

ВІМ-МОДЕЛІРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

BIM IN CONSTRUCTION & ARCHITECTURE

**Материалы III Международной
научно-практической конференции**

**Proceedings of
III International Conference**

BIMAC 2020

ВІМ-МОДЕЛІРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

**BIMAC
2020**

Конференция организована в рамках проекта
«BIM-ICE – Интеграция BIM в высшее и профессиональное образование»
(BIM-ICE – BIM Integration in Higher and Continuing Education)
Программы приграничного сотрудничества поддержки
совместных проектов по внешним границам ЕС
«Юго-Восточная Финляндия – Россия 2014 – 2020»



CBC 2014-2020
SOUTH-EAST FINLAND - RUSSIA

Конференция ВІМАС 2020 проведена при поддержке компаний

GRAPHISOFT
A NEMETSCHEK COMPANY



KNAUF

ТОРСОЛ



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА
"ТОПОМАТИК"

Информационные партнеры:

СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ЕЖЕНЕДЕЛЬНИК

Мир
ДОРОГ

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Материалы III Международной
научно-практической конференции

BIM IN CONSTRUCTION & ARCHITECTURE

Proceedings of III International Conference

BIMAC 2020

Санкт-Петербург
2020

УДК 69+004.9

Рецензенты:

M.Sc.Tech., M.Sc.Soc., dean *K. Taivalantti*
(LAB University of Applied Sciences, Finland);

д-р техн. наук, профессор *А. М. Гримитлин* («АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД»)

ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры :
материалы III Международной научно-практической конференции;
СПбГАСУ. – Санкт-Петербург, 2020. – 446 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1039-8

DOI: 10.23968/VIMAC.2020

В сборнике представлены статьи участников III Международной научно-практической конференции «ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры» (VIMAC 2020), проходившей в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете в 2020 году.

Авторами сделан обзор современных достижений и представлены результаты, полученные в области ВІМ-моделирования применительно к задачам строительного профиля, касающихся вопросов проектирования, строительства и эксплуатации зданий, а также образования, нормативно-правовой базы и экономических аспектов вопроса.

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук, доцент *А. А. Семенов* (председатель);

канд. техн. наук, доцент *Г. Б. Захарова*;

канд. техн. наук *С. В. Ланько*;

канд. техн. наук *Ю. В. Столбихин*;

канд. техн. наук, доцент *И. И. Суханова*;

канд. экон. наук *С. П. Ширишков*;

А. А. Антонов;

И. А. Евсиков;

Т. Лехтовича;

Д. В. Нижегородцев;

И. Н. Чиковская

Секретарь

канд. техн. наук *Л. П. Москаленко*

ISBN 978-5-9227-1039-8

© Авторы статей, 2020

© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2020

© Дизайн обложки И. А. Евсиков, 2020

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.001

Grigoryan Vardges, Dr. Tech. Sci., Head of Department
(National University of Architecture and Construction of Armenia (NUACA))

E-mail: vgrigoryan@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7215-9809

Tadevosyan Natalya, PhD, Associate Professor

(National University of Architecture and Construction of Armenia (NUACA))

E-mail: natadevosyan@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6069-6300

Grigoryan Vahan, PhD, Associate Professor

(National University of Architecture and Construction of Armenia (NUACA))

E-mail: vahan.grigoryan.1987@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7214-7373

IMPLEMENTATION OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) IN THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA

The study focuses on digitalization and automation in the field of urban development as well as building information modeling (BIM) expansion in the Republic of Armenia. Implementation and expansion issues are considered. The use of BIM has been viewed as a matter of innovative development in the organization and management of construction in Armenia. The authors analyze the current situation and suggest possible ways of applying and developing BIM in the country. The structure of the construction database is developed, with the information models of newly constructed buildings as information sources. The data accumulated as a result of the building management process and the existing issues in the area are taken into account. The studies show the need to create a culture of continuous monitoring over the construction process and throughout the building life.

Keywords: modeling, construction, management, digitalization, efficiency.

Introduction. The successes of modern industrial construction are largely driven by new methods of work organization and management that can ensure continuous efficient production operation.

Production management issues should be addressed in two main areas: economic and technical, with the overall aim of improving processes, increasing the quantity and quality of products, ensuring assortment availability, and raising the level of specialization.

For many years, the construction process has been guided by the following principles: the construction crew has been appointed by the operations manager subordinate to the director, architect, and chief engineer. Their primary responsibility is to organize work in the workplace to meet standards of quantity and quality, as well as improve compliance with the requirements for safety equipment at construction sites.

To ensure the smooth organization of work, the structure of the management and staff is developed in advance, with the indication of dependencies and interrelationships of employees and managers. Therefore, overall oversight of work is required or the corresponding functions shall be performed by the director, chief engineer, workshop and site supervisors locally. The chief engineer is responsible for the introduction of advanced technologies and methods for their development, control over the technical part of work, implementation of occupational safety requirements, and management of innovation and invention work.

Construction management fundamentals. Usually, the management and staff of a construction company undertake mutual obligations supervised bilaterally.

First of all, prior to construction works, the architect gets informed decisions, optimizes building performance, and ensures the improvement of collaboration throughout the project life cycle [1].

Workshops are those departments of an enterprise that actually create the product. The efficiency of enterprise management is determined by successes in production as well as economic and financial activities. Therefore, it is crucial to ensure adequate staff recruitment and placement, increase their material and moral motivation, and develop production processes.

Industrial enterprises are one of the main branches of the national economy. They are characterized by economic and legal independence, maintenance of bank accounts and balance sheets, and the possibility to conclude contracts with any organization and manage their own financial resources.

There is an important fact to be noted. It is not easy to process so much information, maintain accounting records, and provide instructions on various tasks and duties that were assigned to the functions and departments of an industrial enterprise. It is impossible to perform such an amount

of work manually. That is why at large enterprises, such works are carried out using electronic calculators. In the case of their absence, such works are contracted through an automated management system. Large construction companies have data processing centers in place, covering all their business and production units.

Based on these principles, an effective lever is created for the organization and performance of work at enterprises, which can regulate and balance construction activities, and not just in terms of architectural and graphic works. As a result, such a lever enables the proper uninterrupted operation of the entire construction mechanism.

Therefore, it is increasingly urgent to introduce modern BIM methodologies in the process.

What are the features that are required in this area? The most important one is the centralized storage, which ensures easy and effective construction management and its modifications during the entire construction process. Based on a particular project, it is possible to monitor the planning and other project sections, identify all weak points at the design stage in advance and suggest corresponding solutions. It speeds up design, accounting, and document management, reduces the error probability.

BIM prerequisites. The traditional approach to structural design is based on 2D models, layouts, various drawings, and paper documents. BIM is a breakthrough technology, a step forward in the digitalization and development of this field. It supplements the design with such information as construction size, time, and costs, which can be visualized as an information model of the facility, regardless of whether it is a residential or commercial building, a road, a bridge, or any other complex industrial facility.

Building information modeling (BIM) is a process based on the creation and use of 3D objects. Developed exclusively for design and architectural work, now it can be particularly useful in construction and its technological management. Specialists can use BIM to ensure more efficient design, construction, and operation of buildings and infrastructure, and create all kinds of corresponding design documentation.

Building information modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics. Its design tools allow users to extract different types of information from a building model to create drawings, etc. All building components are modeled with this system used for

the design and documentation of construction projects and infrastructures. The obtained model can be used to analyze different versions of the project, create visualizations helping participants to better understand how the building looks in real life (Fig. 1) and what stages construction includes.

Information modeling technology allows users to create intelligent databases that can be used throughout the life of a construction facility or infrastructure.

BIM is based on an effective principle that can provide a solution for any problem in the construction industry.



Fig. 1. BIM visualization of an enterprise

There is a system library of construction descriptions, consisting of several hundreds of thousands of architectural elements, which can be selected and assembled as a completed project [2, 3]. Using the graphical user interface and sortable database, professionals can search for and retrieve information by filtering.

Obviously, this concept is not definitive and it constantly changes depending on the situation and many other factors (customer instructions, plans, emerging technologies, population requirements, etc.). At any stage of its implementation, all indicators shall be substantiated and guaranteed by the regular provision of material resources, labor force, machines, mechanisms, energy, water, and heat. Without these, an economic enterprise cannot exist.

BIM capabilities in construction. Earlier, construction projects were classified into current and future ones. Future projects, in their turn, were classified into long-term (15–20 years), medium-term (5 years), and short-term (annual).

Currently, at the initial design stage of large-scale construction in Armenia, BIM is not applied. However, in view of successful global experience, it is possible and necessary to implement it, considering its unique advantages.

BIM models not only suggest various architectural and structural solutions; they can be used for construction management and organization, depending on the enterprise specifics [4, 5].

With this system, it is possible to develop and implement a technical industrial and financial program, consisting of tasks for one year, for the proper and targeted use of technologies and material resources, technology development, production organization, and social development of staff. With the use of BIM, the entire construction system and its features can be presented by the following sections:

Basic indicators unit: a project indicators congestion schedule is developed, which is approved by both the superior organization and the construction company.

Production and sales planning section: it is the most important part of the project, which includes the product assortment in natural and monetary terms. It represents the range of construction products in detail, which is so widely spread in the huge “dictionary-bases” of products.

Productivity enhancement program: it raises issues of production re-engineering, restructuring and expansion, as well as production modernization, introduction of new technologies and techniques, product quality improvement, scientific research in the organization, and scientific organization in general.

Technical standards section: it classifies all types of standards related to the costs of building materials and fuels, corresponding economic, scientific, and labor standards and their justification.

Permanent facilities construction plans: they address the capacity expansion, renovation of buildings and structures, introduction of new equipment, as well as specific sources of costs.

Logistics programs: they substantiate the logistics issues of the enterprise and their size in accordance with the applicable standards. When determining their size, it is also necessary to calculate the statutory re-

serves that the enterprise should have for the smooth operation. This section should also present information on materials and fuel savings.

Employment and salary plans: they include the number of employees, their average and overall salaries, as well as ways and means of improving those. They also present information on HR training, qualifications, etc.

Benefits and effectiveness plans: they represent in detail how to increase profits, reduce actual costs, plan and calculate benefits in the industry.

Material incentive fund: explaining and standardizing material incentive fund issues, covering socio-cultural events and housing construction, as well as production development funds and expenditure estimates for all such funds.

Financial plans: they generalize production and financial plans for the entire enterprise, which present all revenue and expense amounts (with their description) with a full list of debts and receivables.

Collective social development programs: they address issues of housing, domestic development, and improvement for employees by reducing their manual workload, providing medical care, improving working conditions, setting up preschools and schools.

Nature conservation and natural resource utilization programs: they address issues of nature conservation and its proper use (water, mineral wealth, etc.) (Fig. 2).

Implementation of the BIM system in construction production and management is no less useful than architecture and its application in design. The system allows for the following:

In Phase 1: a comprehensive study and analysis of the enterprise technical and financial activities, clarification of opportunities.

In Phase 2: a review and approval of such indicators as gross output, assortment, benefit plan, new equipment, productivity growth, salary, etc., which should be done in two months before the scheduled works.

In Phase 3: clarification of all work deadlines. As a result, these programs will have the force of law. They will be constantly reviewed and adjusted depending on working conditions and other factors.

Introduction of BIM system experience into Armenian enterprises. The model makes operational software available for production management, as well as for financial performance estimates, which are delivered to the workshops through enterprise departments and services

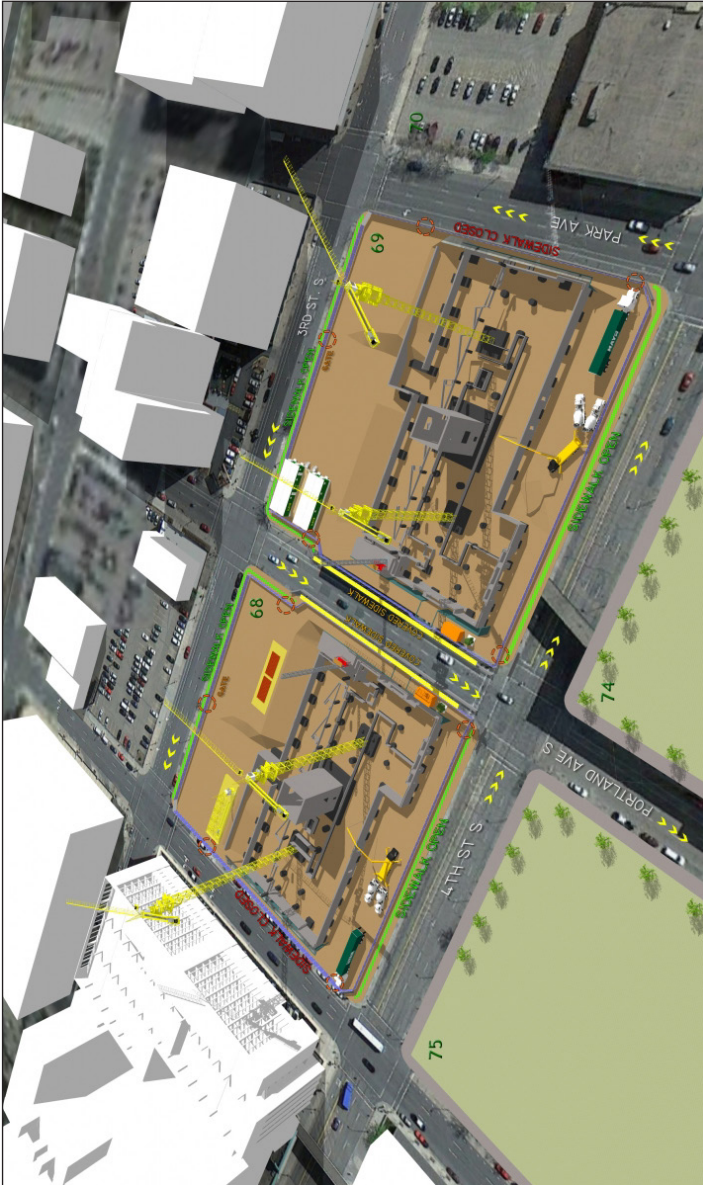


Fig. 2. Production management software

for one shift, one week, ten days, one month, and quarterly. The compilation and monitoring of such programs make it possible to detect deviations from plans and develop additional measures to make changes and fill in the gaps. Based on all this, calendar schedules are compiled both at the factory and at individual workshops.

One of the primary tasks of the BIM system will be to develop opposing programs, taking into account the actual performance in the past period.

In operation, the function of the BIM system is not just in programming. It is also an integral part of the daily verification and adjustment of these programs. In residential and rural manufacturing companies, as well as in other industrial enterprises, there is a need to establish management services that control product assortment, assembly, and delivery.

In 1998, the PLM (Product Lifecycle Management) concept was created, making it possible to prepare information and make appropriate decisions, deal with various issues. Various consultations are held daily with regard to construction management and maintenance, where production and delivery staff report both unresolved issues and new recommendations. Particularly, there are important units that perform a key role in complex manufacturing and technology services in terms of design and estimate. They provide materials, for which schedules are compiled and monitored for performance (Fig. 3).

The output of an industrial enterprise and its performance are the key indicators that characterize the efficient operation and best use of its capabilities. When talking about production, we shall also have an understanding of its quality and other indicators, for which the COBie (Construction Operations Building Information Exchange) format requires a detailed description of the building's built-in systems to provide service-based information [6].

The assessment of the enterprise's economic performance to a large extent depends not only on the quantity and assortment of products but also on the amount of delivery and fulfillment of contractual terms.

Nowadays, BIM also opens a new field for the digitalization and development of all functions of urban planning in Armenia. At all stages, from design and technical evaluation to construction and finalization, it will bring about serious reforms, depending on the extent of the information technology investment.

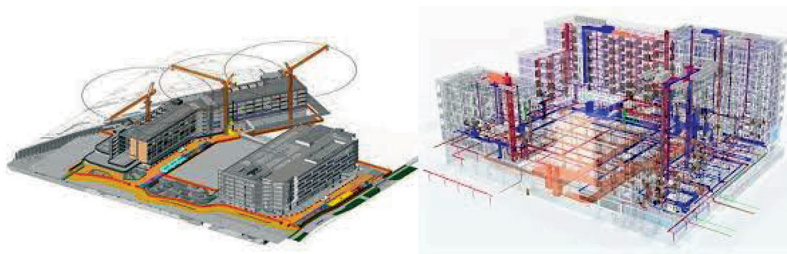


Fig. 3. Construction management and maintenance

We are proud of the fact that the first steps in this field in Armenia are being made at the National University of Architecture and Construction of Armenia (NUACA). Active and serious steps have already been taken with the participation of the NUACA and the Committee of the Ministry of Urban Development to develop and introduce the above-mentioned system. The first step in the process is to educate the younger generation in this area to develop systems for construction technologies and implement them in the Armenian economy and especially in the construction sector.

Conclusion. BIM implementation in construction simplifies its management throughout the entire construction cycle, from the initial design stage to completion (including its freeze or restructuring).

In the past, electronic calculators were used to organize and optimize work, to collect and distribute filling and control information. It is no longer efficient to develop hard-copy projects; BIM will reduce design costs by providing a detailed description of the building's built-in systems to provide service flow databases.

BIM will provide new opportunities to achieve new levels and standards in construction and management in the Republic of Armenia. Due to BIM, it will be possible to oversee the entire construction process, from design to completion and even further operation, as its flexible approaches allow us to make adjustments and additions at any stage of construction, and especially at the stages of implementation and management. The BIM system can manage effectively any design change, identifying all possible errors.

References

1. Grigoryan V.I. The role of the construction industry in organizing restoration and reconstruction work. Yerevan, 1996. 196 p.
2. Wong A., Wong F., Nadeem A. Comparative Roles of Major Stakeholders for the Implementation of BIM in Various Countries. Proceeding of Changing Roles: New Roles, New Challenges. The Neatherland Conference, 5-9 October, 2009. P. 23–33.
3. Hosseini R., Azari E., Tivendale I., Chileshe N. Barriers to adoption of building information modeling (BIM) in Iran: Preliminary results. Proceedings of the 2015 (6th) International Conference on Engineering, Project, and Production Management. 2015, P. 384–394. DOI: 10.32738/ceppm.201509.0038.
4. Costin A., Pradhananga N., Teizer J. Leveraging passive RFID technology for contracture resource, field mobility and status monitoring in a high-rise renovation project. Automation in Construction. 2012. No. 24. P. 431–442. DOI: 10.1016/j.autcon.2012.02.015.
5. Eastman C., Teicholz P., Sacks R. BIM Handbook. Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Constructors. Wiley, 2011. 648 p.
6. Ghazaryan M. Some Episodes of Building Information Modeling History. Scientific Papers of NUACA, 2018. Vol. 2(69). P. 70–78.
7. BIM in Germany. URL: <https://cobuilder.com/en/bim-in-germany/>
8. ATS and bSA collaborate on BIM and Digital Engineering. URL: <https://buildingsmart.org.au/initiatives/ats-and-bsa-collaborate-on-bim-and-digital-engineering/>.

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.002

Timo Lehtoviita, MSc Civ. Eng., Senior Lecturer
(LAB University of Applied Sciences)

E-mail: timo.lehtoviita@lab.fi

Tuomas Pylkkänen, MSc M. Eng., Head of Preparedness
(Rescue Department of South Karelia)

E-mail: tuomas.pylkkanen@ekpelastuslaitos.fi

Jani Paappanen, BSc Civ. Eng., Project engineer
(Lappeenranta Toimitilat Oy Inc.)

E-mail: jani.paappanen@lappeenranta.fi

Heidi Huuskonen, Dc. of Phil., MSc, Project manager
(Rescue Department of South Karelia)

E-mail: heidi.huuskonen@ekpelastuslaitos.fi

Jani Kanerva, M. Eng., Risk Manager
(Rescue Department of South Karelia)

E-mail: jani.kanerva@ekpelastuslaitos.fi

Jarno Rautiainen, BSc Civ. Eng., Project engineer
(LAB University of Applied Sciences)

E-mail: jarno.rautiainen@lab.fi

Tia Windahl, MHC, RN Senior Lecturer in Prehospital Care
(LAB University of Applied Sciences)

E-mail: tia.windahl@lab.fi

USING BIM TO ENSURE THE SAFETY OF BUILDINGS

The use of three-dimensional information models in built-up environments has become more commonplace during the last ten years. In the KIRA-digi pilot project entitled “Enhancing building safety using information models” implemented in 2018, the Rescue Department of South Karelia investigated, in cooperation with the Saimaa University of Applied Sciences and Lappeenranta Toimitilat Oy, how information models can be initially utilized in its three areas, i.e. in controlling land use and construction, in supervisory activities, as well as in fire-fighting and rescue operations. The three selected areas were considered to have, during the initial stage of the pilot, the most potential at a rescue department level to benefit from the application of building information models. In addition, the general applicability of building information models for fire investigations, fire prevention as well as safety education and RDI activities was assessed. As a whole, the project showed that building information models can be extensively utilized to ensure the safety of buildings from the perspective of rescue services. The extensive utilization of information models should be started in authority guidance during the building permit stage and extend their use to authority monitoring by rescue services during the construction project. The use of information models in accident situations is also possible, but this requires further development of the information model applications used, the mobile devices and the virtual environments tested in the project.

Keywords: fire safety, IFC, Open BIM, safety evaluation, monitoring, emergency.

1. Introduction

During the last 15 years, the use of information models for buildings and the built-up environment in construction projects has become more extensive. More and more construction projects are implemented on the basis of information models when the buyer already decides at the beginning of the construction project to implement it on the basis of information modeling. More extensive projects, in the construction of both buildings and infrastructure, are already implemented almost without exception by modeling. This applies to both renovation sites and green-field construction sites. On multi-story building sites, the founder contractors use models extensively in all phases of the project. Therefore,

the utilization of models is becoming standard practice in the design and construction phases.

So far, the utilization of building information models has focused on the design and construction phases. In particular, the focus has been on the interaction between designers and the use of models for production support during the building implementation phase. Less attention has been paid to the possibilities of using the models produced by designers, e.g. for building maintenance and the work of public authorities during the project.

The Rescue Department of South Karelia, the Saimaa University of Applied Sciences, and Lappeenranta Toimitilat Oy cooperated in investigating the possibilities for utilizing building information models to ensure the safety of buildings [1]. The project was based on the fact that potential benefits were identified in utilizing building information models more extensively for improving safety. Three extensive development goals were set for the pilot project. They can be achieved in the long run on the basis of the practical results of the pilot project:

- With the help of functional and sufficiently lightweight tools, building information models can be made available to rescue services for their everyday use.
- The results of the project will be utilized to update the Finnish national common BIM requirements YTV 2012, and safety aspects will be included in the general requirements of information models.
- Operation processes will be developed so that information models can be introduced to the operations of other authorities or parties responsible for safety matters.

2. Building information models

Information models generally refer to the formal definition of information that defines the pieces of information and connections between them [2]. A Building Information Model (BIM) is a material and functional description of a building in digital form that allows the information to be shared in a jointly agreed manner [3]. In practice, the building information model consists of several three-dimensional models produced by different designers, such as the architect, structural designer, and building services designers, on the basis of model-based design software [4]. In or-

der to produce a compiled model of the different design models, an IFC model based on the Industry Foundation Classes open data transfer standard is produced of each model, containing the three-dimensional geometry and properties of different elements.

When defining the building information model, more emphasis is now placed on the life cycle of the construction project and the importance of information. In other words, the building information model is a compilation of all information on the construction project's life cycle in digital format [2]. The English abbreviation BIM is often understood as a more extensive concept also referring to Building Information Modeling of the entire construction project or the management of its information, Building Information Management. Information modeling is the digital form of construction operations and facility operations. It combines technology, process improvements, and digital information, and significantly improves the results and facility functions, for the buyers and projects [5].

In the pilot project, the analysis was limited to the use of building information models in the work of rescue services. However, it was also recognized that in the future, the analysis will have to be extended to also cover infrastructure information models and urban environment models. When applying information models, more resources will also have to be invested in matching the angles of the approach of those using the building or operating in it with the views of different parties to the construction project. This will ensure the production of the required information and its utilization during the entire life cycle of the building. Consequently, the assessment and monitoring of safety can be implemented in a more holistic manner, thus benefiting the contributing parties.

3. Suitability of information model viewing software suites for the needs of rescue services

One of the goals of the pilot project was to find lightweight and functional information model viewing tools for rescue services. The following preliminary criteria were chosen for functionality: ease of use and clarity of the programs, the availability of Finnish language versions, as well as

focus on viewing the models (rather than on editing the information content). The use of the IFC data transfer standard, independent of design programs, was chosen as the basis for analyzing and sharing information models. IFC is an open data transfer standard created for the construction industry. Models compliant with the standard can mainly be created from the modeling programs used in all sectors of design [2]. Besides the feature of open data transfer, it was felt that the IFC models were also practical for rescue services because permanent modifications, such as inadvertent deletion of important information, cannot be made to them with the viewing programs.

About ten different programs suitable for viewing information models were reviewed at the beginning of the project. The software suites chosen for closer review were Dalux Build, Solibri Model Viewer, and Trimble Connect, which mostly complied with the requirements set. Solibri Model Viewer is an information model viewing program utilizing the computer's memory. The others are cooperation platforms for construction projects, utilizing cloud services and having an in-built viewing program. More detailed analysis revealed good features but also areas for development in every program, and none of them proved totally optimal for all the intended purposes. The information model views of different information model programs are illustrated in Fig. 1.

It was found on the basis of the analysis that of the selected programs, the search functions of Solibri Model Viewer were the easiest to use and most efficient and functional. The program quickly retrieves the desired information from the models and presents them clearly by utilizing a model hierarchy and group-specific screening of objects. However, the program has more limited communication capabilities than the other alternatives, and, in practice, communication has to be implemented using screen captures and email messages. The search tools would make Solibri Model Viewer a useful and efficient program for permit-phase analyses and monitoring. The authorities could use the search tools for the efficient screening of required information and for picking out subjects for analysis from the model. The program also has basic tools for labeling and measurements.

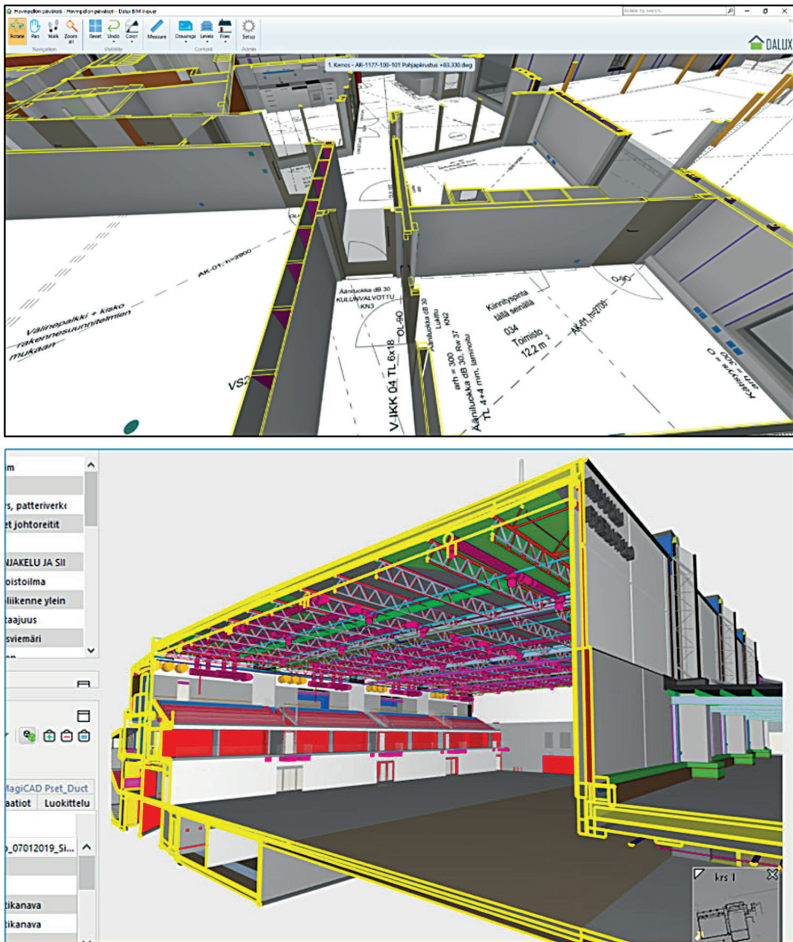


Fig. 1. Information model views provided by different information model software suites [6]

4. Implementation and results of the study

It was deemed that rescue services would most benefit from building information models in the three selected areas, i.e. in controlling land use and construction, supervisory activities, as well as in fire-fighting and

rescue operations. In addition, the general utilization of building information models for fire investigations, safety communications and research, development and innovation (RDI) activities was assessed.

The potential for utilizing building information models was assessed in three different workshops for each different area. The workshops were participated by employees of the Rescue Department of South Karelia, in whose job descriptions the subjects or each of the workshops were related to. The workshop participants received advance training on information models and different IFC viewing programs. The training increased the individuals' competence and understanding of information models and their application as part of their respective job descriptions.

In the workshop activities, the participants were divided into smaller groups where they deliberated on the applicability and utilization potential of information models as part of the service production of rescue services. The workshops were concluded by discussing the results of each small group. At the same time, any ideas matured by the final summary were recorded.

4.1. Utilization of information models in connection with land use and construction guidance

According to the Rescue Act 379/2011, rescue services have a general obligation to provide guidance, which is, for example, applied in a risk-based manner to the fire safety design of buildings. When the expertise of rescue services is utilized at different phases of the construction projects, successful solutions can be achieved to ensure the safety of buildings with regard to forecasting, preparing for and controlling the risks, as well as with regard to accident responses and fire investigations.

Producing information models in connection with construction projects has become more commonplace, but their application for official use is so far very limited. Information models are not automatically placed at the disposal of authorities; instead, the need for using them must be indicated by a separate request sent to the designer. As a rule, information models are produced for major construction sites. Information models are produced for smaller subjects if the party undertaking the construction project considers it to provide the project with material benefits.

The results of workshops organized for rescue services personnel show that the greatest potential of utilizing building information models

is primarily related to land use and construction guidance. IFC files allow the relevant information to be found centrally in one file, which makes information management of the project that much easier. Distribution of the information model among the different operators in the construction project is also easy. A project bank, for example, can be utilized for that purpose. This ensures that the latest and most up-to-date information model is always available.

When designing a new building or renovating an old one, the information model helps visualize the building entity better than normal 2D drawings. A more holistic view of yard design can also be achieved already during the design phase. The advantage of information models is that they can easily approach the building from different angles. This is emphasized in the various tasks of rescue services, such as the prevention of accidents, preparations and functionality analysis of fire-fighting and rescue operations. Regarding the latter, the functionality of attack routes and rescue routes can be easily assessed, for example. The gaming and walking functions of IFC viewing programs can be utilized to view the interiors of buildings, for example, with respect to the functionality of exit routes and the visibility of manual fire-fighting equipment and exit route signposts. The situation during normal use of the building can also be viewed if the architectural model includes furniture.

The workshops produced proposals for supplementing the information contents of building information models so that they would be more useful for rescue services. The cooperation between the Rescue Department of South Karelia and Lappeenranta Toimitilat Oy produced a proposal for supplementing the general requirements of information models with information regarding fire safety.

4.2. Utilization of information models in the supervisory duties of rescue services

Fire inspections are among the most common and well-known supervisory duties. The purpose of fire inspections is to prevent accidents. The workshop results indicate that information models can also be useful in connection with fire inspections. Building information models can be utilized even before the actual fire inspection. The information model provides the possibility to view unknown subjects quickly and compre-

hensively. The information model can also be utilized for the planning of fire inspection rounds. During the actual fire inspection, the information model can be used as a tool to assess the fire safety of the subject. If the information most salient for the rescue department can be easily found from the information model, it can be assessed during the fire inspection if the facilities of the building are used in compliance with the requirements and if the required manual fire-fighting equipment is in place, for example.

When the fire inspection has been carried out, any deficiencies observed can be repeated with the customer by utilizing the information model. Similarly, the facilities can also be viewed afterward when drawing up the fire inspection protocol. Fire inspections also provide an excellent opportunity to record any new information on the subject in the rescue authorities' supervisory register. An example of the provision of such new information could be in saving the subject's latest information model file in the rescue services database or updating the details of the subject card if it has been produced on the basis of the information model.

4.3. Utilization of information models in connection with fire-fighting and rescue operations

There are various software suites and databases available for supporting the management of fire-fighting and rescue operations, and the rescue authorities can utilize them when fire-fighting and rescue operations are being managed. Digital tools are becoming more common in the everyday work of rescue services. Building information models can also be utilized in the future fire-fighting and rescue operations of rescue departments. This is indicated by the results of a workshop organized for rescue services personnel. It was considered that there were benefits for the actual fire-fighting and rescue operations, as well as for planning the fire-fighting and rescue operations regarding the subject.

In conjunction with fire-fighting and rescue operations, the building information model can be utilized in different situations at the management level and in the actual operations. In the workshops, the applicability of information models was mainly assessed from the office in charge's perspective. In accident situations, the application of building information models can start immediately when the task is received. This can be done, for example, by the executive fire officer (officer in charge) on duty,

allowing quick familiarization with the subject when the initial and additional information has been received from the emergency response center. In theory, the building information model can be utilized while driving to the site, e.g. for obtaining further information on how to drive to the building plot, on the attack routes, and on the location of the control centers of fire-fighting equipment. The utilization of information models while driving to the site has not yet been tested.

At the accident site, the leader of rescue operations can search the information models for information to support the decision-making on management activities. The information must be identified and allocated quickly so that it can be utilized in demanding and time-critical tasks in field conditions. The information required from the information model can also be interpreted from the command center so that the information models can also be utilized in office environments and that the information is transmitted to the team, platoon or company command at the accident site. The required information may concern the limitation of a fire or facilitation of the fire-fighting and rescue operations. Such information includes securing the fire compartmentalization or reports concerning smoke extraction arrangements.

The use of building information models in fire-fighting and rescue operations will still need a lot of practice and training for the benefits to materialize. Technical issues related to the availability and utilization of information, as well as information security, have to be solved, for example, with regard to the storage, wireless transfer and reliability of information. Building information models must always correspond to the actual situation so that the decisions are based on reliable information. Furthermore, the use of building information models requires the personnel to constantly practice the use of software suites so that the IFC model can be efficiently used in accident situations.

The information obtained from building information models can also be utilized to record the accident details required in fire-fighting and rescue operations. The rescue departments record the accident details in the rescue services' resource and accident statistics program (PRONTO), a system program developed by the Ministry of the Interior for the monitoring and development of rescue services and for accident-specific details. For example, information on the intended use of facilities as well

as floor area details can easily be obtained from the information models for statistical use.

4.4. Utilization of information models in other functions of rescue services

In fire investigations, building information models can provide the same benefits as in supervision and rescue operations. The required information may include various floor area details and matters related to the intended use of facilities. Information stored in objects may also be important in fire investigations; they may, for example, be needed when assessing the ignitability of structures or the spreading potential of a fire. A building can be totally destroyed in a fire, but the information model helps visualize the building entity or its facilities retrospectively. Furthermore, the information derived from information models can be utilized in the documentation of fire investigations when filling in the details required for the reports in the PRONTO program.

The rescue departments can utilize building information models for site-specific fire prevention and safety education. This can be done, for example, when studying the site in advance, such as before a fire inspection, or when planning a security walk for the site. That way, the customers can be provided with an improved service. The rescue plan associated with self-preparedness compliant with the Rescue Act can partly be built around the building information model. When the building information model is a part of the rescue plan, it can be utilized for customer contact in site-specific fire prevention and safety education. At the customer site, the information model can be used as a tool for familiarization on safety matters.

Building information models provide comprehensive information, which a public authority, like rescue services, can benefit from when developing its own service production. From the RDI point of view, the primary objective in utilizing information models is the significant potential they provide to strengthen the capability of the rescue sector to be guided by knowledge. Building information models are also of major importance in developing cooperation, as they provide content for situational picture interpretation jointly produced by different actors and for an understanding of the built-up environment. When progress has been made in information modeling and practical application of models, the focus

can be shifted from individual buildings to more extensive analyses, such as information models of urban infrastructure and their application to ensure safety in cooperation between multiple actors.

By combining virtual reality and building information models, it is possible to create a new kind of efficient potential for getting to know built-up sites and for assessing their safety. The suitability of augmented reality (AR) technology for presenting information models by rescue department personnel was tested in connection with the development project. By interpreting the information models loaded into AR glasses, it was possible to see inside the building structures and observe the layout of objects not visible to the naked eye and the entity they made up as an element of the building. The simulation showed that AR glasses provided plenty of benefits for observing buildings, particularly in connection with supervisory activities.

4.5. Operational site cards of the rescue departments

The idea of presenting the site card details in building information models was assessed in different workshops. The rescue departments use operational site cards as a support and tool for fire-fighting and rescue operations.

The site card shows the relevant information, such as fire compartmentalization, that the rescue departments need when dealing with accidents (Fig. 2). The Finnish rescue departments use several different types of site cards. Usually, the site card includes two A4 pages of information, showing the main details of the site in textual form. In addition, the site card may have layout and floor plans attached, with the most important information for the rescue department highlighted.

It was seen necessary to present the site card details in the information model. This would allow an overall picture to be formed of the site, which would make fire-fighting and rescue operations easier and quicker. Furthermore, the necessary information could be seen in closer detail in the information model. An information model-based site card (Fig. 3) was produced of a day-care center that was under construction in Lappeenranta during the project. The information model-based site card proved very functional even if only one version of it was produced. The matters most relevant to fire-fighting and rescue operations were highlighted. Furthermore, there were texts in the yard area presenting basic information on the building and real estate property. They indicated, for example, the fire class and

protection level of the building. The positive experience gained shows that the site cards should be made information model-based.

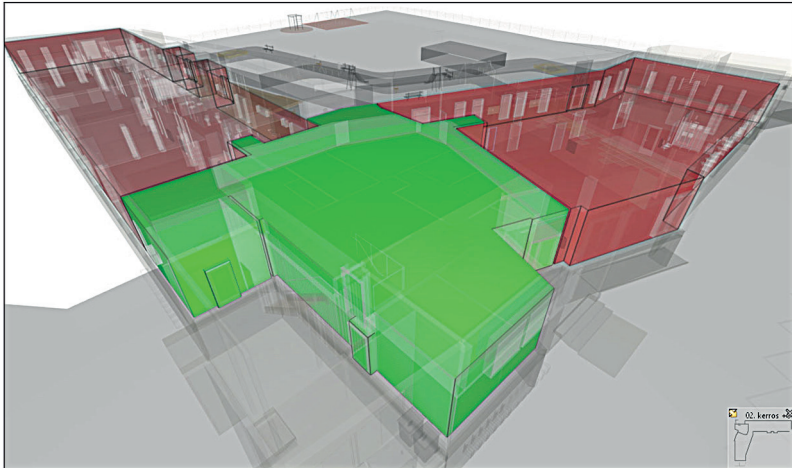


Fig. 2. Information model-based fire compartment view of a site card [6]



Fig. 3. Information model-based layout view of a site card [6]

6. Conclusions

The “Information models to ensure the safety of buildings” project attained its goals. From the perspective of rescue authorities, the use of IFC

models and viewing programs was deemed possible in all three areas of rescue services. Clear benefits, which building information models could provide in the future to enhance current functions, were detected in all areas. The utilization of information models for existing buildings is still in its infancy, which is why it will take some years until the utilization of information models becomes standard practice for the authorities. However, the project provided a good opportunity to study this area and challenge the employees of the Rescue Department of South Karelia to create ideas regarding the use of building information models in their duties. The results were promising.

Updating the general requirements of information models with safety-related matters will benefit both parties undertaking construction projects and rescue authorities. A well-designed information model benefits the different processes of rescue services. One of the most successful initiatives in the project was the production of an information model-based site card. The created site card model produced better-than-expected results. When safety-related matters are brought up early on in information models, a site card suitable for use in the service production of the rescue department can also be easily created.

The use of building information models in the different processes of rescue services provides a totally new kind of information source for getting to know the site or for obtaining information on it. Regarding the service production of the rescue department, it is particularly important to ensure that the information obtained through building information models is up to date. It is also essential to ensure that the information in IFC models cannot be edited by users. That way, the information remains reliable during different usage processes.

The benefits of information models as a whole are best evidenced when the end user finds their use fluent. The user interfaces must be compatible with other important sources of information, such as the new information system for preventing accidents that is currently being developed in the rescue services. In addition to rescue services, information models can be utilized in the daily duties of paramedics. The information contained in information models can facilitate the arrival of paramedic units to the site, thus speeding up the process of providing care for the patient. This way, information models can improve both patient safety and the occupational safety of paramedics.

The results of the project mean that the use of information models can be promoted to ensure the safety of buildings at local, national, and international levels. At the local level, the Rescue Department of South Karelia has the capabilities to initially utilize building information models to guide land use and construction operations. The most fluent solution is to start using information models in the construction projects of Lappeenranta Toimitilat Oy, at their building permit stage and in accordance with the methods developed in the pilot project. In addition, the information in information models should be utilized as extensively as possible in other duties of the rescue department in preventing accidents, in preparing for accidents, and in fire investigations.

The use of information models must from now on be systematically promoted in all areas of service production by the rescue department. This makes it possible to maximize the beneficial potential of information models as a benefit created for the customer and society when the safety of the operating environment improves. In addition to the building information model materials, the infrastructure model and urban model materials of towns must also be included in the process of assessing the safety of operating environments. That way, safety can be extensively assessed and developed on the basis of information produced by information models. A diverse range of users and actors must be involved in interpreting the information so that the information basis becomes a common interpretation of safety associated with the operating environment and of the cooperation it requires.

At the national level, the goal is to start a further development project with the participation of as many regional rescue departments as possible. Together, they could develop, define, and test the practical usage cases of building information models, infrastructure models and urban models to ensure the safety of buildings and built-up environments. The definition of the usage cases should be done in cooperation with other KIRA-digi pilot projects where definitions for different usage cases have also been made. BuildingSMART Finland should also be involved in the definition work, and the results can be utilized to update the national general information model requirements. Property developers and owners with information model-based construction projects suitable for the initiative should also be involved. The construction projects to be analyzed should be located in areas where infrastructure models and urban models are available.

The development of information model user training for rescue services can also be included in the same further development project. The parties that could also be included in the project to facilitate the distribution of results and coordinate further development work include other safety authorities, the Ministry of the Interior, the Emergency Services College, and the Partnership Network of Rescue Departments.

At the international level, the initiative should proceed by distributing the results of the pilot project now implemented to international seminars of the sector and start international cooperation by utilizing the networks of Finnish rescue sector actors. A study related to the theme must also be initiated at the international level with the objective of identifying the actors in the sector who may already have utilized information models in securing the built-up environment.

Acknowledgements

We wish to extend our particular thanks to the KIRA-digi spearhead project of the Ministry of the Environment (in Finland) for the funding that made this project possible. We also thank the project steering group for its expert guidance during the project. Our thanks are also due to the personnel of the Saimaa University of Applied Sciences, the Rescue Department of South Karelia, and Lappeenrannan Toimitilat Oy who participated in the project as a side-line during its different phases.

This article is an abridgment of the project summary report published electronically in the publication series of the Saimaa University of Applied Sciences [1].

References

1. Lehtoviita T., Pylkkänen T., Paappanen J., Huuskonen H., Kanerva J., Rautiainen J., Windahl T. Tietomallit rakennusten turvallisuuden varmistamisessa: Hankkeen yhteenvetoraportti. In: Sarja A: Raportteja ja tutkimuksia 90, Saimaan ammattikorkeakoulu. 2019. (in Finnish).
2. Report of the RASTI project. Rakennetun ympäristön tiedonhallinnan standardisointi – Nykytilan kartoitus ja ehdotus toimenpiteistä. [Standardisation of information management regarding the built-up environment – survey of the present status and proposal for actions] Report, V 1.0 / 04.02.2019. URL: <https://rastiprojekti.com/wp-content/uploads/2019/02/RASTI-strategia-v1.pdf> (read on 26.04.2019). (in Finnish).
3. BuildingSMART Finland. YTV 2012, General requirements for information models 2012 publication series, parts 1–14 and supplementing annexes. 2012. URL: <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>. (read on 26.04.2019).

4. Lehtoviita T. Better Data Management with Building Information Modelling (BIM). 5th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction. Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2013.

5. EU BIM Task Group. Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector. 2018. URL: http://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2017/07/EUBIM_Handbook_Web_Optimized-1.pdf. (read on 02.05.2019).

6. Lappeenranta Toimitilat Oy. Pictures of the information models of Kindergarten and Sports Centre.

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.003

Mikayelyan Zorik Senekerim, graduate student
(National University of Architecture and Construction of Armenia)
E-mail: zorikmiqayelyan17@gmail.com
Sirunyan David Enok, Project Manager
(“BIM Consulting” LLC, Armenia)
E-mail: david.s@bimconsulting.am

INTERACTION OF AUTODESK REVIT AND IES VE SOFTWARE SUITES IN BUILDING INFORMATION MODELING

Energy production and consumption is the largest source of global greenhouse gas (GHG) emissions. The energy sector therefore plays a critical role in the countries' efforts to develop and implement long-term strategies to meet climate goals. During the last 100 years, greenhouse gas emissions have increased by 20 times. To stop global warming and reduce its effects, there is a need to design and build energy-efficient buildings and increase the energy efficiency of already existing buildings. For that reason, it would be a big mistake not to use building information modeling (BIM) in energy-efficient modeling of buildings in the fast-growing technology era. BIM allows us to reduce the time spent on designing, include a great deal of information in the project, and design structures quite scrupulously.

In this article, we will discuss how to use BIM technologies for fast and accurate modeling of buildings.

Keywords: BIM, Autodesk Revit, Rooms, Spaces, IES VE, import gbXML.

Introduction. Autodesk Revit is one of the most popular and powerful BIM software being used in architecture, structure and MEP design. The IES Virtual Environment (VE) is a suite of building performance analysis

applications. It can be used by designers to test different options, identify passive solutions, compare low-carbon and renewable technologies, and draw conclusions on energy use, CO₂ emissions, and occupant comfort.

Based on the principle of BIM technologies, we hereby discuss the adaptation and further transformation of an architectural model of a building implemented in Autodesk Revit and exported to IES VE using the gbXML format.

Many problems may occur during project development while using Autodesk Revit and IES VE. The combination of these two programs provides us with an opportunity to implement building information modeling through including information about building type, people occupancy, electrical devices, HVAC systems, thermal zones, space function and weather conditions (weather data for a specific location, listing hourly values of solar radiation and meteorological elements for one year).

In this article, we will consider how to:

- design a two-story kindergarten building;
- modify and adapt the model for IES VE;
- create a gbXML file;
- import the gbXML file into IES VE.

However, when moving from Revit to IES VE, there are numerous problems that need to be addressed. The solutions to these problems will be presented below.

Modeling in Revit. As an example, we took the building of kindergarten No. 33 in Yerevan and built its architectural model (Fig. 1). All the walls, windows, doors, floors, and staircases were designed as architectural constructions.

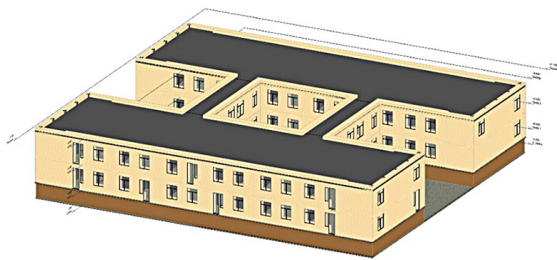


Fig. 1. Architectural model of a kindergarten

Model modification and adaptation for IES VE. If we export the file to IES VE as an architectural model, it will probably not work since there are some issues that need to be modified in the model. To adapt the model, we need to take the following steps:

1. As a rule, architects draw external walls as a whole. Our first step is to slice the walls at every level.

2. Then, in Revit, we have to check that the external wall function is “Exterior” and the internal wall function is “Interior”.

3. If we have a double casement or multi casement window, Revit basic families cannot be used to create openings because when we export a double casement or multi casement window as a gbXML file in IES VE, the program will create a single casement window.

To solve this problem, it is necessary to create a basic window family instead of a double casement or multi casement window replacing two or more single casement windows.

4. If we have an external opening (door, mullion), we have to replace it with a simple window family because, for some reason, external openings do not work in IES VE when we export them from Revit.

5. Another interesting problem is that if we have a multi-story building and export the model just in one file, we will have issues with floors, rooms, ceilings, and connection of rooms. To avoid such a problem, it is required to create separate files keeping the respective heights for each story and each separate unusual space.

We have created four separate files: the first one for the basement, the second one for the first floor, the third one for the second floor, and the last one for the staircase block.

6. We can remove columns and beams if they are built in walls and are not shading elements.

7. We need to remove stairs, railings, and landings from the staircase block. Since the staircase block is not included in the comfort zone, we can consider it as a single Room (Space).

8. If we have a small partition (mostly in offices and bathrooms) in a room, we have to uncheck the Room Bounding option or delete it if it is not a shading element (Fig. 2). If the wall is next to the glass, then it becomes a shading element in IES VE.

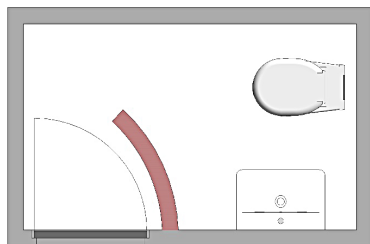


Fig. 2. Selected red wall as a small partition

9. If we have a void space, the question becomes a little bit complicated. In our project, we do not have void spaces, but we have addressed that issue and are ready to present the solution. This issue is very similar to that described above as item 5. To solve the problem, it is necessary to:

- create extra Level at the ceiling level;
- cut external walls;
- create Room (Space) at the ceiling level;
- duplicate the file and create two separate files for each Level;
- export each level to a gbXML file separately.

In Fig. 3, you can see the modified and adapted version (with the same external and internal walls, without stairs and framing).

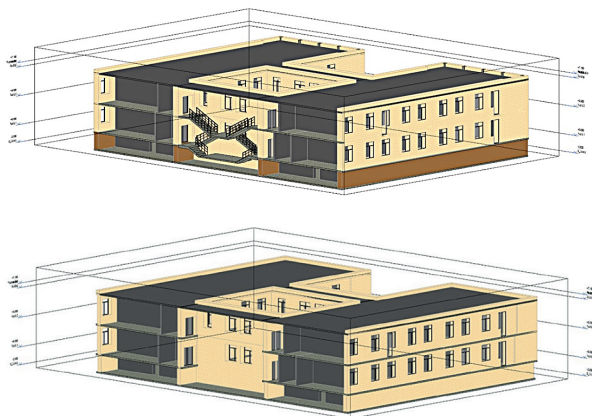


Fig. 3. Difference between architectural and adapted models

Creating a gbXML file. After all these modifications and adaptations, we need to export the Revit model to a gbXML file. We have two ways to do that: to create either Rooms or Spaces. The difference between Rooms and Spaces is as follows.

- Rooms contain information only about room dimensions.
- Instead of room dimensions, Spaces contain information about lightning and HVAC loads, people occupancy, airflow (mechanical), condition type, and space type.

Based on the two facts mentioned above, we can conclude that if we create a gbXML file from Rooms, we have to do extra work in IES VE, but the creation of a gbXML file from Spaces gives us an opportunity to include a large amount of information about the building and reduce the modeling time.

Importing the gbXML file into IES VE. Our last step is to import the gbXML files into IES VE. As we have discussed, in the case of our model, we have to create four gbXML files. Then, we have to import all those files into the same file and run Model Report to check faults. In Fig. 4, you can see the IES VE model.

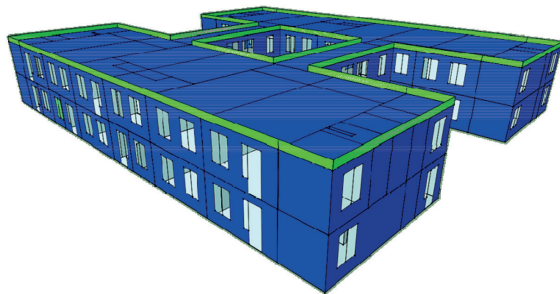


Fig. 4. Model 3D view in IES VE

References

1. Krygiel E., Nies B., McDowell S. Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc., 2011. 241 p.
2. Eastman Ch., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011. 626 p.

3. ММ-Технологии. URL: <http://mm-technologies.ru/energomodelirovanie-zdaniy> (дата обращения: 12.03.2019).

4. Гримитлин А.М., Денисихина Д.М. Энергетическое моделирование – инструмент повышения энергоэффективности зданий // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 93–97.

5. Reinhart C.F., Cerezo Davila C. Urban building energy modeling – a review of a nascent field // Building and Environment. 2016. No. 97. P. 196–202. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.12.001.

6. Ahn K.U., Kim Y.J., Park C.S. Kim I., Lee K. BIM interface for full vs. semi-automated building energy simulation // Energy and Buildings. 2014. No. 68. P. 671–678. DOI: 10.1016/j.enbuild.2013.08.063.

7. ASHRAE/ANSI Standard 140-2011 – Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, INC., 2011. URL: https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/140_2007_b.pdf. (дата обращения: 12.03.2019).

8. Integrated Environmental Solutions, Ltd. «VE 2017». URL: <http://www.ieseve.com> (дата обращения: 12.03.2019).

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.004

Nguyen Minh Ngoc, PhD of Hydraulics Construction
(Hanoi Architectural University)

Email: ngocnm@hau.edu.vn, ORCID: 0000-0002-2664-5558

Bui Hai Phong, PhD of Computer Science
(Hanoi Architectural University)

Email: hai-phong.bui@mica.edu.vn, ORCID: 0000-0002-0542-0069

USING PIPE FLOW EXPERT SOFTWARE IN COMBINATION WITH BIM / REVIT TO DESIGN WATER SUPPLY SYSTEMS FOR BUILDINGS

The indoor water supply system is a complex structure including pumps, pipes, valves, taps, etc. In order to obtain an optimal system and ensure its compliance with technical and economic requirements, it is necessary to perform the hydraulic analysis of the piping system.

Currently, there are many software applications for water supply systems but there are very few programs for indoor water supply design. Pipe Flow Expert software has tools used to simulate indoor water supply systems: the program can visualize the 3D

structure of a water supply system on a 2D plane. It also can perform hydraulic calculations for both hot and cold indoor water supply systems.

The simulation of a water supply system based on BIM technologies using Revit software allows users to visualize the arrangement of pipes and construction equipment but cannot analyze the water supply capacity of the system. Therefore, it is required to combine Revit with Pipe Flow Expert to adjust pipelines and set up a water supply system to achieve target technical and economic indicators.

The combination of Pipe Flow Expert and Revit (BIM) allows users to visualize processes starting from calculating and determining parameters for the design, construction, and management of water supply systems in buildings. It is estimated that the process of applying BIM in the design of water supply systems helps to reduce the design time approximately by 27.7%, which can reduce about 2% of the total project investment cost. BIM ensures the convenience of water supply system maintenance while in service, as well as compliance with the main trends in the development of the design of architectural and building constructions according to the direction of the 4.0 revolution in Vietnam.

Keywords: Pipe Flow Expert, Revit, MEP, water supply system, BIM, software.

1. Introduction

The application of software technologies to the design of water supply systems is a great progress for the construction industry. They help to reduce design and construction time and analyze the system operability [1–5].

To design a water supply system for a high-rise building, a combination of programs can be used: Pipe Flow Expert of Daxesoft Ltd. for hydraulic analysis and subsequent pipe dimensioning [6] and Autodesk Revit for design.

Pipe Flow Expert is specialized software for water supply design, enabling the detailed modeling of water supply systems, including necessary equipment and piping elements. This software can simulate a water supply system of a high-rise building and show it in a 3D view on a 2D plane of a 45° oblique grid. Therefore, it is possible to clearly visualize the layout of the pipeline system. Besides, it is possible to design both the cold and hot water supply systems of a building. As for other water supply design software, it is mainly used for outdoor water supply systems, so it is not possible to simulate the difference in altitude between nodes, or simulate hot water supply, especially equipment of indoor water supply systems [6].

Autodesk Revit is a widely applied BIM (Building Information Modeling) design software [7–9], allowing users to design an indoor water supply system, displaying it in an intuitive view, and avoid clashes between pipes and other building elements. Revit also quickly and ac-

curately collects material statistics, helping to reduce the number of errors and minimize the need for repairs in a water supply system [9–11]. It is currently not possible in 2D drawing in AutoCAD, and Revit actually does not stipulate for the hydraulic analysis of a water supply system, but it can be performed using other software or tools integrated into Revit. Therefore, designing a water supply system for a building requires a combination of two programs providing hydraulic analysis and building design.

As such, a combination of Pipe Flow Expert (hydraulic analysis) and Revit (water supply system design) is a powerful tool for water engineers, appraisers, and investors. It helps to understand the entire process of designing and implementing a water supply system for a high-rise building, reduce design time and investment costs for the project [3].

2. Methods

Revit has only a design function. The platform does not calculate piping hydraulics.

The specialized software for hydraulic analysis (such as Pipe Flow Expert) can perform hydraulic calculations following the parameters set by the designer. Although Pipe Flow Expert has a 3D simulation function, the pipe size and layout are based on approximate simulation. Therefore, sometimes pipe lengths and diameters do not match reality.

To use Revit (BIM) in combination with specialized software for water supply system design, the following steps shall be taken:

- Step 1. Using Revit (BIM) for simulation design of indoor water supply systems with pipe lengths and diameters preselected (based on the experience or specialized standards).
- Step 2. Using Pipe Flow Expert for water supply system simulation based on its size (Pipe Flow Expert cannot determine pipe length).
- Step 3. Selecting the analyzed liquid, temperature (can be calculated for both cold and hot water supply systems), and conducting hydraulic calculations for the water supply system. The obtained results can be exported as a PDF file.
- Step 4. Checking the calculation results, comparing them with the industry standards, redefining the pipe size (to be subsequently changed) to ensure compliance with technical and economic requirements.

- Step 5. Making changes to the pipeline in the simulation model of the water supply system, built in Pipe Flow Expert; recalculating piping hydraulics.
- Step 6. Revising the model of the water supply system designed with Revit (BIM) using the data on the hydraulic calculations performed in Pipe Flow Expert.
- Step 7. Printing drawings and data for approval and appraisal, construction and management of the water supply system.

3. Case study

Project: an executive office in the Chuong My industrial zone, Hanoi, Vietnam (Fig. 1). The building has three floors and a roof; each floor has its own sanitary facilities, including hot and cold water supply systems. The project comprises:

- a 3D building model designed in Revit Architecture;
- Water supply and drainage systems in Revit.

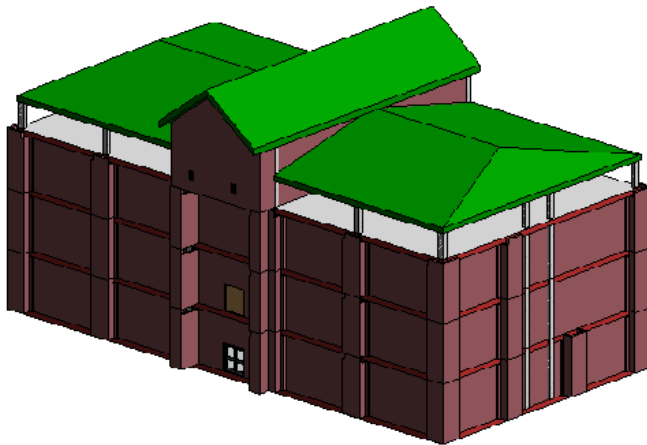


Fig. 1. Axonometric view in Revit [10]

4. Using Revit to design a water supply system

We obtained a free three-year education license of Revit 2018 (Figs. 2, 3), directly from the Autodesk website [12].

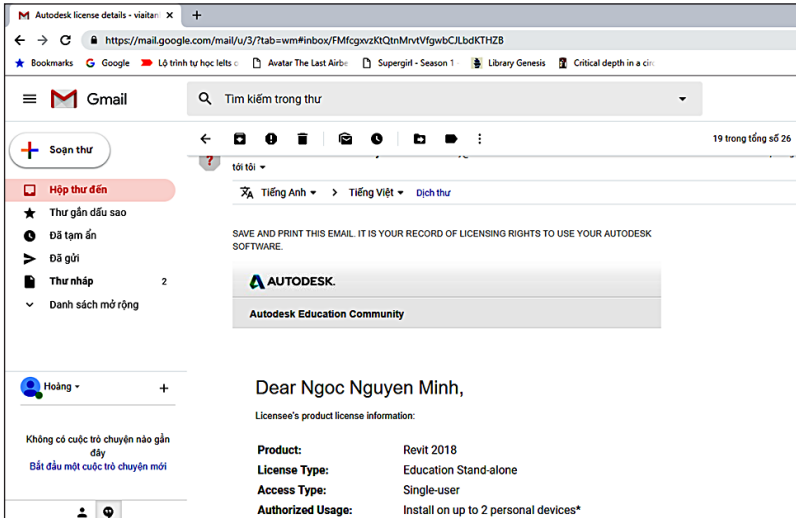


Fig. 2. Revit 2018 education license

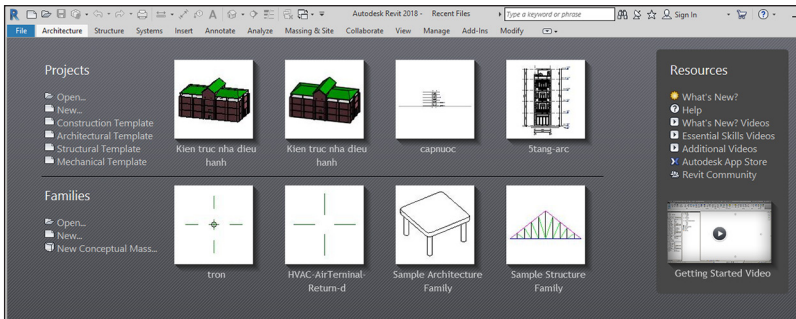


Fig. 3. Revit 2018 open interface (MEP)

Using Revit 2018, we designed a water supply system as follows:

- Using families of water supply system elements, like toilets, sinks, urinals, bathrooms, pumps, etc. (Figs. 4, 5). These families can be found on various websites or created individually for each project.
- Gathering documents and drawings related to buildings (architectural drawings and structures from Revit or AutoCAD drawings).

- Setting viewing angles and using hydraulic analysis data to determine pipe size (Pipe Flow Expert) and conduct simulations of the water supply network (Figs. 6, 7). Drawing pipes on a plane or in a 3D simulation space.
- Setting up a drawing frame (Fig. 18).
- Generating Bills of Materials for the equipment, pipings, etc. using the Schedule/Quantities section (Fig. 17).

