования, а именно: раскладка подсистемы, облицовочного материала, составление спецификаций и многое другое. Ускорение процесса происходит в графическом определении работ, что свойственно и для работы в Autodesk Revit.

Однако, проектирование в САД-программах не предполагает определения информативности элементов конструкций. Это значит, изменения, внесённые в первоначальный проект автоматически, не приводили к изменениям в проекте навесного фасада в целом. Вышеперечисленное, во время производства монтажных работ, приводит к возникновению проблем, связанных с реализацией нетиповых узлов, неправильностью соблюдения технологии устройства НВФ. В Autodesk Revit вносимые изменения в исходные данные автоматически распространяются на всю модель. В отличие от методов проектирования при помощи САПР-программ, работа в Revit позволяет автоматизировать процессы проектирования. В результате оптимизации процессов возможно создавать документацию более высокого качества, ускорить выпуск рабочей документации, уменьшить количество запросов на дополнительную информацию. Возможно организовать работу нескольких специалистов по одному проекту в режиме совместного доступа.

Предмет исследования – методы снижения трудозатрат при проектировании и пути автоматизации повторяющихся процессов проектирования навесного вентилируемого фасада, при помощи создания информационной модели в Autodesk Revit.

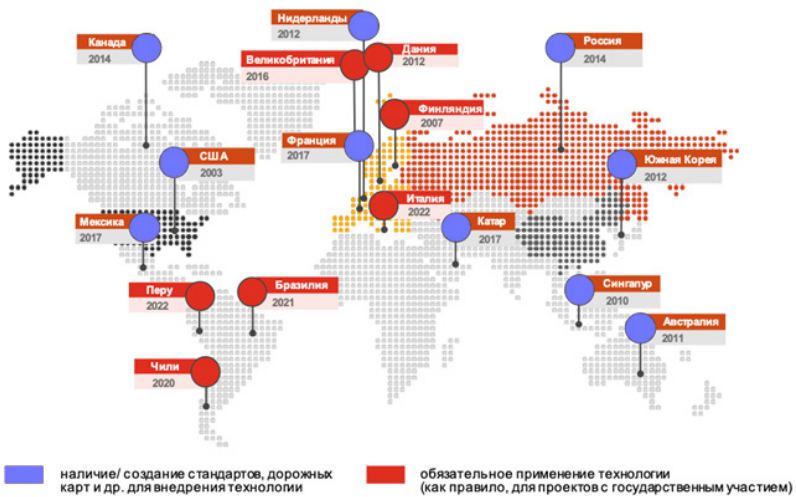
Первые упоминания о возможностях формирования 3-D изображения появились в 1960-х годах. На тот момент единственной преградой были слабые возможности аппаратного обеспечения. Однако, в следствие развития технологий и конкуренции в различных отраслях между странами образовался формат STEP – известный, как ISO 10303 «Стандарт обмена данными модели продукта», который описывает, как представлять и обмениваться цифровой информацией о продукте [2].

Наряду с форматом STEP стали распространяться системы автоматизированного проектирования САПР, ранее ориентировавшиеся на военную отрасль. В конце 80-х годов была создана, выпущена разработчиками Autodesk программа AutoCAD – как инструмент для автоматизированного 2D проектирования. Формат STEP устаревал, но и оставался лидирующим в новом для всех направлении 3-D проектирования. Autodesk, занимаясь разработкой новых продуктов и имея успех в 2-D проектировании, создаёт новый формат IFC (The Industry Foundation Classes – Отраслевые базовые классы) взамен устаревшего STEP. Формат разрабатывался совместно с консалтинговыми и телекоммуникационными компаниями. Так, в 1997 году в мире появился переименованный к тому времени консорциум – International Alliance for Interoperability (IAI), более известный, как buildingSMART.

Первоначальная разработка программы Revit принадлежит компании Charles River Software (США), основателем которой является Л. Райц.