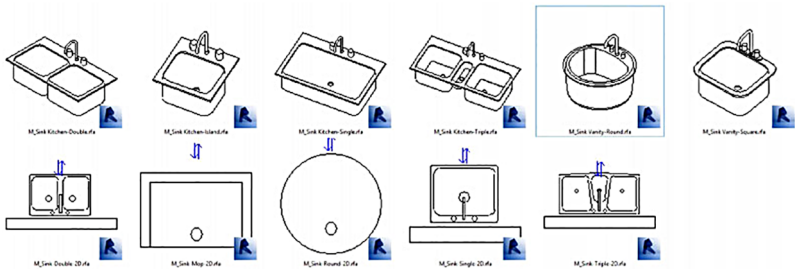


Fig. 4. Products of the Sink family

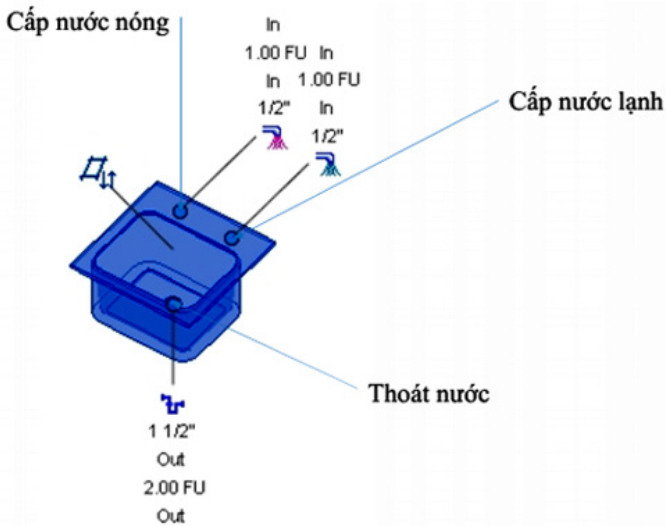


Fig. 5. Structure of the Sink family

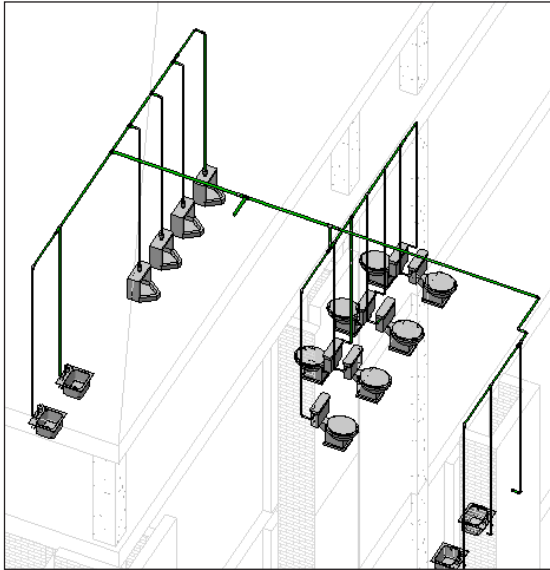


Fig. 6. Arranging a water supply system for the first floor

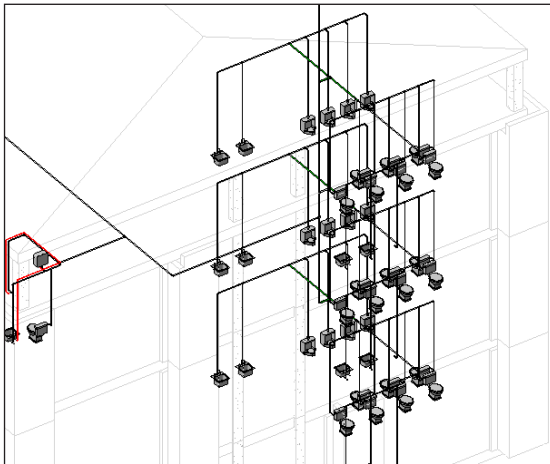


Fig. 7. Sanitary equipment and a water supply system for three floors of the building

5. Introducing Pipe Flow Expert and simulating water supply for the building. Checking piping hydraulic calculations with Pipe Flow Expert

Based on the water demand of sanitary equipment according to water standards, a method to calculate and determine the water demand of the equipment at the nodes is selected [13]. Pipe Flow Expert is used to simulate the overhead water supply system in a 3D structure based on oblique grid coordinates (Figs. 8, 9).

Pipe Flow Expert input data include data on piping element elevation, the water flow rate in the system. A model of a water supply system for the three-story building is built (Figs. 10, 11).

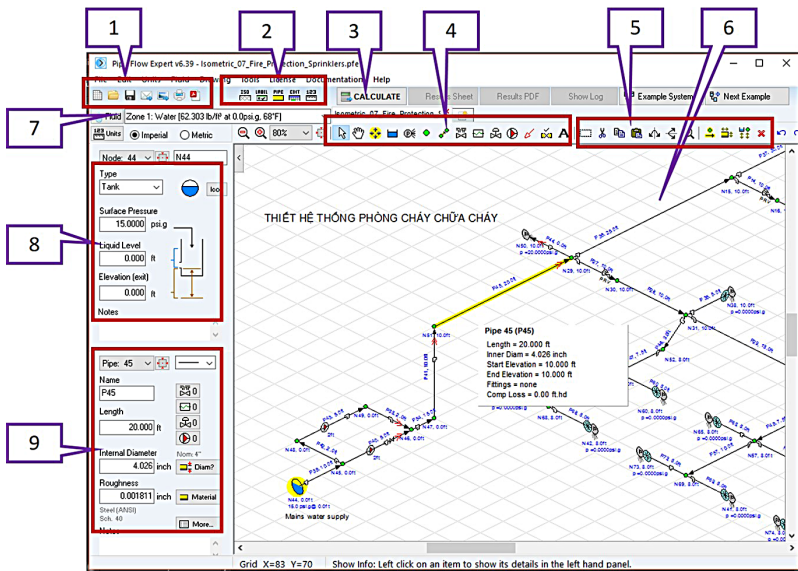


Fig. 8. Pipe Flow Expert interface

The designations in Fig. 8 mean the following:

- 1: Manipulations with the file.
- 2: Information about the program.
- 3: Calculate function.

- 4: Water supply system elements.
- 5: Cut, delete, and other operations.
- 6: Simulation drawing area.
- 7: Parameters of the liquid analyzed.
- 8: Reservoir characteristics.
- 9: Pipeline characteristics.

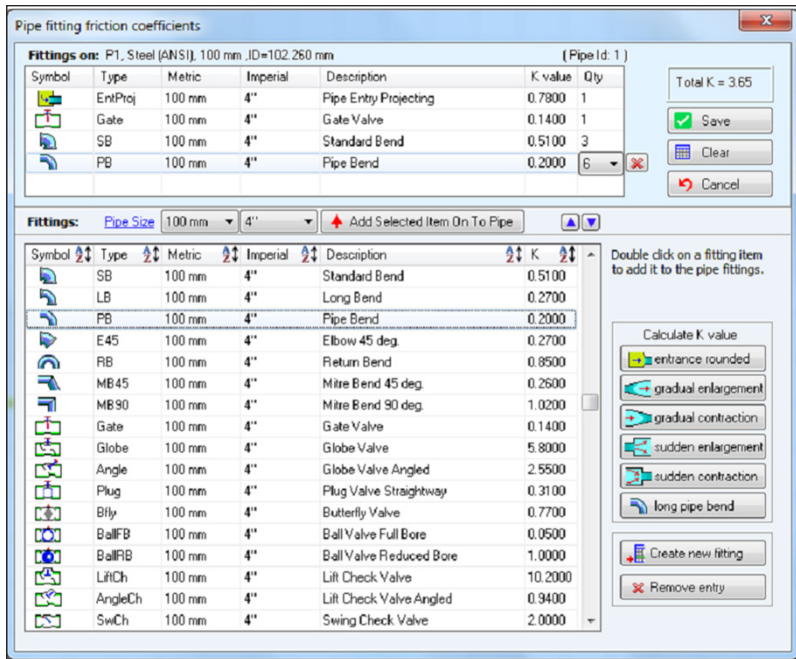


Fig. 9. Water supply system equipment

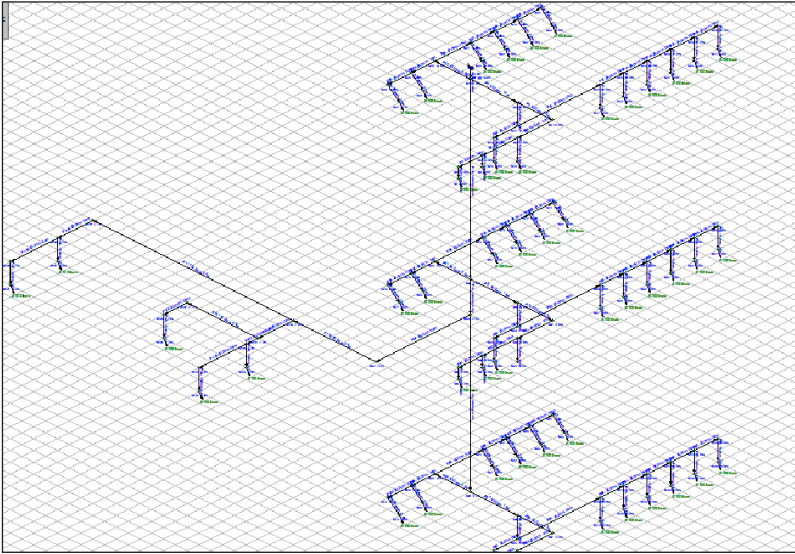


Fig. 10. Overall simulation of the water supply system for the three-story building

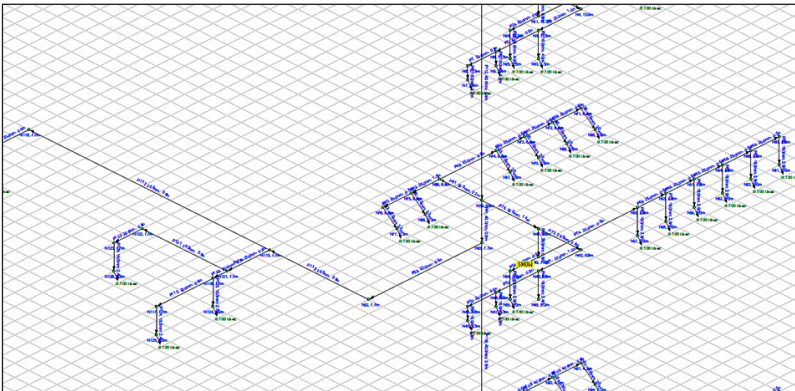


Fig. 11. Simulation of the water supply system with different elevations on the second floor

Running the simulation and exporting the calculation results

Using Pipe Flow Expert, we simulated the water supply system with the following characteristics:

- Type of the analyzed liquid: water, temperature — 20 °C.
- Type of pipes: plastic pipes.

Then we ran the model, checking the relationship between the node elevation and pipe length. Then we made some adjustments and ran the model again to achieve the required technical and economic indicators (Figs. 12, 13).

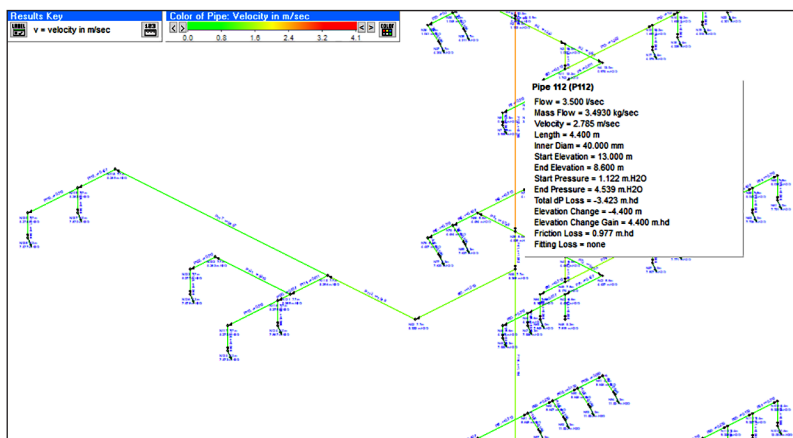


Fig. 12. Results of the hydraulic simulation of the indoor water supply system (first run)

Based on the calculations after the first run, the following results were obtained:

– Most values of water velocity in pipes correspond to the economic velocity [13] (from 0.5 to 1.0 m/s). In particular, there are nine pipelines with a velocity higher than 1m/s but lower than 1.5 m/s, which complies with technical requirements.

– Two pipes (P1 and P112) leading from the tank to the third floor have a relatively high water velocity (4.06 m/s and 2.78 m/s), so it is necessary to adjust pipe sizes (Fig. 14).

Truong DH Kien Truc Ha Noi - Nghiien cuu khoa hoc 2018 - Nguyen Minh Ngoc

Pipe Data

| Pipe Id | Pipe Name and Notes | Inner Diameter mm | Length m | Mass Flow kg/sec | Vol Flow /sec | Velocity m/sec | dP Total Loss m.H2O | Entry Pressure m.H2O | Exit Pressure m.H2O |
|---------|---------------------|-------------------|----------|------------------|---------------|----------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | P1 | 40.000 | 0.600 | 5.0898 | 5.100 | 4.058 | -0.224 | 0.898 | 1.122 |
| 2 | P2 | 32.000 | 1.400 | 0.9980 | 1.000 | 1.243 | 0.089 | 1.122 | 1.033 |
| 3 | P3 | 25.000 | 2.500 | 0.2994 | 0.300 | 0.611 | 0.059 | 1.033 | 0.975 |
| 4 | P4 | 25.000 | 1.000 | 0.2994 | 0.300 | 0.611 | 0.523 | 0.975 | 0.452 |
| 5 | P5 | 20.000 | 0.900 | 0.1996 | 0.200 | 0.637 | 0.030 | 0.452 | 0.422 |
| 6 | P6 | 15.000 | 3.700 | 0.0998 | 0.100 | 0.566 | -3.546 | 0.413 | 3.959 |
| 7 | P7 | 20.000 | 0.900 | 0.0998 | 0.100 | 0.318 | 0.009 | 0.422 | 0.413 |
| 8 | P8 | 15.000 | 3.700 | 0.0998 | 0.100 | 0.566 | -3.546 | 0.422 | 3.968 |
| 9 | P9 | 15.000 | 4.000 | 0.0998 | 0.100 | 0.566 | -3.834 | 0.452 | 4.206 |
| 10 | P10 | 25.000 | 0.600 | 0.6986 | 0.700 | 1.426 | -0.708 | 1.033 | 1.742 |
| 11 | P11 | 25.000 | 0.600 | 0.3992 | 0.400 | 0.815 | 0.024 | 1.655 | 1.631 |
| 12 | P12 | 25.000 | 0.600 | 0.4990 | 0.500 | 1.019 | 0.036 | 1.691 | 1.655 |
| 13 | P13 | 25.000 | 0.600 | 0.5988 | 0.600 | 1.222 | 0.051 | 1.742 | 1.691 |
| 14 | P14 | 25.000 | 0.600 | 0.2994 | 0.300 | 0.611 | 0.014 | 1.631 | 1.617 |
| 15 | P15 | 25.000 | 0.600 | 0.1996 | 0.200 | 0.407 | 0.007 | 1.617 | 1.610 |
| 16 | P16 | 15.000 | 2.800 | 0.0998 | 0.100 | 0.566 | -2.684 | 1.691 | 4.375 |
| 17 | P17 | 15.000 | 2.800 | 0.0998 | 0.100 | 0.566 | -2.684 | 1.655 | 4.339 |
| 18 | P18 | 15.000 | 2.800 | 0.0998 | 0.100 | 0.566 | -2.684 | 1.631 | 4.315 |

Fig. 13. Results of the simulation of the indoor water supply system (first run) in a PDF file

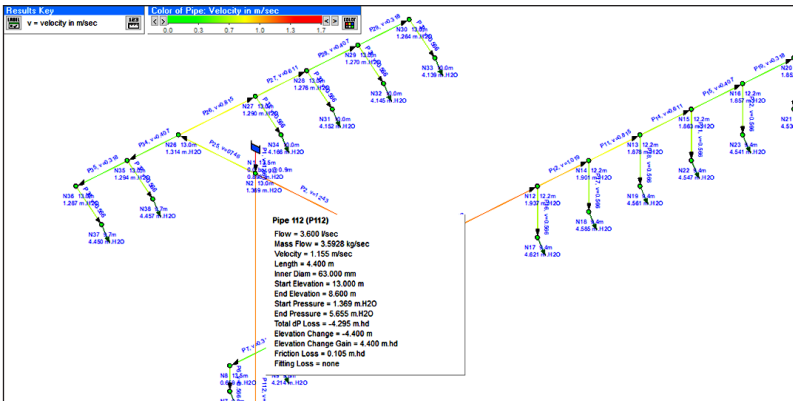


Fig. 14. Running the simulation of the water supply system with P1 and P112 pipe size adjustment (second run)

After the adjustment of pipe sizes (P1 and P112 pipes of 40 mm diameter were replaced with pipes of 63 mm diameter), the flow velocity became lower (P1 – 1.66m/s and P112 – 1.16 m/s). It is advisable to use families with the possibility of diameter changing by means of resizing.

The hydraulic calculation results can be used to adjust the water supply system in Revit 2018, including pipe routing (Figs. 15–18).

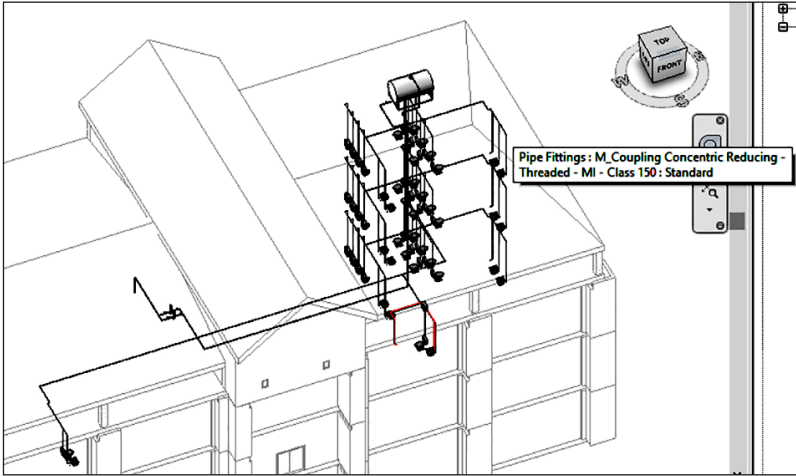


Fig. 15. Overview of the 3D water supply system in the three-story building

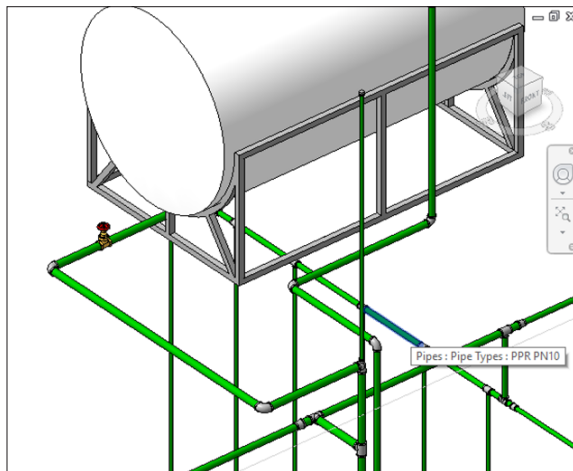


Fig. 16. Installing a water tank, an inlet pipe into the tank and an inlet pipe into the system

Revit-MEP-CapNuoc1 - Schedule: T

File Architecture Structure Systems Insert Annotate Analyze Massing & Site Collaborate View Manage

Modify Materials Settings Additional Settings Project Location Design Options Main Model Manage Links Manage Project

Properties

Schedule

Schedule: Thông kê đường ống Edit Type

Graphics Visibility/Graphics O... Edit...

Identity Data View Template <None> View Name Thông kê đường ống Dependency Independent Phasing Phase Filter Show All Phase New Construction Other Fields Edit... Filter Edit... Sorting/Grouping Edit... Formatting Edit... Appearance Edit...

Properties help Apply

| <Thông kê đường ống> | | | |
|----------------------|----------|--------|--------|
| A | B | C | D |
| Family | Type | Size | Length |
| Pipe Types | | | |
| PPR PN10 | | | |
| 15 mma | | | |
| Pipe Types | PPR PN10 | 15 mma | 156784 |
| 20 mma | | | |
| Pipe Types | PPR PN10 | 20 mma | 24304 |
| 25 mma | | | |
| Pipe Types | PPR PN10 | 25 mma | 83366 |
| 32 mma | | | |
| Pipe Types | PPR PN10 | 32 mma | 46140 |
| 40 mma | | | |
| Pipe Types | PPR PN10 | 40 mma | 11302 |
| 63 mma | | | |
| Pipe Types | PPR PN10 | 63 mma | 8162 |
| 65 mma | | | |
| Pipe Types | PPR PN10 | 65 mma | 67 |
| PPR PN20 | | | |
| 15 mma | | | |
| Pipe Types | PPR PN20 | 15 mma | 9032 |
| 25 mma | | | |
| Pipe Types | PPR PN20 | 25 mma | 82 |

Ready

Fig. 17. BoM for the three-story building pipeline

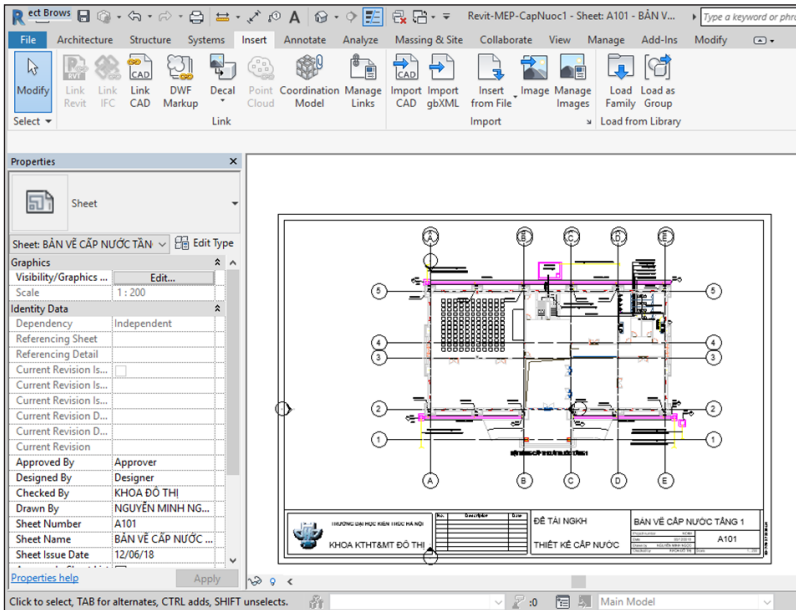


Fig. 18. Drawing a frame and scaling according to the printing requirements

6. Effective application of BIM technologies and hydraulic analysis software in water supply system design

Benefits of BIM:

- Improvement of file consistency and accuracy: The level of consistency between drawing views is very high. Most design conflicts are resolved, making it possible to proceed with the construction process [1, 8, 14].
- Strict and uniform management of the notation system: The symbol system is managed according to unified requirements.
- Design time reduction: Time spent for design is minimized due to the available data and libraries [15] ensuring easy and quick editing, document synchronization improvement, productivity maximization, workflow streamlining, and provision of sufficient information for workflows [1].
- Easy coordination: Three Revit disciplines, including Architecture, Structure, and MEP, work together to create products or project files. It

is possible to speed up the process (from design to implementation) using a single design.

Effective application of specialized software and BIM:

- Accurate description of the water supply system structure: The equipment details described in Revit (BIM) are analyzed and described in Pipe Flow Expert. Energy losses due to equipment characteristics are determined during the hydraulic analysis of a water supply system. The method of calculating losses is the same in Pipe Flow Expert and Revit: they both use the Colebrook–White equation.

- Check of water supply system pipe size and length: The pipe length is determined in detail in Revit, and then these data are entered into Pipe Flow Expert for analysis to ensure the accuracy of the calculations and pipe parameters of a real system.

- Fast analysis and immediate repair of the system structure: During the hydraulic analysis in Pipe Flow Expert, changes required are identified and immediately introduced in Revit.

- Analysis time reduction and accurate water supply system control: The water supply system is synchronized between two programs. This helps to control the system and provide enough data to ensure the feasibility of the water supply system.

- Error minimization during construction: Conflicting errors, the size of pipelines and system accessories are determined more fully, with few changes slowing down the construction progress.

- Clear material statistics and accurate estimation of construction costs.

7. Discussion

Pipe Flow Expert software is highly effective when applied in hydraulic calculations for indoor water supply facilities. It provides a detailed description of the equipment and 3D simulation of the water supply system structure. The software allows users to edit designs quickly and perform calculations for both hot and cold water systems.

A free three-year education license of Revit 2018 is very convenient for applying BIM to learn and conduct researches in universities. In this study, BIM benefits are demonstrated through the design of indoor water supply, with a detailed layout and clear statistics, which have shown that

Revit helps to improve the efficiency of designers, especially when they work with pipelines with different elevations.

Revit is strong in structural design but it is not effective in the hydraulic analysis. Within this study, we used Pipe Flow Expert software to calculate and adjust the design according to different options and then revised the design in Revit 2018 to improve efficiency and ensure compliance with standards when designing water supply systems.

The study shows that the time spent on the design of indoor water supply and drainage decreases by 27.7 % on average, the time spent on the BoM preparation decreases by 87.05 % [16]. In terms of BIM cost, the project investment value is decreased only by approximately 2.02 % [5] since the costs of applying BIM are quite large. However, the cost reduction of more than 2 % of the total investment cost is a great profit for the project owner.

According to the BIM development roadmap in Vietnam, by 2021 [9] the BIM technology will be popular and required to be applied in most projects, therefore, BIM research is really necessary for its development in the water supply sector in particular and construction industry in general. From now on, BIM should be considered an essential component of the project.

In order to apply BIM in the design of water supply systems, it is required to use a combination of specialized disciplines in the architectural and structural design. Applying BIM, it is necessary to ensure that all three disciplines (Architecture, Structure, and MEP) are used together.

BIM should be considered as a compulsory subject in the training program for engineers in construction, architecture, and, in particular, water supply to make the first steps in the 4.0 revolution in the field of construction.

References

1. Crotty R. The Impact of Building Information Modelling: Transforming Construction. London: SPON/Routledge, 2012. P. 72.
2. Heikki Halttula. In Pursuit of Perfect Process with BIM and Lean. Training course 2017, Viasys VDC City Models.
3. Ta Ngoc Binh. Tổng quan về mô hình thông tin công trình (BIM) và định hướng ứng dụng BIM tại Việt Nam [Overview of Building Information Model (BIM) and applying BIM application in Vietnam], Hà Nội, 03/02/2017. URL: <https://www.slideshare.net/congnghebim/tng-quan-v-bim-v-nh-hng-ti-vit-nam>.

4. Azhar S. Building Information Modeling: Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry // Leadership and Management in Engineering. 2011. Vol. 11(3). P. 241–252. DOI: 10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127
5. The Prime Minister. Quyết định số 2500/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ : Phê duyệt Đề án áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình [Decision No. 2500 / QĐ-TTg of the Prime Minister: Approving the Scheme on applying Building information model (BIM) in construction activities and operation management]. Ngày 22/12/2016 (Vietnamese). URL: http://www.chinhphu.vn/portal/page/portal/chinhphu/hethongvanban?class_id=2&_page=1&mode=-detail&document_id=187789.
6. Nguyen Minh Ngoc. Nghiên cứu áp dụng phần mềm Pipe Flow Expert trong tính toán thủy lực mạng lưới cấp nước [Researching Pipe Flow Expert software in hydraulic calculation of water supply network]. Scientific research projects of Hanoi Architectural University, Vietnam, 2016.
7. Arkin G.K. The History of Revit – The Future of Design. URL: <http://revit3d.com>. (retrieved 02.09.2012).
8. National BIM Standard – United States. National Building information Model Standard Project committee, 2013. URL: <http://www.nationalbimstandard.org>.
9. URL: <https://www.constructiontuts.com/bim-software>.
10. Engatech company / Công ty TNHH dịch vụ kỹ thuật cơ điện/. Syllabus of Revit – Mep, 2018. URL: <https://engatech-training.edu.vn/>.
11. Nguyen Minh Ngoc. Những thuận lợi và khó khăn khi áp dụng BIM trong ngành xây dựng Việt Nam [Advantages and disadvantages if applying BIM for construction industry in Vietnam]. Vietnam Journal of Construction. 2018. P. 115–118.
12. Nguyễn Minh Ngọc. Nghiên cứu áp dụng mô hình thông tin công trình trong (BIM) thiết kế hệ thống cấp nước trong nhà [Researching the building information model (BIM) to design indoor water supply systems]. Scientific research projects of Hanoi Architectural University, Vietnam. 2019.
13. Hoang Hue. Cấp thoát nước /water supply and drainage. [Construction publish house]. 2011 (Book, Vietnamese).
14. Eastman C., Fisher D., Lafue G., Lividini J., Stoker D., Yessios C. An Outline of the Building Description System. Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University, 1974.
15. The Prime Minister. Quyết định số 2500/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ : Phê duyệt Đề án áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng và quản lý vận hành công trình. [Decision No. 2500 / QĐ-TTg of the Prime Minister: Approving the Scheme on applying Building information model (BIM) in construction activities and operation management/. Ngày 22/12/2016 (Vietnamese). URL: http://www.chinhphu.vn/portal/page/portal/chinhphu/hethongvanban?class_id=2&_page=1&mode=-detail&document_id=187789.
16. Nguyen Minh Ngoc, Tran Thanh Son. Advantages, difficulties and challenges of applying BIM in the design and construction of water supply and drainage system for high buildings in Vietnam. BIM in Construction & Architecture. Proceedings of 2nd International Conference. 2019. P. 12–18. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.002.

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.005

Pawel Rajczyk, PhD student

(Czestochowa University of Technology, Czestochowa, Poland)

E-mail: rajczyk.pawel@wip.pcz.pl

Karolina Bednarczyk, student

(Czestochowa University of Technology, Czestochowa, Poland)

E-mail: karolina.bednarczyk.97@wp.pl

Marlena Rajczyk, PhD, DSc, Professor

(Czestochowa University of Technology, Czestochowa, Poland)

E-mail: mrajczyk12@wp.pl

NEW TECHNICAL ACHIEVEMENTS IN BUILDING DIAGNOSTICS PENDING IMPLEMENTATION IN BIM TECHNOLOGIES

The article addresses the possibility of using the latest achievements in the design of sensory and measuring devices used for building diagnostics and management. The issues are considered against the background of trends in the development of BIM technologies. It is suggested to apply electronic control of physico-chemical phenomena occurring during the reactions specific for construction with the use of mineral and organic materials that generate mycological hazards. To assess the threats and solve the indicated problems, we can consider the occurrence of odors. The obtained information can be used in the development of training programs for students majoring in civil engineering as well as engineers applying BIM technologies in the design, construction and operation of large buildings characterized by high-quality living and working environments, properly selected construction materials, which make it possible to avoid materials contributing to the development of construction fungi.

Keywords: diagnostics, BIM algorithm expansion, mycological hazards, building monitoring, building quality improvement.

Introduction. Sick building syndrome is characterized by such symptoms as: fatigue; shortness of breath; headache and dizziness; allergies; reduced ability to concentrate; irritation of the eyes, respiratory tract, and mucous membranes in people staying in particular buildings. The list of ailments is not exhaustive and shall be updated by specialists in medical, mycological, and ergonomic fields. The aforementioned ailments are related to the long-term staying of people in living quarters or workspaces.

BIM as a new tool in construction is useful not only in building design or supervision but also throughout the entire equipment system re-

lated to operational supervision regarding assessment and rapid response during the use of a complex building system, in which people live and work [1, 2]. It is important to take action to learn about the tools and principles of work and processes related to the assessment of factors in the human living and working environment. At all stages of construction, it is required to monitor: physico-chemical and biological parameters related to the assessment of air, including microbiological factors in the assessment of the occurrence of the so-called construction fungus; chemical conditions, including in the form of the assessment of harmful dusts and compounds; and physical conditions in the form of noise, mechanical vibrations, microclimate temperatures, lighting, electromagnetic fields, and static electricity. The preparation of rooms, where hazards affecting human life and work are eliminated, is related to the development of the general concept in the area of technical tasks. The study will be useful not only for designers of buildings and rooms for living and working, but for everyone interested in improving the conditions of safe and quality life and work, and, in particular, eliminating sick building syndrome.

1. The central computer at the service of the building's technical manager

In BIM, various programs are available for effective, collision-free design of ventilation, sewage and heating systems in residential and office buildings. BIM projects make it possible to ensure the required conditions of the ventilation environment that meet health and thermal comfort criteria throughout the year, with the possibility of estimating investment and operating costs. Practice indicates the need for procedures to control ventilation and air-conditioning systems, and current knowledge in this area points to numerous hazards. The data collected by inspection services [3–5] are used to assess the safety of working conditions, where such assessment is carried out at various stages: during design at the final stage of the investment process; during final acceptance; and during facility operation. Practices related to the assessment of the comfort of the living and working environment in relation to microbiological hazards can be much more efficient with BIM technologies since BIM specialized software can be used to analyze possible threats and reactions between materials and components of structural nodes. The use of control and measur-

ing devices connected to the central computer with a new tool in the form of a sensory and measuring device, e.g. an “electronic nose”, ensures the continuous monitoring of the living and working environment. It is known from the literature [3, 6, 7] that, in the human living and working environment, there are many types of construction fungi and other bacteriogenic organisms affecting the development of dangerous disease threats, which, according to the statistics, significantly shorten human life. The electronic nose inspired by the biological sense of smell is equipped with a set of chemical detectors responding to various types of particles, which are contained in the environment, and has the possibility of defining them and indicating the place of their occurrence.

Molecules contained in the air are characterized by various features, such as the presence of specific chemical bonds, acidity, alkalinity, ability to be distributed and mutated. Such data allow for the accurate determination of the chemical composition of the environment. The electronic nose – which is a kind of biological analyzer – is based on our biological olfactory apparatus. In general, the measuring device presents a microplate that houses several dozen different sensors responding selectively to the presence of various compounds or groups of chemical compounds, which is a model of receptor cells. The analysis at higher levels of dependent data complexity is performed by computer programs capable to compare the odor detected in the environment with the reference odors in the database. For instance, it is possible to judge the degree of disease risk, e.g. cancer [3, 8, 9].

It is also possible to measure surface distributions with the sensors located on the plate, which are determined using statistical analysis methods in the form of the tabular or graphical representation of individual factors. With a view to future complex technologies, methods of principal component analysis (PCA) or computer networks are used. The odor is recognizable if a set of signals with the distributed activity of sets of various factors corresponds to a set in the database of patterns [8–13].

2. Methods and tools for defining organic and chemical compounds used in construction

New generations of electronic measuring devices are used to measure various volatile organic and chemical compounds. These include

quartz crystal microbalance sensors, metal-oxide semiconductor sensors with conductivity measurements or with the use of flexible surface wave technology. Currently, these tools are used in the food industry and medicine, as well as at sewage treatment plants when assessing special rooms.

The dynamic development of computer technologies and quantum physics makes it possible to increase the level of care for the human living and working environment.

Newer and cheaper technologies for the identification and determination of volatile chemical compounds, including organic mycological hazards, are being developed. The human sense of smell is influenced by many factors, including the state of health. Therefore, human estimates are highly subjective. To ensure the accurate assessment of chemical and organic compounds contained in the air that can be detected and evaluated by the receptor, special sensor arrays are constructed. These devices are able to identify and determine the qualitative and quantitative occurrence of volatile substances. It should be noted that volatile organic substances (Volatile Organic Compound, VOS), which new-generation tools will deal with, pose a great threat to human health and the environment. The e-nose is a device using gas chromatography technology, where a signal is processed by membrane networks, in which odor samples are separated and the odor is analyzed. The latest designs are characterized by simple operation, accuracy and a large number of measurements, as well as low cost of the analysis. The e-nose determines not only the occurrence of harmful compounds but also the freshness of the air in the room [14, 15]. Threats in the form of organic and inorganic compounds can occur in rooms, where people stay, for different reasons, e.g. organic compounds are formed as a result of reactions between products of organic origin and other materials when particular favorable conditions (favorable temperature, humidity, or air movement) are present.

The traditional method of assessing mycological hazards uses olfactometry in a test team of volunteers. Odor measurements are also carried out using chemical techniques and analytical instruments such as gas chromatography. The system makes it possible to develop a basic catalog of information about odors. The e-nose concept has similarities with the way humans smell odors. The odor recognition process represents the comparison of signals with the patterns in the memory. E-noses commonly use

electrochemical sensors, metal-oxide semiconductor sensors, optical sensors, and Love-wave acoustic sensors.

Currently, an important task for construction specialists is to develop an appropriate algorithm for the classification of odors to calibrate the dimensionality of data. Data normalization is the first step before using algorithms to classify odors of a given number of compounds with varying degrees of hazard, based on a signature generated by a set of sensors to identify dangerous substances. E-noses are equipped with electronic mucous membrane systems to increase the accuracy and quality of measurements. The results are analyzed using the signal processing method in the time domain, which makes it possible to select suction units. Indoor air monitoring shall be carried out continuously using an e-nose due to the mycological threat arising during operation [12, 14].

3. BIM and “future physics” according to Michio Kaku

The digitization of human senses has reached a very advanced level. Machines can see, hear, taste, and smell. A few years ago, Israel border guards were equipped with a small tool supporting the work of customs officers, which was based on smell identification in contact with dangerous materials. The design of the device in the form of a mini vacuum cleaner is shown in Fig. 1.

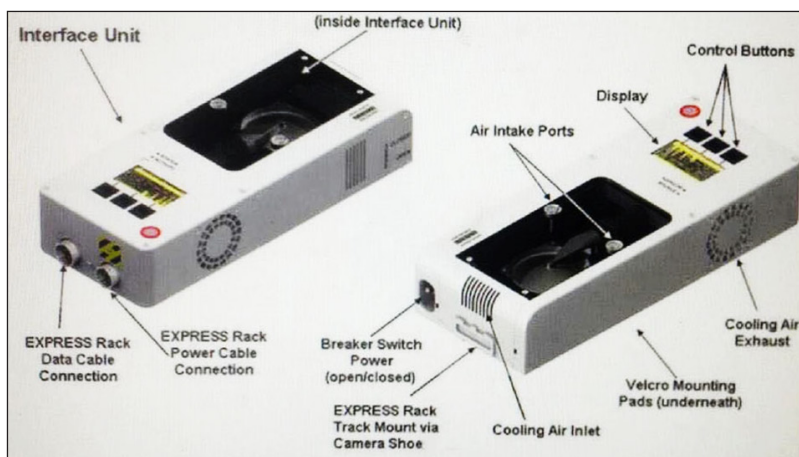


Fig. 1. A device using sensor matrices and an odor pattern recognition system [13]

Fig. 2 presents a sensor (QCM) of the Swiss design that detects changes in the frequency of vibrations of the quartz resonator and compares the results obtained with the patterns stored in the database. The increasing availability of such equipment affects the prospective changes in the technology of shaping the space intended for human life and work.

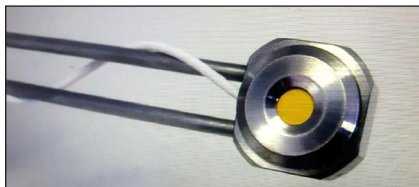


Fig. 2. Design of the sensory and measuring device (electronic nose)
ETH Zurich (Andreas Günther) [13]

The ETH research team in Zurich, working under the leadership of professor S. Pratsimisa, managed to develop an innovative measurement tool operating similarly to the described electronic nose designs [13]. ETH devices are able to work without interruption, and their use is extremely cheap. In addition, these devices are very small. Their design is shown in Fig. 3. They can be built-in as invisible sensors appearing in many places with potential hazards.

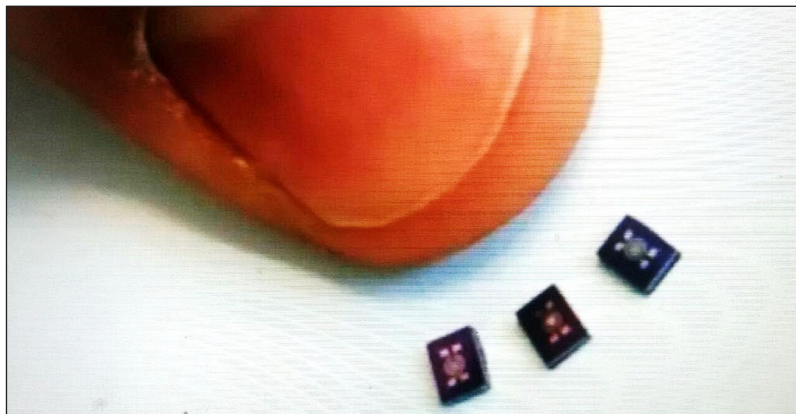


Fig. 3. Small walled electronic nose [12]

In the near future, the sensors developed in Zurich may become a permanent element of equipment installed in many places where people stay. The ETH research leaves open the possibility to find a lot of applications for this new measuring device, e.g. in the assessment of the quality of housekeeping work, or for medical diagnostics at home, e.g. in the detection of dangerous diseases and in the monitoring of rooms to assess the air quality level depending on the cubic capacity. In construction, one of the elements distinguishing the quality of products is, inter alia, the smell that is associated with many industrial products, e.g. it is especially important to identify continuous excessive exposure to formaldehyde when assessing the human living environment. With the help of such tools, we can determine threats arising as a result of the influence of physico-chemical factors or the reaction of biological substances in a building.

Currently, there is an increase in the occurrence of various fragrances on the market, including those used for the enrichment of products (various materials and means to maintain them in the structure), which can affect the health and comfort of people occupying the corresponding buildings. The response of humans to different odors is highly subjective, but computer technologies, including the sensor building technology, has resulted in the emergence of a measuring device called e-nose, which allows for the objective assessment of different phenomena occurring in construction. New technical and technological achievements related to the process of detecting smells and the development of computers used to evaluate measurement results made it possible to design special sensory systems indicating new directions in scientific research and develop training programs for students majoring in civil engineering. The studies on odor perception became more noticed when in 2004, Richard Axel, an investigator at Howard Hughes Medical Institute, University of Columbia (New York), and Linda Buck from Fred Hutchinson Cancer Research Center (Seattle) were awarded the Nobel Prize. The researchers discovered odorant receptor genes, each of which is responsible for producing one specific olfactory receptor. Studies on the perception of complex odors contribute to a better understanding of relationships in the studied environment. This information is known in the development of electronic measuring devices (e-noses).

A series of popular science publications by professor Michio Kaku from New York also makes us reflect on dynamically developing nanotechnologies, which inhabit our surroundings and change the understanding of many areas of the human environment. Let us cite a fragment from the book by Michio Kaku entitled “Physics of the Future”: “And now we are on the brink of mastering yet another type of tool... We will be able to master the atoms themselves out of which everything is created. Within this century, we may possess the most important tool ever imagined... Nobel laureate Richard Smalley has said, “The grandest dream of nanotechnology is to be able to construct with the atom as the building block... Nanotechnology has the potential to enhance human performance, to bring sustainable development for materials, water, energy, and foods, to protect against unknown bacteria and viruses...” [16].

“Ubiquitous computing” is an expression coined by Mark Weiser, a specialist from Silicon Valley [16]. He predicted that “the chips would one day become so cheap and plentiful that they would be scattered throughout the environment — in our clothing, our furniture, the walls, even our bodies”. The idea seemed impossible to be implemented. The driving source behind it is Moore’s law. Moore’s law simply says that computer power doubles every eighteen months [16]. Kaku says: “Eventually, almost everything around us will become intelligent. Chips will be so cheap that they will even cost less than the plastic wrapper... Companies that do not make their products intelligent may find themselves driven out of business by their competitors that do... Today, when we enter a room, we automatically look for the light switch... In the future, the first thing we will do on entering a room is to look for the Internet portal, because we will assume the room is intelligent... In the coming decade, chips will be combined with supersensitive sensors, so that they can detect diseases, accidents, and emergencies and alert us before they get out of control” [16]. BIM technologies at all stages of implementation should undoubtedly take into account these helpful tools resulting from the development of nanotechnology, dynamically developing quantum physics, and a wide spectrum of computer technologies.

Conclusions. The analysis of literature has shown that the e-nose is a perspective and advanced tool making it possible to identify organic odors, which can be used in construction. An important aspect is the

creation of appropriate algorithms that will be able to identify the structure of a given object.

The development of computer technologies with the software used in BIM and a decrease in the production costs of chips as well as sensory and measuring devices, predicted in literature, introduces the need to develop new training programs for students and engineers.

The achievements in the field of measuring nanotechnology development indicate the need to use them to eliminate factors that determine the so-called “sick building” syndrome.

References

1. Bjork B. Information Technology in Construction: domain definition and research issues // *International Journal of Computer Integrated Design and Construction*. 1999. Vol. 1, No. 1. P. 3–16.
2. Vedernikova A.A., Guryeva Yu.A., Shiwua A.J. Preparedness of students of civil engineering with the active use of information technologies in educational process // *BIM in Construction & Architecture. Proceedings of 2nd International Conference*. SPb: SPbGASU, 2019. P. 24–34. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.004.
3. Rajczyk P. *Mykologia w budownictwie i rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe w zakresie jej przeciwdziałania*. Praca magisterska nieopublikowana, Politechnika Częstochowska, 2017.
4. Lewicki B. Ocena bezpieczeństwa istniejących konstrukcji murowych. *Materiały Budowlane*. 1999. No. 4. P. 84–96.
5. Kozarski P. *Konserwacja domu*, Polskie Stowarzyszenie Mykologów Budownictwa. Wrocław, 1997.
6. Rajczyk M. *Zagrożenia mykologiczne w budownictwie*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2009.
7. Zyska B. *Zagrożenia biologiczne w budynku*, Arkady, Warszawa, 1999.
8. Wei Z., Wang J., Zhang W. Detecting internal quality of peanuts during storage using electronic nose responses combined with physicochemical methods. *Food Chemistry*. 2015. No. 177. P. 89–96.
9. Canhoto O., Magan N. Electronic nose technology for the detection of microbial and chemical contamination of potable water // *Sensors and Actuators B*. 2005. No. 106. P. 3–6.
10. Gebicki J. Application of electrochemical sensors and sensor matrixes for measurement of odorous chemical compounds // *Trends in Analytical Chemistry*. 2016. No. 77. P. 1–13.
11. Lamagna A., Reich S., Rodríguez D., Boselli A., Cicerone D. The use of an electronic nose to characterize emissions from a highly polluted river // *Sensors and Actuators B*. 2008. No. 131. P. 121–124.
12. URL: <https://zdrowie.radiozet.pl/Medycyna/Pierwsza-pomoc/Elektroniczny-nos-Stworzono-urządzenie-wykrywajace-ludzi-po-zapachu>.

13. URL: <https://ethz.ch/en.html>.

14. Krzyżewska I., Kozarska A. E-nos (elektroniczny nos) // Techniki i Metody. 2016. No. 3. P. 20–28.

15. Zhuang L., Guo T., Cao D., Ling L., Su K., Hu N., Wang P. Detection and classification of natural odors with an in vivo bioelectronic nose // Biosensors and Bioelectronics. 2015. No. 67. P. 694–699.

16. Kaku M. Физика przyszłości. Nauka do 2100 roku, Prószyński Media, Warszawa, 2011.

УДК 004:004.9:004.94:006:69

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.006

Гурьева Юлиана Александровна, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

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

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

BIM-ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ: ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ

BIM TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY: FOREIGN AND DOMESTIC EXPERIENCE

В статье приведён краткий обзор использования BIM-технологий в строительном комплексе различных стран – кратко проанализированы основные стандарты для работы с информационными моделями объектов строительного комплекса, разработанные передовыми странами в области BIM. Приведены названия первых пилотных проектов, выполненных в соответствии с действующими национальными стандартами BIM региона. Кратко описано состояние BIM-технологий в России в строительной области: нормативные документы, устанавливающие требования для организации информационного моделирования строительных объектов; рассмотрены первые проекты, реализованные по этим требованиям.

Ключевые слова: BIM-технологии проектирования, информационное моделирование зданий, информационные технологии, модернизация, инновации, стандарты BIM.

The article provides a brief overview of the use of BIM technologies in the construction industry of various countries. It briefly analyzes the main standards for working with building information models, developed by countries advanced in BIM, and presents the names of the first pilot projects implemented in accordance with the current national BIM standards of the region. It also describes the state of BIM technologies in the Russian construction industry, listing some regulatory documents that establish requirements for BIM organization. The first projects implemented in accordance with these requirements are considered in the article as well.

Keywords: BIM design technologies, building information modeling, information technologies, modernization, innovation, BIM standards.

Технологии информационного моделирования все больше и больше захватывают различные области человеческой жизни. Не остаётся в стороне и строительная индустрия, которая с каждым годом наращивает темпы развития, в том числе и благодаря внедрению и все более широкому использованию BIM-технологий.

Одними из передовых стран BIM-индустрии на сегодняшний день принято считать Великобританию, США, Сингапур, Китай, страны Скандинавии. Не отстают от них и страны-лидеры Евросоюза, некоторые страны Азии.

Великобритания. Великобритания одной из первых инициировала регулирование BIM на государственном уровне, где в отличие от многих других стран требуется строгое выполнение требований и стандартов, разработанных для информационного проектирования всех зданий и сооружений независимо от их назначения [1–3]. Стандарты по BIM, разработанные в Великобритании, как и стандарты США, являются наиболее проработанными по сравнению со стандартами других стран. При этом они постоянно развиваются и наполняются новой информацией в соответствии с возможностями обновляемых программных комплексов и требованиями времени [1, 2]. Причём, требования относятся не только непосредственно к самой модели и документации, но и к правилам классификации и наименований элементов. В стандартах строго определены роли членов команды, работающих над проектом; указаны правила работы с данными (обмен, формат, среда, стадии и др.). Эти требования разработаны для всех стадий жизненного цикла: создания, возведения, эксплуатации и утилизации объекта [2, 3]. Подробно расписаны правила сдачи сооружения и передачи всей необходимой инфор-

мации по объекту в службы дальнейшей его эксплуатации [2]. Также приведены требования и методы контроля технической безопасности.

В рамках разработанных Норм были введены стандарты для Autodesk Revit, Bentley AECOsim Building, Graphisoft ARCHICAD, Nemetschek Vectorworks.

Успешное возведение первых крупных объектов в 2012 году (здание Park House, London; объекты проекта Crossrail, London; объекты в Олимпийском парке и др.) с использованием информационного моделирования [4] позволило Великобритании исправить некоторые несовершенства модели и стандартов, наработать необходимую нормативную базу для дальнейшего развития в этом направлении [2, 3].

США. США одними из первых стали активно внедрять информационные технологии в процессы проектирования, возведения, эксплуатации сооружений и в процедуру стандартизации ВМ. Сначала был разработан основной Национальный ВМ-стандарт США. Первая версия стандарта NBIMS-US Version 1 была выпущена в декабре 2007 года, вокруг которого позднее стали появляться новые нормативные документы, охватывающие все стадии жизненного цикла объекта. Также приведены требования, касающиеся обмена данных. В состав Национального ВМ-стандарта США входят и методические руководства для успешной реализации всех направлений ВМ [1].

Нормативные документы США содержат приложения, выполненные ведущими разработчиками программного обеспечения для строительной индустрии США – Autodesk Revit и Bentley AECOsim Building [1].

Части стандартов, разработанные в США, приняты в других странах (например, в Канаде, Великобритании, Сингапуре, Австралии и др.) и имеют государственный статус или находятся в состоянии адаптации к условиям конкретного государства [1].

В соответствии с требованиями существующих стандартов США разрабатываются проекты церкви St. Nicholas Greek Orthodox Church construction site at Ground Zero, New York City и медицинского центра Alta Bates Summit Medical Center Patient Care Pavilion for Sutter Health in Oakland; возведён деловой центр Maiden Lane Project, New York City в 2018 году.

Дальнейшие разработки в США направлены не только на развитие и совершенствование существующих стандартов, но и на создание новых, касающихся точной геолокации подземных коммуникаций, сетей и сооружений.

Сингапур. Одной из первых стран, раньше всех осознавшей потенциал информационного моделирования зданий и сооружений, является и Сингапур. Именно в Сингапуре активное внедрение информационных технологий стало проводиться во всех сферах строительной области [5] или связанных с ней отраслях, в том числе проводилось масштабное внедрение технологий BIM в учебный процесс образовательных учреждений. Крупнейшие объекты (например, курортный комплекс Marina Bay Sands в 2010 году, ArtScience Museum в 2011 году и др.) создавались и сдавались в экспертные органы только при наличии единой BIM модели, содержащей всю необходимую информацию об объекте в соответствии с требованиями к информационному моделированию [1].

Система стандартов, главным документом которого является Singapore BIM Guide [5], была разработана на основе нормативных документов США [1].

В соответствии с действующими стандартами Сингапура информационные модели разрешается создавать, используя файлы ArchiCAD, Revit, Revit MEP, Bentley AECOsим Building Designer, Bentley AECOsим MEP и Tekla Structures, для каждого из которых приводится файл шаблона (например, с расширениями RTE, RFA, LCF, TPL) [5].

Китай. В Китае одной из основных целей развития информационного моделирования в строительном комплексе, которое имеет серьёзную государственную поддержку, является строительство энергоэффективных зданий, активное развитие внутренних регионов страны, охрана окружающей среды. Именно с этими целями и связаны многие нормативные документы для вновь возводимых зданий и сооружений [1]. В соответствии с новыми стандартами построены следующие объекты: международный финансовый центр Пинань в Шэньжэне в 2017 году, Phoenix Media Centre в Пекине в 2014 году и др. Для информационного моделирования процессов, связанных с их проектированием, строительством и эксплуатацией, и провер-

кой созданных моделей, использовались и используются, в том числе программные продукты Autodesk, Solibri или их аналоги, например, от разработчика Glodon ВМ [6].

Страны Скандинавии. Страны Скандинавии (Дания, Швеция, Норвегия, Финляндия) не отстают от передовых стран в области информационного моделирования. В этих странах также разрабатываются свои требования к информационным моделям, несколько схожие со стандартами Великобритании.

В состав разработанных стандартов входят разделы, регулирующие организацию процесса ВМ-проектирования, и приложения, относящиеся к контролю совместимости моделей и передаваемых данных [1]. Отдельно освещены вопросы, связанные с анализом коллизий модели, энергоэффективностью, охраной окружающей среды. Особое внимание уделяется форматам файлов (IFC 2x3, XML, Revit) и правилам работы с данными.

Следует отметить, что некоторые разработки (например, некоторые стандарты Финляндии из Common BIM Requirements) приняты в Дании и Эстонии [1].

Однако стандарты стран Скандинавии проработаны не так глубоко и подробно, как основные стандарты Великобритании и США, и не все требуют жёсткого выполнения. Формирование определённых правил для создания модели является естественным процессом при совместной работе над проектом для компаний АЕС (architecture, engineering and construction), т.к. страны Скандинавии являются разработчиками некоторых программ для информационного проектирования (например, Tekla в Финляндии).

Страны Скандинавии активно развиваются в своём режиме и по своему пути, внедряя ВМ во все стадии жизненного цикла объекта. Одним из таких примеров является проект моста Isoisa Bridge в Финляндии [7].

Россия. Россия за последние годы прошла достаточно большой путь по внедрению ВМ-технологий в строительный комплекс, в том числе и благодаря активной поддержке правительства.

Разработаны первые стандарты, в которых указаны требования, предъявляемые к информационной модели сооружения, к форматам передачи данных, к распределению функций между участниками

и т. д. [8]. Также в соответствии с приказом № 926/пр от 29.12.2014 г. утверждён «план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» [9], в котором разработчики постарались охватить все области, относящиеся к строительному комплексу и связанные с ним отрасли (в том числе строительные компании, органы государственной экспертизы, профильные учебные заведения), также поддерживается доступность информационных ресурсов и активная разработка отечественного программного обеспечения.

Несомненно, стандарты, разработанные в России, нуждаются в дальнейшей доработке, совершенствовании и развитии [10]. Но на основании существующих Норм информационного моделирования проектируются или уже построены и эксплуатируются следующие объекты: храм Сретенского монастыря в г. Москва в 2017 году, Дворец гимнастики в Лужниках Ирины Виннер-Усмановой в 2019 году, Политехнический музей в г. Москва (открытие планируется в 2020 году) и др.

Особенностями информационного моделирования в России является, в том числе и неравномерность процесса внедрения уже разработанных Нормативных документов. Приказом № 30-ст от 05 февраля 2020 года [11] были отменены ГОСТ Р 58439.1-2019 «Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 1. Понятия и принципы» (был введён 01 сентября 2019 года) [12] и ГОСТ Р 58439.2-2019 «Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 2. Стадия капитального строительства» (был введён 01 сентября 2019 года) [13]. Эти ГОСТы входили в основной состав уже разработанных BIM-стандартов РФ по созданию и использованию информационных моделей в России. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии было принято решение о доработке отменённых BIM-стандартов.

Пока не совсем ясно, каким требованиям информационные модели в России должны соответствовать в обязательном порядке, а какие требования носят рекомендательный характер. Поэтому BIM-модели,

выполненные разными организациями, значительно отличаются друг от друга по составу, характеристикам и способу передачи данных между исполнителями. Однако если общая модель здания, включающая все необходимые разделы и стадии, разрабатывается разными организациями, то вследствие необходимости все аспекты совместной работы над моделью оговариваются заранее или корректируются в процессе. Каждая группа компаний организывает совместную работу по-своему, поскольку общего стандарта, регулирующего весь комплекс ВМ-моделирования, пока нет.

Постепенно нарабатывается опыт, характерный именно для России и учитывающий особенности и существующие Нормы проектирования РФ. Намечается некоторая общая тенденция работы с ВМ-моделями в России, которую и должны регулировать ВМ-стандарты РФ.

Заключение. ВМ-моделирование невозможно представить без Нормативных документов, имеющих государственный статус. Многие страны при разработке своих стандартов решили воспользоваться опытом США и Великобритании, причём стандартами США в том числе и как одного из лидеров в разработке программного обеспечения для информационного моделирования сооружений. Россия находится только в самом начале этих разработок. Какой путь она выберет пока ещё не очень ясно, но уже сформированы первые требования к информационным моделям. Хотелось бы, чтобы стандарты РФ учитывали особенности регионов и всей РФ в целом, основывались на приобретённом опыте и традициях, которые были сформированы и проверены в течение многих десятилетий. При этом также необходимо принимать во внимание и опыт стран лидеров ВМ, их ошибки и достижения. Новые стандарты необходимо будет постепенно и аккуратно внедрять в действующий процесс создания объектов на всех стадиях, не нарушая его. Причём процесс внедрения новых стандартов необходимо производить на самых ранних этапах проектирования нового объекта. С новыми стандартами должны работать специалисты, имеющие подготовку и в области информационного проектирования, потребность в которых растёт с каждым днём. Поэтому процесс внедрения новых стандартов ВМ-моделирования должен захватить и сферу образо-

вания. На сегодняшний день многие вузы РФ постепенно вводят в свои образовательные программы дисциплины, связанные с информационным моделированием. Стараются не оставаться в стороне и Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ) [14]. Хочется надеяться, что в дальнейшем постоянный мониторинг учебного процесса [15], отслеживание изменений, происходящих в строительной сфере, взаимодействие с международными коллегами и строительными организациями, активное сотрудничество с разработчиками программного обеспечения, регулярное внедрение новых информационных ресурсов позволит активно использовать BIM-технологии в учебном процессе, чтобы сформировать навыки и умения современного молодого инженера в области информационных технологий.

Литература

1. Скворцов А.В. Обзор международной нормативной базы в сфере BIM // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 2(7). С. 4–48. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.1.
2. NBS National BIM Library. URL: <https://www.nationalbimlibrary.com/> (дата обращения: 11.02.20).
3. National BIM Report 2019. URL: <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2019> (дата обращения: 11.02.20).
4. Талапов В.В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М., 2015. 409 с.
5. Singapore BIM Guide. Version 2. Building and Construction Authority. Singapore, 2013. 61 p.
6. Доможирова Е.А., Степанова Ю.С., Винидиктова М.Е. Преимущества BIM технологий на примере китайского опыта // Инженерный вестник Дона. 2019. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-bim-tehnologiy-na-primere-kitayskogo-opyta/viewer> (дата обращения: 12.02.2020).
7. Лукьянов А.И., Пириева С.Ю., Черняев В.В., Крючков А.А. Зарубежный опыт развития и использования информационного моделирования зданий. Образование, наука, производство. VIII Международный молодежный форум. Белгород, 2016. С. 1416–1420.
8. СП 301.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. Дата введения: 2018-03-02. М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2018. 23 с.
9. Приказ № 926/пр «Об утверждении план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства». Дата введения: 2014-12-29. М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2014.

10. Перцева А.Е., Волкова А.А., Хижняк Н.С., Астафьева Н.С. Особенности внедрения ВІМ технологии в отечественные организации // Интернет-журнал «Науковедение». 2017. Т. 9, № 6. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/58EVN617.pdf> (дата обращения: 15.02.2020).

11. Приказ № 30-ст «Об отмене национальных стандартов Российской Федерации». Дата введения: 2020-02-06. М.: Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2020.

12. ГОСТ Р 58439.1-2019 «Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 1. Понятия и принципы.» Дата введения: 2019-09-01. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2019.

13. ГОСТ Р 58439.2-2019 «Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 2. Стадия капитального строительства.» Дата введения: 2019-09-01. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2019.

14. Лустина О.В., Бикбаева Н.А., Купчиков А.М. Использование ВІМ-технологий в современном строительстве // Молодой ученый. 2016. № 15. С. 187–190. URL: <https://moluch.ru/archive/119/32892/> (дата обращения: 11.02.2020).

15. Vedernikova A.A., Guryeva Yu. A., Shiwua A.J. Preparedness of students of civil engineering with the active use of information technologies in educational process // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 24–34. DOI: 10.23968/ВІМАС.2019.004.

УДК 351.82:69:004.94

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.007

Николаев Всеволод Петрович, д-р экон. наук, профессор
(Общественная организация «Ассоциация цифрового строительства»,
Киев, Украина)

E-mail: vsevolod.nikolaiev@gmail.com, *ORCID:* 0000-0003-0014-1340

Присяжнюк Дмитрий Владимирович

(Общественная организация «Ассоциация цифрового строительства»,
Киев, Украина)

E-mail: 4108814@gmail.com

Nikolaiev Vsevolod Petrovich, Dr. of Sci. Ec., Professor
(Non-governmental organization “Digital Construction Association”,
Kiev, Ukraine)

Prysjajniuk Dmitriy Vladimirovich
(Non-governmental organization “Digital Construction Association”,
Kiev, Ukraine)

ОТРАЖЕНИЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ОСНОВ BIM В СТРАТЕГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТАХ

REFLECTING THE INSTITUTIONAL BASIS OF BIM IN STRATEGIC DOCUMENTS

В развитых странах BIM получило возможность быстрого развития на почве многолетнего опыта управления затратами жизненного цикла объектов и наличия для этого соответствующей нормативной и информационной баз. В условиях пост-социалистических стран институциональная основа BIM требует предварительного формирования: введение проектирования и управления жизненным циклом объектов; реформирования ценообразования и сметного нормирования в строительстве; введение объектного учета и отчетности участников строительства и эксплуатации; мониторинг цен в системе государственных закупок. Только с учетом указанных изменений появится возможность максимально эффективно использования мощных программно-технических средств BIM.

Ключевые слова: BIM, концепция, институциональные предпосылки, строительство, ценообразование, стоимость, жизненный цикл.

In developed countries, BIM was able to quickly develop based on many years of experience in managing facility life-cycle costs as well as the availability of relevant regulatory and information systems. In post-socialist countries, it is first required to develop the institutional basis of BIM: implement facility design and life-cycle management; introduce changes in pricing and cost estimation in the construction industry; introduce asset-by-asset accounting and reporting requirements for construction and operation participants; monitor prices in the public procurement system. Only with these changes, will it be possible to make the most of powerful BIM software and hardware.

Keywords: BIM, concept, institutional prerequisites, construction, pricing, cost, life cycle.

На общеэкономическом фоне применение BIM в Украине рассматривается правительством как закономерный тренд развития цифровых технологий со специфическими отраслевыми задачами [1]. Вместе с тем, BIM привносит конкретно в строительство и недвижимость серьезные управленческие новации, в первую очередь, относительно сквозного моделирования проектирования, сооружения

и эксплуатации государственных и коммунальных объектов, а также жилого фонда. Поэтому профильным Министерством развития общин и территорий Украины ВІМ рассматривается не только как инструмент диджитализации, но и как средство осуществления секторальных реформ. Соответственно, акценты концептуальных документов по ВІМ могут быть расставлены по-разному.

Наша точка зрения основана на том, что быстрое развитие ВІМ за рубежом стало возможным благодаря многолетнему использованию подхода и инструментария анализа затрат жизненного цикла (Life Cycle Costing), который на сегодняшний день оформился в новую методологию полной оценки существования объекта (Whole Life Appraisal), согласно которой под контроль подпадают все расходы и доходы в течение жизненного цикла: от концепции до завершения эксплуатации и сноса объекта [2].

Поэтому внедрение прочих организационных, информационных и инструментальных составляющих ВІМ должно начинаться именно с перевода строительной деятельности на принципы управления жизненным циклом объектов по критерию стоимости, изменения системы ценообразования и сметного нормирования для достоверного определения и управления стоимостью; наполнения информационной базы участников строительства и эксплуатации актуальной стоимостной и другой информацией. Государственные заказчики как неизменные во времени пользователи объектами недвижимости должны задать тон на рынке внедрения ВІМ на всех этапах жизненного цикла. Раскрытию этих положений были посвящены научные публикации [3, 4].

На такой методологической основе коллективом авторов Академии государственного управления при Президенте Украины была разработана в 2019 г. Концепция применения строительного информационного моделирования в управлении стоимостью жизненного цикла государственных объектов [5]. Этот документ объединил и расширил соответствующие положения Концепции публичного управления в сфере градостроительной деятельности [6]. В документе, в отличие от предложений пользователей программными комплексами, значительное внимание было уделено именно институциональным предпосылкам развития ВІМ.

Так, для этапа проектирования в отраслевой нормативной базе предполагалось выдвигать государственные требования проектировать сложные объекты только на основе 3D-модели и определять стоимость жизненного цикла проекта по конструктивным элементам (а не работам) с применением вариантных решений; определять эффективность инвестиций, исходя не из искаженной ресурсными нормативами сметы на строительство, а по расходам (стоимости) всего жизненного цикла проекта, на основе чего и осуществлять государственные закупки.

Эти концептуальные положения своим чередом сопровождалась законодательными изменениями. Так, Верховная Рада Украины в 2019 г. внесла изменения в законодательство о публичных закупках, где предусмотрена возможность следования критерию стоимости жизненного цикла [7]. К сожалению, законодатель сохранил понятие закупок строительных работ, чем обусловил разрыв между элементами стоимости строительства и эксплуатации, что будет требоваться преодолеть. Тем более, что в настоящее время рассматривается проект Закона, предусматривающего использование Регламента 305 ЕС оперирующего понятием строительной продукции, а не изделия [8]. Предполагается заинтересовать производителей и поставщиков строительных материалов, конструкций, машин, механизмов, технического и технологического оборудования в создании единого информационного пространства строительной отрасли, создания соответствующих баз данных продукции как конструктивных элементов, которые будут использоваться как в процессе проектирования, так и в процессе их дальнейшей эксплуатации.

Кроме того, в договорных отношениях между участниками инвестиционных процессов в строительстве с текущего года предусмотрено использовать проформ FIDIC, реализация которых может сопровождаться применением BIM.

Возможность применения IPD-контрактов остается в перспективе.

На этой общей основе возможно будет совершенствовать проектирование и экспертизу, тендерные процедуры и контракты, управление строительством и эксплуатацией зданий и сооружений.

В качестве первоочередного шага, в отличие от нынешней практики, необходимо будет обновить задачи проектирования, путем пе-

рехода к 3D-проектированию жизненного цикла для сложных объектов, что вызовет необходимость развития информационной базы.

Нужно нормативно предусмотреть возможность использования ВМ при экспертизе проектов с применением соответствующих программных комплексов, при этом эксперты, на наш взгляд, должны выступать членами команды.

На этапе проведения тендеров подрядчики должны будут ориентироваться на свои внутренние нормативы, исходя из условий строительства, структуры организации, стоимости отдельных конструктивов и собственного опыта. В то же время, в своем тендерном предложении, кроме предложенной стоимости строительства, подрядчик обязан будет предоставить сетевой (календарный) график, который будет помогать определить сроки поэтапного финансирования и влиять на цену. Для сравнения различных предложений подрядчиков мы рекомендуем использовать единый формат классификации и кодирования конструктивных элементов зданий и сооружений, гармонизированный с международным стандартом Unifomat II.

Дальнейшая работа с этой информационной моделью объекта предусматривает планирование и управление всем процессом строительства на основе сетевых (календарных) моделей, с учетом всех возможных рисков, изменений в проектной документации и отклонений в ходе строительства. Весь документооборот и отчетность в ходе строительства будет осуществляться в электронном виде.

Большие перспективы внедрения ВМ связаны с информационным моделированием объектов недвижимости в процессе эксплуатации. После сдачи объекта вся необходимая для его эксплуатации техническая, технологическая, экономическая и отчетная документация будет передаваться инвестору (например, в лице жилищно-эксплуатационной организации) в электронном виде. Здесь через электронные паспорта объектов необходимо будет начать сбор и накопление информации об эксплуатационных расходах по конструктивным элементам по типу COBie.

С использованием нормативов эксплуатации зданий и сооружений соответствующих типов, информации производителей, будут осуществляться текущие и капитальные ремонты как самих зданий (сооружений), так и инженерных сетей. Тем самым будет осуществ-

вляться как постоянный мониторинг за текущим техническим состоянием построенного и сданного в эксплуатацию объекта, так и нарабатываться соответствующие банки данных объектов-аналогов для их использования при дальнейшем проектировании и строительстве аналогичных объектов.

Внедрение BIM в жилищно-коммунальном хозяйстве при нынешнем законодательстве потребует разработки информационных моделей для каждого жилого дома конкретно. Но поскольку в прошлые годы широкое распространение получило типовое жилищное строительство, для работы с существующим жилым фондом понадобится ограниченное количество базовых информационных моделей. Этим обусловлено предложение в Концепции [4] пилотного проекта в сфере капитального ремонта, модернизации и реконструкции жилья, детально описанного в [9].

Пилотный проект «Эффективное управление городскими программами модернизации типовых многоквартирных домов с использованием BIM»

В Украине до 40 % населения проживает в городских многоэтажных типовых домах советской застройки площадью до 400 млн кв. м. Дома требуют дорогостоящей модернизации и реконструкции: 40–50 USD на 1 кв. м общей площади квартир дома, или более 1000 USD на человека. При этом подготовка проектной документации и финансирование ремонтов с 2015 г. стали обязанностью жителей-собственников.

Предлагается в пилотных городах подготовить унифицированные и эффективные проектные решения по реновации типовых домов с использованием возможностей BIM. Планы модернизации на основе геоинформационных систем, проектные решения и электронные модели домов будут содержать комментарии по их адаптации к конкретным условиям, а также инструкции по использованию в управлении последующей эксплуатацией. При распространении результатов пилотного проекта в других городах и на других типовых зданиях могут использоваться меньшие средства местных бюджетов или жителей домов по сравнению с затратами на проектирование и ремонт для каждого дома отдельно.

Проект позволит также впервые сформировать открытую региональную информационную базу данных ремонтно-строительной продукции, работ, услуг и рыночных цен. Такая база может быть расширена в будущем на всю строительную продукцию и все регионы, создавая тем самым возможность распространения инновационных технологий ВІМ.

Проект может финансироваться и осуществляться поэтапно в нескольких городах с последующей интеграцией в каждом из городов-участников: ГИС микрорайонов типовой застройки и характеристики зданий; 3D-модель типового дома; 3D-модель проекта эффективной модернизации с календарными графиками и сметами; электронный паспорт дома; информационная база строительных материалов и поставщиков; информационная база строительных предприятий; другое.

В целом, после завершения проект может быть распространен на коммерческой основе на другие города и другие постсоветские страны.

Выводы. В данной статье мы описали концептуальные подходы к эффективному развитию ВІМ в управлении жизненным циклом объектов недвижимости, отличающиеся от попыток рассматривать ВІМ как модное средство проектирования недостаточно эффективных объектов, без изменения его традиционных методов.

Литература

1. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 січня 2018 р. № 67-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-p> (дата обращения: 16.02.2020).
2. Flanagan R., Jewell C., Norman G. Whole life appraisal for construction. John Wiley and Sons, 2005. 182 p.
3. Николаев В.П., Николаева Т.В. Інформаційне моделювання будівель: імперативи оптимізації будівельно-експлуатаційного процесу // Будівельне виробництво. Міжвідомчий науково-технічний збірник. К.: НДІБВ, 2015. № 59. С. 16–24.
4. Куйбіда В.С., Николаев В.П., Николаева Т.В., Січний С.Б. [та ін.]. Будівельне інформаційне моделювання в управлінні вартістю життєвого циклу об'єктів: монографія. За ред. д.е.н. В.П. Николаєва. Івано-Франківськ: Ярина, 2018. 128 с.
5. Кучеренко О.Ю., Николаев В.П., Николаева Т.В., Судак В.С. Концепція застосування будівельного інформаційного моделювання в управлінні вартістю життєвого циклу державних об'єктів. Передмова д.держ.упр., проф. В.С. Куйбіди. К.: НАДУ. 2019. 40 с.
6. Концепція публічного управління у сфері містобудівної діяльності. Зб. аналіт. матер. Київ, 2019. (Николаев В., Липський В. Розвиток технологічно-

го забезпечення сфери – smart city, BIM-технології, геоінформаційні системи. С. 177–183; Ніколаєв В. Ціноутворення у будівництві. С. 198–201; Ніколаєв В. Управління вартістю життєвого циклу. С. 285–291.)

7. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про публічні закупівлі» та деяких інших законодавчих актів України щодо вдосконалення публічних закупівель». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/114-IX> (дата обращения: 16.02.2020).

8. Проект Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=67817 (дата обращения: 16.02.2020).

9. Siniak N., Żróbek S., Nikolaiev V., Shavrov S. Building Information Modeling for Housing Renovation – Example for Ukraine. Real Estate Management and Valuation. 2019. Vol. 27 (2). P. 97–107. DOI: 10.2478/remav-2019-0018.

УДК 721.011

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.008

Хапін Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент, декан
(Восточно-Казахстанский государственный технический университет
им. Д. Серикбаева)

E-mail: sach2447@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-3693-9277

Махиев Бекболат Еспулович, канд. техн. наук, доцент
(Восточно-Казахстанский государственный технический университет
им. Д. Серикбаева)

E-mail: bolat6505@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-7345-3930

Khapin Alexandr Vladimirovich, PhD of Tech. Sci., Associate Professor, dean
(Serikbayev East Kazakhstan State Technical University)

Makhiyev Bekbolat Espulovich, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Serikbayev East Kazakhstan State Technical University)

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ BIM В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

CHALLENGES OF IMPLEMENTING BIM TECHNOLOGIES IN ARCHITECTURAL AND CIVIL ENGINEERING EDUCATION

В статье анализируется опыт формирования образовательных программ «BIM-технологии в проектировании» для бакалавров и магистров. Приводятся наименова-

ния специальных дисциплин, формирующих компетентностные модели бакалавров и магистров. Изложены принятые пути решения проблем, связанных с внедрением BIM-технологий проектирования в учебный процесс: выбор персональных ЭВМ и программного обеспечения, подготовка педагогических кадров, изменение методики преподавания путём организации командного обучения. Предложена идея организации проектного офиса для решения проблемы практикоориентированного обучения студентов в реальном BIM-проектировании.

Ключевые слова: BIM-технологии, образовательные программы, компетентностные модели выпускников, кадры преподавателей, командное обучение, практикоориентированность.

The article analyzes the experience in the development of “BIM technologies in design” bachelor and master educational programs. It lists the names of special disciplines that form bachelor and master competency models. The authors describe the accepted ways of addressing challenges related to the introduction of BIM design technologies in the educational process: choosing computers and software, training the teaching staff, changing teaching methods by means of team training. They also propose an idea of organizing a project office to address the challenges of practice-oriented training of students in real BIM design.

Keywords: BIM technologies, educational programs, graduate competency models, teaching staff, team training, practical orientation.

Принятые в России и в Казахстане планы поэтапного внедрения технологий BIM в области промышленного и гражданского строительства поставили перед высшими учебными заведениями задачу подготовки специалистов, обладающих новыми компетенциями. Переход к модельному проектированию, практически исключая «бумажное» проектирование, требует умения в совершенстве работать с новыми программными продуктами.

Студенты относятся к специфической категории контингента обучаемых BIM-технологиям. Они быстро осваивают материал, получают навыки работы с компьютером [1]. При этом не теряет актуальности и задача приобретения фундаментальных знаний по специальным дисциплинам, поскольку персональные ЭВМ – лишь инструмент, позволяющий эффективно использовать фактор времени, и к тому же избежать ошибок в проектах.

Решение поставленной задачи возможно в двух вариантах. Первый – включение дисциплин BIM-технологий в существующие образовательные программы. Второй – создание отдельных специ-

ализированных образовательных программ. При обсуждении этого вопроса было решено выбрать второй вариант.

Сложившаяся практика создания новых образовательных программ в Казахстане облегчила их формирование в смысле тематики. Учитывая острую необходимость подготовки специалистов, в нашем университете были открыты две новые образовательные программы под названием «BIM-технологии в проектировании» для подготовки бакалавров и магистров [2]. Содержание образовательных программ принималось внутри направления «Строительство», и сводилось к включению новых специальных дисциплин, формирующих BIM-компетенции выпускников.

При формировании образовательных программ изучался и использовался опыт ведущих вузов России – Санкт-Петербургского политехнического университета им. Петра Великого и Санкт-Петербургского архитектурно-строительного университета [3].

Необходимо отметить, что в настоящее время в BIM-проектировании используется широкий спектр программных продуктов. Основное место занимают программы, разработанные компанией Autodesk. Но интенсивно работают и другие вендоры, например, российская компания «Renga Software». Учитывая также, что программное обеспечение постоянно совершенствуется и меняется, нужен новый подход к обучению. Его целью должно стать освоение методики – как овладеть новыми программами и технологиями, как решать возникающие в процессе проектирования проблемы [1]. Вся дальнейшая деятельность выпускников будет связана с непрерывным освоением новых программных продуктов.

Для бакалавров в начальный этап обучения включалась дисциплина, являющаяся общей для всех направлений строительства – инженерная и компьютерная графика с использованием программы AutoCAD. В дальнейшем, начиная с третьего семестра, последовательно изучались «Основы BIM-технологий в проектировании», «Информационное моделирование зданий с использованием Autodesk Revit Architecture или Renga», «Конечно-элементный анализ зданий с использованием Autodesk Robot Structure или SCAD Office», «Информационное моделирование строительных конструкций с использованием Tekla Trimble». Таким образом, изучался набор

дисциплин, реализующих процесс обучения от знакомства с машинной графикой к архитектуре, строительной механике и строительным конструкциям.

Недостатком такой модели обучения является не полный комплекс проектирования зданий, так как он не включает инженерного оборудования (Autodesk Revit MEP) и экономического раздела (ABC 4). Однако, овладев перечисленными выше программами, выпускник сможет освоить и необходимые для его профессиональной деятельности другие продукты.

Следовательно, компетентностная модель выпускника-бакалавра ориентировалась в основном на процесс моделирования зданий, разработку конструктивного решения, включая последующую распечатку рабочих чертежей с спецификациями материалов и изделий. Количество таких специалистов («моделировщиков») в проектной группе должно быть максимальным. По мере их профессионального роста они перейдут в более высокую категорию специалистов, задачей которых будет использование опыта и знаний при контроле за техническими решениями проекта [4].

Для магистрантов, которые поступали в магистратуру с других специальностей, были включены в образовательную программу те же специальные дисциплины, а также дополнительные: «Управление процессами с использованием ВІМ» и «Обеспечение ВІМ».

Компетентностная модель магистра более объёмна и имеет стратегический характер для проектных компаний. Она включает специалистов трёх направлений: ВІМ-менеджера, ВІМ-мастера и ВІМ-координатора. При разработке образовательной программы мы исходили из следующих профессиональных обязанностей выпускников.

ВІМ-менеджер руководит функционированием ВІМ на уровне компании, определяет стратегию развития, типовые рабочие процессы и стандарты, поддерживает ВІМ-технологии в актуальном состоянии, разрабатывает программы повышения квалификации, работает с экспертами.

ВІМ-мастер осуществляет поддержку содержания ВІМ-процессов, создаёт ВІМ-контент (библиотечные элементы компании), поддерживает корпоративную библиотеку, оказывает поддержку пользователей, производит адаптацию нового программного обеспечения.

BIM-координатор координирует совместную работу, несёт ответственность за целостность BIM-модели, производит проверку на коллизии, выдаёт задания смежным специалистам, участвует в формировании стандартов компании и контролирует их использование.

Таким образом, образовательные программы магистров по своей структуре разбивались на модули: основы BIM-технологий, проектирование и информационное моделирование, управление процессами с использованием BIM, обеспечение BIM.

При организации процесса обучения приоритетным видом учебных занятий были лабораторные или практические работы с минимальным количеством лекций. Это объяснялось необходимостью формирования устойчивых навыков работы с компьютером, включая не только проектирование, но и поиск в интернете необходимой технической информации.

Интеграция BIM в учебный процесс столкнулась с проблемами, характерными для большинства вузов Казахстана. Первая – это необходимость приобретения современной вычислительной техники, либо совершенствования существующей. Вторая – недостаток преподавательских кадров [6]. И третья – необходимость изменения организации учебного процесса.

Если первую проблему можно решить, имея финансовые средства в вузе, то вторая проблема является более сложной. Перегруженность преподавателей не даёт возможности своевременно и качественно повышать квалификацию. Всевозможные краткосрочные курсы, рассчитанные в основном на проектировщиков, эту задачу решить не могут. Лишь немногие вендоры, заинтересованные в распространении своей программной продукции, организуют специальные курсы для обучения преподавателей вузов, как это делает, например, компания «Renga Software», причём делает это бесплатно в форме летних школ [5].

В Казахстане для решения подобных кадровых проблем приглашают зарубежных преподавателей, а также наших выпускников, имеющих опыт проектирования с использованием BIM. Так, в становлении наших образовательных программ неоценимую помощь оказал автор первых учебников по технологии BIM [4] В. В. Талапов. Очевидно, что международное сотрудничество – один из главных путей кадрового обеспечения учебного процесса.

Третья проблема – изменение методики преподавания. Проектирование по технологии ВІМ носит комплексный характер. Оно объединяет в единое целое все разделы проекта, что требует участия в решении учебных задач студентов разных специальностей. Проектирование должно носить командный характер, например, в виде факультатива.

В нашем университете предполагается открыть проектный офис, который будет иметь лицензию на проектные работы, выполняемые с использованием ВІМ-технологий. Так предполагается решить проблему практикоориентированного обучения – сочетания учёбы и работы в проектном офисе под руководством преподавателей и профессиональных проектировщиков.

Литература

1. Талапов В.В., Махиев Б.Е., Хапин А.В. Послесловие к ВІМ-форуму: кого и кому учить ВІМ-технологиям проектирования // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. 2019. № 4. С. 157–160.
2. Талапов В.В., Махиев Б.Е., Хапин А.В. Компьютерное проектирование: проблема выбора предмета обучения // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. 2019. № 4. С. 155–157.
3. Хапин А.В., Махиев Б.Е. Формирование образовательных программ «ВІМ-технологии в проектировании» // Bulletin almanach science association France – Kazakhstan. 2019. Vol. 4. С. 300–305.
4. Талапов В.В. Технология ВІМ: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК Пресс, 2015. 410 с.
5. Ренга Софтвэз: Делаем ВІМ доступным. СПб.: Ренга Софтвэз, 2019. 47 с.
6. 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.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ

УДК 658.5:624.05

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.009

Бовтеев Сергей Владимирович, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: pm@spbgasu.ru, ORCID: 0000-0002-2765-9329

Bovteev Sergei Vladimirovich, PhD of Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ПРИМЕНЕНИЕ 4D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

APPLICATION OF 4D MODELING TO INCREASE THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTION SCHEDULING

Рассмотрены актуальные вопросы применения BIM-технологий 4D-моделирования в практике строительства зданий и сооружений на современном этапе. Показаны причины, по которым календарные графики не могут обеспечить своевременное выполнение строительно-монтажных работ и минимизировать общую продолжительность проекта. Дана оценка текущего положения системы планирования и контроля строительства. Рассмотрена схема 4D-моделирования, дана оценка трудоемкости разработки 4D-модели и 4D-анимации строительства объекта. Представлены обзор современного программного обеспечения 4D-моделирования, этапы внедрения 4D-моделирования в практику деятельности строительной компании, а также возможные получаемые выгоды.

Ключевые слова: BIM, 4D-моделирование, календарное планирование, управление сроками проекта, информационное моделирование строительства, визуализация строительства.

The article deals with the challenging issues of applying 4D BIM technologies in the modern construction of buildings and structures. It is shown why schedules cannot ensure timely construction and installation completion or minimize the overall project

duration. The author assesses the current state of the planning and control system in construction. He also describes a 4D modeling algorithm and evaluates the efforts required to build a 4D model and create 4D construction animation. The article shows a review of modern 4D modeling software, presents stages of integrating 4D modeling in the activities of a construction company, and lists possible benefits.

Keywords: BIM, 4D modeling, scheduling, project time management, building information modeling, construction visualization.

В настоящее время в строительной практике применение специализированного программного обеспечения и информационно-коммуникационных технологий стало уже привычным при управлении крупными и технически сложными проектами. При строительстве жилой, коммерческой, промышленной недвижимости также широко используют современное программное обеспечение для управления сроками работ.

Календарное планирование призвано решать задачи обеспечения своевременного завершения отдельных этапов работ и ввода объекта в эксплуатацию, координации по времени и месту всех видов ресурсов: рабочих, специалистов, машин и механизмов, материалов, повышения степени информированности руководителей о реальном положении дел на строительстве объектов и их комплексов.

Наиболее часто для календарного планирования строительства в нашей стране применяют такое программное обеспечение, как Microsoft Project, Oracle Primavera P6, Spider Project. Известно несколько компаний, которые используют PowerProject (ранее – Asta PowerProject) для управления своими проектами. Для планирования линейно протяжённых объектов применяется программное обеспечение TILOS.

Однако данные программные продукты не могут решать задачи планирования достаточно эффективно по следующим причинам:

- календарный график может содержать несколько тысяч работ;
- график сложно и трудоёмко сформировать и проверить;
- в графике может быть много ошибок;
- календарные графики сложно «читать» и применять в качестве эффективного инструмента управления.

Календарный график строительства объекта столь масштабен, что его невозможно воспринять как единое целое; например, кален-

дарный график строительства электрической подстанции включает в себя несколько тысяч работ и как документ размещается на десятках страниц формата А3.

В результате действия перечисленных факторов календарный график очень часто не применяют в качестве ключевого и эффективного инструмента управления сроками строительного проекта, а используют в качестве «обоев», которые вывешивают, например, в штабе строительства объекта.

Вместе с тем на формирование, согласование и утверждение календарных графиков затрачиваются ресурсы строительных компаний, включая время руководителей и высококвалифицированных специалистов. К этому нужно прибавить затраты на приобретение и техническую поддержку специального программного обеспечения, а также на обучение пользователей (или привлечение сравнительно дорогостоящих уже обученных и имеющих практический опыт специалистов – «планировщиков») которые суммарно могут исчисляться миллионами рублей.

В итоге, если календарное планирование не помогает достигать лучших результатов при реализации строительных проектов – оно начинает мешать.

Многие строительные организации находят выход в применении простого и привычного программного продукта Microsoft Excel, с помощью которого можно сделать практически всё, что угодно, например, «нарисовать» график выполнения работ в любом требуемом формате, подготовить схему строящегося объекта, на которой цветом выделить уже построенные части, а для планируемых – представить даты ожидаемого завершения. Однако модели строительства, разработанные в Microsoft Excel, не отвечают одному из важнейших принципов моделирования – динамичности, то есть способности модели оперативно отражать изменения, которые происходят как с объектом моделирования, так и с окружающей его средой.

Таким образом, в настоящее время и строительные организации, вкладывающие средства в создание и развитие информационных систем планирования и контроля проектов, и компании, обходящиеся простыми инструментами типа Microsoft Excel, зачастую (хотя и не всегда) получают «мёртвые» модели и малоэффективные инструменты управления сроками.

Переход к таким ВМ-технологиям как 4D-моделирование может быть важным шагом к решению этой проблемы. 4D-модели способны «оживить» календарные графики и позволят их использовать в качестве эффективного средства управления как минимум на этапе возведения конструкций.

Визуализация хода строительства достигается посредством синхронизации (т.е. «связывания») элементов 3D-модели с работами календарного графика. В итоге получается 4D-модель, которая может проверить календарный график на так называемые «пространственно-временные коллизии», что часто приводит к внесению изменений в календарный график (рис. 1). 4D-модель строительства объекта содержит информацию не только о том, какой объект должен быть построен, но и как объект должен быть построен [1].

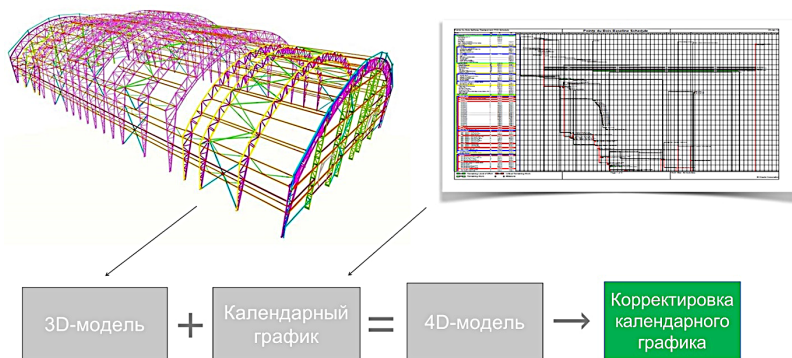


Рис. 1. Схема 4D-моделирования строительства

4D-модель практически невозможно получить без специального программного обеспечения. Ранее развитию 4D-моделирования препятствовало отсутствие мощных компьютеров и больших по размерам мониторов, но в настоящее время это ограничение снято. В свою очередь развитие вычислительной техники стимулирует развитие ВМ-технологий [2].

В настоящее время существует ряд программных продуктов 4D-моделирования, наиболее распространёнными из которых явля-

ются SYNCHRO Pro и Autodesk Navisworks. Есть работы, посвящённые анализу применения данного программного обеспечения и сравнению их функциональных возможностей, например, [3].

SYNCHRO Pro является более дорогостоящим программным обеспечением, чем Autodesk Navisworks, но вместе с тем предоставляет больше возможностей: позволяет делить 3D-элементы на части для возможности выполнения работ по захваткам; предоставляет возможность создавать простые 3D-элементы, необходимые для моделирования временных конструкций; включает в себя функционал «Визуальные профили», работающий более корректно, чем «Типы задач» в Navisworks; позволяет учесть движение техники по объекту, а также направления выполнения отдельных строительных работ.

Программные продукты 4D-моделирования могут синхронизироваться с такими системами планирования проектов, как Microsoft Project, Oracle Primavera P6 и PowerProject. Известны исследования применения для 4D-моделирования иного программного обеспечения, например, Project Expert [4].

Изменения параметров работ календарного графика, а также учёт в графике фактических сроков выполнения работ, достаточно оперативно находят отражение в системах 4D-моделирования. Если разработчик календарного графика добавил новые работы и/или удалил существующие, пользователь 4D-модели обнаружит эти изменения после её синхронизации с графиком, что может потребовать пересмотра связей между элементами 3D-модели и работами обновлённого графика, но совершенно точно не потребует переделки всей 4D-модели.

SYNCHRO Pro включает в себя модуль календарно-сетевое планирования, включающий очень мощный функционал, существенно превышающий возможности клиентской версии Microsoft Project, в то время как Navisworks включает модуль Timeliner, позволяющий только вводить вручную данные о сроках работ (т.е. средство «рисования» графиков). Таким образом, SYNCHRO Pro можно использовать одновременно и для планирования, и для 4D-моделирования проекта; приобретать дополнительное программное обеспечение и разделять функционал разработчика календарного графика и разработчика 4D-модели уже не нужно.

Для уменьшения трудоёмкостей разработки 4D-модели важно заранее разработать корректные технические задания и на подготовку 3D-модели объекта, и на формирование календарного графика [5]. Например, если на элементы 3D-модели и на работы графика назначены заранее согласованные коды, то трудоёмкость разработки 4D-модели минимизируется по времени и может составить буквально несколько человеко-минут.

Для эффективного 4D-моделирования строительства существенные затраты времени и денег не нужны. Минимальными требованиями для старта перехода к 4D являются следующие:

1. Приобретение или аренда лицензии – достаточно оснастить программным обеспечением одно рабочее место.
2. Обучение новых или привлечение уже обученных пользователей – на рынке труда есть достаточно молодых, но владеющих соответствующим инструментарием специалистов.
3. Трудозатраты. Оценочная трудоёмкость разработки детальной 4D-модели строительства жилого дома (или аналогичного по масштабу объекта) составляет менее 1 человеко-месяца.
4. Исходные данные: должны быть разработаны 3D-модель объекта и детальный календарный график.

Выделим следующие этапы внедрения 4D-моделирования:

1. Подготовка: приобретение лицензий, обучение пользователей.
2. Получение исходных данных: разработка 3D-модели и календарного графика объекта.
3. Пробная («пилотная») модель: синхронизация 3D-модели с календарным графиком, выявление коллизий и оптимизация графика, выгрузка 4D-анимации.
4. Масштабирование: сбор извлечённых уроков, передача полученных знаний другим сотрудникам компании, разработка внутренних нормативных документов, переход к 4D-моделированию всех объектов.

В результате достигаются следующие выгоды:

- календарные графики строительства становятся корректными, проверенными всеми заинтересованными лицами, внешними и внутренними по отношению к проекту, ими можно пользоваться как эффективным инструментом управления;

– ход строительства оптимизируется за счёт анализа альтернатив. Визуализация различных вариантов позволяет не только проверить выполнимость принятых организационно-технологических решений, но и сравнить несколько альтернатив и выбрать оптимальные способы производства работ, что приводит к экономии времени, трудовых и денежных ресурсов;

– визуализируются принятые решения и отчеты о строительстве. Визуализация календарного графика, а также отчетов о ходе работ позволяет всем без исключения участникам строительного проекта понимать принятые организационно-технологические решения, текущую ситуацию, проводить план-фактный анализ и правильно понимать проблемы строительства.

Литература

1. Alcínia Zita Sampaio. BIM as a Computer-Aided Design Methodology in Civil Engineering. *Journal of Software Engineering and Applications*. 2017. Vol. 10. P. 194–210. DOI: 10.4236/jsea.2017.102012.

2. 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(05). С. 31–35. DOI: 10.18454/mca.2017.05.1.

3. Петроченко М.А., Шерстобитова П.А., Мацкина М.Л. BIM 4D: Naviswork Manage и Synchro Soft // *Управление проектами: идеи, ценности, решения: материалы I Междунар. науч.-практич. конф.* СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 152–157.

4. Болотин С.А. Формирование графика комплексной застройки территории с использованием Revit и Microsoft Project // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф.* СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 53–58. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.009.

5. Grishina O.S., Savchenko A.V., Marichev A.P., Zalata E.S., Petrochenko M.V. Monitoring of the construction site using an information model // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2017. № 12(63). С. 7–19. DOI: 10.18720/CUBS.63.1.

УДК 331.4:624.9

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.010

Георгиади Валерий Вазгенович, канд. воен. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: vgeorgiadi@yandex.ru

Нам Галина Евгеньевна, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: yamibum@gmail.com

Georgiadi Valerii Vazgenovich, PhD of Mil. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Nam Galina Evgenievna, Postgraduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ВІМ-ТЕХНОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

BIM TECHNOLOGIES AND SAFETY IN CONSTRUCTION

В статье рассматриваются основы подхода к разработке динамической математической модели и использование ее при формировании информационной модели здания на всех этапах жизненного цикла, в том числе для обеспечения охраны здоровья и безопасности на строительных площадках и минимизации травматизма. Полученная информационная динамическая модель объекта ляжет в основу создания комплексной программы ВІМ, основной задачей которой станет сбор, анализ, своевременное и правильное применение информации о любых изменениях в среде «строительная площадка», здании. Данный подход позволяет на основе информационной модели прогнозировать, предвидеть риски и опасности еще до их появления, тем самым минимизировать количество пострадавших при работе в строительстве.

Ключевые слова: безопасность, информационное моделирование, ВІМ-технологии, строительная площадка, здание, жизненный цикл.

In this article, we consider the basics of an approach to the development of a dynamic mathematical model and its use in the formation of a building information model for all stages of the life cycle, including to ensure health and safety protection at construction sites and minimize injuries. The resulting dynamic information model will form the basis for creating a comprehensive BIM program aimed to collect, analyze, timely and adequately apply information on any changes in the “construction site” environment or building. This approach allows us to use the information model to predict and anticipate risks and dangers even before they occur, thereby minimizing the number of injured during construction works.

Keywords: safety, information modeling, BIM technologies, construction site, building, life cycle.

В соответствии с изменениями в статье 57.5 «Информационная модель объекта капитального строительства» Градостроительного

Кодекса РФ, «застройщик, технический заказчик, лицо, обеспечивающее или осуществляющее подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицо, ответственное за эксплуатацию объекта капитального строительства, в случаях, установленных Правительством Российской Федерации, обеспечивают формирование и ведение информационной модели» [1].

ВМ-технологии, которые могут обеспечивать бесперебойный, непрерывный контроль на всех этапах строительства объекта и в течение его жизненного цикла, сейчас находятся на стадии разработки и совершенствования. Другими словами, стоит вопрос, нужно ли разрабатывать отдельный плагин или совершенствовать структуру обмена информацией со сторонними информационными системами и сами программы [2]. Участие в вебинарах показывает, что существует много рутинных вопросов и задач, которые легко передать программам.

Тогда перед нами стоит задача совершенствования программы ВМ-моделирования в задачах строительства и архитектуры. В существующей практике применения ВМ-технологии программу необходимо дополнить рядом интероперабельных плагинов, которые решают свои частные задачи, например, пожарную безопасность, доступ в здание, сооружение (далее – здания) маломобильным группам населения (далее – МГН). Однако, нормативные требования не имеют четких границ описания. Например, требования доступности зданий для МГН, являются общими при проектировании строительства, капитального ремонта для всех классов функциональной опасности зданий. В тоже время любой программист вам скажет, что один плагин – это нормально, но десяток, выполненный различными специалистами – это нонсенс, что вызывает постоянные коллизии.

Основным составляющим методологии управления в сложной системе является алгоритм. Назовем такой алгоритм привычным нам названием «строительство». Опишем его функционирование на примере решения задачи управления строительными процессами.

Основная часть этих процессов:

1. Подготовительный этап.
2. Основной (непосредственного строительства объекта (или объектов)).

3. Ввод в эксплуатацию готового строения.

Каждый процесс имеет локальные цели, для которых выбираются конкретные действия и (или) решения. На каждый процесс можно влиять, а значит оказывать управляющее воздействие, т. е. управлять. Также необходимо моделировать возможные изменения, которые предполагается произвести в ходе строительства, капитального ремонта, демонтажа.

Жизненный цикл здания – это единый процесс во времени и пространстве, он имеет особенности для зданий различного класса функциональной опасности, но и эти различия могут быть учтены. Поэтому алгоритм «Строительство» должен включать все стадии и процессы жизненного цикла, а также все обязательные для исполнения нормы.

Яркий пример: обрушение здания спортивного комплекса в Санкт-Петербурге, построенного в 1979 году, снос которого происходил 31.01.2020 года. При наличии ВМ-технологии можно было моделировать процесс и избежать не только гибели рабочего, но сформировать технологический план работ, обеспечивающий их безопасность.

Существующие программы ВМ-технологий первого и второго уровней – это последовательное развитие от технологии проектирования «кульманов» и двухмерных компьютерных программ, которые решают частные задачи и весьма затратны по времени, учитывая коллизии, возникающие при комплексировании плагинов. Это можно наблюдать не только в процессе проектирования, но и в процессе строительства и эксплуатации объектов, построенных с применением ВМ-технологии. Например, на одном из ВМ-объектов Петербурга кабельные трассы перекрыли доступ к контролирующим состоянию здания приборам, датчики которых необходимо поверять раз в два года. А демонтаж кабельных трасс и монтаж на определенное время лишает возможности безопасно вести эксплуатацию здания. Одновременно эксплуатирующая компания несет дополнительные убытки.

Поставив перед собой задачу сопровождения безопасности строительства с позиций обеспечения безопасности с учетом требований ISO 45001 – Occupational health and safety (OH&S), переход на который должен быть завершен 12 марта 2021 года, мы столкнулись с проблемой учета состояния объекта и всех проводимых по сетевой графике (в том числе отклонений от него) работ.

Здоровье и безопасность, в том числе на рабочем месте, являются проблемой номер один для предприятий строительной отрасли, где все еще происходят смертельные случаи и травмы. ISO 45001 устанавливает минимальный стандарт практики защиты сотрудников. По данным Международной организации труда (МОТ), в настоящее время происходят более 2,78 миллиона смертей в год в результате несчастных случаев на производстве или профессиональных заболеваний, в дополнение к 374 миллионам несмертельных травм и болезней. Помимо огромного воздействия на семьи и общество, их стоимость для бизнеса и экономики является значительной.

Включение в программу требований ISO 45001 должно обеспечить основу для повышения безопасности, снижения рисков на рабочем месте и улучшать здоровье и благосостояние на работе, позволяя организации активно улучшать свои показатели ОН&S. Основные потенциальные выгоды от использования такой программы:

- сокращение инцидентов на рабочих местах;
- снижение прогулов и текучести кадров, что приводит к повышенной производительности;
- снижение стоимости премии страхования;
- формирование культуры здоровья и безопасности, где сотрудники берут на себя активную роль в их собственной ОН&S;
- лидерство каждого работника и обязательство активно улучшить показатели ОН&S;
- применение узаконенных юридических и нормативных требований;
- повышение репутации организации;
- улучшение морального состояния персонала [3].

Уже сейчас некоторые передовые компании применяют «лазерное сканирование, данные с датчиков и аэромониторинг дронами, которые составляют фактическую картину работ на площадке. На ее основе в «облаке» создается «цифровой двойник» строящегося объекта, который автоматически сопоставляется с проектной и рабочей документацией, сметами, графиками и BIM-моделью проекта. Это позволяет эффективно контролировать строительство, земляные работы, прокладку инженерии и благоустройство территории, выполняемые подрядчиками [4].

Невозможно уследить за всеми происходящими процессами на строительной площадке для грамотного и быстрого принятия решений. Ситуационная картина меняется с большой частотой, как следствие, меняются и условия, в которых находятся все сотрудники, а также лица, находящиеся на стройплощадке по тем или иным причинам, в результате меняются меры для обеспечения безопасности.

Представим строительный процесс как большую сложную техническую систему, состоящую из множества взаимосвязанных различных элементов. В такой системе происходит произвольная комбинация «повреждений» его элементов. Под «повреждением» будет понимать отклонение по времени от графика производства работ в ту или иную сторону, отказ механизмов или применение ранее не предусмотренного механизма, травма или отсутствие работника на рабочем месте, изменение метеорологических условий и т. п.

При возникновении таких «повреждений», например, сообщении МЧС об усилении ветра до величин, ограничивающих или запрещающих работу кранов, требуется в кратчайшее время выработать единое скоординированное по всему объекту строительства решение с целью обеспечения безопасности, максимально возможного выполнения сетевого графика работ и поддержания его работоспособности как большой технической системы.

Ряд требований к качеству такого решения:

1. Решение должно быть выработано по форме конкретных действий на строительной площадке.
2. Все выработанные конкретные действия должны быть последовательными.
3. Решение должно учитывать ситуацию, когда работник, механизм, процесс строительства получает «повреждения» и запланированные технологии действия должны быть изменены.
4. Решение должно предусмотреть возможную ситуацию, когда после произвольной комбинации «повреждений» какую-либо систему можно вынужденно собрать из оставшихся неповрежденных элементов. В таком случае решение обязательно должно содержать анализ на возможные перегрузки.
5. Решение должно содержать прогноз будущего состояния всей технической системы при условии, что все работники строительной площадки в точности выполняют все рекомендованные им действия.

Каждое изменение отношения между элементами отражается на структуре технической системы. Математически структура описывается с помощью графов, в том числе ориентированных, цветных, неправильно раскрашенные графов. Поэтому за основу описания сложной технической системы примем математический аппарат теории графов.

Для более точного описания системы следует произвести ее разбивку на элементы. При этом глубина разбивки будет определяться предназначением математической модели. Предполагается, что целью использования модели является автоматизация процессов мониторинга, анализа и контроля за безопасностью технологических процессов и условий труда, а также прогнозирование и предотвращение несчастных случаев для минимизации травматизма на строительной площадке. Целесообразно за элемент принимать отдельную операцию, выполняемую одним сотрудником или механизмом, например, крепление стропальщиком стропы к грузу или перемещение крана с грузом. Каждый отдельный элемент будем описывать вершиной графа.

В случае, если данный элемент потребляет подводимую к нему энергию (электричество, воздух), вещество (кирпичи, раствор, и т. п.) или информацию, то они обозначаются ребрами, входящими в вершину графа. Если элемент передает информацию, энергию и т. д., то это свойство обозначается выходящими из него ребрами. Если элемент сам является источником энергии, информации и т. д., то это свойство описывается петлёй при вершине графа, то есть он получает энергию из своих ресурсов и раздаёт её потребителям (рис. 1).

Математическое описание графа, с учетом проведенного анализа, является основой алгоритма «Строительство», который, в свою очередь, должен лечь в основу прикладного программного обеспечения BIM-технологии. Перспективы развития BIM, как связующего звена между различными несвязными дисциплинами проектирования строительной отрасли, основываются на желании не выходить за рамки своей дисциплины. Только через создание информационной модели и разработку алгоритма, обеспечивающего интегрированное проектирование (Integrated Project Delivery – IPD) для комплексной реализации проекта жизненного цикла здания, можно добиться того, что многие ошибочно думают может дать существующие BIM-

программы. Опыт СПбГАСУ ВМ-чемпионатов показывает необходимость комплексной работы для создания и реализации проекта архитекторов, проектировщиков, системщиков и многих других специалистов, в том числе специалистов по обеспечению ОН&S.

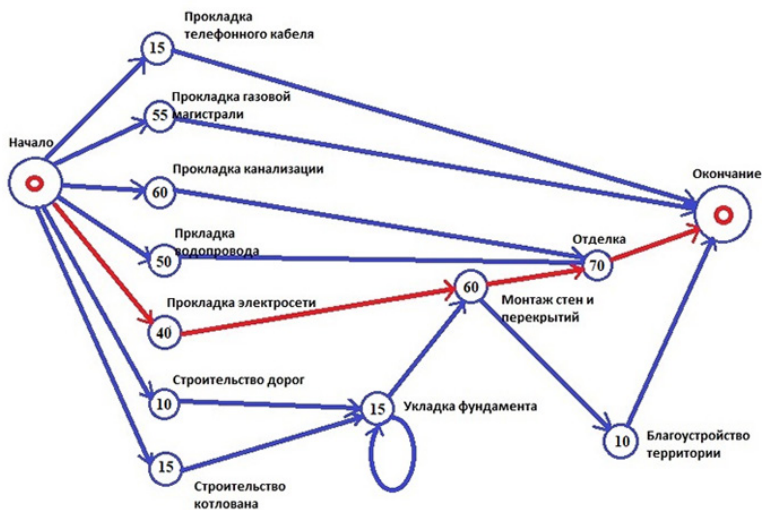


Рис. 1. Граф сетевого планирования в строительстве

Первые ростки такого подхода мы видим при расширении медицинского центра Святого Фрэнсиса (SFMC) в Колорадо-Спрингс компанией Пенроуз-St. Фрэнсис Хелс Системс, которая внедрила один из немногих проектов с IPD в Колорадо, используя многостороннее соглашение. Проект, разработанный RTA Architects, GE Johnson Construction и Penrose-St.Фрэнсис Хелс Системз. В то же время, проект реализован за счет объединения предприятия и людей в совместную команду, которая максимизировала эффективность проекта, снизила потери [5].

Основную часть этой работы следует отразить в базовой программе ВМ за счет внедрения алгоритма «Строительство», за основу которого целесообразно взять состав разделов проектной документации. Алгоритм «Строительство», осуществляя системный анализ, должен реализовать следующие принципы проектирования:

- технологической заимозависимости элементов;
- многообразия форм взаимодействия элементов;
- интегративности;
- развития;
- стохастичности;
- главенства функции над организацией;
- управляемости.

В этом случае информационное моделирование позволит получать и формировать различные модели с учетом фактических пространственных и временных изменений объекта [6]. Например, обеспечивать ОН&S с учетом всех штатных и нештатных ситуаций на объекте с учетом фактического текущего состояния объекта.

Применение BIM-технологий, совершенствование программ моделирования в строительстве необходимо рассматривать не как частную задачу, а общую задачу с учетом требований «Технического регламента о безопасности зданий и сооружений», ISO 45001, проектной документации [7] и одновременно, требований Градостроительного Кодекса, с учетом особенностей всех этапов жизненного цикла зданий.

Разработка такой программы BIM, работающей во времени и пространстве, как это требует Градостроительный Кодекс, то есть 4D, это единственный вариант создание информационной программы на весь период жизненного цикла здания. А не 5D, 6D или 7D – ныне обозначающих сметы, экологическое проектирование, эксплуатационная информация и т.п., так как они должны учитываться комплексно в самой программе.

Дальнейшая работа над совершенствованием мер по обеспечению безопасности будет определяться принципами и требованиями к управлению информацией на стадии зрелости, описанной как построение информационного моделирования в соответствии с ISO 19650 «Организация и перевод в электронный вид информации о зданиях и объектах гражданского строительства, включая информационное моделирование зданий (Building Information Modeling, BIM) – Управление информацией с использованием информационного моделирования зданий».

Литература

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) (статьи 1–453) (с изменениями на 16 декабря 2019 года).
2. ГОСТ Р 55062-2012 Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения.
3. Нам Г.Е., Субботина Н.А., Георгиади В.В. ВІМ-моделирование как инструмент внедрения принципов ОН&S в строительство // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 91–95. DOI: 10.23968/ВІМАС.2019.016.
4. Вольф И. Пока патриархи спорят о ВІМ, девелоперы внедряют нейросеть. URL: <http://ancb.ru/publication/read/8508> (дата обращения: 01.03.2020).
5. Что такое комплексная поставка проекта? URL: <https://claycorp.com/integrated-project-delivery/> (дата обращения: 01.03.2020).
6. ISO 45001:2018(E) «Occupational health and safety management systems. Requirement with guidance for use». URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html> (дата обращения: 01.03.2020).
7. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (ред. от 06.07.2019) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

УДК 72.02

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.011

Карасев Иван Сергеевич, магистрант

(Ивановский государственный политехнический университет)

E-mail: van_ok93@mail.ru

Опарина Людмила Анатольевна, д-р техн. наук, заведующий кафедрой

(Ивановский государственный политехнический университет)

E-mail: l.a.oparina@gmail.com

Karasev Ivan Sergeevich, Master's Degree student

(Ivanovo State Polytechnic University)

Oparina Lyudmila Anatolyevna, Dr. of Sci. Tech., Head of Department

(Ivanovo State Polytechnic University)

**ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА
МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ И ИХ
ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

**APPLICATION OF BIM TECHNOLOGIES FOR MAJOR
REPAIRS OF APARTMENT BUILDINGS AND MEP SYSTEMS
TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY**

Одним из наиболее актуальных направлений развития городов является задача обеспечения эффективного капитального ремонта зданий. Существующий жилищный фонд и коммунальные сети имеют износ более 60 %. При этом ремонт должен быть не только капитальным, но и энергоэффективным, приводящим к экономии энергоресурсов, повышению комфортности микроклимата зданий. Реконструкция и замена существующих инженерных сетей является одним из важнейших направлений капитального ремонта. Проектирование современных энергосберегающих инженерных систем в реконструируемых зданиях требует сложных методов, так как необходимо вписать их в существующие здания. И работа эта должна быть масштабной, так как проблема замены сетей в домах первых массовых серий стоит очень остро. Решить её возможно путём применения BIM технологий, позволяющих моделировать объект совместно с инженерными сетями и подбирать оптимальные характеристики. В статье авторами предлагается концепция реконструкции инженерных сетей с применением BIM-технологий моделирования, которая состоит в создании типовых моделей, привязанных к определенным сериям многоквартирных домов.

Ключевые слова: ВІМ технологии, моделирование инженерных сетей, жизненный цикл здания, реконструкция зданий, энергоэффективность.

One of the most important areas of urban development is the assurance of effective major repairs of buildings. The existing housing stock and MEP systems are more than 60% worn out. They must have major repairs, which shall also be energy-efficient, leading to energy saving and improving the comfort of the building's microclimate. Reconstruction and replacement of existing MEP systems are one of the most important tasks of major repairs. Designing modern energy-efficient MEP systems in buildings being reconstructed is complicated because it is required to integrate them into existing structures. Besides, it is an extensive work, since the problem of replacing MEP systems in buildings of the first mass series is especially acute. It can be solved by applying BIM technologies that allow designers to model the facility together with MEP systems and select optimal characteristics. In the article, the authors propose a concept of MEP system reconstruction using BIM technologies. The concept consists of building standard models related to a particular series of apartment buildings.

Keywords: BIM technologies, MEP modeling, building life cycle, building reconstruction, energy efficiency.

Основным постулатом устойчивого развития среды жизнедеятельности человека является улучшение жизни будущих поколений при меньших затратах ресурсов. Мировая политика развитых стран направлена на энергоресурсосбережение во всех сферах и отраслях экономики, особенно это актуально для жилищной сферы, так как здания являются крупнейшими потребителями энергоресурсов для обеспечения комфортного микроклимата (энергозатраты на отопление и вентиляцию зданий занимают до 40 % всех потребляемых энергоресурсов).

Проблема энергосбережения и обеспечения энергетической эффективности касается не только вновь строящихся зданий, но и существующего жилого фонда. До введения в действие СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» требования к величине сопротивления теплопередаче были низкими, следовательно, расход энергоресурсов на отопление и вентиляцию был выше [1].

По данным Росстата 67 % многоквартирных домов (далее по тексту МКД) в России введены в эксплуатацию в 1946–1995 годах (рис. 1), они имеют высокий износ (более 60 %) как несущих ограждающих конструкций, так и инженерных сетей. Для того, чтобы повысить их тепловую защиту и энергетическую эффективность, необходим не только капитальный ремонт и утепление наружных ограждающих конструкций (фасадов, пола, кровли), но и ремонт и модернизация внутридомовых инженерных систем электро-, тепло-, газо-, водоснаб-

жения, водоотведения, установка общедомовых и индивидуальных приборов учёта энергоресурсов, автоматизированной системы регулирования температурно-влажностного режима, установка инновационных систем отопления с использованием возобновляемых источников энергоресурсов, систем «умный дом».

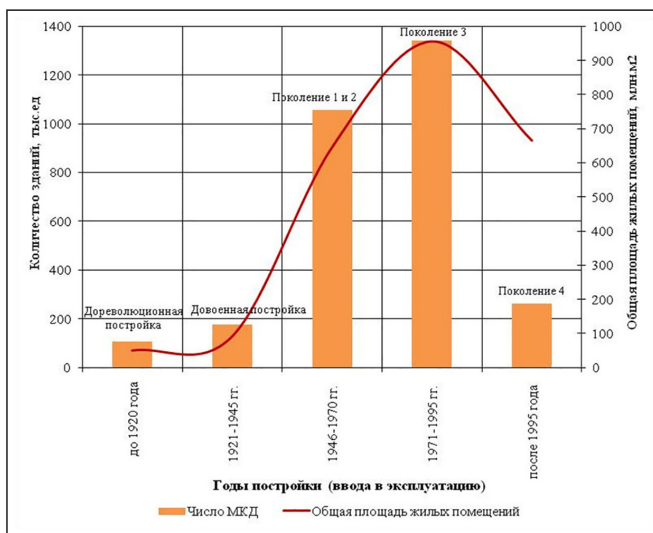


Рис. 1. Распределение МКД по году постройки (по данным Росстата)

Одной из проблем энергоэффективного капитального ремонта МКД первых массовых серий является проблема высокого износа не только внутридомовых, но и внешних сетей [2]. В соответствии с Федеральным законом «О теплоснабжении» от 27.07.2010 № 190-ФЗ «С 1 января 2022 года использование централизованных открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд горячего водоснабжения, осуществляемого путем отбора теплоносителя на нужды горячего водоснабжения, не допускается». Однако не каждый МКД имеет технологическую возможность перейти на закрытую систему теплоснабжения, так как это потребует значительных капитальных затрат на модернизацию изношенных сетей. Существующими методами капремонта данную проблему не решить (рис. 2).



Рис. 2. Пример подключения новых инженерных сетей к существующим

В настоящее время утверждена программа модернизации систем коммунальной инфраструктуры (в соответствии с постановлением Правительства РФ от 26 декабря 2015 г. № 1451 и Федерального закона от 21 июля 2007 г. № 185-ФЗ), которая позволит на базе имеющегося опыта внедрения и применения передовых технологий проектирования с помощью информационного моделирования (ВМ – Building Information Modeling) оптимизировать энергоэффективность многоквартирных домов при капитальном ремонте. ВМ-моделирование является современным инструментом проектирования энергоэффективных зданий с точки зрения их жизненного цикла, что позволит учесть все аспекты, в том числе капитальный ремонт и реконструкцию как зданий, так и отдельных элементов, в том числе инженерных систем [3, 4].

Проблемы реализации ВМ-технологий при проведении капитального ремонта МКД связаны с тем, что эти технологии являются высоко затратными: разработка информационной модели

капитального ремонта здания с совместным проектированием инновационных энергосберегающих инженерных систем, требует затрат как высококлассных специалистов, так и дорогостоящего программного обеспечения. У собственников МКД таких средств нет, поэтому эта программа должна получить господдержку. Также с целью упрощения и оптимизации ресурсов при проектировании процессов капитального ремонта инженерных сетей с целью повышения энергоэффективности многоквартирных домов целесообразно применить концепцию «серийности», то есть разработать набор BIM-моделей инженерной инфраструктуры по типам застройки домов первых массовых серий (табл. 1).

Таблица 1

**Распределение МКД по массовым сериям
индустриального домостроения**

| Поколение индустриального домостроения | Серия | Годы постройки |
|--|--|----------------|
| Первое поколение | 1-355, 1-510, 1-511, 1-515/5, К-7 | 1956–1960 |
| Второе поколение | 1-515/9, И-209А, П-18/9, П-18/12, П-68/16, | 1961–1965 |
| Третье поколение | П-30/14, П-3/17, П-44/17, П-46/1417, КОПЭ/22 17 | 1971–1999 |
| Четвёртое поколение | П-44Т/17Н, И-155/19М, П-44Т/25Н1, ГМС-2001 | с 2000 г. |

Предлагаемая авторами концепция реконструкции инженерных сетей с применением BIM-технологий, состоит в создании типовых моделей, привязанных к определенным сериям многоквартирных домов. Таким образом, на каждом этапе процесса создания инженерного решения будет иметься определенная результирующая информационная модель, которая отражает объем информации о здании, что позволит получить высокие энергетические и эксплуатационные показатели при реконструкции. Типовая модель реконструкции будет состоять из:

– усовершенствованного индивидуального теплового пункта системы теплоснабжения;

– установки на стояках автоматических балансировочных клапанов, установки малоинерционных отопительных приборов, снабженных автоматическими терморегуляторами;

– замена однетрубной системы отопления на двухтрубную;

– установка приборов учета тепловой энергии и других инженерных решений, способствующих снизить расход тепловой энергии.

В процессе анализа и разработки имеющаяся модель можно дополнить на какой-то момент времени новой информацией.

Преимущества от внедрения ВМ в реконструкцию инженерных сетей:

1. Использование информационной модели здания вместо обычного паспорта объекта позволяет хранить, искать и затем анализировать собранную информацию. В результате будет известно точное состояние каждого здания, а не общий процент текущего износа.

2. Существующая модель позволяет осуществить проект энергоэффективного капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах.

3. Благодаря использованию этой технологии проект становится: точным (количество ошибок проекта было сведено практически к нулю), прозрачным (сам проект и все этапы его реализации в любой момент доступны для контроля со стороны как самих исполнителей, так и жильцов, управляющих компаний и вышестоящих органов), экономически целесообразным (по модели составляется точная смета, которая меняется при адаптации проекта), позволяет грамотно организовать ремонтные работы и осуществлять снабжение стройплощадку материалами, уточнить все детали с поставщиками, управлять этапом финансирования работ, позволяет ежедневно контролировать график работ, после завершения работ вся информация о них остается в информационной модели здания (электронный паспорт объекта) и может быть учтена при дальнейшей эксплуатации дома, более гибкой, если в общие изменения легче воспроизвести для других домов аналогичных серий.

Использование информационных технологий моделирования позволяет избежать ошибок проектирования, проводить анализ интел-

лектуальных коллизий, что повысит качество проектной и рабочей документации. Ведущее преимущество проектирования в BIM – возможность одновременной совместной работы нескольких проектных групп и в том числе фирм [5]. Все специалисты работают в единой информационной среде, что позволяет всем участникам процесса проектирования видеть актуальные изменения, внесенные в проект.

Литература

1. Федосов С.В., Федосеев В.Н., Котлов В.Г., Петрухин А.Б., Опарина Л.А., Мартынов И.А. Теоретические основы и методы повышения энергоэффективных жилых и общественных зданий и зданий текстильной и лёгкой промышленности. Иваново: ПресСто, 2018. 320 с.
2. Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения. Иваново: ПресСто, 2016. 240 с.
3. Опарина Л.А. Современные методы и программы моделирования процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий // Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы Семнадцатого всероссийского симпозиума. М.: ЦЭМИ РАН, 2016. С. 153–155.
4. Опарина Л.А. Развитие технологий моделирования жизненного цикла зданий // Жилищное строительство. 2011. № 12. С. 45–46.
5. Талапов В.В. Технология BIM: суть и основы внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК-пресс, 2015. 410 с.

УДК 711:330.34:338.1:332.1:624

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.012

Медведева Татьяна Александровна, старший преподаватель, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: medvedevatiana@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2851-704X

Medvedeva Tatiana Aleksandrovna, Senior Lecturer, post-graduate
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

PROSPECTS OF INTRODUCING BIM TECHNOLOGIES FOR THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TOWN-PLANNING ACTIVITIES

Рассматривается стратегия применения BIM-технологий проектирования как начальный этап в создании цифровой среды для управления поселениями в высокоурбанизированных территориальных зонах. Применение этой стратегии ознаменовало важный этап развития – начало оцифровки предметно-пространственной среды для управления системой «умный город». В предыдущих исследованиях, автор предполагает, что в будущем, сбор исходных данных для градостроительной аналитики и осуществления других функций искусственного интеллекта, будут осуществлять системы контроллеров и робототехники. Робототехника – это глаза и руки искусственного интеллекта. Эти системы контроллеров могут быть использованы для верификации информационных моделей и актуализации данных. В статье показана возможная модель перспективного взаимодействия участников, использующих цифровую среду для процесса градостроительной деятельности; проиллюстрирована модель участия искусственного интеллекта в градостроительной деятельности на основе сказки А.С. Пушкина «Золотой петушок». Одной из причин возникновения скептического отношения к применению BIM в градостроительной деятельности является современная проблематика. Следовательно, для обеспечения безопасности в настоящем и будущем «умные города» России, в первую очередь, должны вернуться к практике соблюдения действующих градостроительных нормативов.

Ключевые слова: BIM, искусственный интеллект, «умный город», информационно-аналитическая модель территории, управляемая урбанизированная среда.

The article considers the strategy of applying BIM design technologies as an initial stage in the creation of a digital environment to manage settlements in highly urbanized areas. The implementation of this strategy marked an important development stage – the beginning of digitizing the object-spatial environment for “smart city” system management. In her previous studies, the author suggested that, in the future, controller and robotics systems would collect initial data for urban planning analytics and other AI functions. Robotics is the eyes and hands of AI. Controller systems can be used to verify information models and update data. The article shows a possible model of promising interaction between participants using a digital environment for town-planning activities. It also presents a model of AI involvement in town-planning activities, based on “The Tale of the Golden Cockerel”, a fairy tale written by A.S. Pushkin. One of the reasons for skepticism towards BIM application in urban planning is modern issues. Therefore, in order to ensure security in the present and future, “smart cities” of Russia, first of all, must return to compliance with existing urban-planning standards.

Keywords: BIM, AI, “smart city”, information and analysis model of territory, managed urban environment.

Строительные информационные модели зданий и окружающих территорий – это наиболее детализированная часть оцифрованной среды, благодаря которой искусственный интеллект (ИИ), теоретически, становится способным контактировать с урбанизированной средой и управлять ею [1–3]. Алгоритмы управления территорией средствами ИИ, аналитика данных в градостроительной деятельности при помощи ИИ, преобразование территорий в управляемые поселения, хотя и таят в себе ряд опасностей, но становятся все реальнее при правильной подготовке градостроителей в процессе обучения [4]. Строительная информационная модель групп объектов (BIM), как особая стратегия, завоевывает позиции в разных сферах проектирования. Перспектива использования искусственного интеллекта в градостроительстве завтрашнего дня и несовершенство информационных платформ для градостроительной деятельности дня сегодняшнего, в сочетании с актуальной проблематикой, вызванной градостроительной политикой трех предыдущих десятилетий [2, 3, 5, 6], вызывает опасения и скепсис у некоторых представителей проектного сообщества. Автору приходилось слышать в кулуарах конференций такую фразу: «Сказка BIM, да в ней намек». Именно эта фраза вдохновила автора на данное исследование.

Существует несколько мифов о ВІМ в России. Основопологающим мифом, который можно приравнять ко лжи, то есть к намеренному искажению правды, следует отнести утверждение о том, что ВІМ – это панацея от ошибок в любом проекте. Это «смелое» заявление основано на трех китах. Во-первых, на том, что модель показывает коллизии. Во-вторых, на том, что все участники проектного процесса работают в одной среде, что исключает технические ошибки другого сценария взаимодействия участников проектной группы. В-третьих, на том, что чем лучше качество модели, тем выше качество готового объекта. Однако, ВІМ – не панацея, поскольку в проектах есть ошибки двух видов: функциональные и технические. Стратегия работы с моделями действительно предотвращает последствия невнимательной проверки работы исполнителей. Это те ошибки, которые трудно бывает отследить, если инженеры работают в разных программных продуктах. Но основные ошибки проектов, сосредоточены:

- в сфере нарушения градостроительных нормативов;
- в неправильном функциональном зонировании;
- в области недооценки факторов градостроительной ситуации;
- в отсутствии аналитики части исходных данных;
- в нарушении архитектурных масштабов застройки;
- в отсутствии визуальных и функциональных связей с окружающей застройкой и в длинном перечне других факторов.

И эти уже «не технические ошибки» обязан устранить сам автор проекта, а не ВІМ-менеджер, не обремененный знанием кодекса профессиональной этики архитектора, опытом творческой деятельности и знаниями норм. Поэтому не стоит критиковать ВІМ-стратегию при неправильной организации процесса проектирования.

Для того чтобы оценить ближайшие перспективы взаимодействия участников, использующих цифровую среду для процесса градостроительной деятельности и управления ею, достаточно вспомнить, сколь примитивные технические средства применяются в комитетах по градостроительству в РФ, в землеустройстве, как осуществляется хранение архивных данных [2–5]. Поэтому скепсис вполне понятен. Еще одной из причин возникновения скептического отношения

к BIM в градостроительной деятельности является современная проблематика. Частично, современная градостроительная проблематика возникла на почве использования устаревших способов хранения информации (зачастую в аналитике используется не верифицированная информация), частично современная проблематика возникла на основе неправильной интерпретации градостроительных ошибок предыдущих периодов [2, 3, 6], а также несанкционированной хозяйственной деятельности.