Первый релиз программы был в 2000 г. Программа имела отличия от уже существовавших на тот момент программ 3-D проектирования, позволявшие фиксировать все взаимосвязи между компонентами, видами и аннотациями, таким образом, изменения в элементах автоматически распространялись на всю модель. Программа обладала большим потенциалом новых методов конструирования. В 2002 году Autodesk покупает всю компанию разработчика Revit и саму программу.

На сегодняшний день использование BIM – мера не только девелоперов, стремящихся к цифровизации, но также и обязательное условие для реализации как коммерческих проектов, так и с государственным участием. Ниже представлена карта внедрения BIM-технологий (см. рис.), составленная PricewaterhouseCoopers [3] на основе данных, взятых из открытых источников.



Карта внедрения BIM-технологий

Так, ГК «Веллком» (г. Рязань) в 2014 году начала обучение архитекторов работе в Autodesk Revit на основе текущего проекта компании – 5-секционного жилого здания ЖК «Фестиваль». Консалтинговая компания, проводившая обучение, отмечает положительные результаты в ускорении процессов. Например, ускорение процесса проектирования в 2.4 раза, ускорение процесса внесения изменений в 5 раз. Субъективная

оценка была дана и для количества ошибок – уменьшение примерно в 3–5 раз [4].

Пример внедрения ВМ-технологии демонстрирует компания «СКАНРОК» – производство вентилируемых фасадов на основе шведской технологии «SCANROC» [5].

Цель внедрения – сократить сроки предварительных расчётов, повысить их точность. Возникла потребность в визуализации проектов. В компании отмечают отсутствие необходимости в расширении штата – возросла производительность труда. Можно сделать вывод о том, что Autodesk Revit кроме ускорения процессов проектирования в компании, помогает в решении повседневных задач компании, адаптируя применимость Revit.

Для успешного достижения поставленных целей перехода работы из одного программного обеспечения к другому и грамотного планирования работы проектной команды, стоит учитывать особенности Autodesk Revit в проектировании систем НВФ.

1. Поддержка формата и совместимость с чертежами AutoCAD.

Autodesk Revit корректно поддерживает файлы DWG-формата. Файл, будучи интегрированным в проект, сохраняет свои параметры, возможность управления слоями чертежа. Также поддерживается работа с Autodesk VIZ и Autodesk 3ds Max 9. Обмен данными происходит в формате IFC, на основе стандарта обмена IFC 2S3 (IAI), который поддерживается разработчиками Graphisoft. Таким образом, обеспечивается работа проектной команды, возможность работы смежных специалистов.

2. Автоматическая генерация панов, фасадов, разрезов, спецификаций и т.д. как производных форм представления единой модели здания.

Формирование спецификации: калькуляция материалов и комплектующих по необходимым параметрам – осуществляется автоматически, предполагает меньший коэффициент запаса. От степени подробности, с которой создаётся элемент семейства, зависит количество позиций в будущей спецификации. Возможно определение повторяющихся участков фасадов. В этом случае ПО позволяет копировать информацию внутри объекта, автоматически раскладывая подсистему в локальных повторениях. По необходимости, проектировщик имеет возможность локально редактировать элементы. Таким образом, придавая модели здания большую информативность.

3. Применение технологии совместной работы над проектом группой проектировщиков.

В процессе проектирования регулярно вносимые изменения должны фиксироваться и учитываться смежными специалистами во избежание

коллизий. Решение этой проблемы заключается в методике организации работы над проектом на основе применения средств коллективной работы. Главное в идее заключается в выстроенной взаимосвязи между файлами участников проекта. А значит, изменения, вносимые одним из участников, видны остальным. Для проектирования НВФ это особо актуально, в виду необходимости учёта изменений, связанных с поверхностями облицовываемых фасадов. Что отражается не только на верном проектном решении, но и на итоговой спецификации.

4. Оформление согласно требованиям ГОСТ.