Из всего вышесказанного автор делает вывод о том, что использование возможностей ИИ и BIM в градостроительной деятельности может начинаться с локальных объектов.

Искусственный интеллект и цифровые технологии, которые в некоторых странах уже приходят в сферу градостроительного проектирования, с одной стороны позволяют проанализировать огромные массивы данных, что, безусловно, является плюсом, а с другой стороны таят опасность подмены целей градостроительного развития. Сейчас, когда границы ответственности размыты между пользователем, разработчиком и оператором ввода данных, уже сложно предупредить некоторые коллизии и решать, в связи с этим, юридические вопросы. А в будущем, применение систем контроллеров как исследующей робототехники и ИИ в градостроительстве следовало бы ограничить сферой сбора исходных данных и поддержанием актуальной информационной основы градостроительной деятельности. Автор присоединяется к тем исследователям, кто полагает, что ограничить сферу применения ИИ будет сложно.

Переходя к третьей задаче исследования, планируем показать, используя методы: анализ, синтез, аллегория, сравнение, **на примере сказки А.С. Пушкина «Золотой петушок»** модели взаимодействия разных участников градостроительного процесса, в условиях чрезвычайных ситуаций (военных действий, ЧС природного и техногенного характера). искусственного интеллекта и робототехники, власти, народа, территории и науки (рис. 1). Проиллюстрирована потенциальная опасность взаимодействия в условиях ЧС. Такая задача возникла исходя из общемировой проблематики урбанизированных территорий и тенденций терроризма.

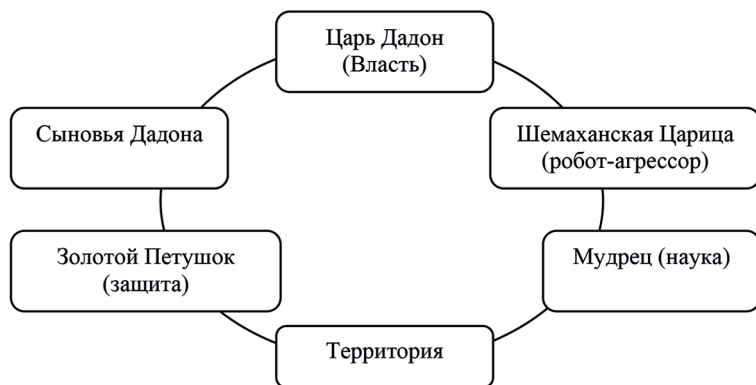


Рис. 1. Схема взаимодействия персонажей сказки с точки зрения интерпретации процесса интеграции в градостроительную аналитику робототехники, управляемой ИИ

На схеме представлены следующие персонажи:

- **Золотой Петушок на спице** – это олицетворение ИИ и робототехники с функцией защитника от внешней агрессии. Это искусственное творение, созданное интеллектуальным консорциумом (Мудрецом).
- **Мудрец, старик-скопец** – это интеллектуальный консорциум, к которому обратился Царь Дадон для защиты своей территории.
- **Царь Дадон** – это одновременно два символа: олицетворение власти, заказчика, инициатора создания и подключения Золотого Петушка и, с другой стороны, олицетворение человеческой природы с ее стремлением к безопасности и комфорту, ее слабостями, склонностью к лени, с ее недостатком интеллекта, а, точнее, с недостатком понимания сути явлений. С теми качествами, которые не позволили адекватно оценить действия Шемаханской Царицы.
- **Шемаханская Царица** – это сказочный персонаж, у которого есть только красота манипуляционной дипломатии и шатер блудницы. Это особый робот (ИИ-агрессор), которого Золотой Петушок распознает как символ внешней агрессии. Впрочем, эта агрессия в сказке достигает ряда целей, даже не переходя государственных границ.

Она ждет, когда Сыновья Дадона сами перебьют друг друга и взаимно уничтожат свои рати.

● **Сыновья Дадона** – это и олицетворение подчиненных сил, народа, в чьих интересах действовал Царь Дадон, и человеческой природы. Можно сказать, что сыновья Дадона – это представители поколения, выросшего под «защитой цифровых технологий», поколения людей, имеющих возможность сдавать экзамены со смартфоном. Они готовы были бы встретиться с реальной (ожидаемой) опасностью, а столкнувшись с провокацией, своего рода, гибридной войной, оказались не готовы к защите и напали друг на друга. Когда Царь вернулся в столицу, ведя с собой Шемаханскую Царицу, Мудрец-скопец понял, чем это угрожает государству. Мудрец сделал попытку нейтрализовать девицу-робота, попросив ее у царя в качестве оплаты за разработку Золотого Петушка. Но Мудрец был убит Царем Дадонем. После чего один робот (Шемаханская Царица) управляя другим роботом (Золотым Петушком) убил и Царя Дадона.

● **Территория** – еще один пассивный участник взаимодействия.

А заканчивается повествование призывом подумать: «Сказка – ложь, да в ней намек, добрым молодцам урок!». Сказка – это всегда способ передачи опыта поколений, в ней происходит взаимодействие временных структур и разных форм жизни.

Таким образом, для обеспечения безопасности в настоящем и будущем «умные города» России должны, в первую очередь, вернуться к практике соблюдения действующих градостроительных нормативов, а там, где нормативы уже нарушены, следует применить BIM технологии для проектов инфраструктурной оптимизации.

Литература

1. Медведева Т.А. Повышение качества строительных информационных моделей (IQ BIM) и ноосферное сознание для реализации градостроительной методики обращения с отходами // Современные проблемы истории и теории архитектуры: материалы IV Всероссийской науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С.107–112.
2. Медведева Т.А. Реконструкция парка в Кельце // Факультет инженерной экологии и городского хозяйства: сборник статей магистрантов. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 72–77.
3. Медведева Т.А. Ноосферное сознание как основной критерий оценки градостроительных преобразований // Факультет инженерной экологии и городского хозяйства: сборник статей магистрантов. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 66–71.

4. 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.

5. Митягин С.Д. Градостроительная политика в условиях экономической нестабильности. Научный совет РААСН по проблемам экономики в области архитектуры, градостроительства и строительных наук. Стратегия и тактика инвестиционно-строительной деятельности в условиях нестабильного роста экономики. СПб.: СПбГАСУ, 2016. С. 3–40.

6. Медведева Т.А. Объемно-планировочное решение мегалитических сооружений как модель обозначения объекта спецназначения по утилизации радиоактивных отходов // Междунар. студ. науч. конф. IV Междисциплинарный научный форум (International Collaboration of Teachers and Scientists). 2020. URL: <https://studconf.com/conference/2-2020/architecture/738/> (дата обращения: 17.02.2020).

УДК 338.1:004.92

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.013

Мохов Андрей Игоревич, д-р техн. наук, профессор, президент
(Некоммерческое партнерство «ЭнергоЭффект»)

E-mail: anmokhov@mail.ru

Минаев Владимир Александрович, д-р техн. наук, профессор
(Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана)

E-mail: mlva@yandex.ru

Светлаков Василий Иванович, канд. техн. наук, генеральный директор
(Информационно-консалтинговая фирма «КонС»)

E-mail: 2901692@mail.ru

Стройков Александр Валерьевич, канд. экон. наук, управляющий директор
(Stroikov Real Estate Engineering)

E-mail: gbc@stroikov.pro

Саянов Алексей Андреевич, канд. геогр. наук, инженер
(Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова)

E-mail: a.sayanov@sayangroup.ru

Вахин Андрей Анатольевич, канд. фил. наук, управляющий партнер
(Эксити-группа)

E-mail: vakhin@yandex.ru

Mokhov Andrey Igorevich, Dr. of Sci. Eng., Professor, president
(Noncommercial partnership “EnergoEffect”)

Minaev Vladimir Aleksandrovich, Dr. of Sci. Eng., Professor
(Bauman Moscow Technical University)

Svetlakov Vasilii Ivanovich, Ph.D. of Sci. Eng., general Director
(Information and consulting firm “KonS”)
Stroykov Alexander Valeryevich, Cand. of Sci. Ec., managing Director
(Stroikov Real Estate Engineering)
Sayanov Alexey Andreevich, Cand. of Sci. Geogr., engineer
(Moscow state University named after M. V. Lomonosov)
Vakhin Andrey Anatolyevich, Cand. of Ph., Executive Partner
(Limited liability company “Exciti-group”)

ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ В МЕТОДОЛОГІЇ ТЕХНОНАУКИ

BIM-TECHNOLOGIES IN THE TECHNOSCIENCE METHODOLOGY

Информационное моделирование в строительстве (BIM-технологии) – технология информационного сопровождения строительного объекта. Моделирование строительного объекта позволяет уточнить влияние производимых в нем изменений и рисков (включая геодинамические риски) на всех этапах его жизненного цикла. При комплексном подходе к построению информационной модели объекта в ней должны быть учтены все материальные и нематериальные ресурсы, которыми объект обменивается со своим окружением в процессе взаимодействия.

В статье предложена инфографическая модель комплексного объекта переустройства, представленная двумя взаимодействующими системами, производящей и потребляющей продукцию территории. Производящая система представлена набором слоев-подсистем. Одним из слоев, на анализ изменений информационных параметров которого изначально направлены BIM-технологии, является подсистема «здания и сооружения». Задача, решаемая в статье, предполагает охват информационным моделированием всех слоев модели комплексного объекта переустройства. Такой подход к расширению применения BIM-технологий представляется возможным в связи с переходом в развитии науки к методологии технауки. В статье показано, как технаука, обладающая свойством кросс-дисциплинарности, позволяет привлекать для описания синергического взаимодействия рассматриваемых систем модели-аналоги из областей исследования различных типов.

Ключевые слова: BIM-технология, инфографическая модель, кросс-моделирование, кросс-дисциплинарность, синергическое взаимодействие, технаука.

Building information modeling is a technology of construction facility information support. With BIM, it is possible to specify the impact of changes and risks (including geodynamic risks) related to a facility at all stages of its life cycle. A comprehensive approach to BIM-model development must take into account all material and non-material resources that the facility shares with its environment during the interaction.

The article suggests an infographic model of an integrated redevelopment facility represented by two interacting systems generating and consuming products of the territory. The generating system is represented by a set of layers/subsystems. One of the layers is the “buildings and structures” subsystem. BIM technologies are initially aimed to analyze changes in its information parameters. The task being addressed in the article implies that BIM covers all layers of the model of the integrated redevelopment facility. Such an approach to extending the scope of BIM technologies is possible due to the transition to the technoscience methodology in the development of science. The article shows how technoscience, characterized by cross-disciplinarity, allows us to use similar models from various research fields to describe the synergistic interaction of systems.

Keywords: BIM technology, infographic model, cross-modeling, cross-disciplinarity, synergistic interaction, technoscience.

Специфические особенности технонауки [1–3], обеспечивающие ей статус «локомотива прогресса» в современной научной сфере [2], приводят к изменению функционирования традиционной науки, модернизации привычных технологий осуществления как научно-исследовательской деятельности, так и производственной практики. Представляется закономерным вопрос: что требуется для объединения науки и технонауки в единый научно-практический комплекс и какова роль BIM-технологий в этом процессе? Можно предположить, что ответ на этот вопрос и выбор решения для реализации позволит получить современную основу для выбора актуальных критических технологий, формирования поступательного движения в направлении научно-технического прогресса и социально-экономического развития.

Системный подход к исследованию заложен в паспорте специальности исследователя, в котором определена область исследования данной специальности за счет введения границ со смежными областями исследования других специальностей. Тот же системный подход в практической деятельности формирует в настоящее время профессиональные стандарты, также вводящие границы специальностей за счет набора (системы) компетенций профессии. Применение комплексного подхода дает возможность описания объекта исследования с учетом практики его реализации в нескольких сферах деятельности [4], на пересечении которых находится объект. Модели представления объектов, разработанные в проецируемой области исследования, могут быть использованы для решения задач, содер-



жащихся в основной области, как, например, это реализовано в работе [5]. Область исследования цитируемой работы сформирована моделью, была создана с применением инфографического моделирования, предложенного в 1991 году профессором В.О. Чулковым [6]. Приведенная на рис. 1 инфографическая модель задает свойства объекта исследования и позволяет сформулировать альтернативные задачи его исследования.







Рис. 1. Инфографическая модель местоположения области исследования работы [5]


Результат решения альтернативных задач, реализованный на практике и внедренный в сферу потребления, формирует уточненные потребности, изменяет гипотезы, цель и задачи последующего исследования. Такая организация взаимного расположения факторов и стечений обстоятельств, вытекающая из кросс-пересечения областей исследования и позволяющая применять модели разных областей с учетом их констелляции, характерна для технонауки [2]. Констелляция формирует определенное стечение обстоятельств, ориентированное на реализацию конкретного результата, и становится важной основой дальнейших рассуждений в нашем исследовании.

На рис. 1 показано пересечение двух областей исследования: «системы автоматизированного проектирования объектов строитель-

ства» и «системы обработки данных и документации», представленных деятельностью специалистов, соответственно обозначенных фигурами  и .

Фигурой  на рис. 1 обозначена деятельность специалиста, использующего модели представления объектов, разработанные в смежной области исследования . Но, при этом, по своему профессиональному видению он совпадает с видением специалиста , область исследования которого он развивает своей деятельностью.

Применим рассмотренный подход к деятельности по созданию и использованию информационных моделей зданий (ВІМ). Идея ВІМ родилась в 70-х годах XX века и с тех пор активно развивается. В стандарте NBIMS (Национальный Стандарт ВІМ в США) содержится следующее определение этой технологии: «Информационная модель здания (ВІМ) является физическим и функциональным отображением сооружения. ВІМ – это общий источник информации, помогающий принимать необходимые решения и сопровождающий весь жизненный цикл сооружения от концепции до сноса» [7]. Приведенное определение требует уточнения в части выявления позиций владельца данной информационной модели и лица, принимающего решения. В системном подходе к строительству такого уточнения не требуется, поскольку предполагается, что жизненный цикл здания, сооружения сопровождает его строитель, заложивший в проект все возможные функции для адаптации к изменениям на этапах жизненного цикла. Позицию строителя, определяющую его деятельность в реализации жизненного цикла здания, сооружения на фазе строительства, обозначим на рис. 2 фигурой .

Деятельность строителя  включает производство функций строительного объекта, обеспечивающих услуги этого объекта на этапе его эксплуатации. Однако при комплексном подходе к описанию жизненного цикла на фазе эксплуатации строительного объекта требуется ввести фигуру потребителя услуг этого объекта, от деятельности которого в полной мере зависит состояние жизненного


цикла на этапе эксплуатации. Позицию потребителя услуг здания, сооружения, определяющую его деятельность и жизнедеятельность в реализации жизненного цикла здания, сооружения на рис. 2 обозначим фигурой .



Рис. 2. Инфографическая модель жизненного цикла строительного объекта при комплексном подходе

Можно констатировать, что на сегодняшний день владельцем информационной модели является строитель, принимающий решения на фазе строительства. А потребитель, принимающий решения по поводу здания, строения, находящегося в его владении, такой моделью не располагает. Однако, в процессе своего развития BIM-технологии проявили широкую применимость не только к объектам строительства, но и к другим объектам, требующим от специалистов подготовки и проведения изменения их параметров. Об этом свидетельствуют темы докладов Международных научно-практических конференций, проводимых в СПбГАСУ и посвященных BIM-моделированию [8, 9]. Это привело к ситуации расширения использо-

вания ВМ-технологий многими субъектами, имеющими отношение к жизненному циклу здания, сооружения.




Информационное моделирование охватило не только строительные объекты, но и инженерные и транспортные системы на территории их расположения [9], и саму территорию, на которой расположены здания, сооружения [10–12]. Привлечем для анализа распространения ВМ-технологий инфографическую модель комплексного объекта переустройства (КОП) [13], приведенную на рис. 3. Можно видеть, что позиция, обозначенная фигурой ∇_5 и обеспечивающая функционирование здания, сооружения (например, сотрудники обслуживающей и ремонтирующей дом организации) может получить и использовать информационную модель здания, сооружения, переняв ее у строителей на корпоративной основе.

Слои 6 и 7 модели обеспечиваются деятельностью фигур ∇_6 и ∇_7 и участвуют в применении ВМ-технологий, поскольку, как показано выше, в этом направлении ведутся исследования, имеется соответствующая практика и готовятся соответствующие программы обучения [14]. Отличие позиций, как направленных, так и ориентированных, от неориентированных, определяет прозрачная верхняя часть фигур.

Слои 2, 3 и 4 модели КОП, обеспеченные деятельностями фигур ∇_2 , ∇_3 , ∇_4 , входят в состав позиций, ориентированных на применение ВМ-моделирование. Так, в слое 4, содержащем технологическую платформу, деятельность ∇_4 формирует набор технологий, которые используются при создании и реализации продукции территории. Поскольку функция «технологической платформы» заключается в обеспечении и сопровождении процесса переустройства, а выполняемой ролью становится интеграция ресурсов организационных и технологических инноваций в управление развитием территории, приводит к тому, что ВМ-технологии обязаны войти в состав задействованных в переустройстве технологий платформы «по своему определению».

| | |
|---|---|
| Потребитель услуг объекта переустройства (ОП) |  1 |
| Услуги ОП (традиционные и инновационные) |  2 |
| Оборудование ОП (здания, сооружения) |  3 |
| Технологическая платформа ОП территории |  4 |
| ОП (здания и сооружения) |  5 |
| Инженерные и транспортные сети и системы коммуникации ОП на территории |  6 |
| Территория расположения ОП (географическое положение, безопасность строительства и эксплуатации зданий, природные ресурсы, климат, ресурсы и др.) |  7 |

Рис. 3. Инфографическая модель комплексного объекта переустройства (КОП)

Деятельность, обозначенная фигурой  ₃, находится в зависимости от применения технологий BIM в силу формирования информационной модели здания, сооружения пространственных ниш под оборудование и каналы для трассировки кабелей и трубопроводов инженерных систем, формирующих функциональные зоны пространства зданий, сооружений. В свою очередь, функциональное наполнение формируемого пространства здания определяет в его информационной модели места реализации деятельности  ₂, имеющей результатом продукцию, ориентированную на потребителя услуг здания, сооружения  ₁ (потребитель услуг ОП).

Необходимо отметить, что в рамках исследований «интеллектуального здания», относящегося к направлениям «САПР в строительстве» и «Искусственный интеллект» [15], в функции автоматизированных систем уже закладывают сбор данных на специализированных интернет-площадках о вариантах полного переустройства здания, сооружения по улучшенным проектам и о проектах, совершенствующих отдельные характеристики элементов здания. Тем самым, формируется и наполняется технологическая платформа КОП, причем хранить такие проекты удобно в форме ВІМ.

Заметим, что в состав подсистемы «технологическая платформа» входят не только «технические», но и социальные технологии, разработанные к настоящему времени. Согласно работе [16]: «...Технологические платформы являются новой коммуникационной площадкой для обсуждения важнейших проектов технологического развития, для выработки и реализации долгосрочных приоритетов в масштабах экономики страны на основе общего видения модернизации существующих и формирования новых секторов экономики, а также инструментов влияния на скорость распространения перспективных технологий во всех сферах жизни общества». Таким образом, технологические платформы объединяют возможности науки, государства и бизнеса, применяемые на всем протяжении цикла жизни строительных объектов, с учетом их функционирования на этапе эксплуатации. Такие платформы становятся основой для формирования тематических направлений инновационной продукции в КОП, результаты которых планируются к внедрению в производство в рамках управления развитием территорий [17]. Причем использование ВІМ-технологий позволяет накладывать на точное описание формы объекта различные интерпретации его функционального наполнения, что характеризует информационные модели зданий как универсальные средства для кросс-моделирования объектов в различных сферах их применения. На рис. 4 приведена инфографическая модель, фиксирующая взаимообмен областей исследования имеющимся ресурсом моделей для расширения применений ВІМ-технологии.

В работах [10, 11] такое расширение ориентировано нами на совмещение использования ВІМ-технологии для зданий, сооружений и территории, на которой они расположены. Позже [12], такое на-

правление моделирования получило название CIM (City Information Model) – информационное моделирование территории города.

Для определения изменений, происходящих в зданиях и на территории их расположения, необходим мониторинг каждого из объектов. Число контролируемых параметров при мониторинге определяется ГОСТ 26433.2-94 и включает в себя группы, каждая из которых содержит десятки параметров, например, линейные размеры, угловые размеры, отклонения от совмещения ориентиров, совпадения осей, симметричности установки, совпадения поверхностей и т. д. Фиксация таких данных определяет изменения в функционировании наиболее уязвимых элементов: строительных конструкций, инженерных сетей и т. д.

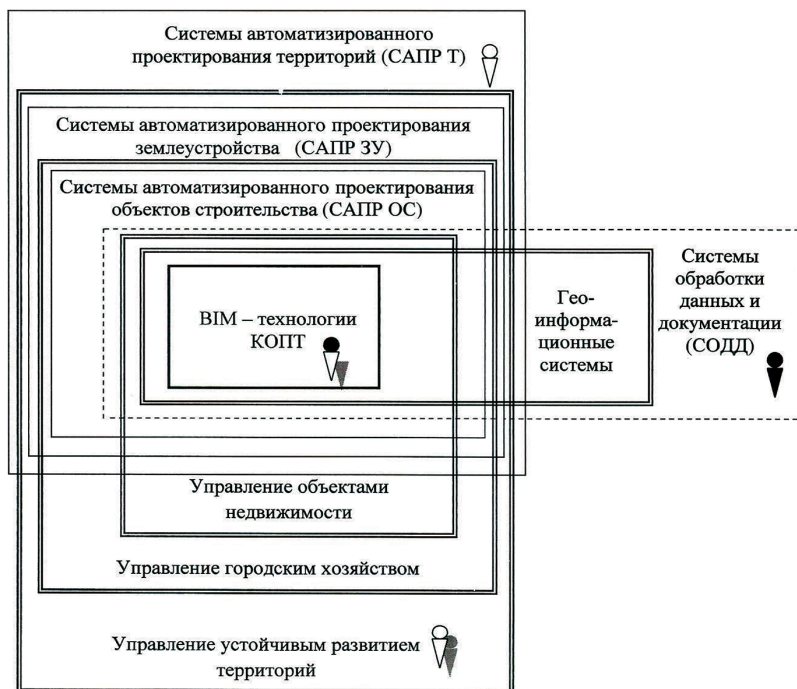


Рис. 4. Инфографическая модель места положения области исследования возможностей применения BIM-технологий в модели КОП

Местоположения разрушений зданий и сооружений на конкретной территории могут быть с достаточной точностью определены на основе расчетов с использованием моделей геодинамических рисков. Основная идея, положенная в основу этих моделей, связана с описанием, анализом и оценкой сейсмо-деформационных процессов в территориально-динамическом аспекте [18]. Средство борьбы с угрозами такого рода заключается в проведении мониторинга каждого из названных объектов и такой мониторинг, выполняемый на основе применения ВМ-технологии, может обеспечить безопасность жизнедеятельности на территории. С другой стороны, комфортность жизнедеятельности на территории может быть сформирована применением принципов моделирования ландшафтной среды [10]. При комплексном подходе к планированию и проектированию урбанизированных территорий на различных уровнях применяются следующие критерии: энергоэффективность; жизненный цикл; термический комфорт; дневное освещение; естественная вентиляция; солнечное затенение; ориентация зданий по отношению к сторонам света. По результатам анализа по приведенным критериям решаются прикладные задачи ландшафтно-экологического проектирования и зеленого строительства [20].

Рассмотренный пример применения ВМ-технологии к двум слоям модели КОП может быть взят за основу для дальнейшего расширения этого применения в отношении всех слоев модели КОП, представленной на рис. 4. Например, если технологическая платформа территории ориентирована на решение экологических проблем этой территории, то модель КОП принимает вид комплексного объекта экологического переустройства территорий (КОЭП), приведенного на рис. 5. Особенность приведенной модели КОЭП состоит в перестройке целевых установок деятельности специалистов, принимающих участие в переустройстве слоев КОП, на соблюдение экологических норм в процессе переустройства территории.

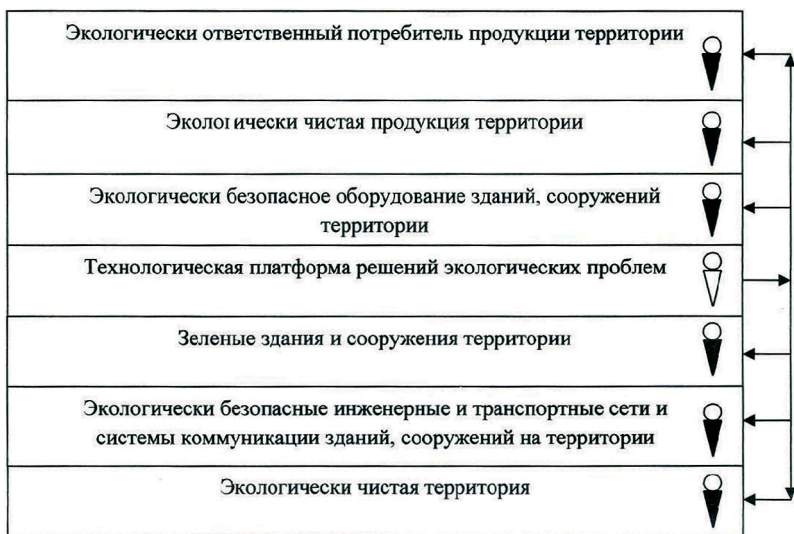


Рис. 5. Инфографическая модель КОЭП



– компания, подвигающая и использующая экологический подход к деятельности



– компания, использующая экологический подход в деятельности

Для обеспечения устойчивости комплексного развития территорий требования стандартов должны быть заложены еще при проектировании продукции. При этом для слоя «здания и сооружения территории» КОП нормы деятельности должны опираться на «зеленые стандарты». Так, базовым фактором создания проектов «зеленых» зданий является следование требованиям соответствующих международных стандартов и системе сертификации зданий по этим стандартам: BREEAM, LEED или DGNB. Выполнение рекомендаций зеленого стандарта, выбранного для сертификации здания, может быть положено в основу как требованиям экологической безопасности выпускаемой продукции на оборудовании в зданиях территории, так и обеспечения экологической безопасности транспортировки в транспортных сетях этих зданий. Такой подход, реализованный

с применением ВІМ-технологии, может быть определен как направление «ВІМ-экология».

Социальные технологии и высокие гуманитарные технологии из технологической базы КОЭП, задействованные в реализации организационных механизмов внедрения стандартов «зеленого» строительства, активно используются общественными движениями и организациями, состоящими из социально-экологически ответственных компаний, занимающихся внедрением концепции устойчивого развития в деятельность компаний, дислоцированных на переустраиваемой территории. Примером такой высокой гуманитарной технологии, использующей принципы, заложенные в реализацию ВІМ-технологии, можно считать подход, предложенный в работе [9]. В этой работе выстраивается наглядная модель ландшафта проблем бизнеса, где в качестве пространственно-временных точек состояния объекта фиксируются цели участников. Анализ полученного ландшафта позволяет выявить пути и сформировать проект приведения объекта в требуемое состояние согласно выбранному критерию, в частности, по приведенному выше критерию повышения экологичности деятельности.

Кратким общим выводом к рассмотренному подходу развития ВІМ-технологий на основе методологии технонауки могут служить следующие тезисы:

1. Установка на освоение ВІМ-технологий и использование их для решения задач моделирования пространственных объектов разной природы определила интенсивный рост числа производителей таких моделей.

2. Расширенное применение ВІМ в исследовательской практике определило экстенсивный рост числа потребителей этих моделей для реализации кросс-модельных транзакций.

Литература

1. Горохов В.Г. Проблема технонауки – связь науки и современных технологий // *Философские науки*. 2008. № 1. С. 33–56.
2. Андреев А.Л. Технонаука // *Философия науки*. 2011. Вып. 16. URL: <https://gtmarket.ru/laboratory/expertize/5993> (дата обращения: 29.02.2020).
3. Ястреб Н.А. Технонаука как современный этап развития технического знания // *Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология*. 2014. Вып. 4(20). С. 33–37.

4. Мохов А.И. Моделирование исследований в естественных науках на основе комплексотехники // Вестник РАЕН. 2015. № 1. С. 25–30.
5. Промохов Ю.Н. Автоматизированная система интеграции функциональных зон строений в САПР объектов строительства. Автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. М., 2004. 18 с. (рукопись).
6. Чулков В.О. Инфография. Курс лекций. М.: МИСИ, 1991. Кн.1 и 2. Ч. 1 и 2. 455 с.
7. NBIMS – Национальный Стандарт BIM в США.
8. Захарова Г.Б. Применение BIM в реставрации объектов культурного наследия // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 112–117. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.020.
9. Знобищев С.В., Шамраева В.В. Новые подходы к построению линейных участков транспортной инфраструктуры с использованием BIM-моделирования // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 124–128. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.022.
10. Саянов А.А., Жуковский С.В., Каманина Т.С., Виноградова К.А. Моделирование ландшафтной среды при проектировании урбанизированных территорий // Вестник «Зодчий 21 век». 2015. Т. 54, № 1. С. 80–81.
11. Мохов А.И., Минаев В.А., Фаддеев А.О. Системная интеграция BIM-технологий и моделей геодинамических рисков в строительной сфере // Управление развитием территории. 2016. № 1. С. 54–58.
12. Парамонова М. Модель будущего. Умное градостроительное проектирование от BIM до CIM // Бизнес и территория. 2018. № 2(61).
13. Светлаков В.И., Мохов А.И. Модель цикла комплексного развития территории // Интернет-журнал «Наукovedение». 2014. № 6. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/68EVN614.pdf>. DOI: 10.15862/68EVN614.
14. Семенов А.А. Обучение BIM в университете: необходимые технологии // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 223–227. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.041.
15. Душкин Р.В. Особенности функционального подхода в управлении внутренней средой интеллектуальных зданий // Прикладная информатика. 2018. Т. 13, № 6(78). С. 20–31.
16. Быстров А.В., Светлаков В.И., Бойкова И.В. Ресурсы технологической платформы в составе комплексного объекта переустройства территорий. В кн.: Современные проблемы управления проектами в инновационно-строительной сфере и природопользовании: материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию РЭУ им. Г. В. Плеханова, 12–16 апреля 2017 г. Под ред. В.И. Ресина. М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2017. С. 287–291.
17. Стройков А.В. Научно-практические основы стратегии маркетинга фармацевтических предприятий. Дисс. в виде научн. доклада на соискание уч. степени канд. экон. наук. М., 2001.

18. Минаев В.А., Фаддеев А.О., Топольский Н.Г. и др. Моделирование геодинамических рисков в чрезвычайных ситуациях. Хабаровск: Изд-во ДВЮИ МВД России, 2014. 123 с.

19. Вахин А.А. Анализ Ландшафта проблем бизнеса, связанных с дефицитом деловых знаний. М.: ООО «Эксити-группа», 2017. 10 с.

20. Саянов А.А., Голубева Е.И., Король Т.О. Коттеджные поселки как новый элемент системы расселения в России. М.: ЛЕНАНД, 2018. 208 с.

УДК 658.513

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.014

Мялковский Игорь Константинович, управляющий ЭТМ
по взаимодействию с вузами и отраслевыми учебными центрами
(ООО «ТД «Электротехмонтаж»)

E-mail: migork@mail.ru

Треэль Вячеслав Августович, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет)

E-mail: tva653@yandex.ru

Myalkovsky Igor Konstantinovich, Manager of ETM for interaction
with universities and industry training centers
(LLC “TD Electrotehmontazh”)

Treyal Vyacheslav Avgustovich, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

CHALLENGES OF DIGITALIZATION IN THE LIFE CYCLE OF AN ELECTRICAL ENGINEERING FACILITY

Статья посвящена повышению производительности взаимодействия автоматизированных информационных систем в жизненном цикле объекта электро-техники путем цифровизации. Приведены оценки параметров резонансного роста производительности такого взаимодействия в сравнении с неавтоматизированной обработкой информации и до внедрения цифровизации. Рассмотрены важнейшие направления цифровой трансформации предприятия с учетом согласованного взаимодействия корпоративных информационных систем. Подчеркнута важность обеспечения непрерывного повышения качества обслуживания внешних и внутренних

клиентов при внедрении цифровых систем. Даны примеры оценки роста производительности труда в зависимости от масштаба применения средств цифровизации.

Ключевые слова: цифровизация, информационный сервис, производительность, жизненный цикл объекта, электротехника, синергия.

The article is devoted to increasing the productivity of interaction between automated information systems in the life cycle of an electrical engineering facility by means of digitalization. The authors analyze the parameters of rapid productivity growth during such an interaction in comparison with manual data processing prior to digitalization. They consider the most important directions of digital transformation in a company with account for the coordinated interaction of corporate information systems. The authors emphasize the importance of ensuring the continuous improvement of the quality of service rendered to external and internal customers when implementing digital systems. They also provide examples of evaluating productivity growth depending on the scale of the digitalization tools application.

Keywords: digitalization, information service, productivity, object life cycle, electrical engineering, synergy.

Цифровизация или цифровая трансформация декларируется как основной инструмент жизненно необходимого России повышения производительности труда. Статья подготовлена для фиксации и отражения результата цифровизации: эффекта резонансного увеличения производительности труда за счет интеграции автоматизированных информационных систем компании ЭТМ, ведущих производителей электротехники и одной из крупных государственных корпораций на основании итогов работы за 2018 год, а также за счет применения стандарта EDI и юридически значимого электронного документооборота между поставщиками и потребителями.

При создании первых автоматизированных систем управления (АСУ) в начале 70-х годов никто не называл АСУ национальной целью. Тогда принято было считать, что с АСУ просто жить удобнее: производительность труда возросла, сократились рутинные операции, последовательно выросли требования к квалификации, работать стало интересней. АСУ воспринимали как часть эволюционного процесса. И сейчас цифровизация – обычная технологическая эволюция. Ее необходимо прогнозировать. Нельзя принимать сиюминутные решения или искать немедленную выгоду от политизированного тренда. Потому, что на глобальном рынке при таком подходе никакая цифра не спасет от краха экономики.

В отличие от автоматизации, роботизации и информатизации, рассматривают два важных направления цифровой трансформации предприятия. **Первое:** перевод имеющихся на предприятии производственных систем с аналоговой формы сигналов на цифровую. Сюда можно отнести различные корпоративные информационные системы, автоматизированные системы управления производством и технологическими процессами, системы управления цехового уровня автоматизации и пр. **Второе:** интеграция перечисленных систем с внешними информационными системами: с глобальными сервисами информационно-технологической поддержки пользователей типа Yandex Direct, Google, YouTube, OneDrive, DropBox и даже ВКонтакте и Facebook, и отраслевыми, например, типа iPRO в электротехнике. Такое направление развития государства задано программой цифровой экономики Российской Федерации [1] (рис. 1). Путаница понятий «цифровизация», «автоматизация», «информатизация», «роботизация» уже привела множество «внедренцев цифровизации» к многочисленным ошибкам. В частности, к тому, что они под влиянием очередного политического указания инициативно «перестроились»: стали вдруг заниматься «еще лучше, чем раньше», автоматизацией, информатизацией и роботизацией, ошибочно полагая, что занимаются при этом именно цифровизацией своего предприятия. Вторая ошибка заключается в том, что цифровое предприятие некоторые руководители пытаются создать как нечто законченное строительством – «завершенная цифровизация». Сразу совершенную систему создать невозможно. Но заложить в первую версию системы обязательный регламент непрерывного повышения качества обслуживания внешних и внутренних клиентов можно и нужно. При этом внешних и внутренних клиентов требуется принципиально обслуживать одинаково: по одним правилам, за одинаковую стоимость.

Цифровая трансформация заключается также в создании нового цифрового мышления. Цифровизация отражается образовательными учреждениями как междисциплинарный процесс, требующий охвата нескольких учебных дисциплин в сознании обучаемых. Им приходится знакомиться со множеством широко внедряемых в жизнь современных технологий. Облачные и «туманные» технологии, искусственный интеллект, роботизация, а также технологии больших

данных, интернет-вещей, «умных вещей», информационного моделирования или цифровых двойников уже достаточно прочно «стоят на ногах» в России. К сожалению, большинство студентов вузов и колледжей, а иногда и преподаватели, сами ежедневно пользуясь этими технологиями, зачастую не имеют представления об их существовании рядом с ними, об уровне и темпах их развития.



Рис. 1. Ключевые направления цифровизации России

Любая новая информация о внедряемой технологии всегда сначала вызывает спор и несогласие. Такое происходит до тех пор, пока эта технология не становится привычной. Нестандартное мышление – свойство людей с критическим мышлением. Именно оно и должно стать целью формирования у студентов, которым придется выбирать профессию будущего в условиях, когда множество привычных профессий «исчезает на глазах».

Наша жизнь должна приобрести привычного цифрового двойника. В странах G7 цифровую трансформацию называют иначе внедрением интернет-вещей. Например, по данным экспертов компании Juniper Research, количество подключенных датчиков и устройств Интернета вещей мире в 2018 году составило около 21 млрд., а к 2022 году превысит 50 млрд. Поставщики промышленных решений в России и за рубежом уделяют большое внимание встраиванию и внедрению подключенных систем, состоящих из нескольких информационных систем, устройств и датчиков, в ряд отраслевых вертикалей и бизнес-процессов, что позволяет им модифицировать существующие

операции и разрабатывать новые эффективные бизнес-модели. Как всегда, наибольшие преимущества от адаптации новейших технологий, в том числе интернета вещей, «умного дома», ВІМ-технологий и т. д. получают те, кто раньше начнет их использовать. Поэтому необходима подготовка специалистов со знанием современных цифровых технологий, чтобы закрыть возрастающую потребность компаний в соответствующих кадровых ресурсах.

С учетом изложенных тенденций в цифровизации в настоящее время на кафедре электроэнергетики и электротехники СПбГАСУ в рамках курса компьютерного проектирования электрических систем зданий с применением ВІМ-технологий студенты изучают основы работы с современными отечественными и зарубежными системами автоматизации проектирования в области электроэнергетики. Основное внимание уделяется элементам системы nanoCAD Инженерный ВІМ – пакетам nanoCAD Электро и nanoCAD Plus, которые обеспечивают создание информационных моделей элементов инженерных сетей с поддержкой форматов DWG и IFC, что гарантирует, в соответствии с принципом проектирования Open ВІМ, простой и быстрый обмен информацией со смежниками и заказчиками. Студенты получают также представление о работе с другими ВІМ-платформами, такими как Revit, ARCHICAD, Allplan и др. В дальнейшем, при условии выделения дополнительных учебных часов на такой курс, можно обеспечить более детальное ознакомление учащихся с подобными ВІМ-системами, что позволит им после выпуска значительно быстрее адаптироваться к реальной работе на производстве, учитывая многообразие используемых систем на конкретных предприятиях.

Цифровая цивилизация, создаваемая на основе цифровой экономики, цифровой политики, цифрового искусства и цифровой культуры, так или иначе воспринимается потребителями как некий новый вид сервиса. Даже на начальных стадиях он должен быть самооплачиваемым и предоставлять хоть какие-то минимально пригодные к употреблению цифровые услуги. Закладывая в него регламент непрерывного улучшения, мы получим стратегию создания через какое-то время сервиса, полезного большинству населения. Потребителям не обязательно знать весь объем и структуру «кухни» цифровизации. Как правило, им достаточно получать информационный (цифровой)

сервис в виде информационно-технологического сопровождения или поддержки пользователей, логистического сервиса, сервиса управления жизненным циклом объектов строительства (технического решения на объекте строительства) или управления «жизнью» продукта (товара, продукции, изделия промышленности). Раз речь идет об информационном сервисе, создавать его целесообразно в соответствии с международными «хорошими» практиками, описанными в библиотеке ITPLv3 (v4), технологии ITSM и ГОСТ ИСО 20000 [2–4].

В этом смысле рост производительности труда можно оценить в зависимости от масштаба применения средств цифровизации. Это легче всего сделать конечному потребителю услуг. Однако, как правило, конечные пользователи не задумываются, насколько увеличивается производительность и результативность их труда, когда они пользуются средствами автоматизации разного уровня. Несложно измерить, что когда вы пользуетесь обычным компьютером, производительность увеличивается примерно в 2–5 раз. Диапазон зависит от того, кто, как и когда пользуется компьютером. Например, у бухгалтера производительность возрастает примерно в 4–5 раз. У проектировщика – в 3–4, у дизайнера – в 2–3 раза. Разумеется, производительность труда в этих случаях величина переменная и зависит от навыка работы.

Результативность же коллективного труда в проектной среде зависит от понимания задач всеми участниками, навыков применения системы автоматизированного проектирования (САПР), заинтересованности в достижении целей проекта к заданному сроку.

При использовании средств коллективной разработки достигается эффект синергии – резонанса производительности. Условия синергии: наличие единого информационного пространства, участники вдохновляют друг друга (задают единый ритм), пересечение целей участников. Можно приблизительно оценить, что применение систем электронного документооборота, коллективного проектирования, даже коллективной разработки обычного текстового документа, приводит к весьма существенному повышению производительности труда: в 20–30 раз по сравнению с разработками на отдельных компьютерах или тем более без них. Здесь диапазон зависит от того, сколько людей одновременно работает, какие у них первичные навыки коллективной работы, что именно они делают в таком совместном проекте.

При работе с глобальными сервисами (например, в электротехнике стандартом де-факто отрасли стал информационный сервис iPRO) замечено, что производительность нескольких десятков или сотен людей, управляющих с помощью внешних сервисов и корпоративных информационных систем жизненным циклом объекта строительства, может возрасти еще больше. Эффект позволяет увеличить производительность в 50–250 раз и более. Сами участники в данном случае могут быть разделены во времени и в пространстве. Самый простой способ измерить такой резонанс производительности взаимодействия информационных систем в жизненном цикле объекта строительства – отследить (по календарю и с помощью обычных часов) время движения продукции на наиболее сложном этапе «жизни» объекта – во время его строительства (потока поставок). От момента формирования потребности и выбора комплектующих изделий разных поставщиков до момента получения выбранного и заказанного товара к себе на склад предприятия.

Есть вполне определенный смысл связывать такой резонансный эффект с цифровизацией. Ведь в данном случае очевидно, что цифровизация выгодна целой стране, вполне достижима существующими средствами, постижима для образования.

Синергия и независимость – два противоположных полюса производительности труда. Самых больших успехов добиваются люди, которые могут выстраивать гармонию с окружающим миром в условиях случайного противодействия. Производительность любой цепи производства, согласно Лоуренсу Личу [5], в каждый момент определяется лишь одним ограничением: ограниченным отрезком времени и задействованными ресурсами текущего этапа жизни объекта.

Синергия обладает скрытым или неочевидным свойством: участники промежуточных этапов жизненного цикла объекта ее не ощущают. С точки зрения одиночного пользователя его деятельность не отличается от его обычной работы, когда он работает в одиночку. Однако общую оценку следует производить по общему результату, например, времени достижения цели: выбора аналогов с оформлением проекта в виде чертежа и спецификации, автоматизированного заказа с использованием внешнего глобального отраслевого каталога продукции всех основных поставщиков вплоть до момента получения заказанной продукции на свой склад. В целом ясно, что в такую

комплексную оценку внедряемых элементов цифровизации должен входить анализ эффективности всего проекта, а также технико-экономическое обоснование вложенных инвестиций [6]. В табл. 1 приведен пример описываемого эффекта после внедрения сервиса iPRO в крупном предприятии промышленности. Полученные результаты взяты из годового отчета по коммерческой деятельности компании «Электротехмонтаж», г. Санкт-Петербург, за 2018 год. Из таблицы видно, что организовать оперативный обмен данными при интеграции корпоративной информационной системы с внешним информационным сервисом стоит того, чтобы уже сегодня заниматься цифровизацией. Создание отраслевых каталогов, содержащих продукцию множества ведущих или всех поставщиков отрасли, интеграция сервисных подсистем каталогов, как внешних сервисов по отношению к корпоративным информационным системам, с информационными моделями объектов – это важнейшая тенденция цифровизации.

Таблица 1

Иллюстрация эффекта синергии от интеграции корпоративной информационной системы промышленного предприятия и внешнего сервиса iPRO

| До внедрения iPRO | После внедрения iPRO | Полезный эффект |
|--|---|---|
| 800 поставщиков, используемых случайным подбором на рынке, в условиях тендеров по 44-ФЗ без возможности выбрать аналоги путем их сравнения | 1) Два надежных поставщика 2) Прозрачное ценообразование 3) Работа в соответствии с 44-ФЗ | 1) Уменьшение налоговых рисков 2) Оптимизация снижения стоимости бизнес-процессов 3) Честная позиция на рынке |
| Неконтролируемые закупки на местном рынке. Отсутствие регламента утилизации | Возможность сравнивать аналоги разных поставщиков | Сокращение времени выбора заказа |
| 10000 позиций | 10000 позиций. Централизованная поставка на 26 объектов заказчика в 15 областях РФ | Такое же количество позиций номенклатуры при централизованном удобном мониторинге |

Окончание табл. 1

| До внедрения iPRO | После внедрения iPRO | Полезный эффект |
|---|---|--|
| Среднее время поставок от заявки потребности до получения и учета на складе заказчика 90 дней | Менее 30 дней за счет синергии при взаимодействии участников движения товара от производителя к потребителю | Сокращение времени поставок на 60 дней |

Она способна коренным образом изменить отношение к производительности труда в масштабе страны, значительно повысить эффективность (производительность и результативность) взаимодействия автоматизированных информационных систем в жизни объекта строительства, дать возможность студентам ВУЗов попробовать себя в разной роли – специалиста на любом из этапов жизненного цикла объекта, представлять себе систему взаимодействия участников жизненного цикла.

Выводы. Применение подобной технологии в разделе электротехники, в других разделах информационной модели объекта строительства отвечает потребностям государства, требует развития и дальнейших научных и практических исследований в аспекте цифровизации предприятий отрасли.

Использование данной технологии в соревнованиях студентов вузов и рабочих специальностей, например, по методике World Skills, позволит значительно ускорить развитие технологии за счет ее освоения молодыми специалистами.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р «Цифровая экономика Российской Федерации».
2. Ковалев А.В. Доступный ИТIL. Настольная книга ИТ руководителя. М.: Тезаурус, 2016. 450 с.
3. Ингланд Р. Овладевая ИТIL. Пер. с англ. М.: Лайвбук, 2011. 200 с.
4. Будкова Л., Журавлёв Р. Методическое руководство для подготовки к профессиональным экзаменам ISO 20000 Foundation и ISO 20000 Foundation Bridge. М.: Клеверикс, 2010. 124 с.

5. Лич Л. Вовремя и в рамках бюджета: Управление проектами по методу критической цепи. Пер. с англ. М.: Альпина Паблишерз, 2010. 354 с.

6. Александрова Е.Б. Роль и задачи экономиста при BIM-моделировании в строительстве в условиях цифровой экономики // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 35–39. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.005.

УДК 658.5

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.015

Нарезная Тамара Карповна, канд. экон. наук, доцент

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

E-mail: narejnaya@mail.ru

Звонов Илья Александрович, старший преподаватель

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

E-mail: kafedravs@gmail.com

Корнилова Дарья Леонидовна, магистр

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

E-mail: dasha_denisova@bk.ru

Narezhnaya Tamara Karpovna, PhD of Sci. Ec., Associate Professor

(Moscow State University of Civil Engineering)

Zvonov Ilya Aleksandrovich, Senior Lecturer

(Moscow State University of Civil Engineering)

Kornilova Daria Leonidovna, master student

(Moscow State University of Civil Engineering)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕХОДА СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ БЮДЖЕТНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ К ЦИФРОВОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

PROSPECTS FOR THE TRANSITION OF THE BUILDING MANAGEMENT SYSTEM IN STATE-FUNDED EDUCATIONAL INSTITUTIONS TO DIGITAL OPERATION

Доклад посвящён анализу задач и возможностей внедрения доступных и полномасштабных систем автоматизации технической эксплуатации зданий и все бо-

лее актуальных ВМ-технологий, которые являются основой «цифровой эксплуатации» здания в современных условиях.

В исследовании рассмотрена и проанализирована специфика российской нормативно-правовой базы регулирования вопросов применения информационного моделирования, выявлены перспективы ее развития. Определены характерные особенности систем эксплуатации зданий образовательных учреждений при внедрении «цифровой эксплуатации». Выявлены отдельные риски на пути комплексного внедрения ВМ-технологий в систему эксплуатации зданий.

Ключевые слова: цифровая эксплуатация, цифровой двойник здания, система технической эксплуатации, профильное программное обеспечение, системы автоматизации, управление зданием, ВМ-технологии.

The authors analyze tasks and possibilities of implementing accessible full-scale systems of building maintenance automation and ever more urgent BIM technologies, which are the basis of modern “digital operation” of buildings.

The study examines the specifics of the Russian regulatory framework covering the use of information modeling and identifies prospects for its development. The authors determine the distinguishing characteristics of building management systems in educational institutions during the implementation of “digital operation”. They also identify some risks related to the integrated implementation of BIM technologies in the building management system.

Keywords: digital operation, digital building twin, maintenance system, specialized software, automation systems, building management, BIM technologies.

Введение. В течение последних нескольких лет, интенсивно увеличивается доля применения ВМ в самых разных проектах, уровнях и областях. Эта тенденция положительно отмечается и на государственном уровне, и со стороны бизнес-сообществ. Наблюдается активное развитие цифровых технологий в проектировании и строительстве, ВМ-модель здания все чаще становится неотъемлемым компонентом инвестиционного проекта. Однако ВМ представляет значительно больше возможностей, которые пока мало используются у нас, в отличие от стран Европы или США. Особенно, когда речь заходит об эксплуатации зданий. Ведь ВМ-модель может стать эффективным инструментом и после завершения строительного цикла.

Актуальность вопроса внедрения «цифровой эксплуатации» основывается на тенденции цифровизации экономики России.

Развитие нормативно-законодательной базы применения BIM технологий в эксплуатации зданий в России

На сегодняшний день в России активно ведется разработка национальных стандартов, сводов правил, стандартов, задача которых заключается в системном внедрении цифровых технологий в проектирование, строительство и эксплуатацию зданий и сооружений. Это направление реализуется уже несколько последних лет и приносит первые плоды.

Например, в 2017 году принят ГОСТ Р 57311–2016 «Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов заверченного строительства». И теперь все возводимые бюджетные объекты должны передаваться в эксплуатацию вместе с цифровой моделью здания [1]. Создаваемая нормативно-правовая база особенно касается, как акцентировал в своем поручении Правительству Президент РФ В.В. Путин, зданий социально-бытового назначения, собственником которых в большей части является государство. Для полноценного применения цифровых технологий всеми участниками строительной отрасли на всех этапах жизненного цикла объекта строительства требуется разработка и принятие всеми участниками целого комплекса документов. Такая работа в настоящее время ведется. Разработка национальных стандартов по информационному моделированию зданий и сооружений (BIM (ТИМ)) в России была закреплена за Техническим комитетом по стандартизации 465 «Строительство» (ТК465). Активное участие в этой работе принимает строительное сообщество и BIM-Ассоциация России [2].

Согласно национальной программе «Цифровая экономика РФ», должно расти число городов, управление которыми осуществляется с помощью интеграции информационных и коммуникационных смарт-технологий.

В процессе нормотворчества активно перенимается зарубежный опыт, однако, слишком велика отечественная специфика. В планах по формированию более или менее полного комплекта предусмотрена разработка более 60 стандартов.

К сожалению, при всей позитивности ситуации, развитие и внедрение BIM в нашей стране идет по пути Проектирование –

Строительство – Эксплуатация. Следовательно, вопросы эксплуатации будут отставать при прочих равных (рис. 1). А ведь эксплуатация зданий является одним из самых сложных и трудоёмких видов инженерной и управленческой деятельности. Она не уступает, а иногда и превосходит даже строительство по объёму инженерных, экономических, управленческих и иных задач. При этом сфера эксплуатации имеет огромный масштаб в связи с тем, что реализуется в течение длительного времени применительно ко всем зданиям, независимо от функционала и формы собственности [3].

| | | Бумажные носители | 2 D Плоские чертежи по объекту | 3 D Объёмные чертежи по объекту | 4 D 3D с привязкой ко времени | 5 D 3D с привязкой ко времени и ресурсам | 6 D 3D с привязкой ко времени и комплексу ресурсов |
|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|---|
| «Топовые» коммерческие объекты | Проектирование | | | | | | |
| | Строительство | | | | | | |
| | Эксплуатация | | | | | | |
| | Эксплуатация социальных объектов | | | | | | |

Рис. 1. Уровень применения ВМ-технологий

Современный уровень развития управления недвижимостью делает всё более очевидной необходимость внедрения в эту сферу новых эффективных механизмов «цифровой эксплуатации». И вопрос заключается не создании «среднерыночных» продуктов, а в подготовке адаптированных информационных систем, отвечающих специфике отечественной эксплуатации, особенно если речь идет о социальных объектах, например, о зданиях образовательных учреждений.

Подобные информационные системы способны во многом решить проблему организации эффективного взаимодействия техни-

ческих служб в том виде, в каком они сейчас существуют, а также обеспечить комплексное управление качеством эксплуатации зданий и сооружений. В данном случае, целью внедрения «цифровой эксплуатации» станет необходимость повышения эксплуатационной надежности, функциональной продуктивности зданий образовательных комплексов в условиях финансовых ограничений за счет использования современных технологий планирования, организации и оценки результативности эксплуатации недвижимости.

Возможности применения BIM-технологий в эксплуатации зданий образовательных учреждений

Современные жилые или офисные здания представляют собой сложные комплексные объекты, где количество инженерных систем и их насыщенность требуют системного и многокритериального управления и сопровождения. Такие задачи по определению требуют «цифровизации», но ее внедрение влечет за собой большие финансовые затраты. К примеру, стоимость внедрения систем «цифровой эксплуатации» в США оценивается в пределах 1–1.5 млн долларов, что для объектов коммерческого назначения вполне допустимо и окупаемо. Но если говорить об объектах образовательных учреждений, необходимо обратить внимание на их ограниченный бюджет и специфику функционирования, которая подразумевает под собой требования по обеспечению параметров учебного процесса и экономии ресурсов.

В обоих случаях внедрение «цифровой эксплуатации» зависит от текущей степени автоматизации здания, планов по модернизации оборудования, первоочередных потребностей учреждения. И в обоих случаях «цифровая эксплуатация» может основываться на формировании виртуального аналога реального объекта – цифрового двойника зданий. Подобные решения объединяют информационные и эксплуатационные технологии. В качестве средств разработки двойника необходимо выбрать единую программную платформу, на основе которой, в свою очередь разрабатываются приложения с адаптированными формами, шаблонами, применимыми для конкретных объектов.

Данный подход обеспечивает следующие основные параметры системы эксплуатации:

- повышение периода безаварийной работы. По опыту отдельных компаний происходит снижение количества инцидентов до 70 %, незапланированный простой оборудования сокращается до 35 %, уменьшаются затраты на устранение аварий;

- снижение стоимости поддержки и развития цифровой эксплуатации. Возможность тиражирования наработок с меньшими затратами;

- унификация оборудования по определенным критериям с возможностью фильтрации;

- снижение затрат на администрирование процесса эксплуатации;

- предоставление руководителям аналитических отчетов и данных для принятия решений, связанных с повышением ресурсоэффективности, устойчивости работы инженерного оборудования, статистики по устранению инцидентов и аварий, исполнению регламентов;

- создание ежедневного рабочего инструмента для сотрудников системы эксплуатации, позволяющего осуществлять мониторинг, локализацию и предотвращение инцидентов, формировать потребности в ремонтах и обслуживании на основании фактических данных [4];

- обеспечение возможности диспетчеризации системы эксплуатации;

- прочие параметры, такие как формирование отчетов, наличие мобильных версий, функции прогнозирования, интеграция с корпоративными системами и пр.

Двойник может стать основой технической системы эксплуатации здания, если за основу использовать строительную ВМ-модель, наполненную информационными данными о конструктивных элементах, отделочных материалах, инженерном оборудовании и сетях и пр. Сюда может включаться информация о поставщиках материалов и оборудования, ценах, сроках выполнения регламентных работ, гарантийных сроках и другая информация, которая может потребоваться собственнику здания для нормальной эксплуатации. Эти данные, систематизированные по соответствующим разделам, обеспечат своевременное обслуживание всех инженерных систем, помогут с расчетами расходов на содержание здания и составление графиков периодических осмотров, и поддержании необходимого уровня комфорта и технической готовности [5].

Эффективность применения BIM технологий в эксплуатации зданий образовательных учреждений

По мнению экспертов, «цифровая эксплуатация» является шагом к переходу на уровень «экологическое здание», что помогает сократить расходы ресурсов на 20–30%, а также сократить расходы на техническое обслуживание на 10–15%, на коммунальные услуги и ремонты. Еще более ощутимыми цифры экономии становятся в условиях эксплуатации групп зданий. Сейчас, инженеры службы эксплуатации вынуждены переходить от здания к зданию, тратя очень много времени на осмотр, регулировку, настройку систем по каждому из них. В условиях «цифровой эксплуатации» появляется возможность внедрения в общую систему новых структур, представляющих собой верхний уровень системы управления зданиями и объединяющих в одну сеть локальные диспетчерские пункты всех образовательных комплексов. В таких условиях будет обеспечиваться контроль состояния и параметров жизненно важных инженерных систем, своевременное получение информации об авариях и отклонениях от заданных параметров по каждой инженерной системе и каждому зданию. Подобное укрупнение характеризуется рядом положительных факторов:

- объединение разнородных инженерных систем объектов в единую систему для удобства обслуживания и эксплуатации;
- получение информации о нештатных ситуациях в режиме реального времени для возможности их предупреждения и устранения;
- ресурсомониторинг и анализ реального расхода ресурсов;
- комплексная диагностика, тестирование инженерных систем;
- централизованное хранение актуальной документации по зданиям;
- визуализацию объекта и средства дополненной реальности;
- улучшение координации внутри службы эксплуатации.

Обоснованно ожидать, что масштабное внедрение «цифровой эксплуатации» будет содействовать достижению ряда эффектов, охватывающих различные стороны эксплуатации объектов недвижимости: организационно-технический эффект; организационно-управленческий эффект; экономический эффект.

Вывод

Из всего вышеизложенного можно сделать общий вывод, что внедрение «цифровой эксплуатации» поэтапно приведет к значительному упрощению процессов планирования и контроля деятельности служб эксплуатации. Но несмотря на очевидные достоинства «цифровой эксплуатации», она некоторое время не получит широкого распространения в бюджетных организациях по причине сложности в управлении и высокой стоимости. Внедрение ВМ-технологий в эксплуатацию недвижимости приводит к упрощению процессов планирования и контроля деятельности профильных служб, а бюджет становится более прозрачным и эффективным.

Литература

1. ГОСТ Р 57311-2016. Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства (ред. от 01.11.2018). М.: Стандартинформ, 2018. 8 с.
2. Нигматулин Т.А. Информационная модель в сфере жилищно-коммунального хозяйства // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2019. № 3(35). С. 77–82.
3. Нарезная Т.К., Звонов И.А., Денисова Д.Л. Перспективы применения информационных технологий в области технической эксплуатации зданий // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 31–35.
4. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. М.: Стандартинформ, 2018. 40 с.
5. Киселева О., Богославский В., Матвиенко К. Цифровая трансформация эксплуатации комплексов зданий и сооружений // Control Engineering Россия. 2019. № 1(80). С. 32–37.

УДК 658.512

DOI: 10.23968/VIMAC.2020.016

Овчинников Максим Алексеевич, канд. техн. наук, генеральный директор
(ООО НПФ «Топоматик», Санкт-Петербург)

E-mail: m.ovchinnikov@topomatic.ru

Ovchinnikov Maxim Alekseevich, Ph.D. in Tech., Director
(LLC “Topomatic”)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ТОПОМАТИК ROBUR» ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

USING TOPOMATIC ROBUR SOFTWARE FOR ROAD INFORMATION MODELING

Проблема эффективного расходования ресурсов дорожных, проектных и строительных организаций может быть решена в результате применения управленческих и технологических инноваций. Создание эффективной единой информационной модели на основе технологии информационного моделирования в условиях коллективной работы – важная задача, требующая решения. Рассмотрен вариант организации среды общих данных на различных стадиях проектирования, строительства и эксплуатации. Обозначено понятие информационной модели. Практический интерес представляет возможность применения предложенной методологии, что позволит снизить издержки в строительной отрасли за счет эффективного распределения рабочих ресурсов.

Ключевые слова: информационная модель, среда общих данных, мастер-проект, сводная модель, исходная модель.

The problem of efficient resource utilization in road, design, and construction organizations can be solved due to managerial and technological innovations. Creating an effective unified information model based on information modeling technology in a team environment is an important task to address. The author considers an option of organizing a common data environment at various stages of design, construction, and operation. The concept of the information model is determined. Of practical interest is the possibility of applying the proposed methodology, which will result in cost reduction in the construction industry due to the efficient allocation of work resources.

Keywords: information model, common data environment, master project, federated model, source model.

В современных условиях приходится все чаще сталкиваться со сжатыми сроками исполнения проектно-исследовательских работ, при этом необходимо удовлетворять жестким требованиям к качеству проектных решений. Большое значение имеет то, насколько эффективно используются имеющиеся в распоряжении программные средства, и насколько слаженно организована работа сотрудников. Единственным выходом является полномасштабное внедрение систем автоматизированного проектирования (САПР), обеспечивающих сквозную безбумажную технологию, начиная с обработки материалов изысканий и заканчивая выпуском проектной документации [1].

С уверенностью можно сказать, что чем лучше организован процесс проектирования, тем выше качество конечного продукта. Чем более эффективное используется программное обеспечение, тем быстрее и дешевле будет создана информационная модель.

В настоящее время, фактически, наблюдается постепенный переход от автоматизированного проектирования к информационному моделированию. Информационное моделирование активно внедряется в сфере строительства, архитектуры и смежных областях [2]. Одна из важнейших задач коллективной работы – это необходимость совместного сотрудничества нескольких отделов, а зачастую, и нескольких смежных организаций.

С этой задачей успешно справляется имеющееся отечественное программное обеспечение. Это подтверждается целым рядом выполняемых пилотных проектов. Одним из самых распространенных отечественных программных продуктов в дорожной отрасли является программный комплекс «Топоматик Robur», основанный на многолетнем опыте проектирования. В него заложены нормативы РФ, учтены традиционные технологии, хорошо налажены сопровождение и техническая поддержка.

Понятие среды общих данных (СОД) становится ключевым моментом технологии информационного моделирования. СОД – это согласованный источник информации для участников процесса на всех стадиях жизненного цикла [3].

«Топоматик Robur» реализует облачную СОД на основе принципа распределенного, децентрализованного хранилища данных – современного решения, минимизирующего затраты на поддержку ра-

ботоспособности сервера и гарантирующего бесперебойную работу всей системы, даже при временной недоступности связи.

В технологии информационного моделирования очень важно обозначить понятие информационной модели. Следует различать два типа информационных моделей: исходные модели и сводные модели.

Исходные модели – это составные компоненты проекта, содержащие геометрические параметры и атрибутивную информацию. Это могут быть различные поверхности, площадки, сети, подбъекты, 3D-модели и так далее [4].

Исходные модели, созданные в проекте Robur, содержат всю исходную информацию в параметрическом виде и могут редактироваться при помощи доступного инструментария. Исходные модели, созданные при помощи других программных продуктов, должны быть представлены в виде 3D-моделей в открытом формате, предпочтительно в известном и удобном в использовании формате «ifc». Также в виде «ifc»-файлов представлены элементы библиотек конструкций. Для редактирования библиотек имеется специальный редактор. Это позволяет производителям формировать каталоги конструкций.