Разработчиками Autodesk был предусмотрен инструмент для отечественного рынка, удовлетворяющий требованиям нормативно-технических документов, принятых в отрасли. Поэтому программа имеет справочную документацию, адаптивную библиотеку семейств, множество компонентов, таких как: штриховки, маркеры, шрифты, отметки и мн. др.

Таким образом, образуется комфортная среда пользователя для оформления рабочей документации, отвечающей необходимым нормативам.

По данным исследований PwC (PricewaterhouseCoopers) на основе данных для ЖК комфорт-класса в г. Санкт-Петербург (со ссылкой на источник bonava.ru) привели следующие показатели.

Экономия: до 2-х лет на этапе разработки, 5 % затрат на этапе подготовки и согласования ПД, 33 % времени проектирования, на 2 % снижение затрат на формирование сметы. Также было отмечено увеличение на 20 % затрат на этапе проектирования.

Увеличение затрат на этапе проектирования связано не только со стоимостью ПО. Создание модели строящегося здания (моделирование каркаса), взаимосвязь с остальными разделами проектной документации в полном объёме подразумевает участие высококвалифицированного персонала. Для производства полного комплекса проектных работ НВФ необходимо соблюдать требования альбома технических решений на применяемую подсистему. Особое место занимает раздел конструктивных решений и сведения об инженерных сетях, либо результаты лазерного сканирования. На основе этих работ производится раскладка подсистемы с учётом проектных параметров или фактических отклонений от них, взаимосвязь с инженерными сетями, раскладка облицовочного материала. На этом этапе проектировщик (модельер) работает, как минимум, с двумя сценариями: имеющийся проект (или BIM-модель), либо с результатами лазерного сканирования – так называемое «облако точек». В обоих случаях дальнейшая работа возможна в Autodesk Revit. На основе раздела

конструктивных решений создаётся модель, облако точек преобразуется в геометрию, интерпретируется, проверяется на геометрические размеры и точность. Стоит отметить, что, чем выше плотность точек – тем выше точность геометрии. В модели учитываются процессы обнаружения отклонений. При наличии проектной документации и результатов лазерного сканирования возможно сравнить «облако точек» с 3-D моделью – автоматический поиск отклонений от проектных решений с учётом допусков (относительно каждого класса конструктивных элементов). Правильное проектное размещение элементов подсистемы для НВФ заключается в учёте отклонений и проходящих инженерных систем. В дальнейшем проектировщик работает с плоскостями фасада. Имеет возможность как визуально, так и графически распознать наличие нетиповых узлов. Детальное решение для узлов повышает качество выпускаемой документации.

Устройство системы из навесного вентилируемого фасада сегодня является популярным в гражданском домостроении. Однако, рассмотренные коллизии, возникающие между этапами проектирования, являются предпосылками для совершенствования проектной документации. Компании, осуществившие переход к автоматизированным системам проектирования, не останавливаются. Большая часть экономического эффекта достигается путём оптимизации между этапами проектирования при помощи ВІМ- инструментов. Стоит отметить, что максимальный эффект в команде, работающей над проектом, достигается путём профессиональной организации деятельности её участников.

Литература

1. Шестопапов К.К., Новиков А.Н. Основы автоматизированного проектирования: учеб. пособие. Изд. 2-е, испр. М.: МАДИ, 2017. 96 с.
2. ISO 10303 STEP Standards. URL: <https://www.steptools.com/stds/step> (дата обращения: 27.02.2022).
3. PropTech в России: Обзор практики применения ВІМ-технологий и инновационных решений в области проектирования. URL: <https://www.pwc.ru/ru/assets/prop-tech-2020.pdf> (дата обращения: 27.02.2022).
4. Внедрение Autodesk Revit в ГК «Веллком» (Рязань). URL: <http://www.avisotskiy.com/2015/04/autodesk-revit-bim-2-3.html> (дата обращения: 27.02.2022).
5. ВІМ-технологии для расчёта вентилируемых фасадов. Использование Autodesk Revit для масштабного жилищного строительства. URL: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/emea/docs/scanroc-web.pdf> (дата обращения: 27.02.2022).

УДК 69.05

DOI: 10.23968/ВІМАС.2022.034

Старикова Дарья Владимировна, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: dariastarikovapin@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4796-4910

Шехмаметьева Диляра Алимовна, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: diliara58@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2076-1275

Starikova Daria Vladimirovna, Master's degree student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Shekhmameteva Dilyara Alimovna, Master's degree student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УМНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ И ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

DEFINITION OF A SMART CONSTRUCTION SITE AND ITS ELEMENTS

Статья посвящена вопросу повышения качества выполнения работ в строительстве. Рассмотрена умная строительная площадка. Описаны современные технологии, которые помогают улучшить строительную площадку. Авторами раскрыто понятие умной строительной площадки, изучены и описаны её элементы. Проанализирована перспектива внедрения умной строительной площадки в России. Приведен пример объекта, во время строительства которого использовались элементы умного строительства. В статье представлены преимущества внедрения умной строительной площадки, а также выявлены препятствия для ее применения в настоящий момент, связанные с отсутствием нормативной документации и долгосрочного плана по внедрению.

Ключевые слова: BIM, виртуальная реальность, дополненная реальность, цифровые двойники, дроны, умная строительная площадка.

The article is devoted to the issue of improving the quality of work in construction. A smart construction site is described in the article. Modern technologies that help to improve the construction site and the work production are described. Authors uncover the term of smart construction site as well as they show and take apart the elements of this site. The perspective of the implementation of the smart construction site in Russia is analyzed. There is given an example of an object where during the construction elements of smart construction were used. The article presents the benefits of implementing a smart construction site. Obstacles were identified to the use of smart construction site

technologies, associated with the lack of regulatory documentation and a long-term implementation plan.

Keywords: BIM, virtual reality, augmented reality, digital counterpart, drones, smart construction site.

В 2018 году в России ввели СП 301.1325800.2017 “Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами”. В данном своде правил говорится, что применение технологий информационного моделирования в процессе строительства предназначено для повышения качества управления процессом строительства и повышения качества контроля соблюдения отступающих норм и правил [1].

В 2020 году председателем Правительства РФ было подписано постановление № 1431, в котором утверждаются правила формирования и ведения информационной модели, а также состав включаемых в неё сведений.

Строительство является одной из самых крупных отраслей мировой экономики, а продукция данной отрасли является основой конкурентоспособности и экономического роста. Согласно отчету консалтинговой компании McKinsey [2], глобальные инвестиции в строительство составили \$11 трлн. в 2017 году и, по прогнозам, вырастут до 14 трлн. долларов к 2025 году. Строительный сектор является потребителем других отраслей.

В строительстве преобладает низкая эффективность [3]. Это связано с большой загруженностью рабочих на простых операциях, которые можно оптимизировать, используя современные компьютерные технологии, роботов и др. Оцифровка, автоматизация и конвергенция позволяют повысить эффективность, а также повысить результаты проектирования [4]. В конце прошлого десятилетия в строительстве наблюдается активное внедрение BIM-технологий. Возрастающий темп развития цифровых технологий, все большее количество новейших разработок внедряются во все аспекты строительной сферы. Однако процесс принятия и использования новых цифровых технологий в строительной сфере довольно продолжителен. Это связано с рядом серьезных причин, таких как: консерватизм, высокая стоимость инновационных разработок, низкая конкурентоспособность, отсутствие квалифицированных кадров.

Целью статьи является определение понятия умная строительная площадка и анализ её элементов. Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

1. Анализ использования инновационных технологий в строительстве.

2. Формулирование определения умной строительной площадки.

3. Описание элементов умной строительной площадки.