Все исходные модели отображаются в рабочих окнах Robur и динамически перестраиваются при редактировании. Работа с исходными моделями имеет ряд преимуществ, среди которых можно выделить следующие:

- при совместной работе всегда отображается актуальное состояние проекта;
- возможные коллизии могут быть выявлены на ранней стадии;
- при публикации в СОД легко осуществляется мониторинг и оперативные согласования.

Сводная модель генерируется из совокупности исходных путем их сборки по определенным правилам. Состав сводной модели и ее информационное наполнение зависит от цели, с которой она была создана, и может значительно варьироваться в зависимости от ее назначения.

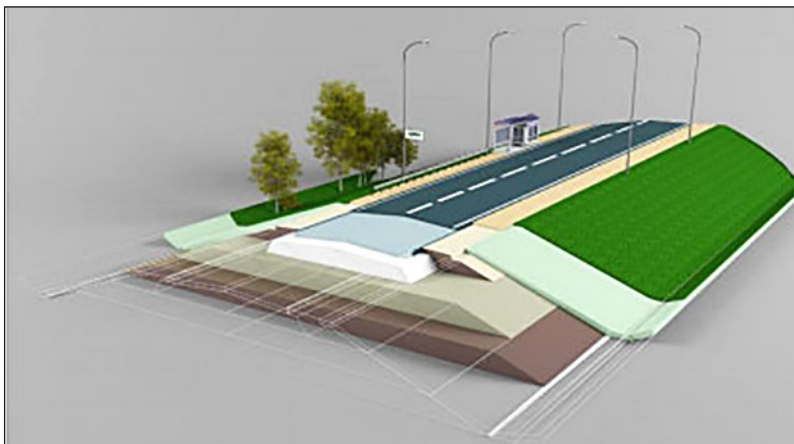


Рис. 1. Пример визуализации сводной модели

Сводная модель не обязательно должна быть трехмерной, как изображено в примере. Она может быть плоской, как, например, для задач эксплуатации. Может содержать как все слои конструкции, так и только лицевые поверхности. Принципиально важным является то ее свойство, что каждый элемент сводной модели, созданный из исходной модели, имеет идентификатор, по которому привязывается дополнительная информация. К примеру, выбрав в сводной модели какой-либо элемент (дорогу, сеть, трубу, дорожный знак и т. д.), используя соответствующее программное обеспечение, можно получить список чертежей и ведомостей по этому элементу. К преимуществам сводных моделей можно отнести следующие факты:

1. Сводная модель не зависит от программного обеспечения, в котором были созданы исходные модели, так как, в общем случае, сводная модель генерируется из открытых форматов.

2. Сводные модели очень удобны для публикаций, так как они (в отличие от исходных моделей) не содержат исходной информации в редактируемом виде. Таким образом, защищается интеллектуальная собственность разработчика модели.

3. Элементы сводной модели могут быть привязаны к календарному плану, что позволяет визуализировать модель для конкретного момента времени.

4. По сводным моделям могут быть рассчитаны объемы работ и подготовлены данные для передачи в сметные программы.

Таким образом, использование программного комплекса «Топоматик Robur» на всех стадиях жизненного цикла позволяет повысить качество и сэкономить материальные ресурсы, сделать шаг к современным технологиям [5]. Результатом работы в программном комплексе является не только проектная документация, но и так называемая информационная модель, то есть совокупность представленных в электронном виде документов, графических и текстовых данных по объекту строительства, которая размещается в среде общих данных и представляет собой единый достоверный источник информации по объекту на всех или отдельных стадиях его жизненного цикла [6]. Помимо реалистичной визуализации, требование предоставить информационную модель значительно повышает качество всего проекта.

Литература

1. Овчинников М.А. Многолетний опыт плюс передовые технологии // РЖД-Партнер. 2007. № 8(108). С. 80–81.
2. Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 24–28. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.3.
3. ГОСТ Р 57311-2016 Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200142711> (дата обращения: 12.02.2020).
4. Информационное моделирование на основе программных продуктов НПФ «Топоматик». URL: http://www.topomatic.ru/upload/im_topomatic_review2019.pdf (дата обращения: 12.02.2020).
5. Овчинников М.А. Программный комплекс «Топоматик Robur – Автомобильные дороги» // Красная линия. 2006. № 18. С. 90–91.
6. СП 333.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. URL: <http://www.minstroyrf.ru/docs/16405/> (дата обращения: 12.02.2020).

УДК 69.05:658:338

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.017

Орловская Тамара Николаевна, канд. экон. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: e-tamara@mail.ru

Orlovskaya Tamara Nikolaevna, PhD of Sci. Ec., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ВІМ-ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

BIM TECHNOLOGIES AND ECONOMIC SECURITY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Статья посвящена вопросам обеспечения экономической безопасности строительной отрасли. Рассматриваются эффективность проектирования, строительства и всего технологического цикла строительного предприятия путем внедрения инновационных технологий. В статье рассмотрены преимущества внедрения BIM-технологий на всех этапах строительных и проектных работ, в том числе и сквозное управление всеми производственно-техническими циклами путем применения современных методов информационного моделирования, обеспечивая при этом важнейшие задачи устойчивого экономического развития строительной отрасли. По результатам исследования автором сделан вывод о необходимости внедрения инновационных технологий в целях обеспечения необходимого уровня экономической безопасности строительной отрасли.

Ключевые слова: экономическая безопасность, BIM-технологии, дорожная карта, инновационное развитие, эффективность производства, этапы проектных работ.

The article deals with issues of ensuring economic security in the construction industry. It considers the efficiency of design, construction, and the entire process cycle of a construction company using innovative technologies. The article also addresses the advantages of introducing BIM technologies at all stages of construction and design, including end-to-end management of all production and technical cycles by applying modern methods of information modeling, which ensure that the most important tasks of the sustainable economic development of the construction industry are completed. Based on the results of the study, the author concludes that it is necessary to introduce innovative technologies in order to ensure the required level of economic security in the construction industry.

Keywords: economic security, BIM technologies, roadmap, innovative development, production efficiency, design stages.

На современном этапе развития строительной отрасли использование технологии информационного моделирования (Building Information Modeling) является одним из наиболее эффективных направлений повышения уровня доходности компании. Однако процесс внедрения BIM-технологий на предприятия строительной отрасли сопряжен со значительными организационными и техническими трудностями, с объективными и субъективными причинами. Вместе с тем по оценке экспертов уже около 40–60% предприятий г. Москвы и г. Санкт-Петербурга применяют подобного рода инновационные программы при реализации «крупных проектов» [1], а дорожная карта, разработанная Минстроем России с 01.01.2019 г., регламентирует применение BIM-технологий при заключении и исполнении всех государственных заказов [1]. Международный опыт внедрения BIM-технологий показывает, что развитие новейших технологий в основном осуществляется за счет поддержки государственной власти, стимулируя тем самым развитие и конкурентоспособность предприятий, увеличивая эффективность проектно-строительных работ. Удачным примером внедрения дорожной карты с использованием BIM-технологии в строительстве является опыт г. Сингапура, где к 2020 г. от внедрения информационных технологий в планирование развития города достигнуто повышение эффективности строительства на 25%, что оказало существенное влияние на устойчивое развитие отрасли в целом [2].

Уровень инвестиционной активности находит отражение в следующих экономических показателях [3–5]:

- расширенное воспроизводство основных фондов;
- восполнения оборотного капитала;
- движение капитала между сферами экономической деятельности;
- перераспределение капитала между владельцами активов.

Ниже представлены показатели инвестирования в российскую экономику, которые наглядно демонстрируют развитие инвестиционных процессов по различным видам экономической деятельности (рис. 1) и финансовый результат строительной отрасли (рис. 2).

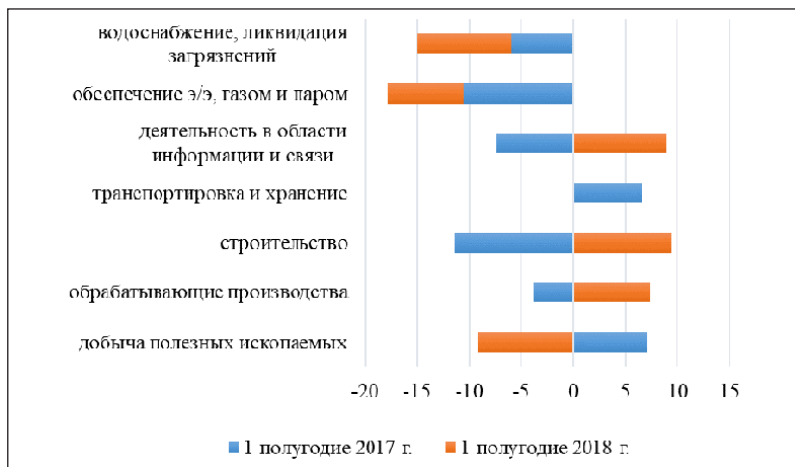


Рис. 1. Динамика инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности за 1 полугодие 2017 г. – 1 полугодие 2018 г., прирост (%) [6]

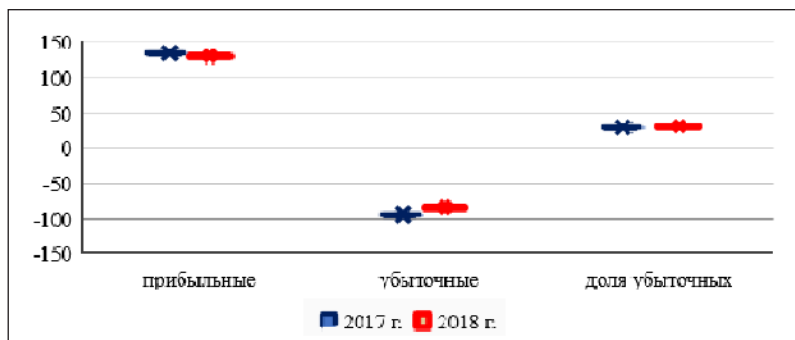


Рис. 2. Финансовый результат организаций строительной отрасли за 2017–2018 гг., % [6]

Основной целью внедрения цифровых технологий в отрасль строительства является не только снижение капиталовложений и соблюдение сроков строительства, но повышение уровня экономической безопасности и технологической надежности, а также увеличение количества прибыльных предприятий в рассматриваемой отрасли.

В работе [7] отмечена значимость эффективного определения объемов работ на всех стадиях строительного цикла, соблюдение сроков поставок необходимых материальных ресурсов, что обеспечивается за счет эффективной организации всех процессов и повышения уровня инновационной безопасности.

В настоящее время в отрасли строительства BIM-технологии ориентированы, в первую очередь, на реализацию многомерных моделей в виртуальном пространстве, основной целью которых становится обработка большого массива данных, отражающих реальный процесс строительных работ. Подобного рода модели достаточно полно отражают не только структуру строительного производства и позволяют оценить необходимый объем ресурсов, но и формируют порядок (этапы) производства строительных работ, в том числе позволяют проводить контроль сроков строительства и корректировать приоритеты направлений строительных работ на каждом из этапов строительного производства.

На предприятиях строительной отрасли эффективным инструментом решения организационно-технических и экономических задач с помощью BIM-технологий становится внедрение полнофункциональной модели управления всеми производственно-техническими циклами, которые будет обеспечивать важнейшие задачи устойчивого экономического развития предприятия [7]:

- экономические;
- организационные;
- технологические;
- инвестиционные.

Необходимость управления внутренними затратами на строительном предприятии в целях обеспечения устойчивости производственного процесса, повышения уровня экономической безопасности, снижения воздействия негативных факторов, подтверждают данные выборочного обследования [8]: наибольшая доля факторов-угроз экономической безопасности приходится на показатели высокого уровня налогов и стоимости материалов, конструкций, изделий – 67 % за 4 кв. 2018 г., и 70 % за 4 кв. 2019 г. (рис. 3).

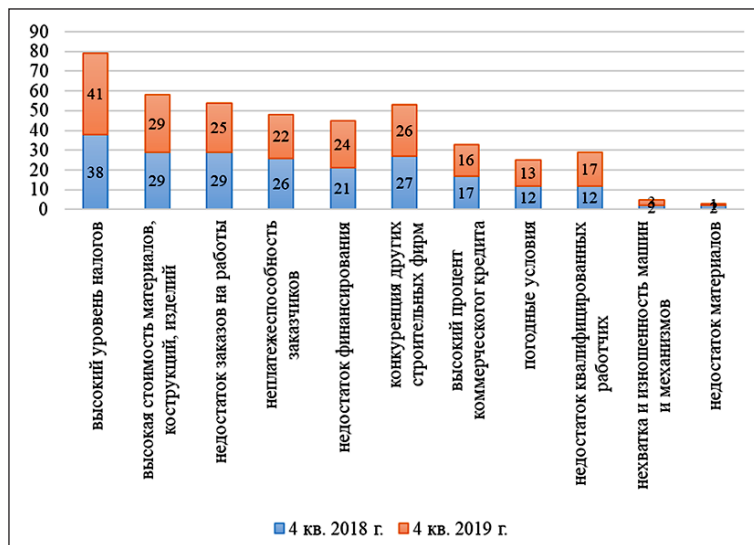


Рис. 3. Факторы, ограничивающие производственную деятельность строительных организаций за 2018–2019 гг., % [8]

Вместе с тем, применение новейших цифровых технологий при информационном моделировании позволяет повысить эффективность ряда процессов [9]. Преимущества ВМ-технологий представлены ниже:

- снижение количества проектных ошибок;
- повышение качества проектных работ;
- достижение высокого уровня взаимодействия между заказчиком и исполнителем в рамках одного проекта реализации;
- обеспечение своевременного и полного обмена цифровыми данными между всеми исполнителями проекта;
- повышение эффективности реализации комплексных проектных работ;
- снижение ошибок и неточностей при формировании смет, стоимости строительных работ и т. п.;
- повышение эффективности тендерных работ;
- повышение производительности работ проектировщиков и др.

Стимулирование инвестиционной деятельности, внедрение инновационных технологий активизирует не только инновационные процессы, но и повышают конкурентоспособность предприятия, как на внутреннем, так и на внешнем рынке, способствуя решению задач устойчивого социально-экономического развития, обеспечению экономической безопасности предприятия и отрасли в целом. Именно применение инновационных технологий в производственной деятельности будет оказывать влияние на уровень экономической безопасности. Следовательно, основными направлениями по повышению уровня экономической безопасности строительной отрасли будут:

- увеличение объемов вложений в инновации;
- государственное регулирование процесса инноваций и поддержка предприятий;
- совершенствование системы государственных гарантий в области инноваций;
- поддержка и развитие научного потенциала и др.

Литература

1. Цифровизация строительной отрасли не за горами. URL: <https://сметчик.рф/news/federalnye/cifrovizaciya-stroitelnoy-otrasli-ne-za-gorami> (дата обращения: 10.02.2020).
2. Осенняя А.В., Ладога Р.А. BIM в зарубежных странах // Научные труды КубГУ. 2018. № 2. С. 293–304.
3. Орловская Т.Н. Исследование влияния интеграционных процессов и процессов глобализации на обеспечение экономической безопасности России // Петербургский экономический журнал. 2017. № 2. С. 18–28.
4. Всемирный банк. 2016. Доклад о мировом развитии 2016 «Цифровые дивиденды». Обзор. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23347/210671RuSum.pdf?sequence=16> (дата обращения: 26.11.2018).
5. Моденов А.К., Орловская Т.Н. Экономическая теория преступлений и наказаний. СПб.: СПбГАСУ, 2018. 192 с.
6. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. Октябрь 2018. Официальный сайт статистики. URL: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/19043.pdf> (дата обращения: 10.02.2020).
7. Воробьев В.С., Синицина А.С., Катыльмова К.В., Запащикова Н.П. Имитационное моделирование в структуре создания BIM-технологий строительных проектов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 5(713). С. 105–115.
8. Факторы, ограничивающие производственную деятельность строительных организаций (по материалам выборочного обследования). URL: <https://gks.ru/storage/mediabank/fak.pdf> (дата обращения: 10.02.2020).

9. Талапов В.В. Технология ВІМ: стандарты, классификаторы и уровни зрелости // САПР и графика. 2015. № 2(220). С. 6–10. URL: <https://sapr.ru/article/24774> (дата обращения: 10.02.2020).

УДК 004.9:69.035.4

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.018

Романович Марина Александровна, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)
E-mail: m.romanovich.spbstu@yandex.ru, *ORCID:* 0000-0003-1608-2883

Сахтерева Марина Игоревна, магистрант
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)
E-mail: sakhtereva.mi@gmail.com, *ORCID:* 0000-0002-9530-4087

Romanovich Marina Aleksandrovna, PhD of Sci. Ec., Associate Professor
(Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University)
Sakhtereva Marina Igorevna, master student
(Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University)

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПОДЗЕМНЫХ КОМПЛЕКСОВ – СТАНЦИЙ МЕТРО

SPECIFICS OF CREATING DIGITAL TWINS OF UNDERGROUND COMPLEXES (METRO STATIONS)

В работе рассматриваются особенности создания цифровых двойников уже построенных подземных комплексов – станций метро. Реконструкция зданий и сооружений является постоянным процессом, происходящим в городах, особенно это касается таких городов, как Санкт-Петербург, где многие здания имеют историческую ценность, а также построены достаточно давно. Особенный интерес представляют при реконструкции станции метрополитена. Для проведения работ рассматриваются особенности применения лазерного сканирования и извлечения облаков точек для создания цифрового двойника сооружения, а также сложности, возникающие при этом процессе. Приведена последовательность проведения работ на начальном этапе создания цифрового двойника (цифровой модели).

Ключевые слова: ВІМ, цифровые двойники, реконструкция, лазерное сканирование, облако точек, подземные комплексы, станции метро.

The article addresses the specifics of creating digital twins of already built underground complexes (metro stations). Reconstruction of buildings and structures in cities is

an ongoing process, which is especially true of such cities as St. Petersburg, where many buildings have historical value and were constructed many years ago. Reconstruction of metro stations is of particular interest. The authors consider the specifics of laser scanning and point cloud extraction to create a digital twin of a structure, and present some difficulties encountered in the process. They also provide a sequence of work at the initial stage of creating a digital twin (digital model).

Keywords: BIM, digital twins, reconstruction, laser scanning, point cloud, underground complexes, metro stations.

Цифровой двойник является динамическим отражением существующего объекта. Он нужен, чтобы знать, как будет вести себя сооружение в том или ином случае, но также он является хранилищем информации, заложенной в 3D модель. Первоначальной стадией создания такого двойника является создание отражающей действительность модели сооружения с занесенной информацией о геометрических формах, объемах, материалах, стоимости. Далее в статье под термином «цифровой двойник» следует понимать информационную модель здания как первый этап создания цифрового двойника в общепринятом значении. Ниже рассмотрены особенности, которые необходимо учитывать на данном этапе.

Большую часть в общем количестве строительных проектов занимают проекты реконструкции и реставрации, а значит необходимо создавать цифровые двойники не только для объектов нового строительства, но и для существующих зданий. Помимо этого, особое место занимают подземные сооружения. Речь идет о подземных комплексах – станциях метро. Например, в Санкт-Петербурге большое количество станций, построенных в 1950-х годах, требующих реконструкции и мероприятий по замене числа эскалаторов. Также создание цифровых двойников этих сооружений поможет в создании 3D кадастра [1]. Это должно стать большим прорывом, учитывая тот факт, что учет подземных комплексов – станций метро в качестве объектов недвижимости и включение их в 2D кадастр началось лишь в 2010 году [2].

С помощью лазерного сканирования можно воссоздавать различные уникальные части объектов реконструкции, также это касается объектов культурного наследия, обладающих исторической ценностью. Их особенностью является большое количество неповторимых

архитектурных форм, которые можно воссоздать с использованием программы Autodesk Revit [3, 4], а оценить точность можно уже наложением облака точек на получившуюся модель.

В качестве примера использования лазерного сканирования и облаков точек можно привести Собор Парижской Богоматери. Компания Art Graphique & Patrimoine (AGP) производила точное сканирование Собора до того, как значительная часть сооружения пострадала в пожаре в 2019 году. Сейчас, благодаря новым данным сканирования и полученным ранее AGP облакам точек, специалисты могут в полной мере оценить объем повреждений и обнаружить наиболее пострадавшие элементы и конструкции.

Необходимость создания цифровых двойников подземных комплексов – станций метро обусловлена следующими положениями:

1. Получение точных чертежей для проведения реконструкционных и реставрационных работ.
2. Возможность наглядно оценить потенциальную возможность проведения определенных видов работ (размещение крупного оборудования, замена числа эскалаторов).
3. Подсчет объемов работ при демонтаже, наглядность их отображения.
4. Занесение объектов в 3D кадастр.

Так как работы производятся под землей на глубине до 50 м, требуется особая осторожность (объект относится к КС-3 – повышенный класс сооружений [5]) и высокая точность.

Приступая к выполнению данных работ, нужно оценивать риски, сроки и стоимость строительства. Именно поэтому рассматривается предложение об использовании современных технологий информационного моделирования при производстве подобных работ [6]. Это позволяет создать точную модель сооружения и обнаружить многие проблемы на стадии обследования, что помогает избежать серьезные потери во времени и деньгах.

Сложности при создании цифровых двойников подземных комплексов – станций метро описаны ниже.

1. Многие станции и их вестибюли находятся под охраной Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры (КГИОП). По этой причине процесс

полного доступа к объектам, в том числе получение разрешения на доступ в закрытые части помещений и их лазерную съемку, затягивается на длительное время.

2. Отсутствие актуальных обмерных данных в необходимом объеме. В 2010 году был начат важный этап документального учета подземных комплексов – станций метро: при занесении их в кадастр был осуществлен перевод части ручных чертежей в формат .dwg (рис. 1). Однако зачастую этого может быть не достаточно для создания цифрового двойника. Именно поэтому важным этапом является перевод оставшихся чертежей 50-х годов (рис. 2), созданных от руки инженерами больше полувека назад. Эти чертежи невозможно автоматически корректно перевести в цифровую среду, поэтому на первоначальном этапе перевода объекта в цифровую модель всё происходит с довольно низкой точностью. Способом перевода является процесс преобразования существующих отсканированных чертежей в формат .dwg. Следующим шагом является перевод в .lvt. На этом этапе есть возможность получить только приблизительную схему расположения помещений и уровней.

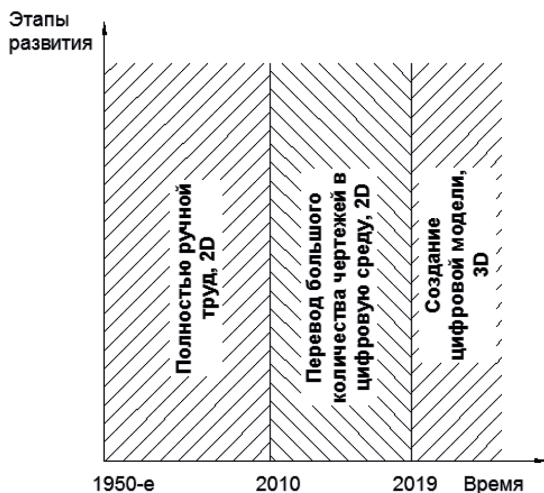


Рис. 1. Этапы развития документации подземных сооружений – станций метро

Преимущества, получаемые при применении лазерного сканирования и извлечения облаков точек при создании цифрового двойника подземных комплексов – станций метро (рис. 3, 4):

1. Максимальная точность модели, которую трудно достигнуть без использования сканирования.

2. Возможность отследить несоответствия нормам проектирования. Например, соблюдаются ли необходимые расстояния и высоты. Из-за сложности геометрии, с помощью цифровой модели это сделать намного проще, чем извлекать данные по плоским чертежам.

3. Оценка просадки станции без привлечения геодезистов. Для того, чтобы обнаружить сам факт того, что вместе с грунтами просела станция и изменился угол наклона эскалаторного хода, достаточно иметь облако точек для верхнего вестибюля, наклонного хода и посадочной платформы. Тогда при наложении на теоретически ровную траекторию наклонного хода можно увидеть отклонения. Это необходимо для оценки деформаций конструкции, а также для понимания возможности замены эскалаторов (у эскалаторов есть запас хода, однако его может не хватить при образовавшейся просадке).

4. Создание цифровых двойников подземных сооружений для внесения их в 3D кадастр [1].

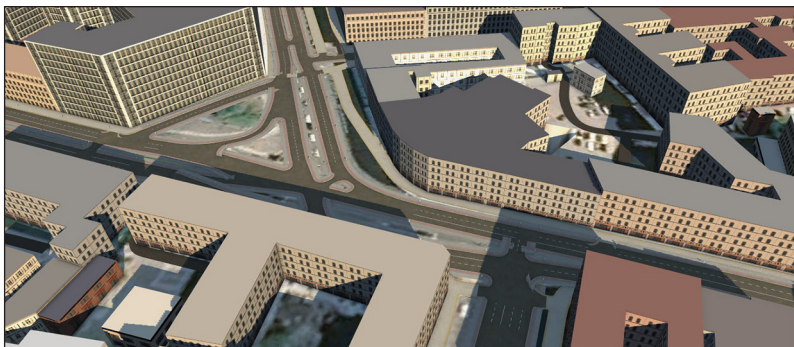


Рис. 3. Подземный комплекс – станция метро в программе Autodesk InfraWorks (вид сверху)

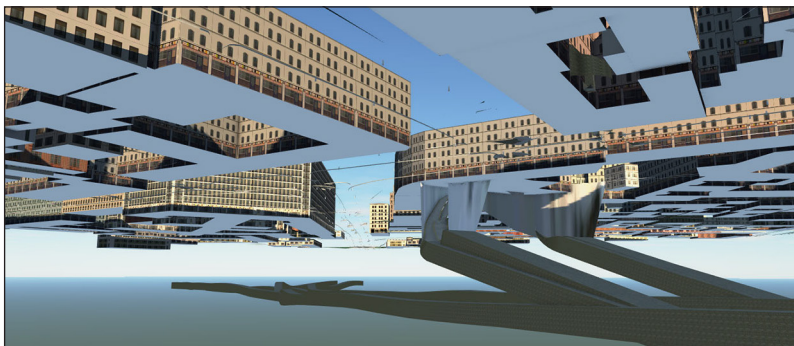


Рис. 4. Подземный комплекс – станция метро
в программе Autodesk InRoads (вид снизу)

Для получения полноценного цифрового двойника необходимо учесть не только корректное построение 3D модели, отражающей размеры и общую конфигурацию, но также добавить связь со временем, стоимостью и просчетом возможных рисков при эксплуатации. Однако первым этапом является создание цифровой модели сооружения. Схематично порядок работ на этом этапе приведен на рис. 5.

В качестве вывода можно отметить, что применение лазерного сканирования и извлечения облаков точек существенно сокращает трудозатраты и повышает точность моделирования, тем самым способствует улучшению качества продукта на выходе. Так как речь идет о сложных сооружениях подземных комплексах – станциях метро, точность построения особенно важна, и достичь ее без применения данных технологий намного сложнее. После построения 3D модели можно переходить к созданию цифрового двойника.

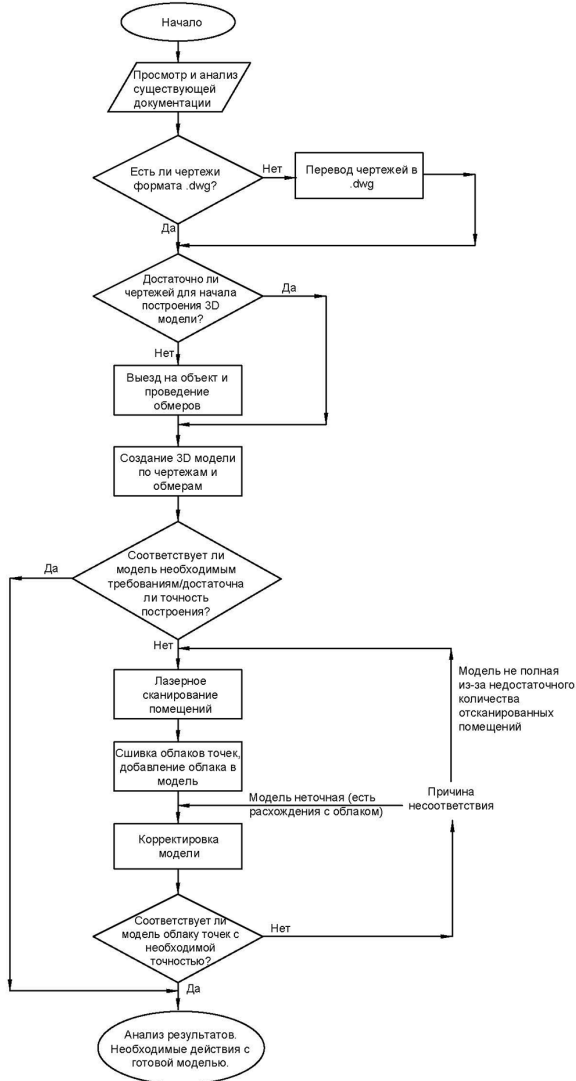


Рис. 5. Первоначальный этап создания цифрового двойника подземного комплекса – станции метро (алгоритм создания 3D модели)

Литература

1. Милёхина Е.А., Пимахова С.Ю., Романович М.А. Процедура постановки объектов капитального строительства на кадастровый учет с применением информационной модели объекта // Неделя науки СПбПУ: Материалы научной конференции с международным участием. В 3 ч. СПб.: СПбПУ, 2019. С. 77–80.
2. Romanovich M., Simankina T. Urban planning of underground space: the development of approaches to the formation of underground complexes – metro stations as independent real estate objects // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 165. P. 1587–1594. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.897.
3. Романович М.А., Адель О.А. Оценка стоимости и анализ эффективности применения информационной модели здания (ВМ) для строительного проекта в Саудовской Аравии // *ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научн.-практ. конф.* СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 188–192.
4. Козлова Т.И., Талапов В.В., Романова Л.С. Информационное моделирование зданий: опыт применения в реконструкции и реставрации // *САПР и графика*. 2009. № 8. URL: <https://sapr.ru/article/20649> (дата обращения: 15.02.2020).
5. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.
6. Кареева Д.С., Романович М.А., Новицкий Д.Е. Разработка методики ремонтно-восстановительных работ на основе информационной модели здания // *Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры: Материалы V Междунар. научн.-практ. конф.: в 2-х частях.* КГУ, 2018. С. 225–229.

УДК 721.021.23

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.019

Слиж Владислав Дмитриевич, магистрант

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

E-mail: vladslizh@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-3227-6963

Сальников Виктор Борисович, канд. техн. наук, доцент

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

E-mail: vbs@inpad.ru

Ким Владислав Вячеславович, студент

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

E-mail: kv@inpad.ru

Придвизкин Станислав Викторович, д-р экон. наук, заведующий кафедрой

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

E-mail: s.v.pridvizhkin@urfu.ru

Slizh Vladislav Dmitrievich, master student
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)
Salnikov Viktor Borisovich, PhD of Sci. Eng., Associate Professor
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)
Kim Vladislav Vyacheslavovich, student
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)
Pridvizhkin Stanislav Viktorovich, Head of Chair, Dr. of Sci. Ec.
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)

ГЕНЕРАТИВНЫЙ ДИЗАЙН В СОВРЕМЕННОМ ПОДХОДЕ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

GENERATIVE DESIGN IN THE MODERN APPROACH TO PLANNING IN CONSTRUCTION

В данный момент технологии информационного моделирования активно входят в различные сферы направления деятельности человека. В частности, это касается проектирования в строительстве с помощью машинного обучения, или другими словами, с применением генеративного дизайна. Цель данной статьи – дать представление о генеративном дизайне и его возможностях применения в строительстве. Приведён принцип его работы и ключевые аспекты. Описан продукт, ко-

торый осуществляет генеративный дизайн. В работе представлены некоторые примеры, которые были реализованы с применением данной технологии за рубежом и показывающие её потенциал. Также, проанализировав различные источники, можно сделать вывод, что интерес к генеративному дизайну растет, а это значит, что данная технология стремительно развивается.

Ключевые слова: генеративный дизайн, генетический алгоритм, Refinery, машинное обучение, данные, оптимизация.

Currently, information modeling technologies are widely used in various areas of human activity. In particular, this applies to planning in construction with the use of machine learning, or in other words, generative design. This article is aimed to provide insight into generative design and its capabilities in construction. The authors describe a product using generative design. They also present several examples implemented abroad with the use of this technology, showing its potential. Besides, after the analysis of various sources, it is possible to conclude that interest in generative design is growing, which means that the technology develops rapidly.

Keywords: generative design, genetic algorithm, Refinery, machine learning, data, optimization.

Современные технологии развиваются постоянно и нацелены на автоматизацию различных процессов. ВМ-технологии не являются исключением. Например, уже сейчас возможно проводить проверку коллизий элементов модели по «щелчку», производить быстрый подсчет ведомостей объемов материалов и спецификаций и др. Следующий шаг в автоматизации процессов проектирования – это создание различных объектов с помощью сложных самообучаемых алгоритмов при минимальном участии человека. Эти возможности открывают для нас алгоритмы генеративного дизайна, которые все активнее проявляются в современных трендовых подходах к проектированию.

Генеративный дизайн – это технология, работающая с алгоритмами, которые создают множество вариантов решений задач, поставленных человеком, и за счет машинного обучения, а также в рамках задаваемых оператором критериев, выбирает самые оптимальные по тем или иным параметрам [1].

Есть два способа реализации методов генеративного дизайна:

1) С помощью нейронных сетей: этот способ менее эффективен, потому что нейронные сети обучаются человеком, а это значит, что их результат будет предсказуем и, по сути, будет базироваться на предыдущем опыте, полученном в рамках обучения.

2) С помощью генетических алгоритмов, схожих с механизмом создания форм самой природой. Результат в случае их применения является непредсказуемым, может кардинально отличаться от привычной человеку логики.

Генетические алгоритмы — это адаптивные методы поиска, которые в последнее время используются для решения задач оптимизации. В них используются как аналог механизма генетического наследования, так и аналог естественного отбора [2]. Простыми словами: генетический алгоритм – это такой алгоритм, который перебирает варианты конечного результата и улучшает их на основе «слабых», более ранних версий, путем скрещивания и мутаций [3].

Генеративный дизайн включает в себя три этапа: начальный, генерация и конечный. На начальном этапе происходит сбор всех данных, таких как постановка целей (выбор наилучшего решения с точки зрения инсоляции, экономии материалов, максимизация полезной площади зданий и т.п.), составление критериев, на которые алгоритм будет опираться и сравнивать впоследствии варианты конечных решений, разработанные самим алгоритмом (переменные, которые задает пользователь), основные ограничения, заложенные в алгоритм как неизменяемые (требования нормативных документов или заказчика).

На этапе генерации происходит составление множества вариантов и их оценки со стороны машины, которая улучшает каждый вариант, в сравнении с предыдущим, то есть происходит машинное обучение. После всех этих процессов пользователь видит некоторое количество готовых вариантов и начинается конечный этап. Здесь уже человек сам выбирает лучшие варианты или вносит корректировки в алгоритм и начинает весь процесс заново [4]. На рис. 1 показана схема рабочего процесса генеративного дизайна.



Рис. 1. Схема рабочего процесса генеративного дизайна

На сегодня существует продукт, который ориентирован на решения задач генеративного дизайна – Autodesk Project Refinery. Refinery – пакет разработки для Dynamo, который используется в программе Revit компании Autodesk. Он объединяет в себе искусственный интеллект и творческий потенциал человека для создания новых, необычных и экстравагантных решений. Его основу составляет генетический алгоритм, про который шла речь ранее. Данный инструмент имеет достаточно простой интерфейс, с которым может работать каждый, даже тот, кто не является программистом. Сейчас это один из программных продуктов, который позволяет просто и легко начать использовать генеративный дизайн [5].

В мире уже есть примеры практического применения генеративного дизайна в проектировании строительных объектов. С помощью алгоритмов создали потолок в музыкальной школе Voxman в Университете Айовы. Был придуман необычный дизайн, который сочетал в себе превосходные акустические характеристики. Еще пример – сложный фасад культурного центра в Баку имени Гейдара Алиева [4]. В 2017 году на Autodesk University в Лос-Анжелесе была запроецирована схема расположения выставочных павильонов с помощью генеративного дизайна, в котором были учтены множество критериев, например, уровень воздействия шума, размещение смежных павильонов и т. п. [4]. Но самым первым проектом стал офис Autodesk в Торонто, который положил начало развитию данной технологии.

Генеративный дизайн, помимо создания помещений и внешнего облика зданий, может организовать строительную площадку. Можно запрограммировать так, чтобы алгоритм просчитал наиболее оптимальное расположение кранов, дорог и т. п. на площадке. Важным плюсом применения технологии в организации площадки является то, что накопленный опыт на первом объекте можно быстро применить на другом объекте с помощью машинного обучения [6].

Еще одна возможность использования данной технологии – это расстановка зданий и сооружений на генплане. Здесь все аналогично, тоже задаются критерии, происходит сбор данных. Например, можно сгенерировать целый жилой квартал, где все здания будут оптимально близко располагаться друг к другу, при этом проходя все нормативы по инсоляции и др.

Генеративный дизайн – это новый способ проектирования. Данная технология позволяет оптимизировать затраты ресурсов на начальных стадиях проектирования, когда идет вариантная, недетализированная проработка решений. Например, сейчас идет разработка плагина для Revit, который будет создавать планы типовых этажей с учетом пожеланий заказчика и нормативных документов. Это будет происходить намного быстрее, чем бы человек самостоятельно прорабатывал несколько вариантов решений. Тем самым экономится колоссальное время на принятие окончательного решения. В дальнейшем методы генеративного дизайна могут быть применены для оптимизации расхода строительных материалов. Таким образом, задачи, связанные с перебором вариантов, их оптимизацией – это поле возможностей для применения методов генеративного дизайна.

Литература

1. Землянская А.Д. Генеративный дизайн для городского планирования. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=20197 (дата обращения: 06.02.2020).
2. Панченко Т.В. Генетические алгоритмы. М.: Астраханский университет, 2007. 87 с.
3. Мясников А.С. Островной генетический алгоритм с динамическим распределением вероятностей выбора генетических операторов. М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана», 2010. 34 с.
4. Nagy D., Villaggi L. Generative Design for Architectural Space Planning. URL: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Generative-Design-Architectural-Space-Planning-2019> (дата обращения: 06.02.2020).
5. Sidawi R., Dunn C. BIM Generative Design with Dynamo Refinery. URL: <https://www.asti.com/bim-generative-design-with-dynamo-refinery/> (дата обращения: 06.02.2020).
6. Bernstein P. Generative Design in Architecture and Construction Will Pave the Way to Productivity. URL: <https://www.autodesk.com/redshift/generative-design-architecture/> (дата обращения: 06.02.2020).

УДК 004.62:004.652:004.67:004.94

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.020

Черетович Даниил Викторович, аспирант, ассистент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: dcheretovich@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9112-8568

Долганова Ольга Игоревна, ассистент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: dolganova.personal@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3869-4867

Ковалева Ольга Николаевна, старший преподаватель

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: shashkova-197822@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0940-6053

Charatovich Daniil Victorovich, post-graduate student, assistant
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Dolganova Olga Igorevna, assistant
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Kovaleva Olga Nikolaevna, Senior Lecturer
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АРХИТЕКТУРЕ И ГОРОДСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ

MODERN TRENDS IN USING GEOINFORMATION SYSTEMS IN ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

В данной статье рассматриваются перспективы и проблематика использования геоинформационных систем (ГИС) в архитектуре и городском планировании. Геоинформационные системы можно охарактеризовать как сложный инструмент для обработки информационной модели города или местности и последовательного анализа физической среды и ее атрибутов. Они являются полезным и мощным аналитическим инструментом для городского планирования и управления и применяются в решении многих градостроительных проблем. Основная цель данного исследования – обзорный анализ возможностей развития геоинформационных систем и их роли в рамках городского планирования, а также проблемные аспек-

ты картографии. Успех в борьбе с городскими проблемами во многом определяется эффективным использованием систем городского планирования, позволяющих принимать обоснованные решения на их основе.

Ключевые слова: ГИС, геоинформационные системы, урбанистика, городское планирование, информационная модель, аналитический инструмент, планирование.

The article discusses the prospects and problems of using GIS in architecture and urban planning. Geographic information systems can be described as a complex tool for processing the information model of a city or territory or performing a sequential analysis of the physical environment and its attributes. They represent a useful and powerful analytical tool for urban planning and management and can be used to address various urban challenges. The main goal of this study is to review GIS development opportunities and GIS role in urban planning, as well as problematic aspects of mapping. Success in addressing urban challenges is largely determined by the effective use of urban planning systems giving the possibility to make informed decisions.

Keywords: GIS, geographic information systems, urban studies, urban planning, information model, analytical tool, planning.

Перспективы и специфика использования ГИС в различных сферах городского планирования. Сегодня мир развивается быстрее, чем когда-либо, благодаря огромным шагам в области технологического развития. Движение к урбанизации создает огромную потребность в эффективном городском планировании. Городское планирование и управление – довольно сложная задача, которую сегодня практически невозможно выполнить без использования мощного аналитического инструмента, такого как ГИС [1]. Для этого необходимо узкоспециализированное оборудование, передовое программное обеспечение и достаточно квалифицированный персонал.

Сегодня ГИС позволяет решать традиционные задачи новыми методами, анализировать и планировать рабочие процессы с большей степенью точности, иметь оперативный доступ к большому объему данных, прежде трудно поддающихся автоматизации.

Высокие затраты на установку и эксплуатацию ГИС изначально были препятствием для внедрения данных систем в области городского планирования. По мере снижения цены на оборудование и повышения удобства использования программного обеспечения увеличивался и интерес в использовании ГИС в качестве инструмента анализа и моделирования. Вследствие этого появляется возможность

решить широкий круг задач, связанных со структурами базы данных, как простых, так и сложных аналитических моделей.

Функциональные возможности ГИС могут быть задействованы на всех стадиях жизненного цикла объектов недвижимости: от выбора места для постройки, проектирования и монтажа, ввода в эксплуатацию и обслуживания до закрытия, перепрофилирования или ликвидации. Использование ГИС в качестве основы для строительных проектов даёт дополнительные возможности для проведения различного рода экспертиз, автоматизированного поиска и коррекции ошибок, возникающих как на этапах проектирования, так и при переходе с одного этапа на другой.

На основе карт земельного кадастра появляется возможность строить другие, предметно ориентированные карты и дополнять их соответствующим атрибутивным наполнением [2]. Цифровая модель рельефа (ЦМР) широко востребована для многих проектных и строительных организаций. Обработывая массив метрических данных камеральным способом, мы получаем ряд преимуществ:

Технико-экономическое обоснование также может быть легко рассчитано с помощью ГИС. Успешность проектов во многом определяется способностью эффективно использовать инструменты и системы поддержки планирования, которые позволяют принимать обоснованные решения на их основе [3].

Геоинформационные системы активно используются при создании городских энергетических карт для достижения устойчивого городского планирования. Так, например, ирландская энергетическая компания разработала инструмент картирования в сотрудничестве с проектом Eriscore ЕС, где на интерактивной карте Дублина показаны различные характеристики энергоэффективности зданий и другие показатели. Это помогает принимать верные решения на местном уровне и разрабатывать стратегии развития энергетической эффективности кварталов [4].

Использование ГИС в экологическом планировании позволяет решить проблемы пространственного моделирования. Экологическая пригодность земли, уровень и характер загрязнения, определение удалённости от полигонов ТБО, водно-болотных угодий, решаются не только с помощью геоинформации, но, и с помощью дистанционно-

го зондирования. Поэтому химические, биологические, топографические и физические свойства местности также должны быть изучены и приняты во внимание.

Всё чаще геоинформационные системы применяются и в туристической сфере. Особую роль ГИС играют при разработке проектов перспективного планирования развития туризма в регионе [5]. На географических факультетах ряда российских университетов ведутся работы по созданию ГИС «Рекреация и туризм» с целью совершенствования управления туристскими процессами [6]. Геоинформационные системы применяются для изучения как крупных территорий, так и локальных объектов туризма с целью его мониторинга и планирования [7].

ГИС также давно используется для мониторинга различных географических объектов, движения горных пород, в городском и региональном планировании при оценке потребностей в сетях водоснабжения и канализации, проектировании инженерных сетей, мониторинге состояния инженерных сетей и предотвращении аварийных ситуаций. ГИС-приложения обеспечивают детальный анализ всех социальных, экономических и топографических особенностей, которые влияют на экономику конкретной области и используются для моделирования и ликвидации стихийных бедствий, в нефтегазовой сфере, при проектировании объектов транспортной инфраструктуры и т. д.

Программные пакеты ГИС. С развитием геоинформационных технологий процесс визуализации значительно упростился и автоматизировался. Сегодня существует множество программ, среди которых ESRI ArcGIS и CityEngine, Global Mapper, Map Info Pro, Ozi Explorer, Геодезист+ и другие, предлагающие пользователю широкую линейку функциональных возможностей. Так, например, ArcGIS позволяет проводить комплексные исследования транспортных потоков в виде тематических слоев единой базы геоданных и цифровой карты города. Примерами могут служить европейские проекты Traffic Analyst и Trans-Tools, а также локальная ГИС «Транспортная модель Санкт-Петербурга». Модуль ArcGIS 3D Analyst в свою очередь предоставляет инструменты для создания, визуализации и анализа ГИС-данных в трехмерном виде. Два приложения 3D-визуализации – ArcGlobe

и ArcScene – являются частью ArcGIS 3D Analyst. Пользователь задает 2D объектам трехмерные атрибуты сцены, которые затем передаются на Avenue и сохраняются на основе файла VRML [8]. К ГИС также можно отнести поисково-информационные картографические службы.

Проблематика использования геоинформационных систем.

В России и в мире есть множество факторов, сдерживающих развитие геоинформационных систем. Среди них можно отметить слабую доступность и отсутствие правовой регламентации использования ГИС, отсутствие развитой инфраструктуры открытых пространственных данных, недостаток ресурсов и финансирования. Из-за несовершенства нормативной базы пользователям приходится работать с материалами государственных фондов. По этой же причине компании, держащие фонды, не заинтересованы в поиске альтернативных источников обновления картографической информации [9].

Стоит отметить ограничения на точность определения координат, а также несоответствие растровой графики спутниковых и аэрофотоснимков с векторными данными, основанными на информации об улицах и линиях участков, при их обновлении.

Большой проблемой большинства картографических сервисов сегодня является отсутствие возможности экспорта и импорта данных в векторном формате. Существует возможность экспорта и привязки рельефа местности из GoogleEarth в GoogleSketchUp, однако экспортировать другие элементы модели достаточно проблематично. В свободном доступе отсутствуют возможности экспорта данных из Яндекс карт, при том, что на постсоветском пространстве они являются одними из самых проработанных, во многом за счёт использования сервиса Народная карта (рис. 1) – сетевой краудсорсинговой геоинформационной системы сервиса Яндекс, где пользователи сами рисуют и уточняют карту. После модерации данные добавляются в браузерную версию Яндекс карт, а также мобильные приложения, которые используют данный картографический сервис как основу (Яндекс карты, Навигатор, Транспорт, Uber.ru и другие) [10].

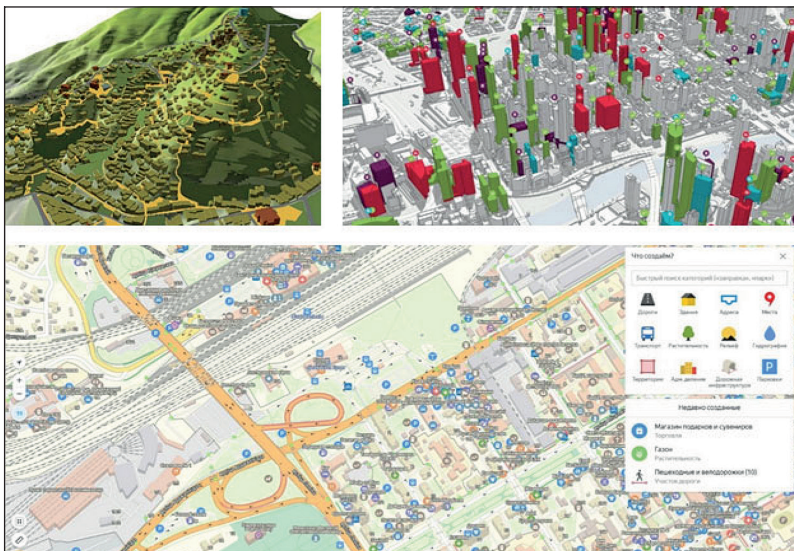


Рис. 1. Слева: построение 3D модели посёлка с учётом рельефа на основе геоинформационных данных и данных дистанционного зондирования. Справа: схематическое выделение объектов модели в соответствии с выбором необходимых атрибутов. Снизу: Интерфейс Народной карты – сетевой краудсорсинговой геоинформационной системы сервиса Яндекс

На текущий момент не существует специального интерфейса для выгрузок данных из подобных картографических сервисов, поскольку все базовые сценарии использования предполагают использование конечного продукта через программный интерфейс приложения (API), а не исходных данных, а также в силу административно-юридических причин. Появление возможности экспорта/импорта данных могло бы в значительной степени способствовать улучшению сервиса, так как присутствовала бы прямая заинтересованность, в том числе архитектурного сообщества, в обновлении и актуализации базы данных для последующего использования в качестве подосновы для проектирования или визуализации, создания презентации, а также иных целей.

Заключение. Использование геоинформационных технологий, их актуализация и уточнение, способствуют эффективному прогнозированию и реагированию на проблемы городов и колебания рынка. Сегодня архитекторы и градостроители используют геоинформационные системы по всему миру в различных приложениях. ГИС применяется для улучшения общего качества жизни горожан при одновременной защите окружающей среды и содействии экономическому развитию [11]. Объединение возможностей ГИС с данными дистанционного зондирования, GPS и сети Интернет могли бы позволить создать мощнейшую базу пространственной информации, которая будет использовать самые передовые технологии по переработке и обновлению огромных объемов пространственной информации, что в конечном счёте выведет городское планирование на качественно новый уровень.

Литература

1. Subash C.M., Rajalakshmi S., Madhavan K.D. GIS Applications in Urban Planning // Proceedings of International Conference on Emerging Scenarios in Space Technology and Applications. 2008. P. 48–53.
2. Oduwaye L., Dekolo O.S. GIS in Urban and Regional Planning // NITP CPD Conference. 2005. P. 74–89.
3. Германов В.В., Осипов А.Г., Терлеев В.В., Грик А.Р. Технология создания цифровой картографической основы на базе архивных фондовых материалов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 47. С. 268–275.
4. Черетович Д.В. Роль энергетической модели в концепции проектирования и строительства энергоэффективного дома // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 101–106. DOI: 10.23968/ВМАС.2019.041.
5. Рядова М.Н. Применение ГИС-технологий для сохранения объектов ландшафтной архитектуры // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21, № 6. С. 70–78.
6. Барлиани И.Я. Использование геоинформационных систем в туристическом бизнесе // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2015. Т. 6, № 1. С. 103–107.
7. Головин О.К., Кутовой Н.Н. Система геодинамической 3D-визуализации виртуальных туристических маршрутов: Программные продукты и системы // Программные продукты и системы. 2018. № 1. С. 38–43.
8. Вейс Л.Д., Ондрин П.В. Географическая информационная система интерактивного картографирования в Web-среде // Информатика и системы управления. 2004. С. 88–98.

9. Будикин А.Е., Андреев Д.В. Современные тенденции, проблемы и перспективы развития географических информационных систем в России // Московский экономический журнал. 2018. № 5(3). С. 44–48.

10. Тишкова Д.В., Слива Е.А. Сравнительный обзор инструментария картографических сервисов GoogleMaps и Яндекс карты // International Journal of Advanced Studies in Medicine and Biomedical Sciences. 2018. № 1. С. 62–68.

11. Каспер Н.В., Морозов Г.В., Таранов С.Б. ГИС в архитектуре и градостроительстве // Архитектура и строительство России. 2019. № 4. С. 112–113.

УДК 69.059.4

DOI: 10.23968/ВМАС.2020.021

Черных Александр Григорьевич, д-р техн. наук, заведующий кафедрой
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: ag1825831@mail.ru, *ORCID:* 0000-0001-9805-1428

Корольков Дмитрий Игоревич, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: korol9520@yandex.ru

Пакина Анастасия Станиславовна, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: nastyia.p.72@rambler.ru

Chernykh Alexander Grigorievich, Dr. of Tech. Sci., Head of Department
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Korolkov Dmitry Igorevich, postgraduate
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Pakina Anastasia Stanislavovna, master student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ ИЛИ СООРУЖЕНИЯ

ALGORITHM TO CALCULATE THE RESIDUAL OPERATING LIFE OF BUILDING CONSTRUCTIONS WHEN CREATING AN INFORMATION MODEL OF A BUILDING OR STRUCTURE

В данной статье авторами представлен алгоритм расчета остаточного ресурса строительных конструкций в 6D-модели BIM здания или сооружения. В данном алгоритме представлено три основных этапа расчета остаточного ресурса. Для программного обеспечения для каждого этапа расчета предъявлены определенные требования. Также представлен алгоритм оценки результатов расчета остаточного ресурса строительных конструкций, где приведены причины возможных серьезных отклонений каких-либо результатов расчета остаточного ресурса, предлагается срав-

нивать полученные результаты с известными экспериментальными данными, предлагается вычислять среднее как наиболее достоверное и относительно него оценивать разброс значений остаточного ресурса.

Ключевые слова: информационное моделирование, BIM-системы, здания и сооружения, эксплуатация, остаточный ресурс.

In this article, the authors propose an algorithm to calculate the residual operating life of building constructions in a 6D BIM model of a building or structure. The algorithm includes three main stages to calculate the residual operating life. Certain software requirements are specified for each stage of calculations. The authors also present an algorithm to evaluate the results of such calculations, listing the reasons for their possible serious deviations. It is also proposed to compare the results with known experimental data, calculate the average as the most reliable index, and evaluate the range of residual operating life values relative to such index.

Keywords: information modeling, BIM systems, buildings and structures, operation, residual operating life.

Создание «эксплуатационной» BIM-модели (6D-проектирование) здания или сооружения является логичным продолжением информационного моделирования жизненного цикла объекта. Такая модель включает в себя результаты мониторинга технического состояния, данные об энергоэффективности, электронный паспорт объекта, а также сведения о проведенных и требуемых ремонтах и реконструкциях.

Однако такая модель не позволяет прогнозировать техническое состояние строительных конструкций. Особенно важно, чтобы на основе имеющихся данных, внесенных в модель, можно было оценить срок службы до капитального ремонта или до достижения предельного состояния.

Введение в процесс информационного моделирования данного расчета позволит планировать на начальном этапе эксплуатации проведение ремонтно-восстановительных работ, а также время проведения плановых обследований и осмотров.

Благодаря этому появляется возможность заранее прописать в 6D-модели здания или сооружения график проведения регулярных осмотров и обследований, сроки ремонтных работ, а также требуемые материально-технические ресурсы (приблизительно).

Сам алгоритм расчета остаточного ресурса строительных конструкций будет иметь несколько этапов.

Первый этап. Производится отбор элементов строительных конструкций, для которых будет проводиться расчет остаточного ресурса.

Принимается решение о проведении либо *поэлементного*, либо *укрупненного* расчета. Под поэлементным следует понимать такой расчет, который проводится для сколь угодно малой выделенной части строительной конструкции. Под укрупненным следует понимать такой расчет, который проводится для группы элементов, объединенных по какому-либо признаку или параметру (например, конструкции выполнены из одного материала, сгруппированы по конструктивному признаку (стены, плиты, балки, фермы и т. д.) и любые другие параметры).

Разделение на данные типы расчета должно проводиться на основании объема проведенного обследования. Если проведено выборочное инструментальное обследование и/или визуальное обследование, то необходимо выполнять укрупненный расчет, если же было выполнено инструментальное обследование всех строительных конструкций, тогда необходимо выполнять поэлементный расчет.

Таким образом, программное обеспечение для расчета остаточного ресурса должно позволять выполнять группировку элементов строительных конструкций модели по определенным признакам, которые были бы прописаны в свойствах данных элементов.

Второй этап. Выбираются методы и методики оценки остаточного ресурса.

Если расчет проводится укрупненно, то наиболее подходящими методиками для расчета остаточного ресурса будут те, которые используют абстрактные величины. К таким методам относятся:

- 1) методика оценки остаточного ресурса по нормальному распределению [1];
- 2) модифицированная методика оценки остаточного ресурса по экспоненциальному распределению [2];
- 3) методика расчета остаточного ресурса строительных конструкций по их возрасту (фактическому или хронологическому) [3];
- 4) метод оценки остаточного ресурса по экспоненциальному распределению [4];
- 5) оценка остаточного ресурса по уравнениям регрессии.

Если расчет ведется поэлементно, то необходимо применять методы, которые используют объективные величины, например, прочность на сжатие, толщина элемента и другие [5–8].

Программное обеспечение для расчета остаточного ресурса должно содержать не только сами методы расчета, но и возможность установления автоматического ограничения на применения тех или иных методов и методик в зависимости от применяемого типа расчета.

Третий этап. Рассчитывается остаточный ресурс по нескольким методам сразу, после чего производится оценка полученного ряда значений и назначается окончательная величина.

При этом следует сразу оговориться, что анализ полученных значений следует производить только в том случае, если использовалось не менее трех различных методов расчета остаточного ресурса строительных конструкций.

Алгоритм оценки результатов расчета остаточного ресурса строительных конструкций.

1. Произвести выборку полученной совокупности значений. Если какое-либо значение значительно отличается от остальных, то необходимо определить причину такого расхождения. В зависимости от причины такого расхождения возможны следующие варианты:

1.1. Если причиной расхождения стала ошибка при расчете, необходимо заново пересчитать по данному методу.

Программное обеспечение должно позволять вносить изменения в исходные данные для пересчета.

1.2. Если причиной расхождения стало то, что данный метод считает остаточный ресурс для иной категории технического состояния чем остальные, то необходимо заново произвести расчет остаточного ресурса по данному методу, но для той категории технического состояния, для которой считалось по остальным методам.

Примером такого рода ошибки можно считать расчет остаточного ресурса по методу длительной прочности бетона [5] и по экспоненциальному распределению до капитального ремонта зданий и сооружений [4]. В первом случае считается остаточный ресурс для категории аварийного состояния, во втором – при ограниченно-работоспособном.

Программное обеспечение должно иметь возможность ввода дополнительных коэффициентов для того, чтобы можно было пересчитать остаточный ресурс по тому или иному методу для разных категорий технического состояния.

1.3. Если причиной расхождения стало то, что использован метод, который не подходит для данных условий, то его необходимо исключить из рассмотрения.

Примером такого рода ошибки может служить метод по длительной прочности бетона [5]. Он может применяться тогда, когда есть неблагоприятные условия эксплуатации. Но как показывает практика его часто применяют, когда условия эксплуатации являются нормальными, что является ошибкой.

Программное обеспечение должно позволять вводить ограничения на применение того или иного метода.

2. Сравнить полученные значения остаточного ресурса с имеющимися экспериментальными значениями. Если полученное значение превышает уже известное некое максимальное значение, то необходимо выяснить причину такого расхождения. Здесь возможны следующие варианты:

2.1. Имеются результаты исследования, которые подтверждают, что предельный срок эксплуатации рассматриваемого элемента строительных конструкций выше, чем у его аналогов. В этом случае пересмотр полученных значений не производится.

2.2. Если нет каких-либо научных исследований, которые подтверждали бы, что предельный срок эксплуатации выше, чем у рассматриваемых аналогичных элементов строительных конструкций, то в этом случае необходимо еще раз проверить получившиеся результаты и отбросить те из них, которые превышают указанное предельное значение.

Наглядным примером того, о чем идет речь являются сроки службы строительных конструкций до капитального ремонта [9, 10]. Эти данные были получены в результате испытаний и наблюдений за строительными конструкциями в течение многих лет институтом им. Памфилова.

Программное обеспечение должно иметь функционал для ввода данных ограничений или их отмены.

3. Определить среднее полученное значение по формуле:

$$T_{\text{пред.сред.}} = \frac{T_{\text{пред.1}} + \dots + T_{\text{пред.i}}}{i}, \quad (1)$$

где $T_{\text{пред.}i}$ – значение остаточного ресурса, определенное по i -ому методу расчета; i – количество используемых методов расчета остаточного ресурса.

Выбор среднего значения, относительно которого производится оценка разброса величин остаточного ресурса, объясняется тем, что в теории математической статистики оно считается как наиболее близким к истинному значению.

4. Оценить разброс значений относительно среднего по формуле:

$$\Delta = \frac{T_{\text{пред.}i} - T_{\text{пред.сред.}}}{T_{\text{пред.сред.}}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

5. Оценить полученные расхождения.

5.1. Если расхождения между всеми значениями относительно среднего превышают 20 %, то необходимо заново провести оценку остаточного ресурса.

5.2. Если расхождения между всеми значениями относительно среднего отличаются от 10 до 20 %, то за окончательную величину принимаем минимальное из полученных значений.

5.3. Если расхождения между всеми значениями относительно среднего отличаются не более 10 %, то за окончательную величину принимаем среднее значение, полученное по формуле (1).

Литература

1. Корольков Д.И. Обследование зданий и сооружений объектов использования атомной энергии при продлении срока их эксплуатации // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения: Материалы VIII междунар. науч.-практич. конф. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 98–108.

2. Гаврильев И.М., Корольков Д.И., Гравит М.В. Модифицированная методика расчета остаточного ресурса с использованием экспоненциального распределения // Вестник Евразийской науки. 2019. Т. 11, № 2. URL: <https://esj.today/PDF/49SAVN219.pdf> (дата обращения: 03.03.2020).

3. Корольков Д.И., Корольков Д.Д. Методика расчета остаточного ресурса строительных конструкций по их возрасту (фактическому или хронологическому) // Вестник Евразийской науки. 2019. Т. 11, № 3. URL: <https://esj.today/PDF/19SAVN319.pdf> (дата обращения: 03.03.2020).

4. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М., 2001.

5. РД ЭО 0462-03 Методика по обоснованию срока службы строительных конструкций, зданий и сооружений атомных станций. Актуализированная редакция. Введена в действие приказом ОАО «Концерн Росэнергоатом» от 10.06.2015 № 9/601-П.
6. Беляев С.М. Расчет остаточного ресурса зданий с учетом запаса несущей способности конструкций // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 3(11). С. 22–25.
7. РД ЭО 0447-03 Методика оценки состояния и остаточного ресурса железобетонных конструкций АЭС, важных для безопасности. М., 2002.
8. Шмелев Г.Д. Экспертный метод прогнозирования остаточного срока службы строительных конструкций по их физическому износу // Строительство и реконструкция. 2014. № 3(53). С. 31–39.
9. МДС 13-14.2000 Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений. М., 1974.
10. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий. М., 1988.

УДК 721.021.23

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.022

Чертушкин Александр Дмитриевич, магистрант

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

E-mail: chertuschkin@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8975-106X

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, заведующий кафедрой

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

E-mail: s.v.pridvzhkin@urfu.ru

Chertushkin Alexandr Dmitriyevich, master student
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)
Salnikov Viktor Borisovich, PhD of Sci. Tech., Associate Professor
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)
Pridvzhkin Stanislav Viktorovich, Dr. of Sci. Ec., Head of Chair
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОЖАРНОГО РИСКА В ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ В РОССИИ

FIRE RISK CALCULATION METHODS USING A BUILDING INFORMATION MODEL IN RUSSIA

В статье раскрыта структурированная информация о проработке расчета индивидуального пожарного риска в информационной модели зданий. Поднимается тема создания специального модуля расчета для обеспечения пожарной безопасности объекта в инструментах информационного моделирования, а также приведены положительные аспекты при введении данной программы. Проанализированы существующие пакеты программ для расчета индивидуального пожарного риска. Перечислены программные обеспечения для нового и более информативного моделирования и расчёта. Структурированы нормативные документы и различные статьи, а также определен вектор развития и улучшения направления.