Анализ информационных источников показал, что цифровизация строительства имеет большой потенциал для увеличения эффективности, а также может стать новым методом работы. Интеграция цифровых инноваций происходит непосредственно на строительной площадке. Никто из исследователей не дал устоявшегося определения умной строительной площадки, также нет полного определения в нормативной литературе.

На основе исследований научной литературы и имеющейся нормативной базы по данной теме было сформулировано определение умной строительной площадки. *Умная строительная площадка* – это строительная площадка, на которой используются технологии, позволяющие автоматизировать процессы организации и ведения строительства в течение жизненного цикла объекта. Использование данных технологий позволяет сокращать сроки строительства, выявлять недочеты и предупреждать несчастные случаи. Внедрение «умных» решений позволит совершить большой прорыв в развитии строительной сферы.

Процесс подразумевает переход от физической реальности к цифровой, а затем обратно, для того, чтобы процесс строительства был более эффективно координирован, спроектирован и соответствовал стандартам безопасности [5]. К связевым элементам между цифровой и физической строительными площадками относят: облачные системы данных, киберфизические структуры (носимые технологии, роботы, интернет вещей (IoT)), технологии виртуальной и дополненной реальности, дроны и прочее.

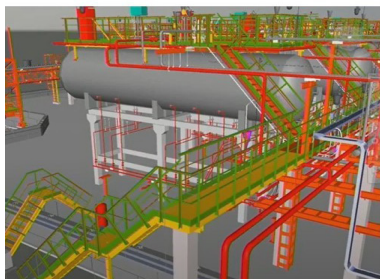
Ниже приведен краткий обзор некоторых из этих технологий.

ВМ

ВМ (от англ. building information modeling) – это процесс моделирования здания или сооружения в цифровом виде. В процессе моделирования задаются физические характеристики объекта и его функции. При использовании ВМ можно оценить, как сам процесс возведения здания, так и процессы, которые последуют после: оснащение, управление, эксплуатацию объекта, перспективу ремонта или сноса, то есть весь его жизненный цикл (см. рис.). Все составляющие и нюансы закреплены в едином проекте, а при изменении одного из параметров последует автоматическое изменение связанных с ним данных и объектов.

Преимущество ВМ заключается в том, что все коллизии и нестыковки могут быть замечены на этапе проектирования, сметы корректно рассчитаны, сокращены материальные затраты и сроки строительства.

BIM-модель



Объект строительства



Сравнение BIM-модели с объектом строительства [6]

Цифровые двойники

Это точные цифровые копии физических объектов, людей, мест, систем и устройств. Виртуальный цифровой двойник объединяет информацию о состоянии всех элементов в единую окружающую среду, которая меняется во времени.

Цифровой двойник создается путем BIM-моделирования, аэрофотосъемки дронами и лазерного сканирования с целью соотнесения плана строительства с его реальным ходом. Доступ к данным о состоянии объекта и его характеристикам позволяет эксплуатационным службам составить подробный отчет. Цифровые «двойники» позволяют сэкономить значительную сумму денежных средств на проектных отклонениях или задержках сроков проведения работ [7].

AR и VR

Технологии виртуальной и дополненной реальности – это две современные технологии, которые развиваются параллельно с BIM- моделированием.

Виртуальная реальность (от англ. virtual reality, VR) — это трехмерное пространство, создаваемое компьютером [8]. Данная технология позволяет человеку погрузиться в виртуальный мир с помощью использования специальных устройств (шлемы и очки виртуальной реальности).

Виртуальную реальность можно эффективно использовать в строительстве. С помощью VR возможно точно планировать проект, снизить расходы, повысить безопасность, ускорить рабочие процессы и снизить ошибки на строительной площадке. Также виртуальная реальность может наглядно показать заказчикам и инвесторам запроектированный объект.

Дополненная реальность (от англ. augmented reality, AR) – технология, позволяющая добавить виртуальный объект в реальный мир [8]. Человек видит компьютерную графику совместно с окружающими физическими объектами и анализирует существующую ситуацию и планируемую.