Ключевые слова: BIM, индивидуальный пожарный риск, информационное моделирование, модуль расчета, пожарная безопасность.

The article presents structured information on the analysis of individual fire risk calculations using a building information model. The authors bring up the subject of creating a special calculation module to ensure the fire safety of a facility with information modeling tools, and describe the positive effects of its implementation. They analyze existing software packages used to calculate the individual fire risk, and list software packages for new and more informative modeling and calculations. The authors also present some regulatory documents and various papers in a structured manner and define the vector of development and improvement of this area.

Keywords: BIM, individual fire risk, information modeling, calculation module, fire safety.

Развитие ВІМ-технологий в России ведет к автоматизации различных производственных процессов, связанных с проектированием и согласованием различных технических решений. На сегодняшний день количество зданий, которые построены с вынужденным отклонением от ГОСТов, СНИПов и Федеральных законов, возросло. Большинство новых объектов по этой причине имеют большие нарушения по части техники безопасности и эксплуатации. Из-за недочетов в проектировании и отдельных расчетах человеческая жизнь оказывается под угрозой. Из недавних трагедий – это пожар в ТЦ «Зимняя вишня», вызванный комплексом проблем как при согласовании строительства, так при функционировании и надзоре объекта.

Величина пожарного риска при проектировании зданий становится специализированной и требует отдельных вычислений и моделирования с последующим согласованием. Данная процедура увеличивает сроки разработки проектной документации и, соответственно, процесс согласования и ввода в эксплуатацию. Используя технологии информационного моделирования можно существенно сократить время без потери качества и упростить работу проектировщика. Модуль визуального программирования «Дупамо», расположенный в Autodesk Revit позволяет создать систему программ и зависимостей, которая будет интегрироваться с моделью здания и автоматически производить расчеты, используя уже готовые данные внутри модели.

Индивидуальный пожарный риск – это риск гибели человека, который может возникнуть в результате воздействия опасных факторов пожара. Согласно данным Федерального закона №123 [1], получаемая расчетная величина не должна превысить отметку в одну

миллионную в год. Расчет объекта на эту величину проводится анализом следующих пунктов:

- Результаты планировочных решений. Размеры и расположение помещений, этажность здания, эвакуационные выходы.
- Теплофизические свойства ограждающего конструктива.
- Расположение и количество горючих веществ. Наличие возгораемых и опасных для жизни в случае возгорания материалов в помещениях.
- Система противопожарного оборудования. Его эффективность и расположение

На сегодняшний день на рынке строительства в России представлены три основные системы моделирования и расчета различных величин пожарного риска (табл. 1).

Таблица 1

Системы расчета пожарной безопасности

| № | Название программы | Страна происхождения | Год основания |
|---|--------------------|----------------------|---------------|
| 1 | Ситис:Пиротек | Россия | 2003 |
| 2 | Urban | Россия | 2019 |
| 3 | Fenix+ | Россия | 2004 |

Эти программы позволяют моделировать различные сценарии пожаров и просчитывать время для эвакуации людей. Данное программное обеспечение имеет ряд недостатков, таких, как отсутствие возможности проводить расчеты в программах информационного моделирования компании Autodesk. Все расчеты и моделирование производятся только внутри самой программы и могут быть выгружены только, в основном, в текстовых отчетах или графических результатах. Ни одна из этих программ не позволяет внедрять полученные результаты в инструменты информационного моделирования или в разрабатываемую модель. В результате данных действий происходит размножение информации внутри проекта, что ведет к возможной путанице в ходе реализации проекта.

Используя инструмент визуального программирования Dynamo можно производить эти расчеты внутри программы Revit, используя при этом одну информационную модель проекта.

Создание модели при помощи инструментов информационного моделирования будет опираться на нормативную базу РФ:

- Приказ №749 от 12.12.2011 г. МЧС России «О внесении изменений в методику определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различной функциональной пожарной опасности, утвержденную приказом МЧС России от 30.06.2009 [2].

- Методика определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приложение 2) Приказ МЧС РФ № 382 от 30.06.2009 [3].

- СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [4].

Модель здания, созданная в Revit, содержит в себе всю нужную информацию из вышеизложенных пунктов (планировочные решения, конструктивное размещение, виды и материалы отделки стен, полов и потолков, наличие эвакуационных путей).

Сам процесс моделирования пожарной безопасности объекта можно разделить на три основных этапа – эскизный, проектный и заключительный.

1) Эскизный. На данном этапе происходит разделение проектируемого здания на помещения и зоны, согласно СП 12.13130.2009 [5]. Используя ведомость спецификаций в Revit, можно на стадии раннего проектирования узнать какие помещения будут представлять наибольшую опасность при возникновении чрезвычайной ситуации

2) Проектный. На данном этапе используется существующий раздел проектной документации «АР» для того, чтобы вытащить из него информацию о расположении различных опасных факторов пожара (ОФП), материалах стен, отделки, потолков и полов, расположения лестниц и других планировочных решений. Данная информация интегрируется в Dynamo для дальнейшей визуализации и расчета.

3) Заключительный. На заключительном этапе производится моделирование различных сценариев пожара и эвакуации согласно п.10 Методики к приказу МЧС №382 одним из следующих способов:

- по упрощенной аналитической модели движения людского потока;
- по математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания;
- по имитационно-стохастической модели движения людских потоков.

При разработке сценариев развития пожара следует учитывать физическую модель элементарного само распространяющегося пламени и понимания физического распространения огня [5].

Используя растущее в России информационное моделирование, можно усовершенствовать и упростить многие моменты, которые возникают сейчас при проектировании пожарной безопасности в системах САПР. Внедрение BIM-технологий все еще происходит на территории РФ и это идеальное время для создания различных программных модулей для того, чтобы повысить точность работы проектировщика и обеспечить сокращение сроков проектирования и согласования, не теряя при этом качества.

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями на 27 декабря 2018 года).
2. Приказ № 749 от 12.12.2011 МЧС России «О внесении изменений в методику определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различной функциональной пожарной опасности, утвержденную приказом МЧС России от 30.06.2009».
3. Методика определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Приложение 2. Приказ МЧС РФ № 382 от 30.06.2009 (с изменениями на 2 декабря 2015 года).
4. СП 12.13.130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (с изменениями на 2 января 2011 года).
5. Веревкин В.Н. Физика и пожарная безопасность // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXI Междунар. науч.-практ. конф. М.: ВНИИПО, 2019. С. 88–91.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

УДК 69+004.9

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.023

Авдюкова Кристина Игоревна, магистрант

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

E-mail: kristina.avdiukova@urfu.ru, ORCID: 0000-0001-7726-2605

Придвижкин Станислав Викторович, д-р экон. наук, заведующий кафедрой

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

E-mail: s.v.pridvizhkin@urfu.ru

Мальцева Ксения Владимировна, аспирант, ассистент

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

E-mail: k.v.maltseva@at.urfu.ru

Avduykova Kristina Igorevna, master student
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)
Pridvizhkin Stanislav Viktorovich, Dr. of Sci. Ec., Head of Chair
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)
Maltseva Ksenia Vladimirovna, post-graduate student, assistant
(Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ

ENERGY-EFFICIENT MODELING IN YEKATERINBURG

В статье раскрыта структурированная информация о достижении энергоэффективности с помощью BIM. Поднимается тема технологий энергетического моделирования в строительстве, оценки энергоэффективности и её сертификации. Перечислены программные обеспечения для моделирования и расчёта энергомоделей. Описан ряд знаковых для этого направления документов, также приведён пример оптимизации использования энергоресурсов и достижения максимального повышения энергоэффективности. Описаны решения и мероприятия для объекта в Екатеринбурге, Свердловской области, который получил золотой сертификат

от Российской системы оценки энергоэффективности и экологичности проектируемых и построенных зданий GREEN ZOOM.

Ключевые слова: BIM, BEM, энергоэффективность, устойчивое развитие, информационное моделирование, экологическое строительство.

The article presents structured information on the assurance of energy efficiency using BIM. The authors bring up the subject of energy modeling technologies in construction, energy efficiency assessment and certification. They list software packages for energy model simulation and analysis, describe a number of significant documents in this area, and provide an example of optimizing the use of energy resources and achieving maximum energy efficiency. Several solutions and measures are described, which were implemented in one of the facilities in Yekaterinburg, Sverdlovsk region. The facility was awarded a gold certificate from the Russian GREEN ZOOM system for the assessment of energy efficiency and environmental compatibility of designed and constructed buildings.

Keywords: BIM, BEM, energy efficiency, sustainable development, information modeling, green construction.

Использование информационных технологий в процессе проектирования позволяет обеспечить высокую прозрачность процесса: так как данные проекта своевременно добавляются в общую модель, все участники проекта могут быстро и легко получить доступ к актуальной информации. Эти технологии позволяют сократить расходы на проектирование за счет грамотного управления информацией и улучшения координации в работе. Применяемое программное обеспечение облегчает анализ и моделирование различных параметров, поддержание ряда анализов.

Энергетическое моделирование зданий (Building energy modeling – BEM) – часть информационной модели здания, в результате которого можно достоверно оценить будущее годового энергопотребления здания. Благодаря этому при проектировании возможно разработать и выбрать мероприятия по повышению энергоэффективности здания; оценить окупаемость энергосберегающих мероприятий; выбрать наиболее подходящий тариф на энергоресурс; определить эксплуатационную стоимость здания [1].

Такое моделирование возможно осуществить с помощью программы IES Virtual Environment. Также информационную модель здания из ArchiCAD Graphisoft можно преобразовать в энергетическую с помощью EcoDesigner Star, модели из Autodesk Revit с помощью надстройки Energy Analysis и другими программами, например, Multi

Comfort Designer [2]. В программном продукте рассчитывается годовое потребление энергоресурсов Эб и Эп и энергоэффективность (Е).

Достижение энергоэффективности посредством информационных технологий опирается на нормативную базу:

- СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий [3].
- Приказ Минстроя от 17 ноября 2017 года № 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» [4].
- Директива 2010/31/EU Европейского Союза от 18.05.2010, по которой новые здания госучреждений с 2019 года, другие сооружения с 2021 года, должны соответствовать высоким стандартам энергосбережения и использовать возобновляемую энергию [5].
- Новая Директива 2012/27/EU, предъявляющая новые меры по повышению энергоэффективности для снижения энергопотребления в Европейском Союзе на 20 % к 2020 году [6].
- Модернизация инженерных систем зданий для сокращения потребления энергоресурсов основывается на Указе Президента № 889 (2008 год) о снижении энергоемкости экономики не менее чем на 40 % [7] и Указе Президента №752 (2013 год) о снижении выбросов парниковых газов не менее чем на 25 % [8], которые не могут быть выполнены из-за отсутствия энергоэффективного и экологичного оборудования для производственных зданий страны.
- В документе от 25 сентября 2015 года «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» описаны 17 всемирных целей и 169 глобальных задач в области устойчивого развития [9].

Седьмой целью является обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех. На сегодняшний день на рынке строительства в России представлены три основные системы зеленой сертификации, перечисленные в табл. 1.

Бюро Техники разработали российскую систему по оценке энергоэффективности во исполнение Указов № 889 (2008) и № 752 (2013) и широко опробовали ее на практике. Данная система является наиболее выгодной в процессе сертификации по сравнению с аналогами [10].

Таблица 1

Системы зелёной сертификации

| № | Название системы | Страна происхождения | Год основания |
|---|------------------|----------------------|---------------|
| 1 | LEED | США | 1998 |
| 2 | BREEAM | Великобритания | 1990 |
| 3 | GREEN ZOOM | Россия | 2014 |

GREEN ZOOM – это комплекс мероприятий, направленных на реализацию целей устойчивого развития и повышения комфортности городской среды. Кроме того, это перечень практических рекомендаций по повышению энергоэффективности, водоэффективности и экологичности объектов гражданского и промышленного назначения. Система GREEN ZOOM (табл. 2) является открытой и гибкой, в ней заложено стремление к саморазвитию и самосовершенствованию, причем движущая сила этих процессов – профессиональная общественная среда.

Таблица 2

Системы сертификации объектов недвижимости GREEN ZOOM 2019

| № | Наименование системы сертификации |
|---|---|
| 1 | Новое строительство (версия 2) |
| 2 | Эксплуатируемые здания |
| 3 | City или Комплексное устойчивое развитие территорий, для территорий комплексной застройки |
| 4 | Университеты и кампусы для инновационных научно-технических центров |
| 5 | Малоэтажная жилая застройка |
| 6 | Промышленные эксплуатируемые здания |

Энергоэффективность модели проектируемого здания в %, с целью её увеличения, по GREEN ZOOM Новое строительство (версия 2) [11] определяется вычитанием отношения годового потребления энергорес-

курсов проектируемым зданием с учетом дополнительных мероприятий к годовому нормативному потреблению энергоресурсов базового здания из нормативного значения, умноженное на 100 процентов.

Энергоэффективность здания – это процентное снижение годового потребления энергоресурсов при эксплуатации проектируемого здания, при использовании энергосберегающих решений по сравнению с нормативными показателями для этого здания.

GREEN ZOOM повышает характеристики любого девелоперского проекта, а также является системой оценки энергоэффективности и экологичности проектируемых и построенных зданий. Проект оценивают баллами при соблюдении обязательных рекомендаций и требований, а здание получает сертификат. Сертифицирующий орган – автономная некоммерческая организация «Научно-исследовательский Институт устойчивого развития в строительстве».

Объект ЖК Комсомольская 67 (корп. 1.2) доказал 46,21 % энергоэффективности по системе GREEN ZOOM и получил максимальный балл по мероприятию 4.5 «Оптимизация использования энергоресурсов и достижение максимального повышения энергоэффективности» – 12 баллов. По таблице 3 можно заметить, что этот жилой комплекс является наиболее энергоэффективным в Екатеринбурге на 2019 год.

Таблица 3

**Сертифицированные объекты GREEN ZOOM
в городе Екатеринбург Свердловской области на 2019 год**

| Название объекта | Назначение | Общая площадь, м ² | Система сертификации | Стадия сертификации | Энергоэффективность |
|----------------------------|------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| ЖК Комсомольская, 67 | Ж | 18410 | НС v1.2 | Проект | 46,21 % |
| ЖК Ольховский парк (оч. 3) | Ж | 30003 | НС v1.1 | Проект | 33 % |
| БЦ Палладиум | А | 22500 | НС v1.1 | Реализация | 21 % |
| БЦ Президент | А | 26500 | НС v1.1 | Реализация | 40 % |
| БЦ Сенат | А | 10600 | НС v1.1 | Реализация | 12 % |
| ЖК Патрушихинские пруды | Ж | 17166 | НС v1.0 | Проект | 28 % |

Золотой сертификат GREEN ZOOM гарантирует, что в проекте квартала заложены максимально энергоэффективные, водоэффективные технологии, строительство ведется с использованием экологически чистых и сертифицированных материалов, а каждая отдельная квартира будет оснащена необходимыми системами для поддержания комфортного и полезного для здоровья человека микроклимата [12].

На объекте реализуются энергоэффективные решения, касающиеся электроэнергии, отопления, вентиляции, кондиционирования, а также ограждающих конструкций. Всё это достигается посредством автоматического управления освещением мест общего пользования через фотореле и реле времени; установкой датчиков движения с плавным регулированием светового потока светильников; системы управления освещением входов в здание; электроотопительных приборов технических помещений с датчиками температуры с отключением при достижении требуемых температурных показателей. Нагревательные приборы оснащены встроенными терморегуляторами; предусмотрена утилизация тепла вытяжного воздуха квартир, и эффективное кондиционирующее и насосное оборудование. Для ограждающих и светопрозрачных конструкций улучшены теплотехнические характеристики [10].

На примере строительного объекта Екатеринбурга можно убедиться в том, что BIM-технологии позволяют добиться оптимального использования энергоресурсов, а также достигнуть целей устойчивого развития и повысить условия комфортного проживания человека.

Литература

1. Гримитлин А.М., Денисихина Д.М. Энергетическое моделирование – инструмент повышения энергоэффективности зданий // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 93–97.
2. Чертович Д.В. Роль энергетической модели в концепции проектирования и строительства энергоэффективного дома // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 101–107. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.018.
3. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением № 1). М.: ФГУП ЦПП, 2012. 96 с.
4. Приказ Минстроя от 17.11.2017 года № 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений». Официальный

интернет-портал правовой информации (www.pravo.gov.ru) от 26.03.2018 г. (№ 0001201803260032).

5. Директива 2010/31/EU Европейского Союза от 18.05.2010 по энергетическим характеристикам здания (обновлённая версия). [Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)].

6. Директива 2012/27/EU, от 25 октября 2012 г. об энергетической эффективности. [Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency].

7. Указ Президента РФ от 04.06.2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики». Собрание законодательства Российской Федерации от 2008 г., № 23, ст. 2672.

8. Указ Президента РФ от 30.09.2013 г. № 752 «О сокращении выбросов парниковых газов». Собрание законодательства Российской Федерации от 2013 г., № 40, ст. 5053 (часть III).

9. Генеральная ассамблея ООН декларация «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» от 25 сентября 2015 года. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420355765> (дата обращения: 13.02.2020).

10. Годовой отчёт научно-исследовательского института устойчивого развития в строительстве 2019, Санкт-Петербург, Россия, 2019 г. 34 с.

11. GREEN ZOOM 2019. Книга 1 «Практические рекомендации по снижению энергоёмкости и повышению экологичности объектов гражданского строительства», утверждено: 10 июня 2019 г., введено в действие: 17 июня 2019 г. АНО «НИИУРС», 2019 г., 87 с.

12. Первостроитель. Жилой квартал «Комсомольская, 67» сертифицирован по системе GREEN ZOOM. URL: <http://pervostroitel.ru/news?id=1359> (дата обращения: 18.01.2020).

УДК 528.486.4

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.024

Алексеев Михаил Дмитриевич, генеральный директор
(ООО «Геодезические приборы»)

E-mail: mda@geopribori.ru

Ромашкина Юлия Эдуардовна, специалист направления BIM
(ООО «Геодезические приборы»)

E-mail: romashkina@geopribori.ru, ORCID: 0000-0002-1641-2582

Alekseev Mikhail Dmitrievich, CEO
(LLC “Geodezicheskie pribory”)

Romashkina Iuliia Eduardovna, BIM specialist
(LLC “Geodezicheskie pribory”)

ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ BIM-МОДЕЛИРОВАНИЯ

HAND-HELD LASER SCANNING TECHNOLOGY AS AN ADDITIONAL BIM MODELING TOOL

В работе рассматриваются возможности использования технологии ручного лазерного сканирования на различных этапах BIM-моделирования. Растущая популярность информационного моделирования, невысокая скорость съемки при традиционных методах и их недостаточная информативность, необходимость проведения съемок в труднодоступных местах способствовали созданию и применению технологии ручного лазерного сканирования на строительных объектах. Рассмотрена технология SLAM, на основе которой построено действие ручного лазерного сканера Geoslam Zeb-Horizon. В статье представлены этапы получения данных со сканера для дальнейшей работы с BIM-моделью с целью решения различных строительных задач. Показаны преимущества использования ручного лазерного сканирования перед стационарным сканированием и традиционными методами.

Ключевые слова: BIM-модель, информационная модель, ручное лазерное сканирование, строительство, технология SLAM.

The article considers the possibilities of using the hand-held laser scanning technology at various stages of BIM modeling. The growing popularity of information modeling, low speed of traditional survey methods, and their insufficient informativeness, the need to conduct surveys in hard-to-reach places have contributed to the creation and

application of the hand-held laser scanning technology on construction sites. The authors consider the SLAM technology, which serves as the basis for the operation of the GeoSlam Zeb-Horizon hand-held laser scanner. The article presents stages of obtaining data from the scanner for further work with a BIM model in order to solve various construction tasks. The advantages of hand-held laser scanning over stationary scanning and traditional methods are shown.

Keywords: BIM model, information model, hand-held laser scanning, construction, SLAM technology.

Сегодня всё более растёт популярность информационного моделирования зданий и сооружений. BIM (Building Information Modeling) – это уникальный подход к проектированию, возведению, эксплуатации и ремонту строительного объекта. Информационная модель здания собирает и хранит всю необходимую проектную, технологическую и другую информацию о составляющих ее элементах на протяжении всего жизненного цикла сооружения [1]. В основе BIM-модели лежит цифровая трехмерная модель объекта. Для построения точной трехмерной модели объекта необходимо провести измерения и получить координаты элементов, а затем представлять их в графическом виде. Для вычисления координат используются различные инструменты, например, электронный тахеометр. Однако, скорость измерений электронным тахеометром невысока, а именно этот этап составляет наиболее трудоемкую и затратную часть всей работы. При этом произвести детальную съемку тахеометром, например, фасада исторического здания будет затруднительно и долго в связи с архитектурной составляющей. Развитие геодезической техники и необходимость решения различных инженерных задач привели к появлению технологии 3D лазерного сканирования, которая все шире используется в сфере строительства. Наполнить BIM-модель актуальными, точными и полными данными позволяет как раз технология лазерного сканирования.

Технология лазерного сканирования находится в постоянном развитии. Растущая популярность информационного моделирования, невысокая скорость съемки при традиционных методах и их недостаточная информативность, необходимость проведения съемок в труднодоступных местах поспособствовали созданию и дальнейшему применению технологии ручного лазерного сканирования на

строительных объектах [2]. Возможности ручного сканера представим на примере прибора GeoSlam Zeb-Horizon от компании GeoSlam (Великобритания). Принципиальные отличия ручного сканера от стационарного в том, что сканирование выполняется на ходу (нет необходимости статичной установки прибора). Вибрации практически не оказывают влияния на результаты измерений. Съемка производится за считанные минуты и даже в узких труднодоступных местах благодаря компактности и небольшому весу устройства, хорошим влагозащитным свойствам. При этом сама методика проста, а результатом работы является огромный массив точек с исчерпывающей информацией при относительно небольшом весе данных [3].

Автоматическая регистрация данных ручного лазерного сканера GeoSlam Zeb-Horizon основана на технологии SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) [4] – одновременное вычисление позиции устройства и построение карты окружения (рис. 1). За исходные данные принимаются облака точек и данные позиционирования устройства в пространстве IMU (Inertial measurement unit). Совокупность этих данных позволяет распознать геометрию 3D объектов и произвести регистрацию облаков точек Scan-to-scan. В итоге получается зарегистрированное облако точек, работа с которым совместима с работой в популярных программах для архитекторов и проектировщиков.



Рис. 1. Схема технологии SLAM

Рабочий процесс при этом выглядит следующим образом (рис. 2). Перед началом маршрута необходимо инициализировать устройство – установить в статичном положении на плоской поверхности в течение 10 секунд. Таким образом прибор определяет свое положение в пространстве. Затем прибор берется в руку, и исполнитель съемки в обычном темпе прогуливается по заданному маршруту, избегая рез-

ких движений, например, прыжков. В конце маршрута желательно вернуться в исходную точку и выполнить деинициализацию устройства. Данные сканирования загружаются на SD-карту, передаются на компьютер и обрабатываются в специализированной программе.

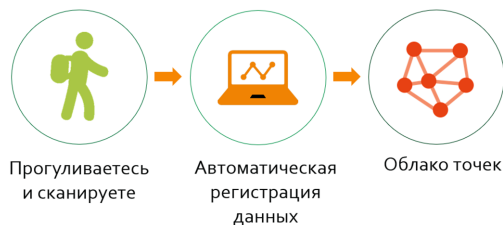


Рис. 2. Схема рабочего процесса использования ручного лазерного сканера

Сканирование еженедельно или даже ежедневно позволит строительным бригадам проводить мониторинг, отправлять отчеты о ходе работ проектной организации. Готовое облако точек можно использовать на различных этапах строительства: на этапе котлована для работы с земляными объемами, для актуализации ВМ-модели, выполнения план-фактного анализа, согласования проектных решений, восстановления чертежей при их утрате и т. д. Сроки работ и трудозатраты даже при большом объеме и сложности объекта намного меньше, чем при использовании традиционных методов съемки. Так, например, съемка фасада 5-ти этажного здания с целью создания информационной модели в сжатые сроки с помощью сканера GeoSlam заняла два часа. Обработка результатов сканирования и создание модели в Autodesk Revit – один рабочий день. Исполнителем был один специалист. При традиционном методе измерений на выполнение работ ушло от трех до пяти дней силами пяти специалистов. Таким образом, использование ручного лазерного сканера позволяет быстрее приступить к работе с ВМ-моделью для решения различных задач строительства [5].

Литература

1. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. М.: Минстрой России, 2017. 40 с.

2. Комиссаров А.В., Ремизов А.В., Шляхова М.М., Ямбаев Х.К. Исследование ручных трёхмерных лазерных сканеров // Геодезия и картография. 2019. Т. 80, № 10. С. 47–54. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-952-10-47-54.

3. Ручная система сканирования GEOSLAM ZEB-HORIZON. URL: <https://georibori.ru/good.php?id=2749> (дата обращения: 21.02.2020).

4. Павловский В.Е., Павловский В.В. Технология SLAM для подвижных роботов: состояние и перспективы // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. Т. 17, № 6. С. 384–394. DOI: 10.17587/mau.17.384-394.

5. Architecture, Engineering and Construction. Helping you create and manage a digital twin – in any environment. URL: <https://geoslam.com/industries/aec> (дата обращения: 21.02.20).

УДК 004.422.833:69.07

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.025

Ведерникова Алёна Андреевна, ассистент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: parallelogram13@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9982-4688

Шишмарев Руслан Андреевич, руководитель

(блог «InfoBIM»)

E-mail: mr.shruslan@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7225-8105

Vedernikova Alena Andreevna, assistant

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Shishmarev Ruslan Andreevich, chief

(weblog “InfoBIM”)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ В ПРОГРАММЕ AUTODESK REVIT

AUTOMATION OF ENGINEERING ANALYSIS IN AUTODESK REVIT

Предлагается решение расчетных задач для проектирования конструкций зданий и сооружений с использованием плагинов, написанных для программы Autodesk Revit. Цель создания плагинов – автоматизация расчетов и сокращение времени проектирования. Авторами статьи разработаны три плагина: расчет однопролетной балки, расчет центрально сжатой колонны, расчет фермы. Расчеты основаны на современных российских нормативных документах. Особенностью работы плагинов

является возможность замены начальных сечений элементов на подобранные с сохранением настроек их размещения в проекте. В статье описаны принципы, на которых работают указанные плагины, приводятся примеры.

Ключевые слова: плагин, BIM, Revit, расчет балок, расчет ферм, расчет колонн.

The article offers a solution to computational problems when designing constructions of buildings and structures, using plugins for Autodesk Revit. The goal of plugins is to automate the analysis and reduce the design time. The authors developed three plugins: for single-span beam analysis, axially-loaded column analysis, and truss analysis. The analysis is based on current Russian regulations. A distinguishing feature of the plugins is the capability to replace the initial sections of elements with fitted ones while preserving their placement settings in the project. The article also describes the principles of plugins operation and provides some examples.

Keywords: plugin, BIM, Revit, beam analysis, truss analysis, column analysis.

Введение. Одна из основных идей BIM-технологий связана с передачей информации между разными исполнителями проекта без потерь и необходимости дублирования и повторного ввода данных [1]. Частным случаем такой передачи данных является связь архитектурной модели с расчетной моделью. Однако есть ситуации, когда передача модели в расчетную программу не целесообразна, например, когда расчетная схема статически определима, и допустимо не учитывать нелинейность и пространственную работу конструкций. Запрос инженеров, вероятно, был бы удовлетворен, если бы в соответствии с результатами расчета можно было бы быстро изменить исходную модель. Проблему удобно решить, воспользовавшись внутренними ресурсами программ, созданных для архитектурно-конструктивного моделирования. Это приводит к идее создания расширений и плагинов для программ 3D-проектирования. В частности, программы Revit.

Разработка Add-ings или, по-другому, плагинов широко распространена для решения конкретных инженерных задач. Приведем несколько примеров: оптимизация процесса подбора и раскладки армирования для здания с каркасом из монолитного железобетона [2], расчет отопительных систем с подбором и раскладкой труб [3], создание плана обследования здания [4].

Целью исследования является разработка плагинов, которые позволяют делать расчеты и заменять элементы модели в зависимости от заданных нагрузок. На текущий день реализована возможность

подбора сечений металлической однопролетной балки, сплошной металлической колонны и однопролетной металлической фермы.

Проектировщику для решения таких задач нужен не новый софт, а дополнение к уже имеющемуся. Поэтому плагины, использующие API программных продуктов и скрипты, весьма популярны. BIM – это наполненная информацией модель, которая позволяет не только получить спецификации, но и делать инженерный анализ на основе полученных данных. Благодаря своей открытой структуре разработки компонентов, любое семейство можно адаптировать под любой инженерный расчет.

Предлагаемые плагины. Авторами статьи разработано три плагина для программы Revit 2019. Плагины написаны на языке C# и на Dynamo.

Принцип работы плагинов следующий: требуется выбрать элемент для расчета, задать необходимые нагрузки и условия закрепления и запустить расчет. Программа предложит оптимальное решение и позволит произвести мгновенную замену сечения.

Расчет однопролетной балки производится на действие изгибающего момента, возникающего от комбинации нагрузок: равномерно распределенных, сосредоточенных. Обеспечена возможность выбора закрепления балок по концам, шарнирное или жесткое (рис. 1).

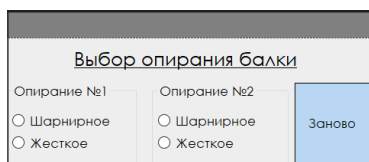


Рис. 1. Интерфейс программы для расчета балки – назначение опор.

Расчет производится по следующей формуле ([5], формула (41)):

$$\frac{M}{W_{n,min} R_y \gamma_c} \leq 1,$$

где M – значение изгибающего момента; $W_{n,min}$ – момент сопротивления сечения; R_y – расчетное сопротивление; γ_c – коэффициент условий работы.

При этом верхний пояс балки считается раскрепленным (расчет на общую устойчивость не производится). После расчета на прочность

и подбора подходящего сечения, производится проверка по второй группе предельных состояний на прогиб ([6], таблица Д.1). Далее доступной становится автоматическая замена элементов в проекте на подобранные.

Рассмотрим пример расчета балки. Начальные характеристики сечения показаны на рис. 2. К балке прикладывается сосредоточенная и равномерно распределенная нагрузка по схеме на рис. 2. Величина нагрузок: $q = 10$ кН/м, $F = 10$ кН, $x = 1000$ мм (рис. 2). В результате проверено сечение, двутавр 40Б2, и подобран более экономичный, 26Б2 (рис. 3).

The screenshot shows a software window titled "Схема нагрузок" (Load Scheme) and a results panel. The load scheme diagram shows a beam of length L with a uniformly distributed load q and a point load F at distance x from the left support. The results panel contains the following text:

Тип опирания: опора №1 - шарнирное, опора №2 - шарнирное.
 Момент равен = 17,18 кН/м;
 Все ОК. Напряжение = 18,36МПа.
 Есть более подходящий вариант: 26Б2, $c W = 356.6$.
 И по [f] прошел!

Below the results panel is an "OK" button.

Рис. 2. Характеристики сечения (слева) и результаты подбора (справа)

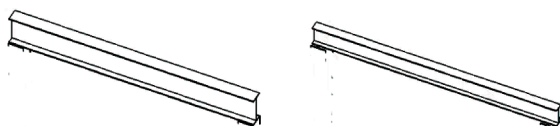


Рис. 3. Балка до расчета и после

Дополнительно к плагину разработана база элементов Revit, которые наилучшим образом взаимодействуют с данным плагином, обеспечивая точность и минимальную погрешность в расчете. Программа анализирует возможные варианты в зависимости от типоразмеров внутри семейства, а также на основе базы данных из сортамента. Если отсутствует подходящий вариант типоразмера, программа предложит оптимальное решение по значению момента сопротивления.

Расчет центрально сжатой колонны производится согласно формуле (7) из источника [5]:

$$\frac{N}{\phi AR_y \gamma_c} \leq 1,$$

где N – значение сжимающей силы; ϕ – коэффициент устойчивости; A – площадь сечения; R_y – расчетное сопротивление; γ_c – коэффициент условий работы.

После получения всех типов сечений программа проверяет каждый вариант и предлагает оптимальное решение.

Данное решение позволяет проводить подбор и автоматическую замену сечений в проекте при использовании программы Revit. Доступные варианты сечений показаны на рис. 4, а рассматриваемые типы опирания на рис. 5.

Пример расчета стальной стойки высотой 4 м из двутавра 20К2. Нагрузка $N = 20$ кН. Колонна закреплена снизу жестко, а сверху шарнирно. Коэффициент расчетной длины взят по рис. 5, который соответствует таблице Д.1 [5]. Результат расчета приведен на рис. 6.



Рис. 4. Интерфейс программы для расчета колонны – выбор типа сечения

| Схема закрепления колонны (стойки) и вид нагрузки | | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| μ | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 0,725 | 1,12 |
| Тип крепления: | <input type="radio"/> 1 | <input checked="" type="radio"/> 2 | <input type="radio"/> 3 | <input type="radio"/> 4 | <input type="radio"/> 5 | <input type="radio"/> 6 | <input type="radio"/> 7 | <input type="radio"/> 8 |

Рис. 5. Интерфейс программы для расчета колонны – определение типа опирания

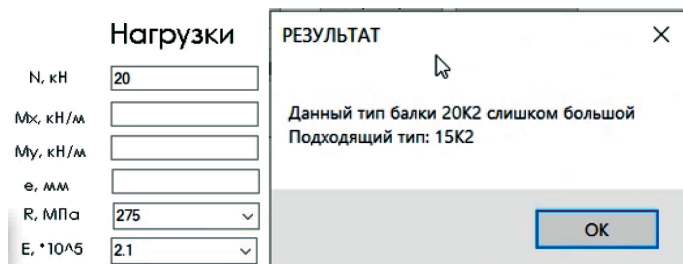


Рис. 6. Заданные нагрузки и результат расчета

Минусы данной системы заключаются только в том, что для данной программы необходимы семейства со всей информацией внутри типов.

Следующий плагин – подбор сечений элементов стропильной фермы. Этот плагин разрабатывается на приложении Dynamo для Revit и позволяет производить расчеты статически определимых стальных ферм (рис. 7). Плагин находится в процессе тестирования: сложность задачи заключается в разработке алгоритма, рассматривающего любую конфигурацию фермы. В настоящий момент рассматривается только тип по схеме на рис. 8.

Расчетная схема фермы представляется как шарнирно-стержневая плоская система с двумя точками закрепления по нижнему поясу. Нагружение фермы считается узловым и задается в виде сил, приложенных к узлам верхнего и нижнего пояса. Значение вертикальной нагрузки в каждом из узлов может быть различно.

Для решения задачи применялся известный в строительной механике метод вырезания узлов.

Проверка и подбор сечений элементов фермы осуществлялось по действующим нормам [5].

Так, для расчета сжатых стержней применялась формула (7) из источника [5], указанная выше, а для растянутых стержней – формула (5) из [5]:

$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \leq 1,$$

где N – значение растягивающей силы; A_n – площадь сечения; R_y – расчетное сопротивление; γ_c – коэффициент условий работы.

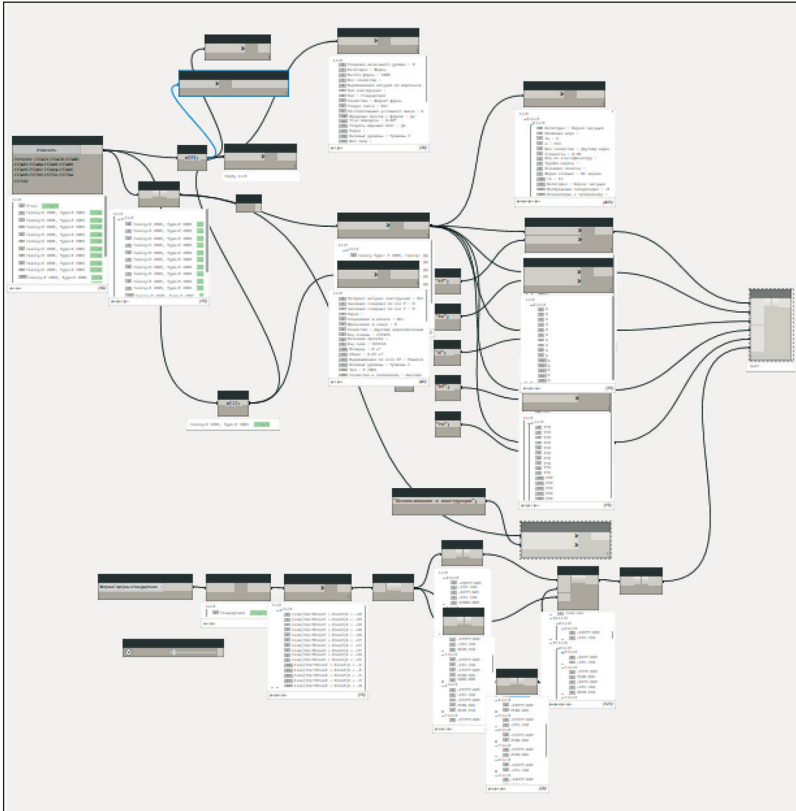


Рис. 7. Решение задачи в Dynamo

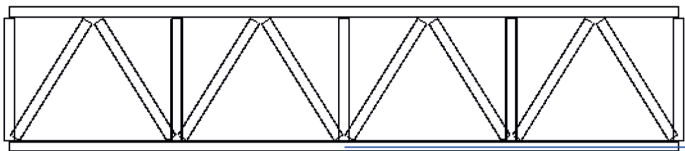


Рис. 8. Рассматриваемая ферма

Заключение. Разработанные плагины для программы Autodesk Revit созданы в помощь проектировщику и позволяют решить задачи расчета стальных конструкций: однопролетной балки, колонны, фермы. Решение актуально для проектов из стальных конструкций с простой расчетной схемой. Особенность плагинов в том, что подобранные элементы можно сразу заменить в проекте.

Дальнейший интерес авторов направлен на решение задач для железобетонных конструкций.

Литература

1. BuildingSmart – официальный сайт. URL: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/> (дата обращения: 14.02.2020).
2. Porwal A., Hewage K.N. Building Information Modeling–Based Analysis to Minimize Waste Rate of Structural Reinforcement // Journal of Construction Engineering and Management. 2012. Vol. 138(8). P. 943–954. DOI: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0000508.
3. Решения компании “liNear” для проектирования ОБ и ВК. URL: <https://www.linear.eu/ru/продукты/loesungen-fuer-revit/> (дата обращения: 14.02.2020).
4. Ugliottia F.M., Oselloa A., Rizzoa C., Muratorea L. BIM-based structural survey design // Procedia Structural Integrity. 2019. Vol. 18. P. 809–815. DOI: 10.1016/j.prostr.2019.08.230.
5. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М.: Минстрой России, 2017. 140 с.
6. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: Минстрой России, 2016. 104 с.

УДК 721.021

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.026

Епишкин Александр Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

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

Калинин Андрей Сергеевич, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: kalinandy123@gmail.com

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

Kalinin Andrey Sergeevich, master student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В REVIT

DESIGNING POWER SUPPLY SYSTEMS IN REVIT

В статье рассматриваются вопросы, связанные с проектированием систем электроснабжения зданий и сооружений в программном обеспечении Autodesk Revit. Перечислены выявленные в ходе использования основные возможности по построению электрических схем в данной программе, а также не реализованные на текущий момент функции. Приведены использующиеся дополнительные программные расширения независимых разработчиков, для расширения функционала рассматриваемой программы с их оценкой. Приведены примеры построения информационной модели здания с силовыми сетями и сетями освещения. Сделан вывод о возможности разработки раздела электроснабжения с применением Revit.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, BIM, Autodesk Revit, системы электроснабжения, RChain CS Электрика, Elproject, BIM Electrical Design.

The article discusses issues related to the design of power supply systems for buildings and structures in Autodesk Revit. It lists the main program features for building electrical circuits, identified during its use, as well as functions that are not currently implemented. The authors describe plugins of independent developers, extending the program, and provide their evaluation. They also provide examples of BIM models including power and lighting systems. It is concluded that it is possible to develop the power supply section using Revit.

Keywords: building information modeling, BIM, Autodesk Revit, power supply systems, RChain CS Electrics, Elproject, BIM Electrical Design.

Информационное моделирование зданий (BIM) – это процесс, основанный на использовании интеллектуальных 3D-моделей [1]. Наибольший вклад в развитие программного обеспечения на базе BIM-технологий вносит компания Autodesk с программой Revit.

Электротехнический раздел в Revit появился сравнительно недавно и несколько уступает по своему функционалу смежным дисциплинам, но все же позволяет значительно автоматизировать процесс проектирования. На данный момент в Revit 2019, есть возможность реализовать следующие разделы электрики:

- проектирование планов распределительных сетей электроснабжения, в том числе расстановка электрооборудования (щиты, трансформаторы, ИБП);
- проектирование планов силовых сетей;
- расстановка осветительных приборов и простейший светотехнический расчет;
- проектирование планов кабеленесущих систем (кабельные лотки, короба, кабельные каналы);
- проектирование сводного плана внутренних сетей;
- подключение приемников от смежных отделов;
- составление спецификаций оборудования и материалов.

К сожалению, на сегодняшний день, в Revit не реализованы такие возможности, как расчеты электрических нагрузок, потерь напряжения, токов короткого замыкания и симметричности нагрузки, разработка заземления, молниезащиты и системы уравнивания потенциалов. Также одним из больших минусов является полное отсутствие построения однолинейных принципиальных электрических схем. Поэтому для полной разработки раздела электроснабжения в Revit необходимо применять дополнительные программные расширения (плагины), которые способны расширить функционал программы.

На сегодняшний день в рамках СПбГАСУ протестированы следующие независимые решения для автоматизации разработки раздела электроснабжения в Autodesk Revit.

RChain CS Электрика [3]. Приложение позволяет расширить возможности программы при проектировании таких разделов, как

силовое электрооборудование и внутреннее электроосвещение. А также полностью разработать такие дисциплины, как молниезащита и заземление, и охранно-пожарная сигнализация. Это расширение разработано в соответствии с действующей нормативно-технической документацией РФ. Программа не заменяет стандартный функционал Revit, а дополняет его. Минусом данного расширения является высокая стоимость по сравнению с конкурентами.

Удобство проведения светотехнического расчета в данном расширении заключается в том, что реализована такая возможность, как автоматическая расстановка светильников, которая производится по результатам расчета освещенности помещений с помощью метода коэффициента использования. Возможно указание шага расстановки приборов освещения, что является удобной опцией при наличии подвесных плиточных потолков. Также существует возможность провести расчет освещенности с применением точечного метода. Достоинством плагина является итоговый вывод расчетных значений и светотехнический отчет в удобном виде, а также отображение изолюк на самом плане по отдельным посещениям.

Расчет электрических нагрузок можно проводить по двум методам: с использованием РТМ 36.18.32.4-92 для расчета промышленных объектов и с помощью СП 256.1325800.2016 для зданий гражданского строительства.

Формирование принципиальных электрических схем щитов происходит согласно ГОСТ 21.613-2014. Также огромным плюсом является то, что при изменении компонентов щитов в самом проекте, происходит автоматическое обновление компонентов и параметров на самой схеме. Расчет молниезащиты производится согласно СО 153-34.21.122-2003 и РД 34.21.122-87. Программой реализован автоматический вывод информации об оборудовании молниезащиты в соответствующие спецификации. Расширением реализована возможность провести расчет сопротивления искусственных заземлителей, а также составление соответствующих ведомостей и спецификаций. Также программа позволяет провести расстановку тепловых и дымовых пожарных извещателей, согласно НПБ 882001.

Данное решение позволяет достаточно высоко поднять уровень автоматизации проектирования электротехнического раздела в Revit.

Elproject [4]. Приложение предназначена для построения принципиальных электрических схем групповых электропитаний промышленных и административных объектов в сетях 380/220 В, 50 Гц. Приложение имеет следующие преимущества:

- оно полностью бесплатное;
- имеет простой интерфейс;
- автоматически выполняет электрические расчеты на основе данных Revit и формирует готовые схемы;
- автоматически подбирает кабели с учетом потерь напряжения;
- автоматически подбирает аппараты защиты.

В надстройке реализована возможность эскорта итоговой спецификации из Revit в Excel, менять напряжение питающей сети, а также менять шаблоны с маркировкой кабельной продукции для автоматизированного подбора при расчете электропитаний.

Основной минус расширения заключается в том, что оно имеет небольшой функционал, которого недостаточно для полноценной разработки проекта.

BIM Electrical Design от Schneider Electric [5]. Приложение обеспечивает автоматизацию расчетов параметров электрических цепей, а именно:

- расчет электрических нагрузок;
- расчет потерь напряжения в кабельных линиях;
- расчет токов короткого замыкания;
- расчет симметричности нагрузки.

Также, располагая кабельные локти и коробки с помощью стандартных средств Revit, задается требуемая конфигурация прокладки кабелей и полностью контролируется процесс трассировки цепей и выбор кабельной продукции. В результате работы с помощью данного расширения, можно получить однолинейные схемы по ГОСТ 21.613-2014, ГОСТ 21.608-2014, кабельные журналы по ГОСТ 21.613-2014, и спецификации по 21.110-2013. Также к плюсам программы можно отнести то, что она полностью бесплатная. Но это накладывает такое ограничение, как отсутствие выбора производителей оборудования, помимо Schneider Electric. Однако сама компания Schneider Electric предлагает большую базу семейств для разработки проекта, включающую в себя от выключателей и розеток до щитов и силовой

го оборудования. Дополнение постоянно совершенствуется и поддерживается производителем, тем самым, улучшая с каждым разом процесс проектирования электротехнического раздела в Revit.

Таким образом, благодаря связке Revit с перечисленными расширениями, есть возможность разрабатывать проект электроснабжения с учетом основных концепций информационного моделирования зданий. В результате проделанной работы получается полноценная модель здания с электрическими сетями, примеры построения которой представлены на рис. 1, 2. Из разработанной модели в дальнейшем можно получить подробную документацию, спецификацию изделий и материалов, а также кабельные журналы и таблицы расчета нагрузок.

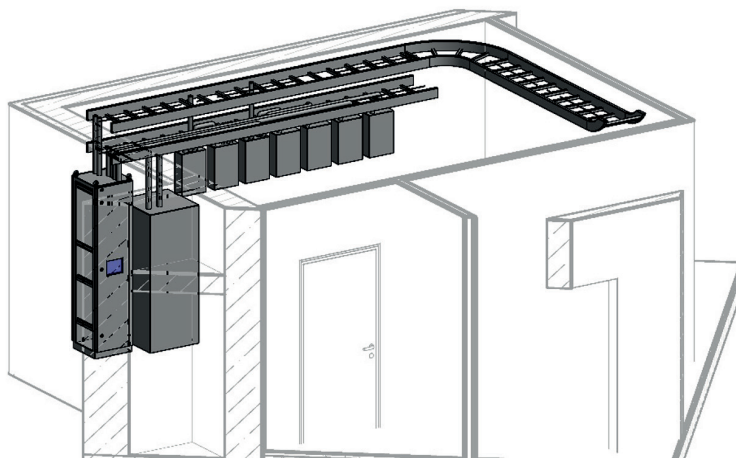


Рис. 1. Пример обустройства помещения электропитовой

Из непотестированных известных электротехнических расширений Revit следует назвать R-One Line Diagrams, с 2019 года сменившую название на SODIS Electrical [5]. Данное решение является платным.

Разработчики электротехнических разделов проектов надеются на устранение указанных недостатков основной программы её создателями.

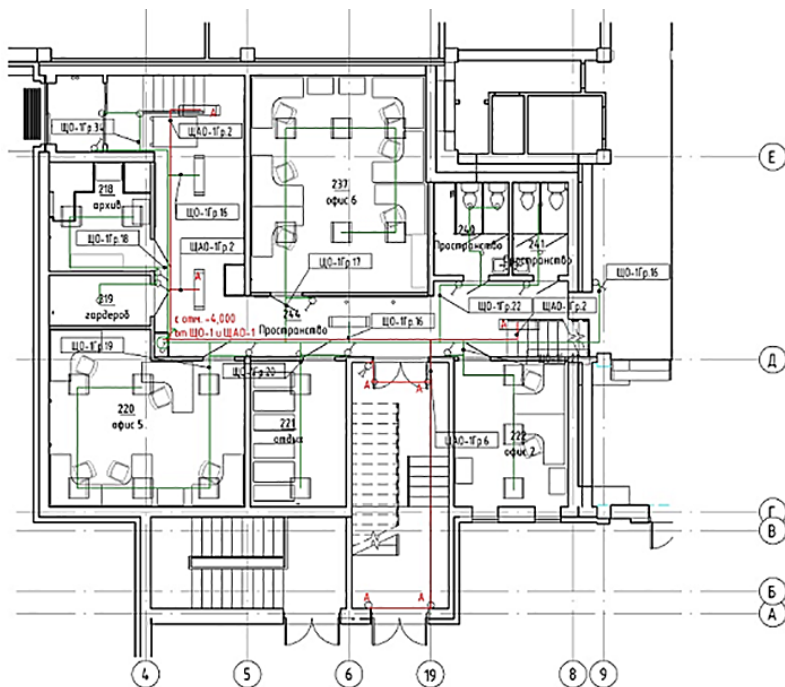


Рис. 2. План сети аварийного и рабочего электроосвещения

Литература

1. Талапов В.В. Введение в информационное моделирование зданий. Саратов: Профобразование, 2017. 392 с.
2. Интернет-сайт разработчика RChain CS Электрика. URL: <https://rchain.csd.ru> (дата обращения: 16.02.2020).
3. Интернет-сайт разработчика Elproject. URL: <http://el-proekt.ru> (дата обращения: 16.02.2020).
4. Пресс-релиз разработчика BIM Electrical Design. URL: https://www.se.com/ru/ru/download/document/PR_22_10_2018_Autodesk (дата обращения: 16.02.2020).
5. Интернет-сайт разработчика R-One Line Diagrams. URL: <http://prorubim.com/ru/tools/r-one-line-diagrams> (дата обращения: 16.02.2020).

УДК 62-503.55:624.05:004.01

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.027

Жукова Валерия Александровна, инженер-проектировщик
(ООО «РОСТерм Северо-Запад»)

E-mail: zhukovav@rosterm.ru, ORCID: 0000-0001-5946-4246

Буданцев Антон Вячеславович, руководитель технического отдела
(ООО «РОСТерм Северо-Запад»)

E-mail: budantsev@rosterm.ru, ORCID: 0000-0002-2233-4090

Zhukova Valeria Aleksandrovna, Engineer
(LLC “ROSTerm North-West”)

Budantsev Anton Vyacheslavovich, Head of Technical Department
(LLC “ROSTerm North-West”)

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ КАТАЛОГА BIM-МОДЕЛЕЙ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ РОСТЕРМ

EXPERIENCE OF THE ROSTERM EQUIPMENT MANUFACTURER IN THE DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF A BIM-MODEL CATALOG

Информационное моделирование зданий (BIM) находится на своём начальном этапе и является наиболее активно развивающимся направлением в сфере проектирования, строительства и эксплуатации зданий. В данной статье на примере компании РОСТерм рассмотрим опыт создания каталога оборудования BIM-моделей для программы Autodesk Revit. Будут разобраны особенности и нюансы, с которыми столкнулась компания при разработке каталога моделей, а также возможные пути решения, включая необходимость технического оснащения, а также обучение сотрудников компаний. Также в статье будут рассмотрены общие тенденции и перспективы развития информационного моделирования.

Ключевые слова: РОСТерм, BIM-технологии, каталог оборудования, первичные элементы системы, Autodesk Revit.

Currently, building information modeling (BIM) is at its initial stage of development. It represents the most rapidly developing area in the design, construction, and operation of buildings. In this article, we analyze experience in creating a BIM-model catalog for Autodesk Revit, using the example of the ROSTerm equipment manufacturer. We also explore peculiarities and nuances faced by the company during catalog development and suggest possible solutions, including the provision of technical equipment and

training of employees. General trends and development prospects of information modeling are also considered in the article.

Keywords: ROSTerm, BIM technologies, equipment catalog, primary elements of the system, Autodesk Revit.

BIM-технологии – это новый инновационный подход к процессу проектирования, строительства и эксплуатации. Внедрение в проект BIM позволяет отслеживать и контролировать весь жизненный цикл здания (рис. 1).

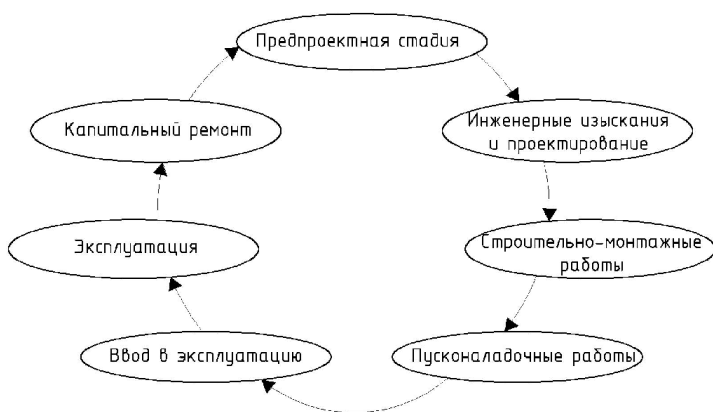


Рис. 1. Жизненный цикл здания

Для внутренних инженерных систем плюсы для проектирования с использованием BIM-технологий заключаются в следующем:

1. Возможность работы смежных отделов в одной модели.
2. При возникновении ошибок и нестыковок возможно быстро их исправить без больших трудозатрат.
3. Динамическая спецификация.
4. Подробная смета.
5. Визуализация.
6. На стадии реконструкции или ремонта возможно быстро и точно посчитать количество необходимого материала.

Процесс проектирования внутренних инженерных систем начинается с выбора типа и параметров системы, а также оборудова-

ния, применяемого в проекте. Разработка проекта непосредственно в программе Autodesk Revit начинается с создания элементов системы, далее заполняются технические параметры, и последним этапом выполняются чертежи всей системы и выводится спецификация. Для застройщика большим преимуществом является высокая детализация проектирования в Revit, что позволяет получить подробную спецификацию, включая все фасонные изделия. Такая спецификация позволяет составить корректную смету и сократить или избежать дополнительных расходов, возникающих на стадии монтажа. Также именно совместная работа смежных отделов в 3D позволяет правильно и грамотно разместить оборудование, учитывая конструктивные особенности помещений и коммуникаций смежных систем.

Модели инженерного оборудования можно считать первичными элементами проектирования. В них вносятся основные технические параметры, правильная геометрия, ссылки на каталоги, а также краткое описание. Грамотное и правильное заполнение информации в первичных элементах позволяет отслеживать состояние системы на протяжении всего жизненного цикла здания. Конечно, наиболее удобно это для проектирования, ремонта и реконструкции [1].

Компанией РОСТерм создан каталог оборудования BIM-моделей для Autodesk Revit, в нём представлен основной перечень оборудования, поставляемого нашей компанией. Использование моделей, разработанных именно производителями, имеет преимущество в том, что в них будет внесена максимально полная и актуальная техническая информация по оборудованию.

В процессе создания данного каталога мы столкнулись с некоторыми особенностями и проблемами. В частности, одной из проблем является отсутствие единого стандарта, по которому создаются BIM-модели [2]. Это приводит к возможным ошибкам при попытке соединить элементы системы, полученные из разных источников [3]. Такие ситуации встречаются довольно часто и из-за этого некоторые проектные организации довольно скептически относятся к применению BIM.

Также на данный момент невозможно создать абсолютно универсальное семейство сложного оборудования, такого как балансировочная арматура или радиаторы. При разработке моделей наша

компания попыталась собрать как можно больше рекомендаций от проектных организаций. Но, как оказалось, создать модели, которые всех устроят невозможно, поэтому мы выделили несколько групп желаний к моделям:

1. Необходимы, фактически, только чертежи с верными размерами и минимальная детализация, чтобы вес семейств был небольшим. Это связано с недостаточным техническим обеспечением, при перегрузке проекта сложными семействами, программа начинает работать гораздо медленнее.

2. Необходимы чертежи и минимальные характеристики для динамической спецификации. В этом случае вес семейства всё еще не большой, но появляется возможность составления грамотной спецификации.

3. Необходимы чертежи, характеристики для спецификации и некоторые основные технические параметры оборудования, например, для термостатики пропускная способность или перепад давления для балансировочных клапанов.

4. Необходимы чертежи, характеристики для спецификации, технические параметры и встроенные сложные калькуляторы, например, для выбора настроек в балансировочных клапанах или теплоотдачи радиаторов.

К сожалению, модель, подходящую под все требования сделать нельзя. При разработке ВМ-моделей самым оптимальным решением было выполнить требования пункта 4, т.к. при необходимости можно удалить необходимые показатели.

Для больших проектных компаний и институтов, имеющих свои ВМ-отделы, внесение изменений и исправление ошибок и нестыковок, возникающих в программе, не являются большой проблемой, так как все модели динамичны, и сами проектировщики могут вносить необходимые поправки, главное знать, как это делать. Но вот для небольших проектных бюро это потенциально проблематично. Таким организациям, не имеющим своих ВМ-инженеров достаточной квалификации, наша компания помогает корректировать модели под их индивидуальные требования. Это не совсем удобно, т. к. достаточно трудозатратно менять модели под требования каждую организацию. Помимо этого, часто возникают ошибки при применении в проекте

оборудования различных производителей. Самая частая ошибка – это ошибка при подключении арматуры или труб (рис. 2). Причины возникновения может быть очень много, например, неправильное расположение коннектора или неправильно назначен тип оборудования. Поиск причины таких нестыковок не всегда быстрый, поэтому некоторые проектные организации создают свои каталоги оборудования, которое они применяют в проекте. Наша компания, как производитель оборудования, всё-таки рекомендует пользоваться каталогами производителей, т.к. при каждой новой разработке могут возникать ошибки при заполнении технических параметров.

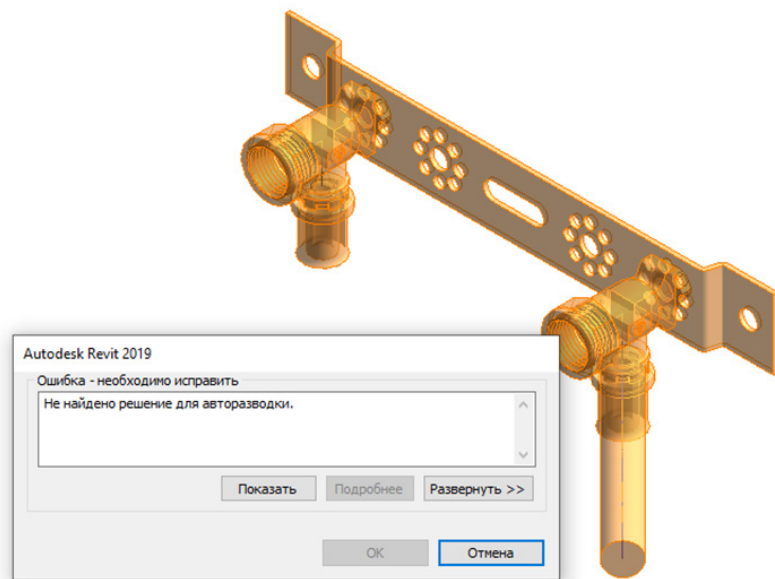


Рис. 2. Пример ошибки, возникающей при подключении семейств разных производителей

Для грамотного внедрения технологии BIM на начальном этапе нужны достаточно большие денежные вложения, необходимые для покупки программного обеспечения, компьютеров с достаточными характеристиками для работы в Revit и других программах, а так-

же для обучения сотрудников. Без хорошей образовательной базы специалистам сложно переходить с САД проектирования на ВМ.

На государственном и муниципальном уровнях предпринимаются шаги к переходу на ВМ-технологии, например, уже внесены изменения в Градостроительный кодекс [4]. В Санкт-Петербурге в 2019 году заключено более 20 госконтрактов на разработку информационных моделей объектов капитального строительства [5].

В заключение хотелось бы отметить, что внедрение ВМ-технологий в проектирование и строительство – процесс долгий и противоречивый. Часто будут возникать нестыковки, но в конечном итоге преимущества применения ВМ перевесят все возникающие проблемы. Процесс внедрения на своей начальной стадии, и для оптимизации и наладки работы во всех сферах строительства и эксплуатации должно пройти достаточное количество времени. Стандартизация и обучение специалистов ускорят и упростят использование инновационных разработок ВМ технологий.

Литература

1. Талапов В.В. ВМ технологии в проектировании: что под этим обычно понимают. URL: <https://maistro.ru/articles/stroitelnye-konstrukcii.-proektirovanie-i-raschet/bim-tehnologii-v-proektirovanii-cto-pod-etim-obychno-ponimayut> (дата обращения: 28.01.2020).
2. Талапов В.В. Основы ВМ. Введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.
3. Лустина О.В., Бикбаева Н.А., Купчиков А.М. Использование ВМ-технологий в современном строительстве // Молодой учёный. Международный научный журнал. 2016. Т. 2, № 15. С. 187–190.
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 27.12.2019).
5. ВМ-технологии в России. Информационное моделирование зданий и сооружений. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ВМ-технологии_в_России (дата обращения: 28.01.2020).

УДК 004+72

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.028

Згода Юрий Николаевич, магистр

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: yurii.zgoda@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6714-500X

Шумилов Константин Августович, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: shkas@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8806-9026

Zgoda Iurii Nikolaevich, master student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Shumilov Konstantin Avgustovich, PhD in Tech. Sci., Associate Professor

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

БЕЗМЕТОЧНАЯ ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ВИЗУАЛИЗАЦИИ BIM-МОДЕЛЕЙ

MARKERLESS AUGMENTED REALITY IN BIM-MODEL VISUALIZATION

В данной работе описывается разработанный авторами программно-аппаратный комплекс (ПАК) визуализации BIM-моделей с использованием технологии безметочной дополненной реальности. ПАК позволяет отображать сведения об элементах BIM-модели, включая инженерные сети. Приводятся различные сценарии использования безметочной дополненной реальности в строительстве, особенности данной технологии в сравнении с виртуальной реальностью и меточной дополненной реальностью. Описываются особенности реализации разработанного ПАК: визуализация скрытых элементов инженерных сетей и отображение метаданных для уже возведенных зданий и сооружений. Приводятся результаты тестирования ПАК, его преимущества и недостатки по сравнению с зарубежными аналогами.

Ключевые слова: дополненная реальность, безметочная дополненная реальность, BIM-технологии, интерактивная визуализация, Autodesk Revit, Renga.

The article presents a hardware-software complex (HSC) developed by the authors and used to visualize BIM models using markerless augmented reality technology. The HSC visualizes metadata on BIM-model elements (including MEP). The authors provide various scenarios of using markerless augmented reality in construction, describe features of this technology in comparison with virtual reality and marker augmented reality. They present the specifics of HSC implementation, such as visualization of hidden MEP ele-

ments or metadata display for constructed buildings or structures. Results of HSC tests are provided, as well as its advantages and disadvantages compared with foreign analogs.

Keywords: augmented reality, markerless augmented reality, BIM technologies, interactive visualization, Autodesk Revit, Renga.