Использование технологии AR в процессе строительства позволяет накладывать виртуальные элементы на реальность. С помощью очков и шлемов дополненной реальности можно перенести информационные модели непосредственно на строительную площадку. Строители видят объект с дополнениями, это позволяет им допускать меньше ошибок и сократить время работы.

Помимо «классической» дополненной реальности существует ещё безметочная. При использовании «классической» дополненной реальности пользователь должен удерживать в кадре какой-либо распознаваемый объект для того, чтобы поверх него отображалась виртуальная составляющая. Безметочная дополненная реальность не предполагает подобных ограничений, благодаря чему пользователь может свободно перемещаться в пространстве без привязки к каким-либо объектам реального мира [9].

Эти технологии обеспечивают проверку жизнеспособности новых конструкций и выявляют проблемы на ранних этапах стройки.

Дроны

Несмотря на то, что в такой области, как строительство, необходимо заменять человеческий труд, есть такие моменты, когда ручной труд остаётся единственным вариантом. Строительная площадка является быстро меняющейся средой, где работа роботов без искусственного интеллекта невозможна.

Можно выделить несколько дронов-помощников на строительной площадке:

- дрон-контролёр проводит мониторинг строительной площадки при помощи камер и может сразу направить рабочих на устранение опасной ситуации;
- дрон-поставщик используется для доставки материалов, сокращения количества автотранспорта на площадке и исключения ручного труда грузчиков;
- дрон-каменщик, с его помощью можно увеличить скорость и качество выполнения кладочных работ;
- дрон-охранник используется для избегания краж, поджогов, драк на строительной площадке;

Носимые технологии

Это электронные устройства с микроконтроллерами, позволяющие собирать, передавать и анализировать информацию о состоянии организма.

Одной из используемых технологий является инновационная система «умные ладошки» – с ее помощью можно отслеживать действия сотрудников на строительной площадке. Данная система включает в себя персональные устройства с датчиками ГЛОНАСС, акселерометрами и др. Рабочий получает это устройство на стройплощадке. Оно в режиме реального времени передает заказчику общую информацию о перемещении рабочего по строительной площадке, его активности на вверенном участке работы и другие информационные сведения, необходимые для последующего сопоставления с данными в государственных информационных системах.

Практическое применение технологий умной строительной площадки в России

Отдельные технологии и элементы умного строительства использовались во время строительства Международного медицинского кластера (ММК) в Сколково. Был создан цифровой инструмент – модуль управления строительными проектами. Это решение позволило объединить в едином пространстве всех участников строительного проекта – от заказчика до субподрядчика, принимать оперативные и обоснованные управленческие решения, своевременно выявлять недостатки и контролировать их устранение. Например, беспилотные летательные аппараты помогали отслеживать процесс строительства, контролировать нахождение работников на стройплощадках и наличие средств индивидуальной защиты, включая каску и жилет. Также использовалась система наподобие «умных ладошек», что позволило эффективно и безопасно реализовать поставленные задачи.

На основании данного примера и анализа элементов умной строительной площадки можно выделить ряд достоинств, которые отличают её от традиционной. Такая площадка позволяет:

- контролировать работу сотрудников;
- вести идентификацию конструкций и строительных материалов;
- отслеживать процессы строительства;
- охранять строительную площадку и следить за безопасностью труда;
- снижать финансовые затраты.

Выводы

1. Анализ использования инновационных технологий в строительстве показал, что существуют препятствия: высокая стоимость работ, низкая квалификация рабочих, отсутствие долгосрочного плана по внедрению, полной нормативной базы. В строительстве преобладает большой процент консерватизма в практическом применении технологий. Инновации используются на крупных строительных объектах, в основном на объектах, возводимых бизнес-сектором. На объектах государственной и оборонной важности необходимы специальные разрешения, законное обоснование для применения технологий умной строительной площадки, как правило такие объекты обладают уровнями секретности.

2. В данной статье сформулировано определение умной строительной площадки, которое показывает, что можно ускорить и автоматизировать строительство. Использование технологий умной площадки предотвращает недочеты и несчастные случаи.

3. В статье были описаны основные элементы умной строительной площадки. Использование данных элементов позволит усовершенствовать процесс организации строительства. Для правомерного использования дронов и БПЛА на строительной площадке необходимо получить разрешение на использование воздушного пространства [10]. Определения технологий следует закрепить в нормативных документах строительной сферы. Возможно после этого произойдет существенный прорыв интеграции BIM и инновационных технологий. Учёные и участники строительной сферы должны объединиться, чтобы полноценно реализовать идею умной строительной площадки.

Литература

1. СП 301.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. Стандартиформ, 2018. 18 с.

2. McKinsey. Reinventing construction: a route to higher productivity. 2017. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.pdf> (дата обращения: 10.02.2022).

3. Dubois A., Gadde L.-E. The construction industry as a loosely coupled system: implications for productivity and innovation // Construction Management and Economics. 2002. Vol. 20, No. 7. P. 621–631. DOI: 10.1080/01446190210163543.

4. Global Industry 4.0 Survey. Engineering and Construction Key Findings. 2016. URL: <https://www.pwc.com/sk/en/odvetvia/assets/industry-4.0-metals-key-findings.pdf> (дата обращения: 10.02.2022).

5. Taher G. Industrial Revolution 4.0 in the Construction Industry: Challenges and Opportunities // Management Studies and Economic Systems. 2021. Vol. 6, No. 3/4. P. 109–127.
6. Павлов А. Управление строительством промышленного объекта на основе ВІМ модели. Autodesk University Russia 2019. Москва, 2-3 октября 2019.
7. Астафьев С.А., Рослякова В.А. Развитие информационных технологий в строительстве // Global & Regional Research. 2019. Т. 1, № 4. С. 16–23.
8. Давыдкин П.П. Анализ внедрения технологий виртуальной и дополненной реальности в строительной отрасли // Недвижимость: экономика, управление. 2020. № 3. С. 84–88. DOI: 10.22227/2073-8412.2020.3.84-88.
9. Згода Ю.Н., Шумилов К.А. Безметочная дополненная реальность в визуализации ВІМ-моделей. В сб.: ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы III Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2020. С. 217–222. DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.028.
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 03.02.2020 № 74 «О внесении изменений в Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации».

СОДЕРЖАНИЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

<i>Das S.</i> BIM in Achieving Energy Efficiency in Small Projects	3
<i>Palacz P., Major M.</i> Interaction between the Numerical Calculation Program Dlubal RFEM and the BIM Structure Modeling Program Tekla Structures	11
<i>Roumyeh M. L., Badenko V. L.</i> Integration between BIM and GIS for Decision-Making	20
<i>Гурьева Ю. А., Козлова Е. М.</i> Российский опыт использования BIM-технологий на этапе эксплуатации объектов недвижимости	28

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ

<i>Белькевич А. В., Шпак Е. В., Бурдина Т. А.</i> Программное обеспечение для автоматизации валидации ЦИМ	42
<i>Гайдо А. Н.</i> Выбор технологических параметров устройства свайных фундаментов на основании анализа данных информационно-поисковых систем	51
<i>Горовой Н. В., Рудный И. А., Марданов И. А.</i> Методика междисциплинарного взаимодействия специалистов при разработке информационной модели здания	58
<i>Землянов А. А., Кукина А. А.</i> Оценка применения государственных информационных систем при проектировании линейных объектов	64
<i>Каракозова И. В.</i> Использование «словарей» для планирования времени работы строительных машин	71
<i>Кузнецова О. Г.</i> Визуализация дизайн-проектов в Revit	77
<i>Кукина А. А., Скиба Е. С.</i> Оптимизация планировок общественных объектов строительства (на примере паркингов)	84