На данный момент существует большое количество решений, позволяющих с высокой степенью реалистичности выполнить интерактивную визуализацию BIM-моделей. Подобные инструменты крайне эффективны: они позволяют наглядно продемонстрировать проектируемое здание заказчику, изучить детали планировки, освещенность помещений и экстерьер здания еще до того, как оно будет возведено. С другой стороны, основой BIM-модели, отличающей ее от обычной архитектурной модели, подготовленной в 3D-редакторе (например, Autodesk 3ds Max, Rhinoceros 3D или Blender), является наполнение информационной составляющей метаданными. Именно наличие метаданных, таких как сведения о материалах стен и перекрытий, геометрических размерах, производителе, стоимости и т. д. делают BIM-модели столь эффективным инструментом в строительстве [1].

На данный момент существует большое количество решений, позволяющих выполнить интерактивную визуализацию BIM-модели (например, Enscape, Lumion, Twinmotion), но решений, включающих в визуализацию метаданные, сравнительно мало (IrisVR, InsiteVR). Единичные программные комплексы позволяют отображать сведения из разделов ОБ и ВК (Fuzor VR). Все приведенные выше решения обладают высокой стоимостью и не имеют нативной (т. е. без необходимости в конвертации, прямой) поддержки отечественного BIM-пакета Renga.

Все приведенные выше программные комплексы поддерживают использование технологии виртуальной реальности, позволяющей заменить для пользователя реальный мир виртуальной средой. В последние годы виртуальная реальность зарекомендовала себя как крайне эффективный инструмент в сфере BIM-моделирования, позволяющий детально изучить облик здания еще на этапе проектирования, наглядно представить модель заказчику. С другой стороны, при взаимодействии с уже построенным зданием или сооружением более целесообразным представляется использование технологии дополненной реальности: технологии, позволяющей

дополнять изображение реального мира виртуальными объектами. Как показывают библиографические исследования [2], дополненная реальность обладает большей распространенностью в сфере BIM-технологий нежели виртуальная реальность. В то же время работ, связанных с использованием безметочной дополненной реальности по сравнению с «классической» меточной дополненной реальностью существенно меньше. Безметочная дополненная реальность (англ. markerless augmented reality) – это технология, позволяющая размещать виртуальные объекты поверх изображения реального мира без необходимости в использовании заранее подготовленных визуальных меток [3]. Данная технология обрела популярность относительно недавно, с появлением таких библиотек как ARCore от Google и ARKit от Apple.

При использовании «классической» меточной дополненной реальности пользователь должен удерживать в кадре какой-либо распознаваемый объект (чертеж здания, схему, изображение) 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.

Для интерактивной визуализации BIM-моделей с метаданными с использованием технологии дополненной реальности существует ряд коммерческих решений (vGIS, VT-lab, KADO), однако ни одно из них не поддерживает отечественного BIM-пакета Renga и не может быть использовано в контексте импортозамещения.

Целью данной работы является разработка программно-аппаратного комплекса (далее, ПАК), реализующего возможности визуализации BIM-моделей, спроектированных в BIM-пакетах Autodesk Revit и Renga, с использованием безметочной дополненной реальности в сфере BIM-технологий, а также с возможностью визуализации инженерных сетей.

Разрабатываемый комплекс предполагает два режима использования: режим интерактивной визуализации модели, при которой пользователь может изучить спроектированную модель со всех сторон при различном освещении, и «режим спецификации», в котором

элементы модели визуализируются только при клике пользователя по соответствующему объекту реального мира с отображением ме-таданных об этом объекте.

В качестве инструментария разработки была выбрана кросс-платформенная среда разработки интерактивных визуализаций Unity 2019.3 и язык программирования C# (используемый для разработки модуля интерактивной визуализации и для взаимодействия с API Autodesk Revit и Renga).

Модуль экспорта BIM-модели, позволяющий получить все необходимые сведения о BIM-модели, и модуль интерактивной визуализации, позволяющий изучать модели на различных платформах, описаны в предыдущей работе [4]. В связи с этим, в данной работе представлены те аспекты ПАК, которые связаны непосредственно с реализацией технологии безметочной дополненной реальности и отображением элементов инженерных сетей проектируемого здания.

Стоит отметить тот факт, что при использовании среды разработки Unity исчезает необходимость в использовании ARCore или ARKit напрямую. Вместо этого все обращения выполняются через пакет Unity AR Foundation, который переадресует обращения к конкретному SDK в зависимости от используемой платформы [5]. Благодаря этому упрощается процесс разработки кросс-платформенных мобильных приложений.

При визуализации элементов инженерных сетей особое внимание следует уделить тому, как визуализируются скрытые инженерные сети. Отрисовка инженерных сетей сквозь стены и перекрытия не может быть использована без дополнительной обработки кадра, т. к. на плоском экране смартфона не будет виден переход между скрытыми и открытыми участками сетей (рис. 1, *а*). Для решения данной проблемы были использованы возможности программируемого конвейера рендеринга Unity (англ. Scriptable Render Pipeline – SRP) [6]. При помощи SRP был реализован механизм, подчеркивающий скрытые элементы сетей менее ярким цветом в случае, если геометрия инженерных сетей чем-либо перекрыта (рис. 1, *б*). Эта функциональность позволила значительно повысить наглядность и информативность визуализации.

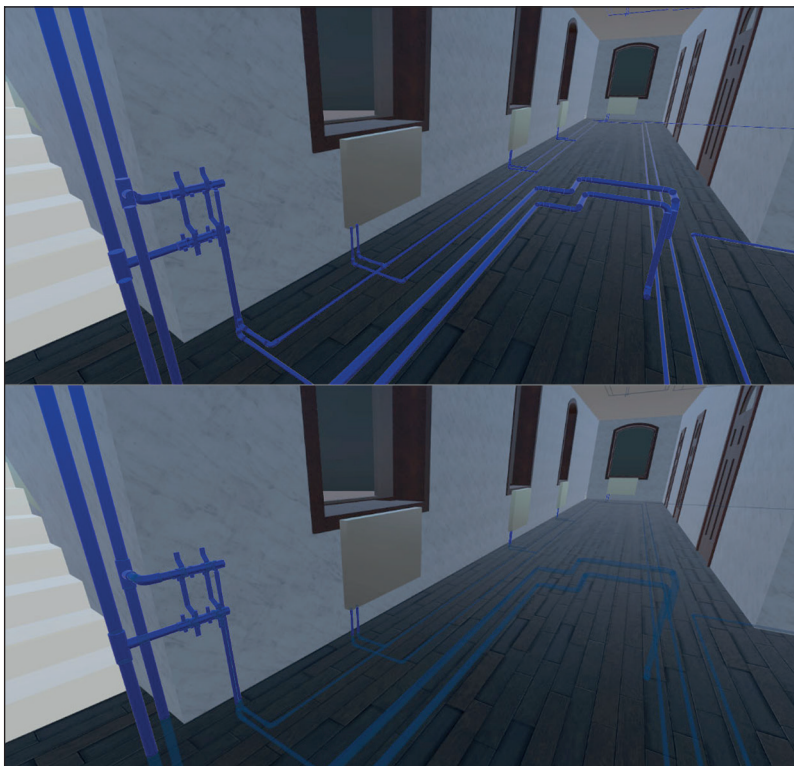


Рис. 1. Визуализация инженерных сетей без выделения перехода в перекрытие (а, сверху) и с выделением (б, снизу)

Другим сценарием использования разработанного приложения является «режим спецификации», позволяющий отображать сведения о здании по соответствующим элементам BIM-модели. Для реализации данной функциональности не используется анализ геометрии помещения. Подобный подход оказался бы неработоспособным при изучении многоквартирных зданий, где имеется большое количество одинаковых комнат. Вместо этого, пользователь задает в используемом BIM-пакете «стартовую точку» для визуализации. Затем в модуле визуализации пользователь отмечает на экране соответствующую

«стартовой точке» позицию в реальном мире. Далее с использованием безметочной дополненной реальности определяются все перемещения пользователя в пространстве, при этом в модуле визуализации пользователь «окружен» невидимыми объектами. Если пользователь касается на экране смартфона какого-либо из этих невидимых объектов, то этот объект соответствующим образом выделяется и пользователю отображаются соответствующие сведения об этом объекте.

Разработанный ПАК показал высокую производительность, позволяя исследовать ВМ-модели геометрической сложности порядка 1.5-4 миллионов полигонов со стабильно высокой частотой кадров порядка 30 FPS (максимально возможная частота кадров при использовании ARCore на большинстве устройств Android).

Таким образом, все поставленные цели были достигнуты: разработан ПАК, позволяющий оперативно выполнить визуализацию ВМ-моделей, спроектированных с использованием зарубежного ВМ-пакета Autodesk Revit или отечественного ПО Renga, с использованием технологии безметочной дополненной реальности. Разработанный ПАК обеспечивает высокую производительность и позволяет изучать как уже возведенные здания и сооружения, так и объекты на стадии проектирования.

Работа выполнена при поддержке гранта СПбГАСУ на выполнение научно-исследовательской работы №17С19.

Литература

1. Лушников А.С. Проблемы и преимущества внедрения ВМ-технологий в строительных компаниях // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6(53). С. 252–256.
2. Yin X., Liu H., Chen Y., Al-Hussein M. Building information modelling for off-site construction: Review and future directions // Automation in Construction. 2019. Vol. 101. P. 72–91. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2019.01.010.
3. Давыденко Э.В. Дополненная реальность – как устроена и как используется в рекламе // Рекламный вектор – 2019: новые реалии: сборник материалов XIII науч.-практич. конф. М., 2019. Т. 101. С. 100–102.
4. Згода Ю.Н., Шумилов К.А. Автоматизированное построение интерактивной визуализации ВМ-моделей с отображением метаданных // Архитектон: известия вузов. 2019. № 4(68). URL: http://archvuz.ru/2019_4/15 (дата обращения: 15.02.2020).
5. About AR Foundation. URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.ar.foundation@3.1/manual/index.html> (дата обращения: 15.02.2020).
6. Scriptable Render Pipeline. URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/ScriptableRenderPipeline.html> (дата обращения: 15.02.2020).

УДК 51.74

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.029

Кирик Екатерина Сергеевна, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник
(Институт вычислительного моделирования СО РАН)

E-mail: kirik@icm.krasn.ru, ORCID: 0000-0003-4394-0791

Попел Егор Викторович, аспирант

(Институт вычислительного моделирования СО РАН)

E-mail: evpopel@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3934-126X

Kirik Ekaterina Sergeevna, PhD of Sci. Phys.-Math., Senior Researcher
(Institute of Computational Modelling SB RAS)
Popel Egor Victorovich, post-graduate student
(Institute of Computational Modelling SB RAS)

ВІМ-МОДЕЛЬ ЗДАНИЯ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

BIM MODELS AND FIRE SAFETY

Рассмотрен вопрос о применении информационной модели здания (BIM – building information model) при проверке соответствия проекта требованиям пожарной безопасности согласно действующему законодательству в области пожарной безопасности. Описаны выгоды использования BIM-модели при проведении расчетов пожарного риска как на этапе проведения расчетов риска, так и при дальнейшем применении полученных результатов. Описаны возможные источники проблем на этапе создания расчетных областей для моделирования развития пожара и эвакуации при автоматическом конвертировании модели здания в расчетную программу. Приведен пример, где решением вопроса, связанного с обеспечением безопасной эвакуации людей при пожаре, является трансформация именно объемно-планировочного решения.

Ключевые слова: BIM-модель здания, пожарная безопасность, расчет пожарного риска, моделирование развития пожара, моделирование эвакуации, безопасная эвакуация.

The article addresses the issue of using building information models to check facility compliance with fire safety requirements in accordance with the applicable fire safety laws. The authors describe the advantages of BIM models both at the stage of fire risk assessment and during further use of the results. They also present potential sources of problems arising when computational regions are set up for fire spread and evacuation modeling during the automatic conversion of the BIM model into the analysis program. The article also provides an example where spatial arrangement transformation serves as the solution ensuring the safe evacuation of people in a fire emergency.

Keywords: BIM model, fire safety, fire risk assessment, fire spread modeling, evacuation modeling, safe evacuation.

Введение. Обеспечение пожарной безопасности всегда связано с затратами, причем это затраты не только на проектирование, но и в период эксплуатации. Поэтому всегда на чашах весов находятся качество и стоимость решения. Снижение стоимости получаемого решения при выполнении минимально необходимых требований, как того требует ст. 7 184-ФЗ «О техническом регулировании», можно достигать за счет применения рискоориентированного подхода в обеспечении пожарной безопасности объектов защиты. В наибольшей степени этот эффект достигается за счет возможности отступлений в проекте (объекте) от требований нормативных документов (Сводов правил) по пожарной безопасности. Подтверждение пожаробезопасности решения производится путем расчета величины пожарного риска, пороговые значения которой установлены в 123-ФЗ.

BIM-модель объекта для расчета пожарного риска. Чтобы получить расчетную величину пожарного риска необходимо выполнить моделирование развития пожара и эвакуации для нескольких сценариев, разработанных с учетом особенностей конкретного объекта [1]. На основе этих расчетов определяется вероятность эвакуации людей из здания, и далее, собственно, величина пожарного риска. Расчеты выполняются в специализированных компьютерных программах.

Наиболее трудоемким этапом при проведении расчета является построение трехмерной модели объекта, которая затем используется для создания расчетных областей для моделирования эвакуации и развития пожара. На рис. 1 представлена диаграмма с распределением доли ручного труда, приходящегося на разные этапы работы в случае, если приходится «поднимать» трехмерную модель вручную по планам средствами строителей расчетных программ.

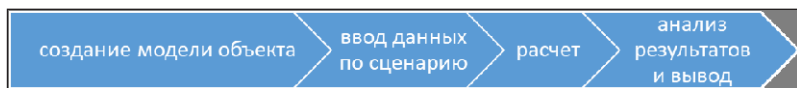


Рис. 1. Относительное распределение ручного труда между этапами работ при выполнении расчета по моделированию развития пожара и эвакуации для одного (первого) сценария при использовании внутреннего построителя расчетной программы

Если для объекта создана BIM-модель, тогда ситуация значительно меняется. Продуктом BIM-программы проектирования является трехмерная информационная модель здания, которая в цифровом виде содержит всю информацию, необходимую для выполнения расчетов по моделированию развития пожара и эвакуации и далее – пожарного риска, а именно структурированное представление объемно-планировочного решения, расположение инженерных элементов системы противопожарной защиты.

Программы для проектирования не позволяют выполнить расчет пожарного риска, отсутствует соответствующая функция как встроенная. На сегодняшний день можно использовать только сторонние расчетные программы для этих целей [2]. Наличие именно в цифровом виде 3D-модели здания и дает принципиальную возможность использовать эту информацию для создания расчетных областей, минуя этап построения модели в расчетной программе. А это является значительным ускорением в проведении этапа подготовки данных для выполнения расчетов по моделированию эвакуации и развития пожара. На рис. 2 представлена диаграмма с распределением доли ручного труда, приходящегося на разные этапы работы в случае импортирования BIM-модели здания в программу по расчету пожарного риска.



Рис. 2. Относительное распределение ручного труда между этапами работ при выполнении расчета по моделированию развития пожара и эвакуации для одного (первого) сценария при использовании BIM-модели здания

Существуют правила создания BIM-моделей, и чем в большей степени модель соответствует этим правилам, тем меньше ручной работы требуется для доведения импортированной информации в расчетной программе до нужного качества, пригодного для проведения расчетов. При этом следует понимать, что для целей моделирования развития пожара и эвакуации требуется только определенная информация о здании, но не вся хранящаяся в BIM-модели. В структурированном виде необходимы основные объемы и связи между ними,

вертикальные связи между этажами, места размещения и размеры дымовых клапанов, противопожарных штор.

ВМ-модель здания, созданная с соблюдением несложных правил, соответствующих канонам информационного проектирования, содержит информацию о здании уже в нужном структурированном виде, т.е. здание состоит из лестниц и этажей, этажи из помещений, помещения из стен его образующих. Эту же структуру информации о здании имеет расчетная программа, рис. 3.

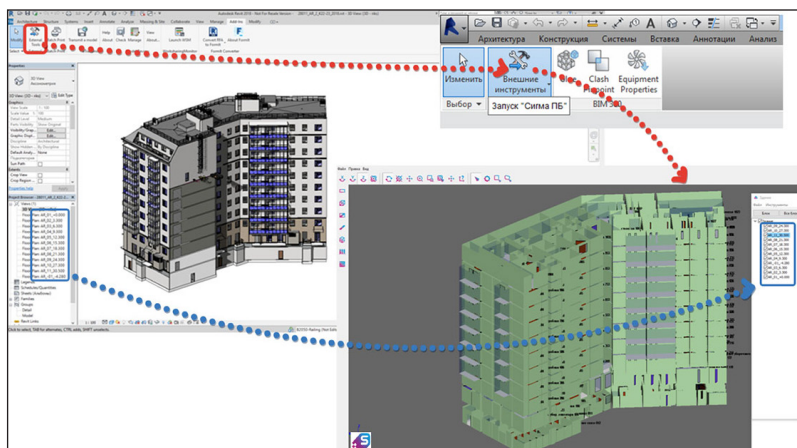


Рис. 3. Схематично показан способ импорта через плагин во «Внешних инструментах» модели из программы «Revit» (слева) в программу «Сигма ПБ» (справа) и сохранение структуры представления информации о здании

Необходимы специальные программы-конверторы для передачи информации из ВМ-программ проектирования в расчетные. Конверторы извлекают нужную информацию для проведения расчета и представляют ее в формате, понятном расчетной программе. Любой автоматический импорт данных всегда требует ручной «доводки». На рис. 3 представлена модель здания, выполненная в программе «Revit», и модель того же здания, импортированная в расчетное ПО «Сигма ПБ» (<http://3ksigma.ru>) [3, 4].

Каждая из BIM-программ для проектирования отличается своей спецификой, и, порой, разные разделы проекта выполняются в разных программах. Для передачи информации в этом случае используется открытый общеобменный формат «.ifc». Поэтому при создании конверторов видится целесообразным именно ориентирование на этот формат, как на универсальный.

Расчет пожарного риска и BIM-модель объекта – обратная связь. Несомненное преимущество проектирования с использованием BIM-технологии – любое изменение в смежных разделах проекта автоматизировано проверяется на коллизии.

Совместный анализ результатов моделирования развития пожара и эвакуации показывает слабые стороны проектируемого объекта в части пожарной безопасности – участки, на которых требования по обеспечению безопасных условий эвакуации не выполнены, то есть люди могут подвергнуться воздействию опасных факторов пожара, превышающих критические значения [1], как, например, представлено на рис. 4.

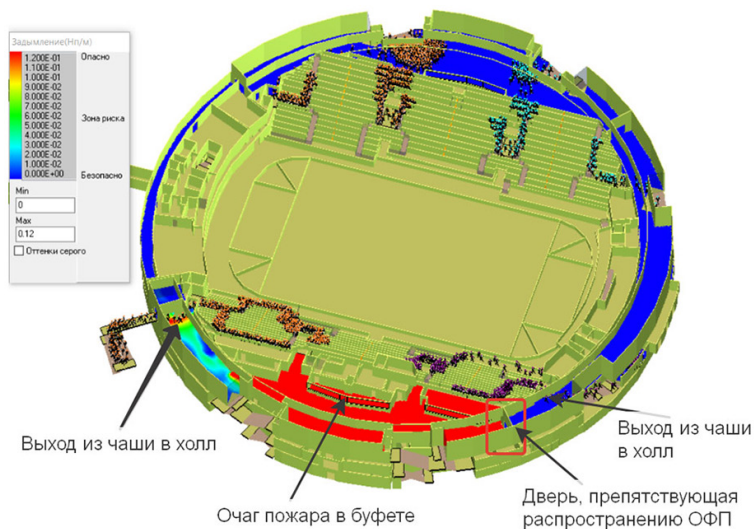


Рис. 4. Совместная визуализация эвакуации и задымления в здании ледовой арены на 3000 зрителей на 160 секунде от начала пожара

Планировка второго этажа, куда ведут люки с западной трибуны чаши ледовой арены на 3000 зрителей, такова, что относительно буфета в центральной части (в нем был принят очаг пожара) самый правый выход с западной трибуны отгорожен дверью (выделена на рисунке), а самый левый – нет [5]. В связи с этим, при возникновении пожара в буфете для зрителей правой части западной трибуны безопасные условия эвакуации обеспечены, а для левой – нет. Это и продемонстрировано на рис. 4: зрители левой части, выходя из чаши через единственный доступный люк в холл 2-го этажа, через некоторое время от начала пожара попадают в область, где задымление превышает критические значения.

Решения выявленной проблемы на этапе расчета пожарного риска могут быть разными, но в первую очередь трансформации подвергается объемно-планировочное решение – добавление/перенос выходов, перегородок, дымовых карманов, увеличение объемов за счет расширения путей эвакуации и/или увеличения высоты, добавление новых лестниц и т.п. Когда проверенное в расчетной программе решение вносится в ВМ-модель, автоматически происходит пересчет стоимости и проверка на коллизии с другими разделами. Тем самым решению дается оценка в стоимостном выражении и качественное согласование со всем проектом.

Таким образом, все полученные в результате расчета пожарного риска варианты корректировки первоначального решения могут быть сравнены между собой на единой основе, выраженной в стоимости.

Заключение. Современные технологии не только дают новые возможности, но для успешного их применения требуют ответственного отношения и настойчивого освоения этих возможностей. Связка «ВМ-модель здания – расчет пожарных рисков» имеет большой потенциал в ускорении этапа проверки соответствия проекта требованиям пожарной безопасности, нахождению оптимального решения по цене и качеству.

Литература

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. URL: <https://base.garant.ru/12169057/> (дата обращения: 20.02.2020).

2. Кирик Е.С. Компьютерное моделирование развития пожара и эвакуации в парадигме BIM // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2016. № 1. С. 25–31.

3. Литвинцев К.Ю., Кирик Е.С., Дектерев А.А., Харламов Е.Б., Малышев А.В., Попел Е.В. Расчетно-аналитический комплекс «Сигма ПБ» по моделированию развития пожара и эвакуации // Пожарная безопасность. 2016. № 4. С. 51–59.

4. Кирик Е.С., Малышев А.В. Тестирование компьютерных программ по расчету времени эвакуации на примере модуля SigmaEva // Пожарная безопасность. 2014. № 1. С. 78–85.

5. Kirik E., Dekterev A., Litvintsev K., Malyshev A., Kharlamov E. The solution of fire safety problems under a design stadia with computer fire and evacuation simulation // IOP Conf. Ser.: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 456. 012073. DOI: 10.1088/1757-899X/456/1/012073.

УДК 624.21/8

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.030

Козак Николай Викторович, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

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

Kozak Nikolai Viktorovich, PhD student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ

USE OF MODERN MODELING TOOLS DURING ROAD INTERCHANGE CONCEPT DEVELOPMENT

В статье автором рассмотрен процесс разработки концепции многоуровневой транспортной развязки в г. Санкт-Петербурге в рамках выполнения его выпускной квалификационной работы на степень специалиста. В рамках выполнения проекта большое внимание было уделено интеграции информационного моделирования в процесс проектирования дорожной инфраструктуры. В данной работе пошагово описан опыт использования таких программ, как Autodesk InRoads и Autodesk AutoCAD Civil 3D при разработке концептуальных решений развязок, а также опыт геометрического моделирования мостовых сооружений в Trimble SketchUp на oc-

новании получаемых из информационных моделей данных. По результат работы сделаны обобщающие выводы и отмечены текущие проблемы мостового информационного моделирования (BrIM).

Ключевые слова: информационное моделирование, BIM, BrIM, мост, транспортная развязка, геометрическое моделирование, Infracworks, Civil 3D, SketchUp.

In this paper, the author considers the process of developing the concept of a multi-level road interchange in St. Petersburg as part of his graduation thesis for the specialist degree. Within the framework of the project, much attention was paid to the integration of information modeling in the road infrastructure design process. The paper describes in steps the experience of using such programs as Autodesk Infracworks and Autodesk AutoCAD Civil 3D when developing conceptual solutions for interchanges, as well as the experience in geometric modeling of bridge structures in Trimble SketchUp based on data obtained from information models. Based on the results of the study, general conclusions are drawn, and the current problems of bridge information modeling (BrIM) are noted.

Keywords: information modeling, BIM, BrIM, bridge, road interchange, geometric modeling, Infracworks, Civil 3D, SketchUp.

В настоящее время идет активное внедрение информационного моделирования во многих областях инженерно-строительной сферы. BIM в гражданском строительстве уже давно стало привычной концепцией, а используемые модели нередко охватывают все или практически все сферы проектов [1]. В мостостроении ситуация отличается – на настоящее время информационное моделирование чаще всего используется при решении отдельных задач (например, при разработке комплекта документации на металлические конструкции пролетного строения) [2–4]. Встречаются отдельные удачные примеры комплексной разработки моделей, соответствующих концепции BrIM (Bridge Information Modeling), однако используемые технологии моделирования нельзя назвать чисто инженерными, поскольку используются различные скрипты и дополнения собственной разработки [5].

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы по специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений» по специализации «Строительство автомобильных дорог, аэродромов, мостов и тоннелей» была поставлена задача разработать концептуальное объемно-планировочное решение транспортного узла в г. Санкт-Петербурге, а также детальный проект одного из искусственных сооружений. Разработка концепции предполагала проработку трех вариантов, включающих в себя решения по плановому взаи-

морасположению трасс и съездов, высотных профилей дорог, а также по расположению основных конструктивных элементов.

Опираясь на накопленный за время обучения опыт [6], для выполнения данных задач было принято решение использовать современные инструменты информационного и геометрического моделирования.

Разработка модели концепта транспортной развязки производилась по следующему алгоритму:

1. Создание объемной модели рельефа участка проектирования на основании имеющихся данных изысканий (рис. 1). Доработка и оптимизация модели, нанесение осей текущей улично-дорожной сети.

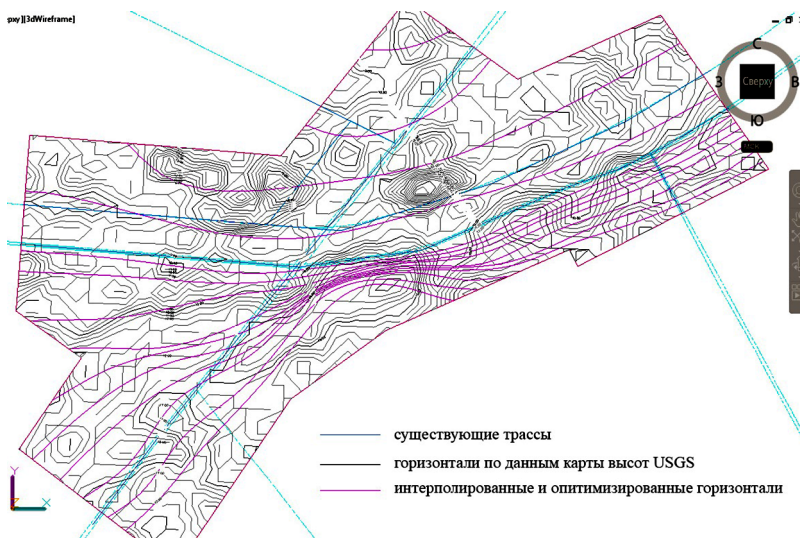


Рис. 1. Моделирование рельефа участка проектирования: план высотных горизонталей (Autodesk Civil3D)

2. Импорт модели рельефа в Autodesk Infraworks (рис. 2). На основании геопривязки и данных OpenStreetMap была произведена автоматическая генерация окружающей застройки и подгружены аэроснимки местности. Далее в полуавтоматическом

режиме была произведено построение информационной модели дорожной сети района на основании импортированных геометрических осей УДС.



Рис. 2. Моделирование рельефа участка проектирования:
модель участка проектирования в Autodesk InfraWorks

3. Разработка эскизных вариантов объемно-планировочного решения пересечения в Autodesk InfraWorks (рис. 3). В рамках эскизного проектирования внимание уделялось геометрическим характеристикам осей трасс (параметрам высотного профиля и плановым параметрам – радиусам кривых, длине переходных участков, уклонам) и высотному взаиморасположению элементов, при этом элементы поперечного профиля и элементы искусственных сооружений принимались условно. Были разработаны 3 варианта решения пересечений, далее по результатам сравнения выведенных из модели технико-экономических показателей (длина дорог, эстакад, объем насыпей и выемок), а также с учетом визуальной оценки влияния решений на городскую среду (рис. 4), был выбран вариант к дальнейшей разработке.



Рис. 3. План принятого решения (с постобработкой)



Рис. 4. Визуализация принятого решения в среде Autodesk InfraWorks

Детальная разработка одного из съездов транспортной развязки состояла из следующих этапов:

1. После утверждения концептуального решения развязки для дальнейшей доработки варианта был произведен повторный импорт модели в Autodesk AutoCAD Civil 3D, где геометрические параметры концептуального решения были адаптированы под действующие национальные нормы. Также в рамках данного шага были сгенерированы дополнительные оси проектируемого съезда, учитывающие особенности продольного профиля – виражи, отгоны (рис. 5). По результатам выполнения данного этапа была получена детальная ось-лента проектируемого съезда (рис. 6), на которую в дальнейшем могут быть привязаны семейства конструкций.

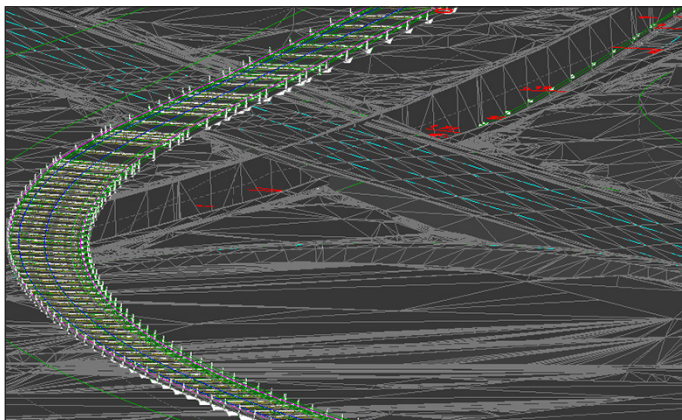


Рис. 5. Детальная модель геометрии съезда в AutoDesk Civil 3D с учетом виражей и отгонов

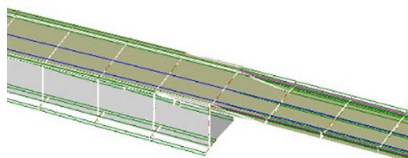


Рис. 6. Фрагмент полученной оси-ленты съезда (узел сопряжения эстакады с насыпью в подпорных стенках)

2. Проектирование конструкций съезда производилось классическим способом, без использования непосредственно технологий информационного моделирования, однако для наглядной визуализации решений были разработаны геометрические модели как пролетного строения в целом с учетом его геометрических особенностей (выража, криволинейного профиля и плана) (рис. 7), так и отдельных монтажных блоков (рис. 8). Моделирование пролетного строения в целом, расположенного на сложных кривых в плане и профиле и закручивающегося в поперечнике, производилось в Trimble SketchUp с использованием комплекса плагинов на основании данных, импортированных из Autodesk Civil 3D.

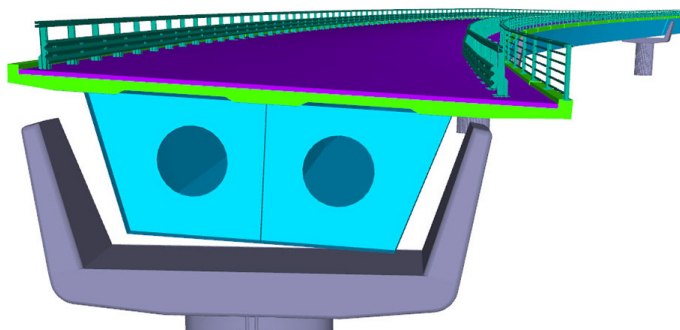


Рис. 7. Упрощенная модель пролетного строения в целом

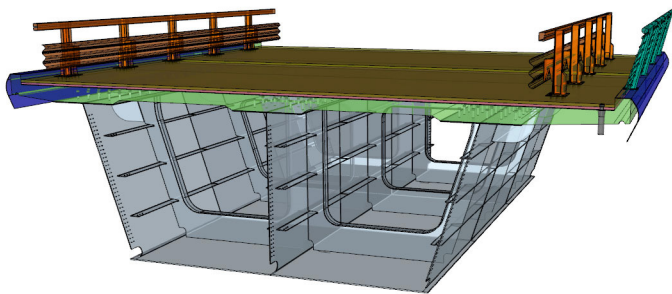


Рис. 8. Модель монтажного блока пролетного строения

3. Для получения наглядной иллюстрации проектируемого комплекса сооружений в целом, полученная модель эстакады съезда (рис. 9) была экспортирована в Autodesk Infracore (рис. 10). Также была создана видео-презентация облета транспортной развязки (доступно по адресу <http://youtu.be/bGkQEHNPRIA> и QR-коду на рис. 10).



Рис. 9. Визуализация модели эстакады съезда

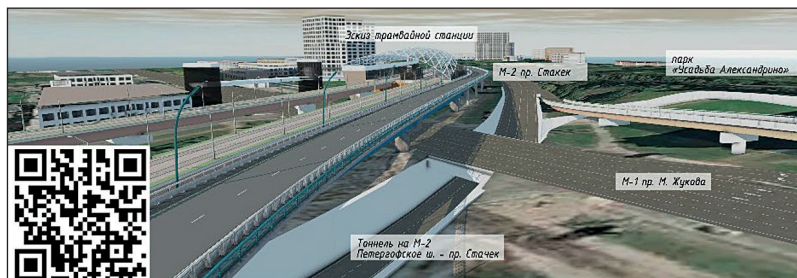


Рис. 10. Визуализация транспортной развязки

По результатам проведенной работы были сделаны следующие выводы:

1. Использование технологий таких сред моделирования, как Autodesk Infracore значительно упрощает работу проектировщика на стадиях формирования эскизных решений, освобождая от рутинных операций; кроме того, возможен быстрый экспорт разработанных на эскизном этапе решений далее на стадию проектной разработки.

2. Использование инструментов 3D-моделирования при проектировании сложных объемно-планировочных решений позволяет оптимизировать процесс контроля возможных пересечений элементов конструкций и соблюдения проектных габаритов.

3. Использование геометрических моделей позволяет повысить наглядность разрабатываемых вариантов для заказчика.

4. Существующее состояние мостового BIM не позволяет использовать концепцию «одной модели». Существующие процессы импорта и экспорта односторонние и не подразумевают автоматическое обновление моделей последующих этапов.

5. Информационное моделирование конструкций мостовых сооружений на данной этапе также не обладает необходимой степенью интеграции с предыдущими этапами, и, по большей части, сводится к проектированию мостов по принципам объектов общегражданского строительства. Даже получив в качестве исходных данных универсальную ось-ленту мостового сооружения, дальнейшее проектирование заключается в подстройке параметров объекта под исходные данные, а не автоматической генерации на основе исходных осей.

Литература

1. Талапов В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК Пресс, 2015. 410 с.
2. Квитко А.В., Козак Н.В. Информационные технологии в современном строительстве искусственных транспортных сооружений // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 117–123.
3. Costin A., Adibfar A., Hu H., Chen S.S. Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure. Literature review, applications, challenges, and recommendations // Automation in Construction. 2018. Vol. 94. P. 257–281. DOI: 10.1016/j.autcon.2018.07.001.
4. Антонюк А.А., Чижов С.В. Принципы информационного моделирования транспортных сооружений // Наукоедение: Интернет-журнал. 2017. № 3(9). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/70TVN317> (дата обращения: 115.02.2020).
5. Чжо З.А. Использование плагинов в BIM-программах при проектировании элементов мостов // Мир транспорта. 2018. № 2(16). С. 68–73.
6. Быстров В.А., Бондарева Э.Д., Козак Н.В. Проблемы подхода к изучению информационных технологий в области проектирования, строительства и эксплуатации искусственных транспортных сооружений // Педагогические параллели: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 141–144.

УДК 004.94

DOI: 10.23968/ВМАС.2020.031

Козак Николай Викторович, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

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

Квитко Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: kvitko.67.67@mail.ru

Клековкина Мария Петровна, канд. техн. наук, заведующий кафедрой

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: megapolis775@mail.ru

Kozak Nikolai Viktorovich, PhD student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Kvitko Aleksandr Vladimirovich, PhD of Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Klekovkina Maria Petrovna, PhD of Sci. Tech., Head of Department

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ИСТОРИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ И 3D-ПЕЧАТЬ МОДЕЛИ СТАРОГО ВОЛОДАРСКОГО МОСТА

HISTORICAL RECONSTRUCTION AND 3D-PRINTING OF A MODEL OF THE OLD VOLODARSKY BRIDGE

В данной статье приводится описание процесса создания точной компьютерной модели арочных пролетных строений старого Володарского моста, построенного и затем полностью перестроенного в XX веке в городе Ленинград (ныне Санкт-Петербург). На основе разработанной геометрической модели затем была осуществлена 3D-печать макета исторического моста. В статье приведены основные этапы процесса с иллюстрациями, фотографиями, описанием используемых материалов и технологий. В статье также дана краткая историческая справка по проектированию, строительству, эксплуатации и реконструкции моста. В заключении статьи приводятся обобщающие выводы по результатам изготовления макета с использованием технологии 3D-печати.

Ключевые слова: моделирование, 3D-печать, макет, мост, история, Ленинград, Санкт-Петербург

The article describes the process of creating an accurate computer model of the arch spans of the old Volodarsky Bridge constructed and then completely rebuilt in the 20th century in Leningrad (now St. Petersburg). Based on the geometrical model, a mock-up of the historical bridge was printed using a 3D printer. The authors describe the main stages of the process with illustrations and photographs, discussing the materials and technologies used. The article also provides a brief historical background to the design, construction, operation, and reconstruction of the bridge. The article concludes by summarizing the results of model 3D printing.

Keywords: modeling, 3D printing, model, bridge, history, Leningrad, St. Petersburg

Историческая справка. Первый Володарский мост, самый южный из городских мостов Санкт-Петербурга через р. Неву (рис. 1), был торжественно открыт в 1936 году. Запроектированный в расцвет эры железобетона, мост обладал уникальными, более чем 100 метровыми, железобетонными арками боковых пролетов. В проектировании моста участвовали такие видные архитекторы и инженеры того времени, как А. С. Никольский, К. М. Дмитриев, Г. П. Передерий, В. И. Крыжановский, В. К. Качурин.



Рис. 1. Фотография старого Володарского моста

Строительство моста являлось базой для множества научных и инженерных исследований того времени. Уникальность и экспериментальный характер сооружения, к сожалению, серьезно сказывались на его характеристиках в процессе эксплуатации. В 1985 году из-за выявленного перегруза в арматуре было принято решение о закрытии моста и постановке его на реконструкцию [1–3].

Реконструкция модели моста. В 2018 году на кафедре автомобильных дорог, мостов и тоннелей к тематической выставке была начата разработка макета старого Володарского моста. Ориентируясь

на имеющийся опыт использования новых технологий [4, 5], было принято решение использовать для изготовления макета технологию 3D-печати.

На первом этапе работы в архиве СПб ГУП «Мостотрест» был проведен поиск имеющейся документации на сооружение. Была получена рабочая документация как на старый, так и на современный мосты, найдены редкие фотографии и эскизы, изучены технические отчеты, что позволило с большой точностью воспроизвести историю моста.

В дальнейшем, на основании полученных данных, была восстановлена точная цифровая модель арок пролетного строения. Опоры и разводные пролетные строения были контекстно замоделированы в основных размерах.

Моделирование производилось в среде Trimble SketchUp 2017. Первоначально были созданы компоненты симметричных четвертей арок (с учетом двух осей симметрии), объединенные в единую модель в масштабе 1:1 (рис. 2). Модель была выполнена с высокой степенью детализации по имеющимся оригинальным чертежам, вплоть до моделирования узлов деревянного настила участка трамвайных путей.

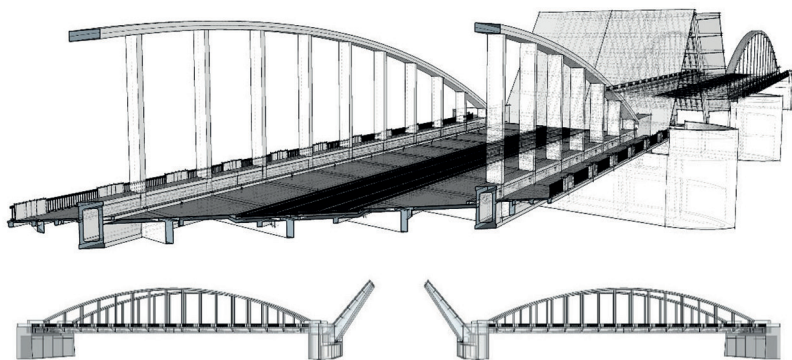


Рис. 2. Модель моста в Trimble SketchUp

Далее, в рамках подготовки модели к печати на принтерах, была произведена оптимизация модели, а именно: удалены малые непечатаемые детали; размеры модели изменены в соответствии с масшта-

бом печати (1:100). Ввиду больших размеров моста печать элементов целиком была технически невозможна, поэтому рассматривались различные варианты поэлементной печати и дальнейшей сборки. В целях оптимизации работы на имеющихся принтерах было принято решение разделять модель на небольшие компоненты (длиной до 150 мм) с последующей клеевой сборкой (рис. 3).

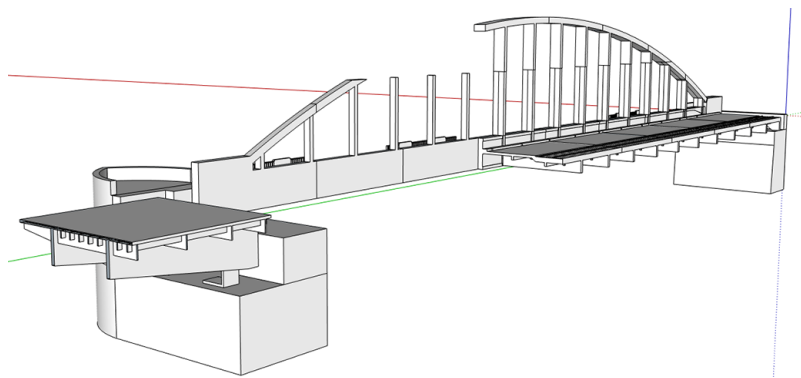


Рис. 3. Сборка из отдельных компонентов модели в Trimble SketchUp

Помимо разделения вследствие ограничений печатного пространства, также элементы моста разделялись ввиду особенностей технологии печати для уменьшения поддерживаемых площадей. Экспорт моделей в универсальный формат *.stl производился с использованием специального расширения для SketchUp.

3D-печать моста. Печать моста производилась на принтерах 3DQ Mini межкафедральной лаборатории СПбГАСУ, а также на принтере CREALITY 3D Ender-3 Pro 3d (рис. 4, а). В качестве материала печати использовался белый PLA-пластик Filament. Всего было напечатано более 200 деталей, из них 88 шт. – основные элементы двух арок, 40 шт. – элементы четырех опор, 8 шт. – элементы двух разводных пролетных строений (рис. 4, б).

Соединение распечатанных элементов между собой производилось расплавкой пластика с использованием хлорметилена. Итоговый вид полученной модели представлен далее на рис. 5, 6.

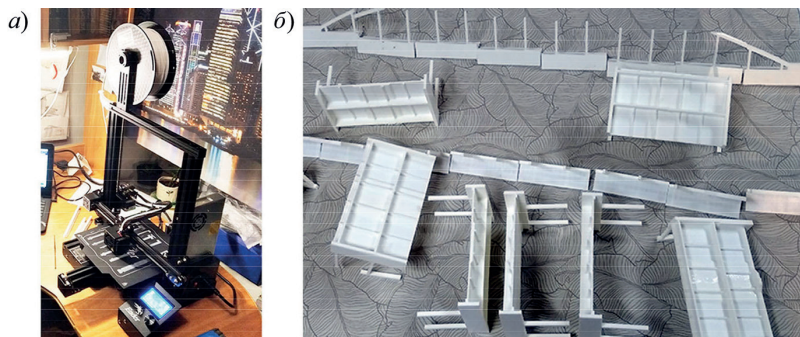


Рис. 4. а) Принтер CREALITY 3D Ender-3 Pro 3d; б) Распечатанные компоненты

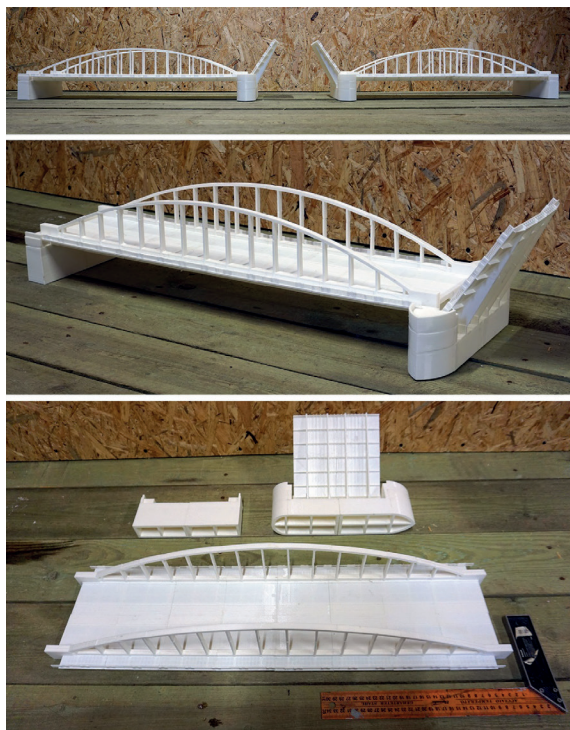


Рис. 5. Распечатанный макет моста – общие виды

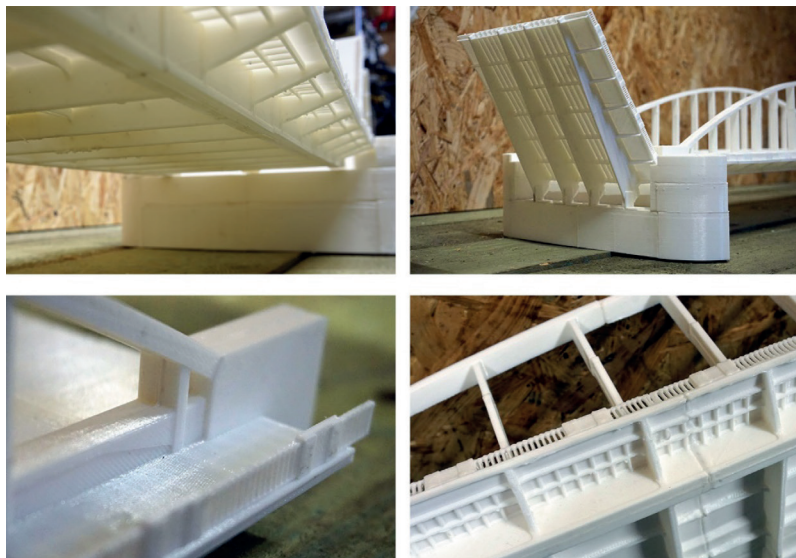


Рис. 6. Распечатанный макет моста – детали

Заключение. Создание макета сооружения с использованием компьютерного моделирования и последующей 3D-печатью является весьма перспективной и удобной технологией изготовления наглядных учебных моделей. К преимуществам способа стоит отнести относительно низкие трудозатраты при изготовлении и высокую автоматизированность процесса. В то же время необходимо отметить высокие требования к качеству разрабатываемых исходных моделей, в которых необходимо учитывать технологии сборки, а также необходимость тщательной сборки и постобработки элементов и стыков моделей (особенно для клеевых вариантов исполнения). В будущем в планах кафедры автомобильных дорог, мостов и тоннелей значится разработка ряда макетов мостов и отдельных конструкций, способствующих повышению наглядности учебного материала [4, 5].

Благодарности. За предоставление исторических материалов и доступ в архив авторы статьи выражают благодарность СПб ГУП

«Мостотрест»; за содействие в печати элементов выражаем благодарность сотрудникам межкафедральной лаборатории СПбГАСУ; за содействие в организации сборки выражаем благодарность генеральному директору ООО «ЦКМ» Д. А. Ярошутину; за помощь в сборке макета выражаем благодарность сотрудникам ООО «ЦКМ», а также В. Ф. Козаку.

Литература

1. Новиков Ю.В. Мосты и набережные Ленинграда. Л.: Лениздат, 1991. 320 с.
2. Пунин А.Л. Повесть о ленинградских мостах. Л.: Лениздат, 1971. 192 с.
3. Бунин М.С. Мосты Ленинграда. Очерки истории и архитектуры мостов Петербурга – Петрограда – Ленинграда. Л.: Стройиздат, 1986. 280 с.
4. Fregonese L., Giordani N., Adami A., Bachinsky G., Taffurelli L., Rosignoli O., Helder J. Physical and Virtual Reconstruction for an Integrated Archaeological Model: 3d Print and Maquette // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences. 2019. Vol. XLII-2/W15. P. 481–487. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-481-2019.
5. Centofanti M., Brusaporci S., Lucchese V. Architectural heritage and 3D models. In: Computational modeling of objects presented in images. Springer, Cham, 2014. P. 31–49. DOI: 10.1007/978-3-319-04039-4_2.
6. Сябренко А.П., Тынченко В.С. Использование технологии 3D-печати в образовательном процессе вуза // Развитие современного образования: теория, методика и практика: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. С. 144–247.
7. Быстров В.А., Бондарева Э.Д., Козак Н.В. Проблемы подхода к изучению информационных технологий в области проектирования, строительства и эксплуатации искусственных транспортных сооружений // Педагогические параллели: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 141–144.

УДК 624.21/.8

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.032

Козак Николай Викторович, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

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

Ярошутин Дмитрий Андреевич, старший преподаватель

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: yaroshutin.spbgasu@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1630-9531

Kozak Nikolai Viktorovich, PhD student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Yaroshutin Dmitry Andreevich, Senior Lecturer

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

BrIM ИЛИ BIM: ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕПЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

BrIM OR BIM: FEATURES OF THE BRIDGE INFORMATION MODELING CONCEPT

В статье авторами рассмотрены основы концепции информационного моделирования мостовых сооружений (BrIM – Bridge Information Modeling) и ключевые отличия от широко распространённой концепции информационного моделирования зданий (BIM – Building Information Modeling). На основании существующих решений предложена система классификации систем моделирования на специальные и комплексные. В статье приведен обзор таких современных компонентов и программных комплексов, основанных на идеологии концепции BrIM, как SOFiSTiK Bridge Modeler, Bentley OpenBridge, Allplan Bridge, Midas CIM. В заключении даны обобщающие выводы и оценены перспективы развития концепции.

Ключевые слова: информационное моделирование, параметрическое моделирование, BIM, BrIM, жизненный цикл, метод конечных элементов.

In the article, the authors review the basics of the bridge information modeling (BrIM) concept and its key differences from the widely used building information modeling (BIM) concept. Based on the existing solutions, it is proposed to classify modeling systems into special and integrated. The article provides an overview of modern software components and software packages based on the ideology of the BrIM concept, such as SOFiSTiK Bridge Modeler, Bentley OpenBridge, Allplan Bridge, Midas

CIM. The authors draw generalized conclusions and estimate prospects for the development of the concept.

Keywords: information modeling, parametric modeling, BIM, BrIM, life cycle, finite element method.

BrIM и BIM – основы и различия. Понятие информационного моделирования зданий и сооружений (BIM – Building Information Modeling) за последнее десятилетие глубоко укрепилось в профессиональной деятельности инженеров, архитекторов и менеджеров строительной сферы. На сегодняшний день проекты с комплексным использованием BIM в западных странах становятся скорее нормой, чем исключением. В России процесс перехода на проектирование в концепции BIM также набирает обороты [1], чему способствует и утверждаемая в настоящий момент национальная нормативная-техническая база [2].

В это же время необходимо отметить, наибольшее развитие концепция BIM получила именно в области проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений (жилого, общественного, промышленного назначения), в то время как для объектов транспортной инфраструктуры внедрение технологии информационного моделирования (BrIM – Bridge Information Modeling) заметно отстаёт по темпам развития и интеграции [3], что объясняется как техническими особенностями, так и некоторой инертностью и консервативностью отрасли.

В чем же принципиальные отличия BIM и BrIM и почему уже опробованные технологии и решения BIM не всегда подходят к применению в BrIM? В первую очередь, необходимо отметить глобальные различия в структурах параметрических моделей площадных и линейных объектов. Если для моделирования зданий в качестве основы используются классические координатные оси и уровни, то основой для мостов и тоннелей выступают оси или поверхности объектов принадлежности (дорог, рис. 1) [4].

Таким образом, прямое использование существующих и широко распространённых программных комплексов для проектирования зданий, таких как Autodesk Revit, Tekla Structures и др. существенным образом ограничено, а иногда и невозможно.

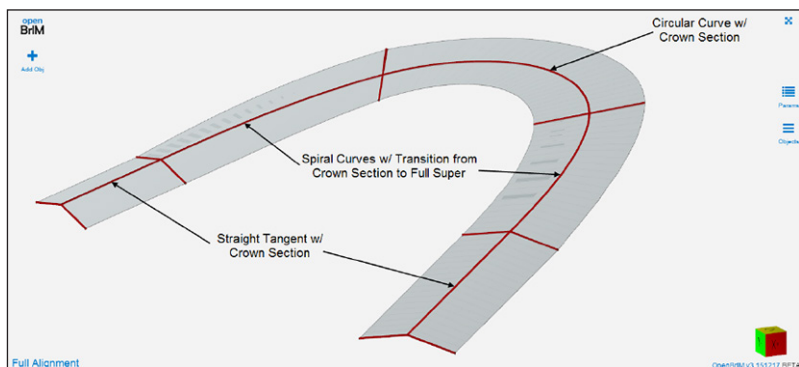


Рис. 1. Пример основы (поверхность дороги) для параметрического моделирования моста

Одним из вариантов внедрения технологии информационного моделирования в проектирование искусственных транспортных сооружений выступает доработка существующих программ путем разработки пользовательских скриптов и приложений, или даже разработка собственных программных комплексов и технологий, но на основе имеющихся платформ. В качестве примера стоит привести разработки одного из крупнейших в России транспортного проектного института АО «Институт «Стройпроект», применяющего собственные BrIM-комплексы, использующие платформу Revit, для проектирования комплексных инфраструктурных проектов [5].

В то же время, в последние годы известными разработчиками были выпущены или анонсированы к выпуску специализированные программные комплексы (или их модификации) для информационного моделирования именно мостовых сооружений, что свидетельствует о формировании массового запроса на использование инструментов информационного моделирования в указанной сфере проектирования.

Существующие комплексы информационного моделирования. Впервые термин BrIM был выделен компанией Bentley System для разграничения разрабатываемых программных решений для зданий и мостовых сооружений [6]. В целом все направления разработки в области информационного моделирования мостов можно раз-

делить на специализированные программы, реализующие элементы BrIM, и комплексные решения, нацеленные на охват всего жизненного цикла объекта транспортного строительства.

До недавнего времени большая часть разработок велась именно в первой области, в первую очередь представляя собой программное обеспечение для МКЭ-анализа конструкций, где параметрический способ ввода данных и сопровождающая базовые элементы дополнительная информация позволяли оптимально выстраивать процесс разработки сложных расчетных схем метода конечных элементов.

Изначально разработчиками программного обеспечения были предложены различные средства – модули-шаблоны автоматизации создания стандартных конечно-элементных расчетных моделей (англ. Wizards), представляющие собой набор форм ввода данных с полями, описывающими основные геометрические и конструктивные параметры проектируемого объекта, а в ряде случаев – технологические особенности, и являющиеся, по сути, улучшенными наследниками простейших текстовых интерфейсов ввода данных. Такие модули были реализованы в программных комплексах Midas Civil, SOFiSTiK [7] и др.

Некоторое расширение функциональных возможностей шаблонов достигалось, в первую очередь, расширением возможностей обработки вводимых строковых данных (парсинга), усложнением формата задания исходных данных, однако все эти изменения изначально ограничивали пользователя некоторым шаблоном, в отдельном случае (когда возможностей шаблона не хватало) приводя к необходимости воссоздавать расчетную модель «с нуля». В то же время, при решении типовых задач скорость ввода исходных данных существенно возрастала.

Значительный интерес представляет концепция параметрического моделирования мостов, реализованная в программном комплексе SOFiSTiK. Расширение CABD (Computer Aided Bridge Design) для модуля анализа топологии расчетных моделей позволяет пользователю работать не с конечными элементами или геометрическими примитивами (точка, линия, область, объем), а с абстрактными описаниями расчетных моделей, как функции переменной расстояния на криволи-

нейной пространственной оси (рис. 2). Похожий принцип был использован в своё время в комплексе RM Bridge. Параметризация расчетной модели в SOFiSTiK в совокупности с использованием встроенного языка программирования и библиотек разработчика (API) позволяют организовать моделирование сложных расчетных схем и технологических процессов, таких как надвижка, навесная сборка и т. д. [8, 9].

Совместно с расширением SOFiSTiK Bridge Modeler указанное расширение позволяет также создавать полностью параметризованные трехмерные информационные модели мостов на основе семейств Autodesk Revit для последующего расчета методом конечных элементов.

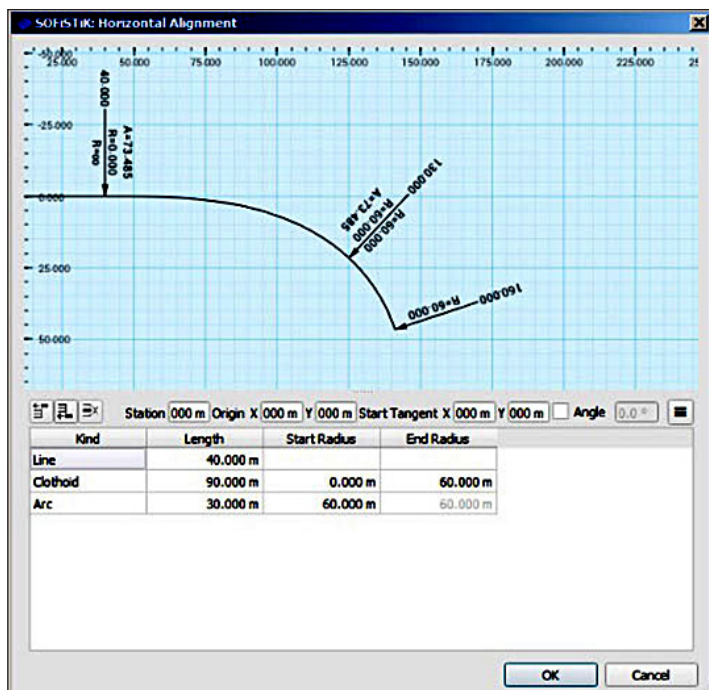


Рис. 2, начало. Расчетная параметрическая модель в SOFiSTiK, построенная с привязкой к оси сооружения

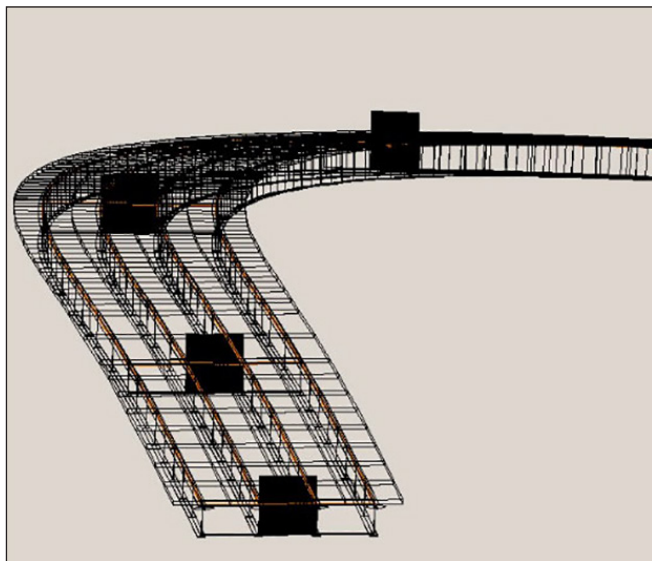


Рис. 2, окончание.

Помимо расчетных комплексов стоит отметить Autodesk Infra-works, представляющий собой удобный инструмент эскизного проектирования мостовых сооружений в контексте окружения, где в полной мере реализована идея построения искусственных сооружений на основании оси дороги.

Комплексные решения для проектирования (от конструирования до расчетов и разработки технологии строительства) стали активно появляться на рынке в последние годы. Помимо уже «классических» в данной сфере решений Bentley System интерес представляют такие решения как Allplan Bridge и анонсированный Midas CIM.

Современный мостовой комплекс Bentley включает в себя программы OpenBridge Modeler для эскизного проектирования и OpenBridge Designer для детальной разработки (рис. 3), для расчетов предназначены LEAP Bridge Concrete и LEAP Bridge Steel для железобетонных и стальных мостов соответственно.

Allplan Software (Германия) предлагает специализированную программу Allplan Bridge с акцентом на автоматизацию процесса

армирования конструкций. Создаваемая модель при этом характеризуется высокой степенью параметризации геометрии, позволяющая производить точную привязку элементов и быстрое редактирование конструкций (рис. 4).

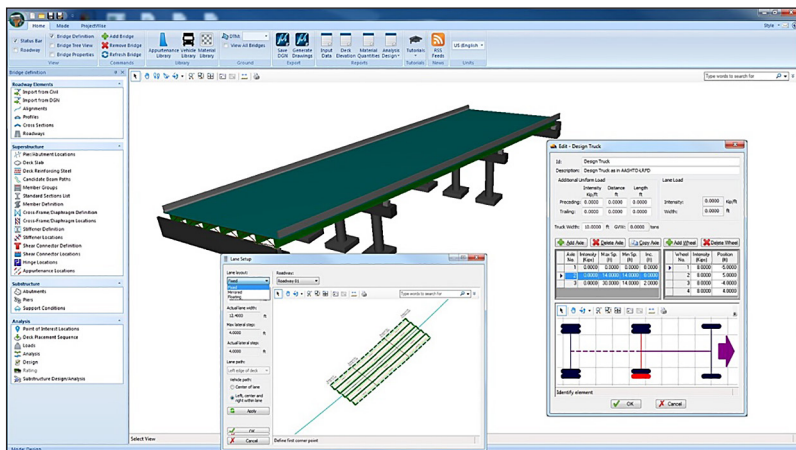


Рис. 3. Рабочее пространство Bentley OpenBridge Designer

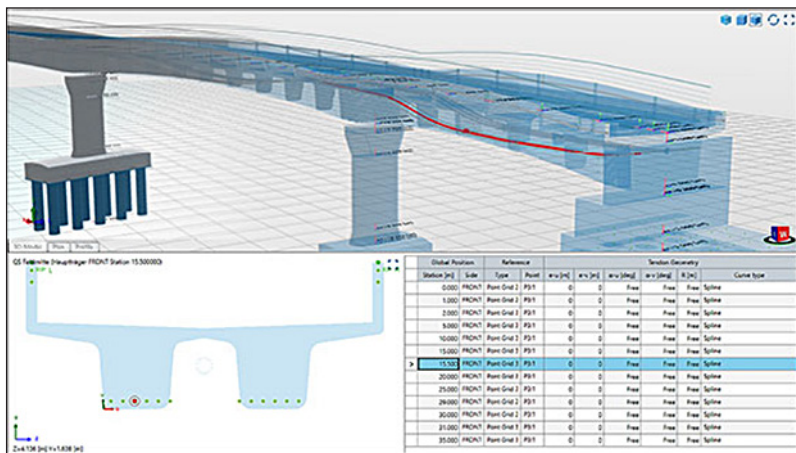


Рис. 4. Проектирование расположения преднапряженного армирования в Allplan Bridge

Midas, широко известный в области мостостроения как разработчик расчетного комплекса Midas Civil, в 2020 году анонсировал выход комплексной системы информационного моделирования Midas CIM. Пакет будет включать 4 основных компонента: Modeler для разработки модели, Designer для расчета конструкций (совместимый с Midas Civil), Construction для организации процесса строительства и Drafter – инструмент подготовки чертежей из модели. В релизе уделяется внимание широким возможностям проектирования мостовых сооружений из сборных элементов, в том числе пользовательских, что открывает широкие возможности массового применения с учетом особенностей отечественного мостостроения.