<i>Семенов В. А., Аришин С. В., Фокина Н. Ю.</i> Проблемы гармонизации концепций OpenBIM (ISO 16739) и CDE (ISO 19650) при переходе к новому технологическому укладу в архитектурно-строительной отрасли РФ	90
<i>Шамсутдинова А. Р.</i> Оценка экономической эффективности проекта с учетом всех стадий жизненного цикла объекта капитального строительства	96
<u>ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM</u>	
<i>Баранова А. А., Нижегородцев Д. В., Цыгановкин В.</i> Создание интерфейсов для скриптов в среде визуального программирования	103
<i>Бессонова Н. В.</i> Информационное моделирование уникальных зданий, сооружений и памятников архитектуры	110
<i>Гусева А. С., Ахтямов И. И., Ахтямова Р. Х.</i> Моделирование эффективного информационного и энергетического обмена между зданием и городской средой на примере концептуального проекта научно-исследовательского института	122
<i>Епишкин А. Е., Курмелев Д. А., Иванов А. Д.</i> Применение BIM-технологий для моделирования систем молниезащиты	132
<i>Есауленко И. В., Пастух О. А.</i> К вопросу о цифровом взаимодействии специалистов в области архитектуры и дизайна при интеграции в BIM-модели	141
<i>Исупов Н. С., Карманова М. М.</i> Корректировка аналитической модели здания с применением Dymapo	150
<i>Козак Н. В.</i> Autodesk Infracore: практический опыт применения при разработке альтернативного решения левобережной развязки Большого Смоленского моста	157
<i>Кукина А. А., Макаренко А. Н., Рябов А. И.</i> Автоматизация расчетов объемов отделки помещений с применением визуального программирования	167
<i>Ланько С. В., Олейник Н. Н.</i> Принципы построения цифровых моделей геологической среды	175
<i>Тесля Е. С., Захарова Г. Б.</i> Моделирование энергопотребления зданий как необходимый компонент зеленой сертификации	184

Тохтуев А. А., Сальников В. Б., Придвижкин С. В.
Применение BIM-технологий в практике отдела продаж застройщика 191

Черных А. Г., Нижегородцев Д. В., Корольков Д. И.
Оценка остаточного ресурса объектов деревянного домостроения
с применением технологии информационного моделирования 198

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ, ВЛАДЕЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯМИ BIM

Алешин А. А., Рыбакова А. О.
Особенности обучения и внедрения технологий информационного
моделирования в высшем образовании 205

Бовтеев С. В.
Опыт обучения студентов современным технологиям
визуализации процесса строительства 211

ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Веселова Н. И.
Разработка методов визуализации организации строительной площадки 218

Диско А. И.
Применение продуктов SYNCHRO для комплексного управления
строительством 226

Мишуренко Н. А.
Состояние внедрения BIM-технологий в области обследования
зданий и сооружений в России 233

Плетникова Т. Ю.
Методика формирования 4D-модели строительного генерального плана
в процессе строительства 239

Салахова А. В., Демидова Ю. А., Кротов О. М.
Автоматизация башенных кранов с целью строительной 3D-печати 246

Салахова А. В., Демидова Ю. А., Кротов О. М.
Применение BIM-решений при координации проектов
в строительстве 252

Салимгареева Э. Н., Синенко С. А.
Особенности использования Autodesk Revit для проектирования
систем навесных вентилируемых фасадов 258

Старикова Д. В., Шехмаметьева Д. А.
Определение умной строительной площадки и ее элементов 265

Научное издание

**ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА
И АРХИТЕКТУРЫ**

Материалы V Международной
научно-практической конференции

ВІМАС 2022

Компьютерная верстка *М. В. Смирновой*

Подписано к печати 20.05.2022. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 16,0. Тираж 300 экз. Заказ 57. «С» 22.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.

190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.