Перспективы и идеи развития концепции. На сегодняшний день становится очевидным, что идеи концепции информационного моделирования мостовых сооружений получают массовость и поддерживаются как разработчиками, так и конечными пользователями. Процесс перехода на информационное моделирование коснется множества аспектов всего жизненного цикла сооружения. Так проект дороги принадлежности объекта проектирования, при полной реализации данной концепции, становится полноценной компонентой проекта, а не исходными данными к проектированию, позволяя производить более детальную и качественную проработку. Развитие параметрического моделирования сооружений на основании единых систем координат способно дать импульс к внедрению топологической оптимизации конструктивных решений, что играет большую роль в большепролетных конструкциях мостов. На настоящее время разработана и развивается открытая независимая платформа Open BIM, предлагающая открытый стандарт описания данных для проектирования, расчетов, строительства и эксплуатации мостовых сооружений [3].

Также необходимо отметить, что принципы информационного моделирования пока практически не применяются на этапе эксплуатации мостовых сооружений. Используемые в отрасли базы данных в основном развиваются на основе устаревшего представления информации о мостовом сооружении в виде карточки (паспорта) мостового сооружения, хотя и являются, в некотором роде, упрощенным подобием информационной модели моста. Учет потребностей

и сложившихся стандартов хранения данных в отраслевых базах данных является, несомненно, одним из основных вопросов для дальнейшего развития данного направления.

Литература

1. Крылов А.Д. Опыт применения BIM в «ЮИТ Санкт-Петербург» // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 143–148. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.025.
2. Снягов С.А., Куприяновский В.П., Куренков П.В., Намиот Д.Е., Степаненко А.В., Бубнов П.М., Распопов В.В., Селезнев С.П., Куприяновская Ю.В. Строительство и инженерия на основе стандартов BIM как основа трансформаций инфраструктур в цифровой экономике // International Journal of Open Information Technologies. 2017. № 5.
3. Bartholomew M., Blasen B., Koc A. Bridge information modeling (BrIM) using open parametric objects. USA: Federal Highway Administration. Office of Infrastructure, 2015. No. FHWA-HIF-16-010.
4. Квитко А.В., Козак Н.В. Информационные технологии в современном строительстве искусственных транспортных сооружений // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 117–123.
5. Царев М.В. Моделируя будущее. BIM-технология сегодня // Журнал «Регион развития». 2019. № 7. С. 18–23.
6. Талапов В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК Пресс, 2015. 410 с.
7. Кулябина А. Мосты в России появляются благодаря зарубежным программным продуктам. Деловой Петербург. 2012. URL: https://www.dp.ru/a/2012/07/16/Mosti_v_Rossii_pojavljajutsja/ (дата обращения: 21.02.2020).
8. Ярошутин Д.А. Расчет пролетных строений, возводимых методом продольной надвигки // Дороги. 2013. С. 26–29.
9. Райкова Л.С., Акимов М.Б. Выбор автоматизированной системы для проектирования мостовых сооружений // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 78–85. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.12.

УДК 721.011:004.422:624.04

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.033

Козлова Евгения Михайловна, старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: e-kozlova-2014@mail.ru

Шумилов Константин Августович, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: shkas@mail.ru

Kozlova Evgenia Mikhailovna, Senior Lecturer
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Shumilov Konstantin Avgustovich, PhD of Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ (ВІМ) С ПРИМЕНЕНИЕМ ПК САПФИР 3D

INFORMATION MODELING OF BUILDINGS AND STRUCTURES (BIM) USING SAPFIR 3D SOFTWARE

В настоящее время внедрение ВІМ-технологий во все сферы строительного производства является одной из приоритетных задач отрасли. Статья посвящена отечественной системе автоматизированного проектирования зданий и сооружений Сапфир 3D. Программный комплекс позволяет не только формировать информационные модели в собственной среде, но и редактировать аналитические модели, полученные на основе других ВІМ-платформ для дальнейшего прочностного расчёта и анализа НДС. Комбинация Сапфир 3D – Лира-САПР – Сапфир 3D позволяет эффективно решать задачи проектирования практически на всех стадиях – начиная от эскизов и проектного предложения, заканчивая подготовкой рабочей документации для объектов строительства. В статье приведён анализ некоторых сложностей, возникающих при экспорте расчётной модели напрямую в расчетный комплекс. Кратко описаны возможности ПК САПФИР по доработке модели при передаче в расчётные комплексы для дальнейшей работы с ней.

Ключевые слова: ВІМ-технологии, информационное моделирование, проектирование, аналитическая модель, Сапфир 3D.

Currently, the introduction of BIM technologies in all areas of construction is one of the priority tasks in the industry. The article addresses the Sapfir 3D system for com-

puter-aided design of buildings and structures. Using the software, it is possible not only to create information models in your own design environment but also to edit analytical models obtained on the basis of other BIM platforms for further strength and stress-strain state analysis. With a combination of Sapfir 3D – Lira-SAPR – Sapfir 3D, we can effectively solve design problems at almost all stages, from sketches and design proposals to detailed design documentation for construction facilities. The authors analyze some difficulties arising when exporting an analytical model directly to the computational unit. They also briefly describe the capabilities of Sapfir 3D to refine the model for its transmission to computational units for further work.

Keywords: BIM technologies, information modeling, design, analytical model, Sapfir 3D.

Одной из приоритетных задач строительной отрасли является внедрение BIM-технологий во все сферы строительного производства [1]. Как известно, начиная с 2019 года все строительные объекты, в финансировании которых задействованы бюджетные средства, должны быть выполнены с применением BIM-технологий [2]. В настоящее время действует Свод правил по информационному моделированию в строительстве [3], который определяет организацию передачи информации, формат обмена данными, требования к ПО и многое другое, что позволяет предъявлять единые требования к информационным моделям проектов и улучшить взаимодействие проектных, строительных и эксплуатационных организаций. Применение BIM-технологий позволяет получить экономический эффект на протяжении всего жизненного цикла зданий и сооружений.

В настоящее время большинство BIM-платформ являются зарубежными программными продуктами [4]: Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Nemetchek Allplan, Tekla Structures и др. В России ведется разработка собственной BIM-платформы – Renga, но комплекс только развивается, хотя и достаточно интенсивно. ПК Сапфир 3D (Система Архитектурного Проектирования, Формообразования И Расчетов) [5] разработан достаточно давно специально для совместной работы конструкторов и архитекторов, тесно связан с расчетным комплексом Лира-САПР и с успехом применяется во многих организациях.

Важной проблемой при проектировании остается обмен данными между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в конечно-элементных расчетных комплексах. Архитекторы и конструкторы тесно взаимодействуют при работе над проектом, но

перед каждым из них стоит своя задача и они применяют различные подходы к моделированию объектов [4]. В связи с этим, информационные модели, получаемые архитекторами, зачастую не могут непосредственно использоваться инженерами для прочностного расчета и анализа НДС конструкций. Требуется серьезная доработка аналитической модели для получения корректной расчетной схемы. На базе самих ВМ-платформ сделать это на должном уровне пока нельзя (хотя некоторые ВМ-платформы уже имеют плагины, для экспорта моделей в расчетный комплекс).

На рис. 1 представлена простейшая модель здания, выполненная в Revit, в которой все выявленные программой коллизии были устранены.

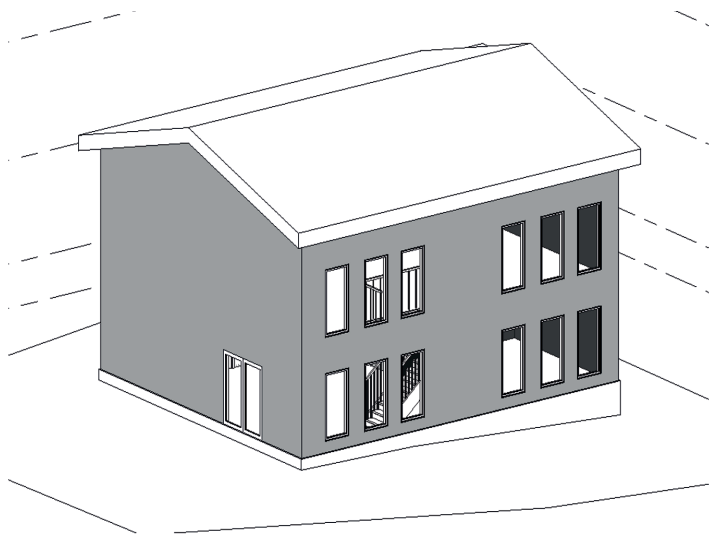


Рис. 1. Модель здания Revit

При непосредственной передаче данных модели в формате IFC в расчетные комплексы, например, в SCAD (рис. 2) и Лира-САПР (рис. 3), происходит преобразование модели таким образом, что может меняться геометрия и свойства как отдельных элементов, так и модели в целом.

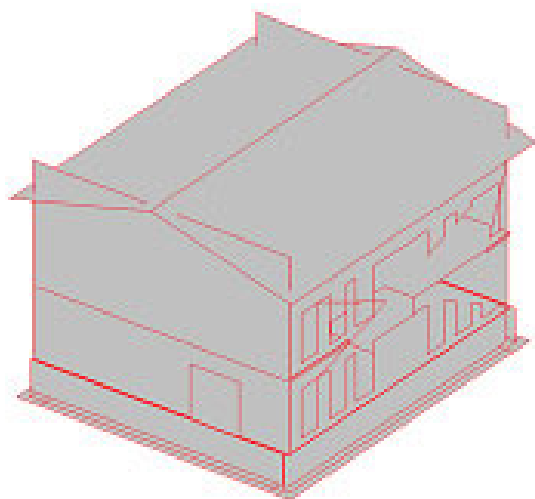


Рис. 2. Импорт аналитической модели в SCAD

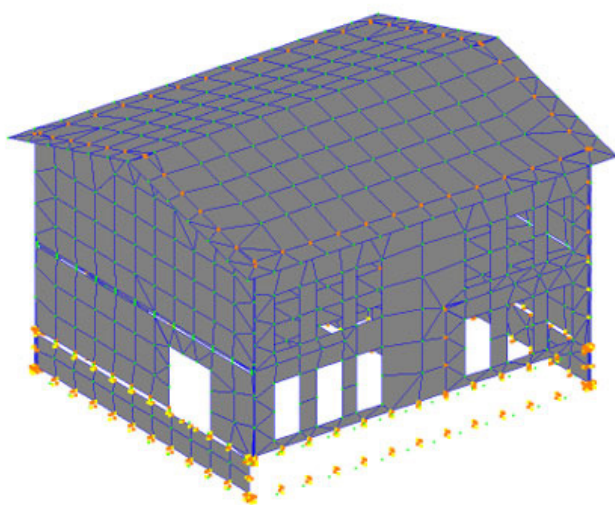


Рис. 3. Импорт аналитической модели в Лира-САПР

Для корректировки аналитических моделей, полученных импортом IFC из ArchiCad, Allplan, Renga и других САПР, целесообразно использовать отечественный ПК Сапфир 3D, одним из преимуществ которого является возможность проведения всех процедур в полуавтоматическом режиме [5].

На рисунках представлено отображение аналитической (рис. 4) и расчетной (рис. 5) модели как результат импорта модели из Revit в Сапфир 3D.

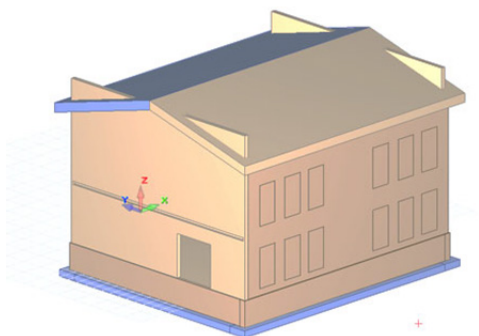


Рис. 4. Импорт аналитической модели в Сапфир

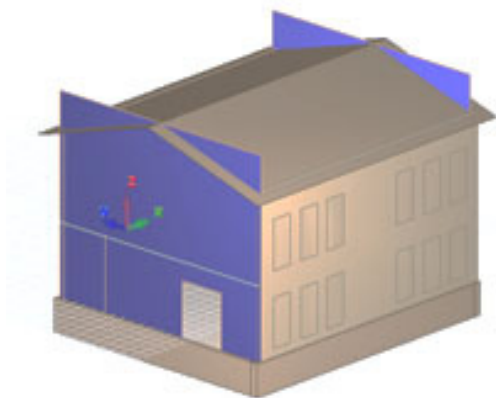


Рис. 5. Расчетная модель в Сапфир

ПК Сапфир 3D позволяет доработать аналитическую модель, устранить ошибки и неточности (рис. 6). Например, дотянуть пластины до осевых непараллельных им элементов, найти пересечения элементов для обеспечения совместной работы расчетной схемы, подрезать стены под крышу, настроить триангуляцию для всей модели или для отдельных ее элементов (рис. 7).

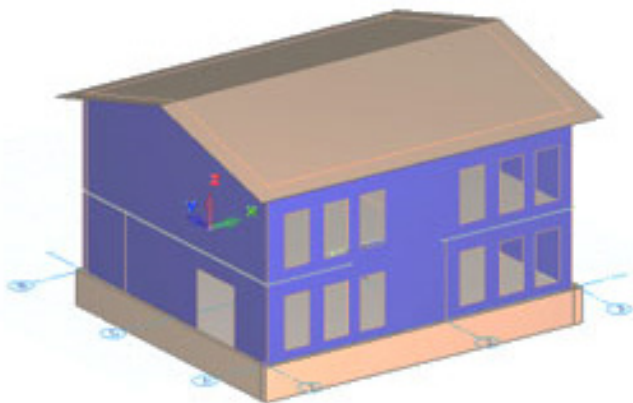


Рис. 6. Аналитическая модель после корректировки

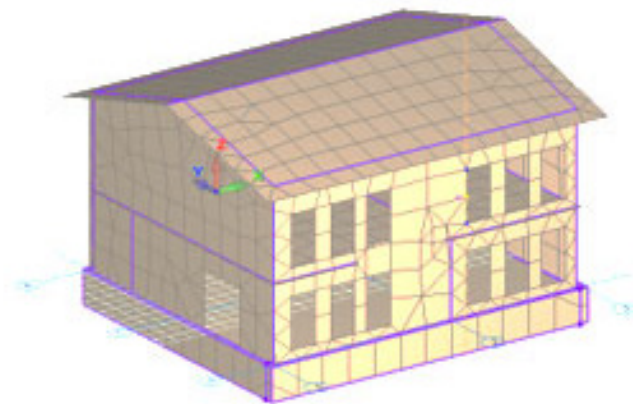


Рис. 7. Расчетная модель

При доработке аналитической модели можно сразу задать связи в узлах элементов, задать нагрузки и многое другое. Все это позволяет получить корректную и полную расчетную схему для передачи в ПК Лира-САПР (рис. 8) или в другой расчетный комплекс (например, Tekla Structures, SCAD) для прочностного расчёта и анализа НДС (рис. 9).

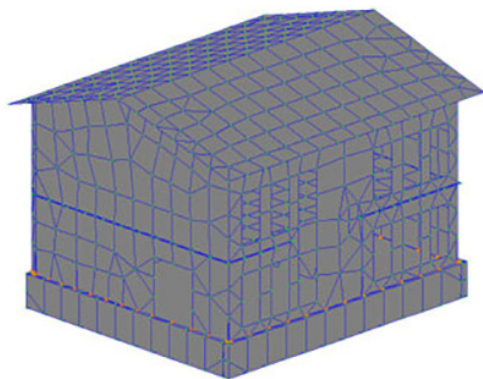


Рис. 8. Импорт расчетной модели в Лира-САПР

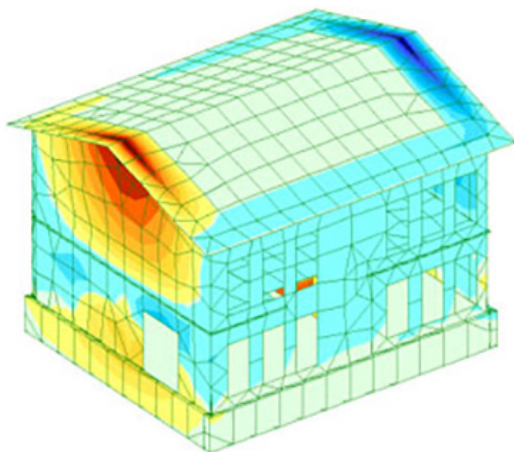


Рис. 9. Пример результата расчета

Сапфир 3D может использоваться и как самостоятельная BIM-платформа, представляющая собой САПР для решения архитектурных задач с помощью средств 3D-графики. Как и в других распространенных BIM-платформах, построение модели проектируемого здания производится привычными наглядными изображениями элементов (этажи, стены, колонны, балки, проёмы, лестницы и т. п.) [6]. При этом модель полностью параметризирована. Любые изменения сразу отражаются на всех видах, чертежах и спецификациях.

Архитектурная и аналитическая модели формируются совместно. При этом программа сама занимается актуализацией, синхронизацией и контролем корректности.

Поддерживается экспорт моделей в форматах IFC, XML, DXF, POV, 3DS. Для насыщения проекта элементами антуража осуществляется импорт моделей из файлов STL, 3DS, OBJ, MESH, MSH. Имеется функция сравнения версий проекта [6].

Вся нормативная база по проектированию и расчету интегрирована в программный комплекс, что существенно ускоряет и упрощает работу. Проектная документация (шаблоны чертежей, рамки, таблицы, виды размерных линий, штампы, шрифты, обозначения и т. д.) соответствует стандартам конструкторской документации ГОСТ (ЕСКД). Также среда содержит в себе цифровую библиотеку компонентов и элементов конструкций отечественных производителей.

Возможности комплекса Сапфир 3D расширены дополнительными модулями [6]:

– *Сапфир-конструкции* – обеспечивает синтез расчетной схемы на основе пространственной информационной модели. Позволяет осуществить импорт 2D и 3D моделей, созданных в других графических программах: Allplan, Revit, AutoCAD, ArchiCAD и др.

– *Сапфир-ЖБК* – конструирование железобетонных конструкций. Позволяет выполнить конструирование и получить рабочие чертежи армирования, спецификацию арматуры, ведомость расхода стали и ведомость деталей.

– *Панельные здания* – выполняется построение конструктивной схемы панельного здания, расчет и выдача параметров НДС элементов панельного здания.

– *Конструктор сечений универсальный* – выполняется вычисление жесткостных характеристик для моно- и мультиматериальных произвольных сечений.

– *Сапфир-Генератор* – система параметрического моделирования. Позволяет выполнять параметрическое моделирование зданий и сооружений произвольной формы.

Заключение и выводы

ПК Сапфир 3D может применяться для решения широкого спектра задач проектирования (от создания информационной модели до получения проектной документации) в соответствии с нормативной базой РФ. Поскольку приложение позволяет корректировать аналитические модели, полученные в других ПК для прочностного расчета и анализа НДС, Сапфир 3D в связке с расчетным комплексом Лира-САПР реализует концепцию ВМ в архитектурной и конструктивной частях проекта.

ПК САПФИР 3D построена по принципам открытой архитектуры. У пользователя имеется доступ к ядру программы посредством OLE интерфейсов. Благодаря этому можно расширять функциональность комплекса, самостоятельно дописывая дополнительные программы формирования, редактирования и обработки модели. В результате этого не только разработчики, но и опытные пользователи могут развивать систему, наращивать ее возможности и расширять спектр моделируемых объектов [5].

При передаче данных из одной программы в другую происходит некоторая потеря данных или их преобразование, что приводит к изменению импортируемой модели. В результате в большинстве случаев приходится дорабатывать модель для использования её в качестве расчётной модели и получения корректных результатов расчётов на её основе. Однако постоянное развитие и совершенствование современных программных комплексов, рассматриваемых в статье, со временем поможет избежать потерь, а получать и передавать полноценную функциональную информационную модель.

Литература

1. Талапов В.В. Технология ВМ: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК Пресс, 2015. 410 с.
2. Приказ Минстроя РФ № 926 29.12.2014. Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленно-

го и гражданского строительства. URL: <http://www.minstroyrf.ru/upload/iblock/383/prikaz-926pr.pdf> (дата обращения: 14.02.2020).

3. СП 333.1325800.2017 URL: <https://www.minstroyrf.ru/docs/16405/> (дата обращения: 10.02.2020).

4. Жук Ю.Н., Панасенко Ю.В. Проектирование зданий и сооружений с применением программных платформ для информационного моделирования (BIM) // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 114–117.

5. Барабаш М.С., Медведенко Д.В., Палиенко О.И. Программные комплексы САПФИР и ЛИРА-САПР – основа отечественных BIM-технологий. М.: Юрайт, 2013. 366 с.

6. САПФИР 3D. Система параметрического 3D моделирования. URL: <https://www.liraland.ru> (дата обращения: 14.02.2020).

УДК 004.9+697.1

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.034

Маркарян Сурен Рафаэлевич, студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: bladerunnet2@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8402-2148

Суханов Кирилл Олегович, ассистент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: suhanov.kirill1993@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9180-1895

Markarian Suren Rafaelevich, student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Sukhanov Kirill Olegovich, assistant

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ПОДБОР ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ LINEAR BUILDING

RADIATOR DIMENSIONING IN LINEAR BUILDING

Использование технологий BIM в проектировании подразумевает высокую степень автоматизации расчетов. Перед применением современных программных инструментов необходим сравнительный анализ полученных ими и рассчитанных вручную решений. В статью приведен пример использования программного ком-

плекса liNear Building для подбора отопительных приборов. К расчету приборов предъявлялось два основных требования: их теплоотдача должна компенсировать потери теплоты помещения с учетом параметров теплоносителя, а длина – быть не менее половины длины светового проема. Установлено, что при корректном выборе типа прибора первое требование выполняется автоматически, для достижения второго – в программе необходимо выполнить дополнительные настройки.

Ключевые слова: BIM, системы отопления, подбор отопительных приборов, liNear Building, Autodesk Revit.

The application of BIM technologies in design implies a high level of analysis automation. Before using modern software tools, it is required to perform a comparative analysis of solutions obtained based on BIM technologies and solutions obtained manually. The article provides an example of using the liNear Building software package for radiator dimensioning. Two basic requirements are specified for radiators: their heat output should compensate for heat losses in a room with account for heat-transfer fluid parameters, and their length should not be less than the half of the window opening length. It has been found that in case of adequate dimensioning, the first requirement is met automatically, and to meet the second one, additional settings should be applied.

Keywords: BIM, heating systems, radiator dimensioning, liNear Building, Autodesk Revit.

Современные технологии в строительстве приносят в работу инженера как удобство автоматизированных расчетов, позволяющих сэкономить время на однотипных расчетах и посвятить его разработке более совершенных решений, так и безопасность, благодаря значительному снижению влияния человеческого фактора.

В статье рассматривается использование программного комплекса liNear Building на этапе подбора отопительных приборов при проектировании двухтрубной системы отопления.

Основные цели работы:

- проверка подбора отопительного прибора с учетом параметров теплоносителя (температура в подающем трубопроводе 90 °С, в обратном 70 °С);
- проверка длины отопительного прибора в соответствии с требованиями [1] (не менее 50 % длины светового проема).

Исходными данными для подбора отопительных приборов являются:

- архитектурная модель здания;
- коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции;

- температура внутреннего воздуха в помещении;
- потери теплоты помещений.

Геометрия, строительные конструкции и необходимые параметры микроклимата импортируются в liNear Building из Autodesk Revit. Модуль «Тепловые нагрузки» позволяет определить потери теплоты помещений. Вопрос использования liNear Building и других программных комплексов для определения потерь теплоты здания рассмотрен в работе [2].

Необходимо выбрать модельный ряд отопительных приборов. В liNear Building можно загрузить каталог производителя в виде набора данных форматов BDH или VDI. В данном случае использован один из доступных наборов данных – модельный ряд панельных радиаторов KERMI therm-x2 Profil-K (2018). Для ручного подбора принят соответствующий каталог за 2018 год [4], однако нормативные тепловые мощности $Q_{н.у.}$, Вт, в каталоге оказались больше используемых в liNear примерно на 8 %.

Подбор прибора выполнен для гостиной, температура внутреннего воздуха которой $t_b = 20$ °С. В помещении размещены три оконных проема длиной 760, 1510 и 1740 мм.

Работа с модулем «Отопление» начинается с окна настроек «Предварительный выбор радиатора» (рис. 1). В нем происходит выбор системы отопления (двух-/однотрубная), модельных рядов приборов. В окне необходимо указать параметры теплоносителя, в разделе «Цель расчета» установить «Разность температур постоянна, тепловая мощность рассчитывается», иначе подбор прибора по мощности будет происходить за счет изменения температуры в обратном трубопроводе.

Далее заполняется раздел «Опции расчета» в окне «Ограничения размеров радиаторов и параметры определения размеров» (рис. 2). Высота приборов была зафиксирована на значении 500 мм. Основным интересом представляют настройки длины, так как существует ограничение на минимальную длину прибора – она должна составлять не менее 50 % длины светового проема (в соответствии с [1]). В liNear Building не предусмотрена возможность ограничения минимальной длины отопительного прибора по отношению к длине светового проема.

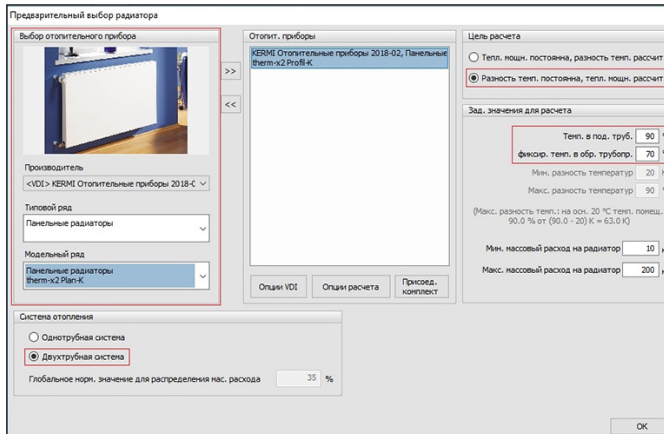


Рис. 1. Настройки системы в окне «Предварительный выбор радиатора»

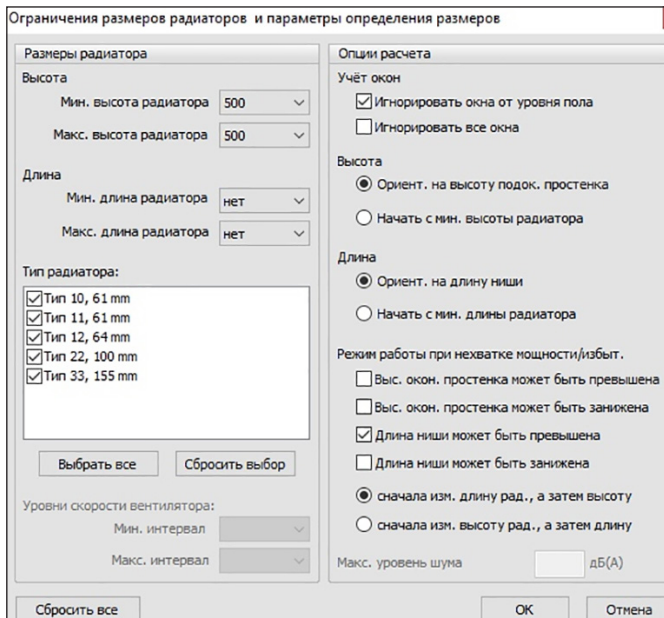


Рис. 2. Окно «Ограничения размеров радиаторов и параметры определения размеров»

Установка опции «Ориентироваться на длину ниши» ведет к выбору приборов с длиной, равной нише, или меньше ее на выбираемую для всего проекта величину «Запас по длине». Таким образом подбирается только типоразмер прибора, длина и высота которого фиксированы, отклонение фактической мощности приборов от требуемой достигает неприемлемых значений (рис. 3).

| Дл. ниши мм | Требуемый тепл. поток, Вт | Выс. мм | Дл. мм | Глуб. мм | Модель- Обозначение | Фактический тепл. поток, Вт |
|----------------|------------------------------|------------|-----------|-------------|---|--------------------------------|
| 760 | 224 | 500 | 700 | 61 | Kermi профиль-комп. тип 10 высота 500x61x700 мм без крышки 10 бар QN 360 белый | 450 |
| 1510 | 535 | 500 | 1400 | 61 | Kermi профиль-комп. тип 10 высота 500x61x1400 мм без крышки 10 бар QN 720 белый | 901 |
| 1740 | 616 | 500 | 1600 | 61 | Kermi профиль-комп. тип 10 высота 500x61x1600 мм без крышки 10 бар QN 822 белый | 1029 |

Рис. 3. Опция «Ориентироваться на длину ниши»

Подбор приборов с опцией «Начать с минимальной длины радиатора» не учитывает требования к длине прибора (не менее 50 % длине светового проема).

Полная автоматизация процесса выбора приборов возможна с использованием следующего алгоритма. Во-первых, необходимо вручную изменить значения длин ниш на половину длины окна. Во-вторых, установить настройки в «Опциях расчета» в соответствии с рис. 2.

Использование опции «Ориентироваться на длину ниши» в совокупности с «Длина ниши может быть завышена» приводит к тому, что выбор прибора начинается с длины ниши, то есть с уже минимально обеспеченной половины длины проема, и последовательно увеличивается, до нахождения прибора с оптимальной мощностью.

Проектировщику остается проконтролировать, что длина прибора не превышает длину оконного проема, если это необходимо, но такие случаи редки (рис. 4).

| Дл. ниши мм | Требуемый тепл. поток, Вт | Выс. мм | Дл. мм | Глуб. мм | Модель- Обозначение | Фактический тепл. поток, Вт |
|----------------|------------------------------|------------|-----------|-------------|---|--------------------------------|
| 380 | 224 | 500 | 400 | 61 | Kermi профиль-комп. тип 10 высота 500x61x400 мм без крышки 10 бар QN 206 белый | 257 |
| 755 | 535 | 500 | 800 | 61 | Kermi профиль-комп. тип 10 высота 500x61x800 мм без крышки 10 бар QN 411 белый | 515 |
| 870 | 616 | 500 | 1000 | 61 | Kermi профиль-комп. тип 10 высота 500x61x1000 мм без крышки 10 бар QN 514 белый | 643 |

Рис. 4. Приборы подобранные liNear при использовании метода с ручным изменением длин ниш

Данные приборы испытывались по стандарту EN 442 (при параметрах 75/65/20), их выбор осуществляется непосредственно по каталогу производителя [3] (рис. 5). Результаты сравнения сведены в табл. 1.

| Монтажная высота, мм | | 300 | | | 400 | | | 500 | | |
|-------------------------|----------|-----|-----|------|-----|------|------|-----|------|------|
| Температура в помещении | Тип | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 |
| 18°C | 105/75°C | 559 | 914 | 1287 | 711 | 1156 | 1618 | 870 | 1387 | 1935 |
| | 90/70°C | 467 | 761 | 1073 | 594 | 962 | 1349 | 776 | 1154 | 1613 |
| | 75/65°C | 378 | 612 | 865 | 480 | 736 | 1034 | 586 | 929 | 1299 |
| | 55/45°C | 204 | 327 | 465 | 260 | 380 | 537 | 316 | 496 | 697 |
| 20°C | 105/75°C | 539 | 880 | 1241 | 686 | 1114 | 1559 | 839 | 1336 | 1865 |
| | 90/70°C | 448 | 729 | 1029 | 570 | 922 | 1293 | 696 | 1106 | 1546 |
| | 75/65°C | 359 | 582 | 823 | 457 | 736 | 1034 | 557 | 883 | 1236 |
| | 55/45°C | 188 | 301 | 428 | 240 | 380 | 537 | 291 | 456 | 647 |
| 22°C | 105/75°C | 519 | 847 | 1195 | 661 | 1072 | 1501 | 808 | 1266 | 1755 |
| | 90/70°C | 429 | 697 | 985 | 546 | 882 | 1237 | 666 | 1034 | 1442 |
| | 75/65°C | 341 | 552 | 781 | 434 | 698 | 982 | 529 | 838 | 1173 |
| | 55/45°C | 172 | 275 | 391 | 219 | 348 | 491 | 266 | 417 | 587 |

Рис. 5. Каталог приборов KERMI с указанием нормативной и фактической мощностей на каждый метр прибора

Таблица 1

Результаты подбора отопительных приборов

| Номер прибора | Длина ниши, мм | liNear Building | | | | Ручной подбор | | | |
|---------------|----------------|-----------------|-----------|-------------------|-----------------|---------------|-----------|-------------------|-----------------|
| | | Тип | Длина, мм | Нормат. мощн., Вт | Факт. мощн., Вт | Тип | Длина, мм | Нормат. мощн., Вт | Факт. мощн., Вт |
| 1 | 760 | 10 | 400 | 206 | 257 | 10 | 400 | 223 | 278 |
| 2 | 1510 | 10 | 800 | 411 | 515 | 10 | 800 | 446 | 557 |
| 3 | 1740 | 10 | 1000 | 514 | 643 | 10 | 900 | 501 | 626 |

Несоответствие объясняется указанным выше отличием каталогов. Корректность подобранных в liNear приборов можно проверить, сравнив фактические мощности с указанными в графе «Модель-Обозначение» нормативными мощностями (рис. 4), последние

составляют 80 % от фактических, что совпадает с коэффициентом пересчета с условий EN 442 на 90/70/20, который составляет 0,8 [4].

Таким образом, использование программного комплекса liNear Building для подбора отопительных приборов возможно с применением дополнительных корректировок, однако при этом достигается необходимый результат – правильный автоматический подбор отопительных приборов.

Существуют широкие возможности применения современных технологий не только для подбора отопительных приборов, но и для других этапов проектирования систем отопления, вопросы чего продолжают изучаться [2, 5, 6].

Литература

1. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением N 1) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054205> (дата обращения: 15.02.2020).
2. Усенко В.В., Суханова И.И. Определение тепловых потерь через наружное ограждение в современных программных комплексах // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 152–155.
3. Панельные радиаторы KERMI therm-x2. Технический каталог 2017-2018. Официальный сайт компании «Хогарт». URL: <https://hogart.ru/documentation/kermi2> (дата обращения: 28.01.2020).
4. Vogel & Noot Стальные панельные радиаторы. Технический каталог. Официальный сайт производителя Vogel&Noot. URL: https://www.vogelundnoot.com/static_files/ru/media/downloads/VOGEL_NOOT_Panel_radiators_Catalogue_2017_rus.pdf (дата обращения: 28.01.2020).
5. Суханов К.О., Самолетов М.В. Проблемы взаимодействия программных комплексов в процессе работы с информационной моделью здания // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 184–188. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.033.
6. Суханова И.И., Гнедых В.С., Демшина Д.А. Анализ гидравлического и аэродинамического расчётов систем отопления и вентиляции на основе BIM-моделирования // Инженерный вестник Дона. 2019. № 9. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6220>. (дата обращения: 29.01.2020).

УДК 004.94

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.035

Марьясин Олег Юрьевич, канд. техн. наук, доцент
(Ярославский государственный технический университет)
E-mail: maryasin2003@list.ru, ORCID: 0000-0001-7449-518X

Maryasin Oleg Yurievich, PhD of Sci. Tech., Associate Professor
(Yaroslavl State Technical University)

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕГРАЦИИ И СЕМАНТИЧЕСКОЙ ПАУТИНЫ В ЦИФРОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

INTEGRATION AND SEMANTIC WEB TECHNOLOGIES IN DIGITAL CONSTRUCTION

Рассматривается проблема обмена информацией и доступа к данным на всех этапах жизненного цикла здания. Для решения данной проблемы предлагается использовать технологии семантической паутины, ключевую роль в которых играют онтологии. Описаны существующие форматы передачи данных и онтологии, применяемые для доступа к данным BIM-моделей и энергомоделей зданий. Предложен вариант организации единой информационной среды. Для его реализации разработано приложение на языке Python. Данное решение дает возможность организовать обмен данными между BIM-моделью, энергомоделью, онтологиями и пакетами для расчетов и моделирования инженерных систем зданий. Это позволяет полностью решить проблему проектирования инженерных систем и доступа к данным на всех этапах жизненного цикла здания.

Ключевые слова: цифровое строительство, BIM, энергомодель, инженерные системы зданий, семантическая паутина, онтология, Python.

The article addresses the problem of information exchange and data access at all stages of the building's life cycle. To solve this problem, the author suggests using semantic web technologies. A key role in such technologies is played by ontologies. The article describes the existing data transfer formats and ontologies used to access the data of BIM models and energy models of buildings. It also proposes a variant of the development of a unified information environment. To implement it, an application in Python was created. This solution makes it possible to organize data exchange between the BIM model, energy model, ontologies and packages for the analysis and modeling of building MEP systems. Therefore, it is possible to completely solve the

problem of designing MEP systems and providing access to data at all stages of the building's life cycle.

Keywords: digital construction, BIM, energy model, MEP systems, semantic web, ontology, Python.

В последнее время при проектировании зданий все шире используются технологии информационного моделирования зданий (Building Information Modeling – BIM), которые составляют основу цифрового строительства (Digital Construction). Сложность строительной инфраструктуры и высокие требования к исполнению и эксплуатации инженерных сетей зданий приводят к тому, что при их проектировании необходимо обеспечить междисциплинарное взаимодействие между различными системами здания для выполнения комплексных расчетов и моделирования. Данные о конструкции и материалах здания из BIM, должны использоваться для проведения энергомоделирования (Building Energy Modeling – BEM), а построенные там модели использоваться при проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВК или HVAC – Heating, Ventilation, & Air Conditioning). Данные о моделях и HVAC оборудовании используются при синтезе системы управления зданием, потом вместе с данными о системе управления при проектировании информационной сети других систем здания. Доступ к данным важен не только на этапе проектирования, но и на других этапах жизненного цикла здания, таких как логистика, строительство, эксплуатация и реконструкция. При этом для повышения эффективности и удобства работы с информацией необходимо обеспечить, чтобы нужные данные были доступны не только людям, но и программам, постоянно и откуда угодно.

Технологии семантической паутины (Semantic Web), связанных данных (Linked Data) или связанных открытых данных (Linked Open Data) позволяют решить указанные проблемы и являются одним из эффективных способов обеспечения интероперабельности между различными системами [1]. При этом базовую роль в стеке технологий семантической паутины играют онтологии. Использование онтологий облегчает совместное использование информации между различными системами, между программными агентами, позволяет контролировать целостность и непротиворечивость данных.

Онтологии, в отличие от простого обмена данными в форматах XML или JSON, могут определять не только синтаксис, но и семантику передаваемых данных.

В настоящее время, уже разработан ряд единых форматов передачи данных между различными системами. Так для связи с ВМ системами международным альянсом buildingSMART разработан формат IFC (Industry Foundation Classes) [2]. Поддержка формата IFC уже стала практически стандартной функцией строительных САПР и ВМ систем. Для формата IFC, в последние годы, было предложено несколько вариантов онтологий, из которых buildingSMART была рекомендована для применения онтология ifcOWL [3]. Онтология ifcOWL была разработана так, чтобы обеспечить максимальную совместимость с исходной IFC схемой. Она позволила применять технологии семантической паутины, такие как запросы SPARQL [4], и методы логического вывода к ВМ-моделям.

Формат gbXML (Green Building XML) [5], по сравнению с форматом IFC, более удобен для обмена данными между строительными САПР и ВМ системами с одной стороны и ВЕМ системами, с другой, так как содержит только те данные, которые необходимы для ВЕМ систем. Формат gbXML поддерживается меньшим числом строительных САПР и ВМ систем, зато поддерживается большим числом ВЕМ систем.

ВЕМ системы пока имеют очень слабую поддержку со стороны семантической паутины. В [6] предлагается путь для обмена данными между моделями IFC, gbXML и ВЕМ системой EnergyPlus через промежуточную модель SimModel, являющейся внутренней моделью программы Simergy. Там же предлагается способ конвертации XSD файлов SimModel в соответствующие OWL онтологии. К сожалению, описанный в [6] подход не является общедоступным.

Форматы IFC и gbXML дают возможность организовать связь между ВМ и ВЕМ системами, которая позволяет решить задачу моделирования микроклимата и энергопотребления здания, а также, частично решить задачу проектирования HVAC системы. Полностью решить задачу проектирования HVAC систем, не говоря уже о других инженерных системах зданий, ни одна из существующих сегодня ВЕМ программ не в состоянии. Поэтому возникла необходимость

дополнения связки BIM + BEM одним или несколькими пакетами для расчетов и моделирования.

В данной работе автор развивает подход, основная идея которого была предложена в проекте Annex 60 [7]. В рамках этой идеи процесс проектирования инженерных систем рассматривается как некий сложный бизнес-процесс, требующий автоматизации. В качестве основного средства автоматизации выступает язык Python и инструменты, разработанные для этого языка. Предлагаемый автором вариант организации единой информационной среды на базе Python показан на рис. 1.

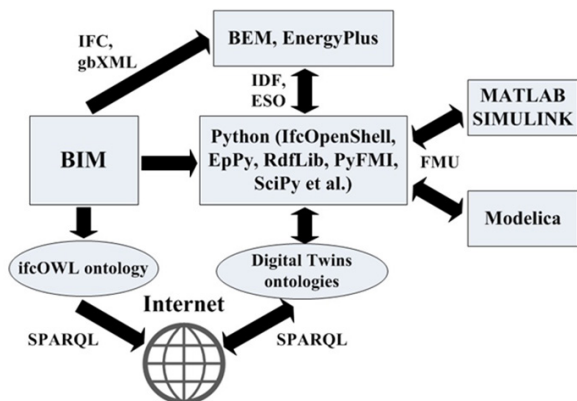


Рис. 1. Схема единой информационной среды на базе Python

Информация о конструкции здания из BIM модели с помощью форматов IFC, gbXML или посредством онтологий передается BEM системе EnergyPlus. Среда Python с помощью соответствующих библиотек дает возможность организовать обмен данными между BIM-моделью, энергомоделью, онтологиями и пакетами для расчетов и моделирования, такими как Modelica, MATLAB и другими. Это позволяет полностью решить задачу моделирования инженерных систем зданий. Для организации обмена информацией между системами моделирования и доступа к модельным данным из сети Интернет, может использоваться разработанный автором набор онтологий для цифрового двойника здания [8].

Для реализации предложенной схемы автором разработано приложение на языке Python. Интерфейс приложения включает основные вкладки «BIM», «EnergyPlus», «Онтологии», «OPCUA», «FMI». На вкладке «BIM» можно просматривать информацию из IFC файлов с помощью библиотеки IfcOpenShell, конвертировать IFC файл в онтологию ifcOWL и экспортировать данные из IFC файла в онтологию цифрового двойника здания.

На вкладке «EnergyPlus» можно выполнять просмотр и редактирование входных IDF файлов системы EnergyPlus, запускать энергомоделирование, просматривать результаты моделирования, подготавливать файлы проектов и запускать приложения JEPPlus и GenOpt для проведения анализа вариантов и оптимизации энергопотребления. Результаты моделирования можно открыть в текстовом поле, в табличном виде, в MS Excel или в любом Web-браузере непосредственно из приложения.

Вкладка «Онтологии» позволяет осуществлять просмотр и редактирование файлов онтологий в форматах RDF, N3, Turtle, OWL, получать данные с помощью SPARQL запросов, выполнять экспорт/импорт онтологий в базы данных, создание на основе онтологий фактов и правил экспертной системы CLIPS. Вид вкладки «Онтологии» разработанной программы показан на рис. 2.

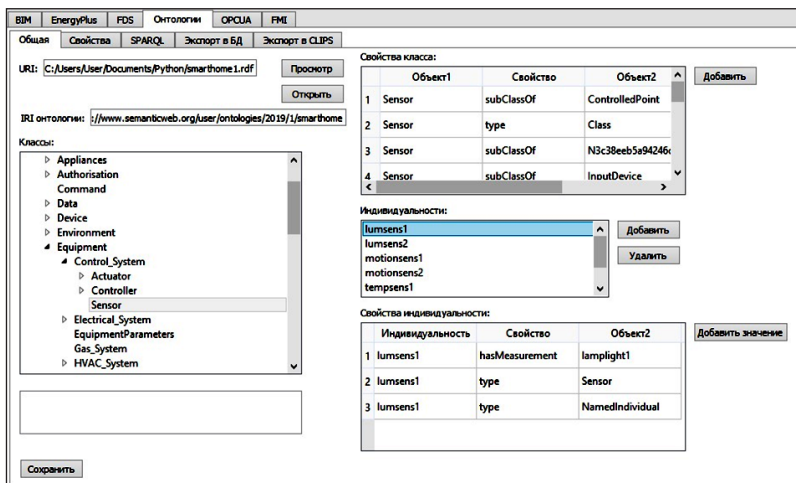


Рис. 2. Вид вкладки «Онтологии»

С помощью средств вкладки «OPCUA» можно организовать доступ к данным BIM-моделей, энергомоделей и онтологий по интерфейсу OPC UA [9] из локальной сети или сети Интернет. Здесь же реализован простой OPC UA клиент для доступа к данным внешних приложений, поддерживающих интерфейс OPC UA. Вкладка «FMI» предназначена для организации обмена моделями и выполнения совместного моделирования с различными пакетами, поддерживающими интерфейс FMI (Functional Mock-up Interface) [10], такими как Dymola, SimulationX, MATLAB, ANSYS и другие.

В настоящее время разработка программы еще не завершена. Планируется развитие программы в направлении углубления поддержки BIM-модели, системы EnergyPlus, онтологий, взаимодействия с системами GenOpt и jEPlus, добавления развитых средств визуализации результатов энергомоделирования, расширение возможностей межсистемного обмена данными.

Литература

1. Semantic Web-W3C. URL: <https://www.w3.org/standards/semanticweb/> (дата обращения: 27.01.2020).
2. IFC-Industry Foundation Classes. URL: http://www.ifcwiki.org/index.php?title=IFC_Wiki (дата обращения: 27.01.2020).
3. Pauwels P., Terkaj W. EXPRESS to OWL for construction industry: Towards a recommendable and usable ifcOWL ontology // Automation in Construction. 2016. Vol. 63. P. 100–133. DOI: 10.1016/j.autcon.2015.12.003.
4. SPARQL Query Language for RDF. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/> (дата обращения: 27.01.2020).
5. Green Building XML. URL: <http://www.gbxml.org/index.html> (дата обращения: 27.01.2020).
6. Pauwels P., Corry E., O'Donnell J. Representing SimModel in the Web Ontology Language // Proc. International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. 2014. P. 2271–2278. DOI: 10.1061/9780784413616.282.
7. IEA EBC Annex 60. URL: <http://www.iea-annex60.org/index.html> (дата обращения: 27.01.2020).
8. Марьясин О.Ю. Разработка онтологий для цифрового двойника зданий // Онтология проектирования. 2019. № 4(34). С. 387–399. DOI:10.18287/2223-9537-2019-9-4-480-495.
9. Unified Architecture – OPC Foundation. URL: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua> (дата обращения: 27.01.2020).
10. Functional Mock-up Interface. URL: <http://fmi-standard.org/> (дата обращения: 27.01.2020).

УДК 624.15:681.3.069

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.036

Перминов Николай Алексеевич, канд. техн. наук, доцент
(Петербургский государственный университет путей сообщения Императора
Александра I)

E-mail: perminov-n@mail.ru

Шевченко Галина Николаевна, заместитель директора
по внедрению технологий информационного моделирования
(Институт «Ленгипроинжпроект»)

E-mail: shevchenko@lgip.spb.ru

Ткачук Тимофей Анатольевич, инженер
(Институт «Ленгипроинжпроект»)

E-mail: timofejtkachuk@yandex.ru

Дауров Заур Сосланович, инженер
(Институт «Ленгипроинжпроект»)

E-mail: zaur25k@gmail.com

Perminov Nikolay, PhD. of Sci. Tech., Associate Professor
(Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University)

Shevchenko Galina, Deputy Director for the implementation
of information modeling technologies

(“Lengiproinzhproekt”)

Tkachuk Timofey, engineer

(“Lengiproinzhproekt”)

Daurov Zaur, engineer

(“Lengiproinzhproekt”)

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (ОПЫТ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

FEATURES OF DIGITAL MODELING TECHNOLOGIES IN THE RECONSTRUCTION OF UNDERGROUND FACILITIES OF THE URBAN ENGINEERING INFRASTRUCTURE (CASE STUDY OF ST. PETERSBURG)

Актуальность проектирования объектов городской инфраструктуры с использованием информационных технологий назрела достаточно давно. Имеется положительный опыт их реализации и разработана соответствующая нормативная база

для вновь проектируемого объекта. Институт «Ленгипроинжпроект» применил данный подход для проектирования комплекса канализационных очистных сооружений в г. Зеленогорск Ленинградской области на таком этапе жизненного цикла, как реконструкция. Описан опыт использования инструментов BIM-моделирования для получения комплексной информационной модели объекта. Приводится поэтапный процесс проектирования реконструкции комплекса с указанием проблем, возникших в процессе деятельности компании, а также предложения в сфере нормативного обеспечения, упрощающих дальнейшее информационное проектирование.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, объекты инженерной инфраструктуры, НИОКР, проектирование, реконструкция

The need for the design of urban infrastructure facilities with the use of information technologies is a long-simmering issue. There is a positive experience in their implementation, and a corresponding regulatory framework for newly designed facilities has been developed already. Leningproinzhpriekt design institute applied this approach to design a complex of sewage treatment facilities in Zelenogorsk (Leningrad region) at such stage of the life cycle as reconstruction. The authors describe the experience of using BIM modeling tools to obtain an integrated information model. They present a stage-by-stage process of designing the reconstruction of the complex, specify problems arising in the course of the company activities, and suggest solutions in the field of regulatory support, simplifying further data-driven design.

Keywords: BIM technologies, engineering infrastructure facilities, R&D, design, reconstruction.

Введение

Создание информационных моделей для проектирования жизненного цикла инфраструктурных объектов, находящихся в длительной эксплуатации, требует обработки и оцифровки специфических исходных данных по реконструируемым сооружениям, включающим результаты натуральных съёмов, объёмного сканирования и технического обследования. Опыт информационного моделирования при проектировании реконструкции инфраструктурного объекта показал, что отсутствие нормативной базы, цифровых информационных моделей типовых проектных нормалей в этой области технологии информационного моделирования требует проведения специальных методологических, научных и опытно-конструкторских проработок (НИОКР).

1. Общая характеристика объекта реконструкции

Следуя прогрессивным тенденциям в технологиях проектирования, Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение «Управление заказчика по строительству и капитальному ремонту объектов инженерно-энергетического комплекса» (СПб ГКУ «Управление заказчика») практикует применение Информационного

моделирования объектов при реконструкции объектов городской инженерной инфраструктуры.

Освоение новых технологий в практике проектирования городских объектов оправдывается тем, что BIM-моделирование (Building Information Modeling) – это подход к управлению всем жизненным циклом объекта, предполагающий сбор и обработку всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации об объекте. При таком моделировании все элементы комплекса (зданий, сооружений и сетей инфраструктуры) в целом рассматриваются как единый объект на всех стадиях его жизненного цикла [1, 2].

По заданию СПб ГКУ «Управление заказчика» с июля 2018 года и по настоящее время ГУП «Ленгипроинжпроект» совместно с ПГУПС в качестве пилотного проекта выполняет «Проектирование реконструкции комплекса очистных сооружений (КОС) г. Зеленогорск» (рис. 1). На текущий момент разрабатывается и согласовывается концептуальная BIM-модель объекта.

В комплекс входят более 40 объектов, включая здания насосных станций ила и технической воды, насосной станции сырого осадка, блока вспомогательных помещений, котельной, главной насосной станции, метатенков, насосно-воздуходувной станции, гаража и мастерских, а также сооружения: аэротенк, 4 отстойника первичной очистки, 4 отстойника вторичной очистки, иловые площадки, песковые площадки, лоток-смеситель, приёмная камера и песколовки, илоуплотнители и др.



Рис. 1. Общий вид на комплекс очистных сооружений

2. Создание информационной модели объекта

Формирование модели происходит в несколько этапов:

1. Сбор исходных данных об объекте проектирования [3].
2. Проведение съемки, сканирования и детальных обмеров (рис. 2) конструкций для дальнейшего проектирования [3]. Создание каталога дефектов.

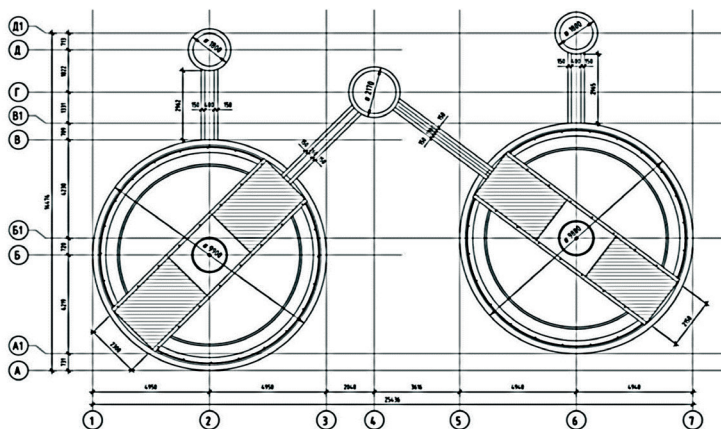


Рис. 2. Обмерочный чертёж модели

3. Обеспечение модели общей базой координат осуществляется через создание базового файла [3]. Базовый файл (рис. 3) является главным источником данных абсолютных координат, осей, уровней и местоположения проекта.

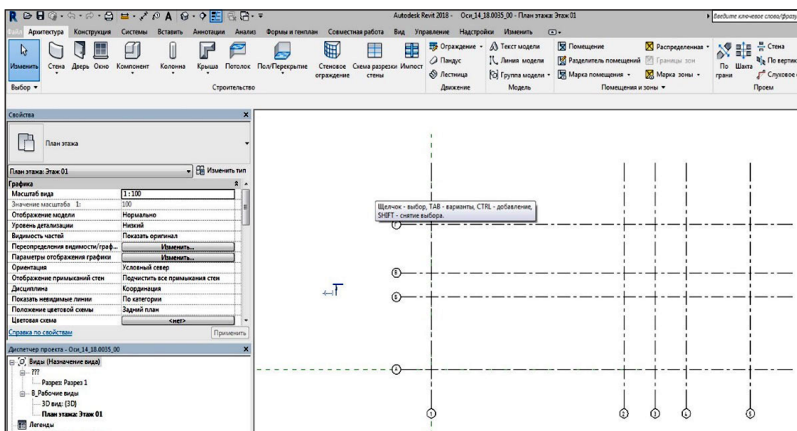


Рис. 3. Создание базового файла модели

4. Создание ВМ-модели [3]. На этом этапе важно учесть, что все элементы должны быть строго классифицированы по типам и категориям объектов на основе библиотечных элементов. Модели по дисциплинам разрабатываются в отдельных файлах. Файлы связываются между собой как внешние ссылки в соответствии с общей системой координат. Трехмерная модель должна однозначно характеризовать ключевые габариты объекта. Все элементы ВМ-моделей, включая типовые (в т. ч. слои отделочных материалов, пироги полов, пироги кровли и т. п.), были отображены в объеме. Элементы из монолитного бетона, сборных железобетонных конструкций, кирпича, металлического каркаса должны были смоделированы в виде отдельных объектов. Слои отделочных материалов и конструкции плоских кровель могут быть выполнены составными объектами (пирогом) (рис. 4, 5).

Для создания базового файла и дальнейшего построения объектов было использовано программное обеспечение Autodesk Revit 2018.

Autodesk Revit 2018 – программный комплекс для автоматизированного проектирования, включающий в себя целую серию различных программ, специально «заточенных» под специалистов конкретной отрасли. Revit Architecture, Revit Structure, Revit MEP – соответственно, для архитекторов, инженеров-конструкторов и смежников. Продукты данной компании имеют большое распространение, и модели, созданные в них, могут поддерживаться другими программными

продуктами. Среди прочего существует большой спектр приложений, упрощающих работу проектировщика. Одной из сильных сторон Autodesk Revit является проектирование монолитных конструкций: процесс прост и максимально автоматизирован [4, 5].

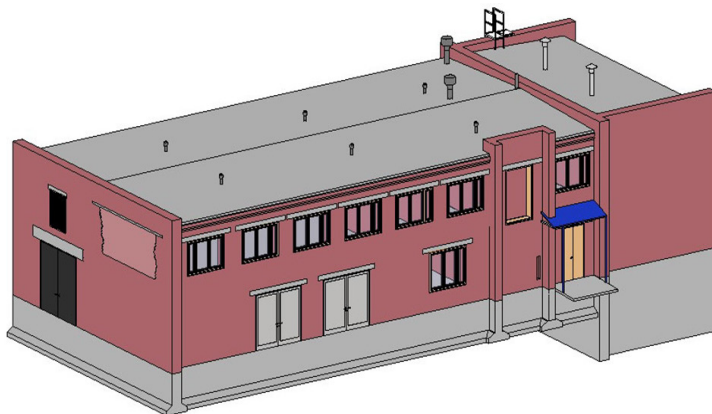


Рис. 4. Проект здания насосно-воздуходувной станции в Autodesk Revit

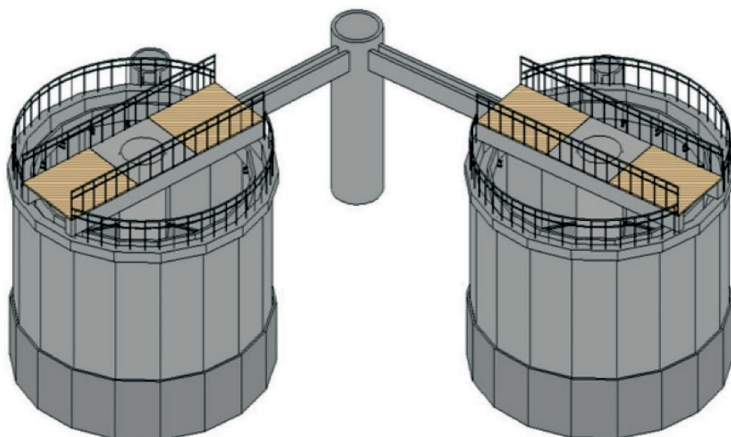


Рис. 5. Проект илоуплотнителей в Autodesk Revit

3. Коллизии по результатам построения информационных моделей, их природа и способы устранения

По окончании проектирования все модели объекта были проверены на наличие коллизий.

Коллизии – ошибки в проекте, возникшие в результате геометрических пересечений, нарушений допустимых расстояний между элементами, логических связей между элементами. Коллизии появляются, в основном, ввиду человеческого фактора, поскольку работа проектировщиков инженерных разделов по разводке сетей является достаточно скрупулезным процессом, требующим большого внимания [6].

Природа коллизий связана с разными требованиями к точности обмеров и построению моделей:

1. Обмеры крупномасштабных объектов проводятся с точностью до 5 мм.
2. Нерегулярность размеров достигает нескольких десятков мм по одному объекту.
3. Точность проектирования в Autodesk Revit – до нескольких мм.

Все коллизии были выявлены в программном комплексе Autodesk Navisworks 2018 (рис. 6).

Autodesk Navisworks 2018 – это программное обеспечение для комплексной экспертизы архитектурно-строительных и инженерных проектов, позволяющее полностью контролировать моделирование объекта. В нем осуществляется координация моделей и данных, поступающих от всех участников процесса, а также оформляется концептуальная модель проекта [6].

Autodesk Navisworks, в отличие от Revit, обладает также удобным инструментом для создания наборов элементов по значениям определенных параметров. Такие наборы называются поисковыми, то есть это не группа элементов, выбранных вручную, а результат интеллектуального сканирования модели и автоматического выбора этих элементов [6].

Все коллизии были обнаружены в вышеуказанном комплексе и были устранены с помощью инструментов Revit в каждой из моделей комплекса.

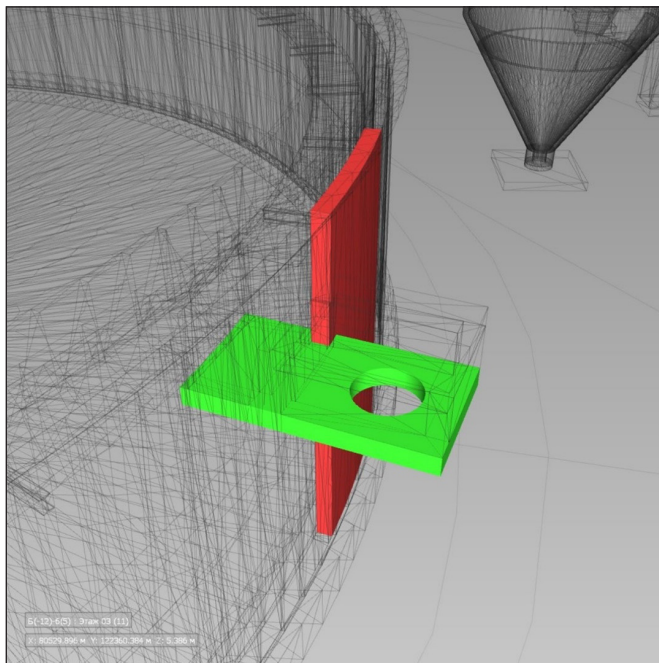


Рис. 6. Выявление коллизий в Autodesk Navisworks 2018

4. Взаимодействие с заказчиком

В рамках выполнения работ по созданию BIM-модели объекта с целью обмена информацией Подрядчик (проектировщик) разворачивает среду общих данных (рис. 7) и обеспечивает постоянный оперативный доступ Заказчика к актуальной версии модели на чтение и окончательное согласование проектных решений. До начала работ Подрядчик определяет и документирует принципы хранения и обмена информацией в зависимости от статуса документа и ролей.

Среда общих данных (CDE) – это процедура для управления итеративным процессом разработки проектной документации для достижения полной интеграции и пространственной координации данных/информации от всех участников и от всех источников этой информации внутри цепочки поставки [7].

Среда общих данных (CDE)

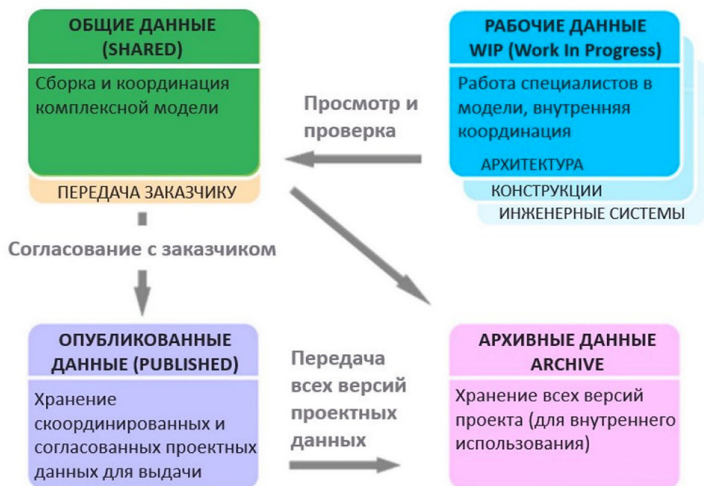


Рис. 7. Концептуальная схема среды общих данных (CDE)

Заключение

В результате применения технологий цифрового моделирования при реконструкции длительно эксплуатируемых объектов городской инженерной инфраструктуры была получена комплексная информационная модель объекта КОС г. Зеленогорск. Её главными преимуществами за счет создания электронной базы данных на единой платформе является скоординированность и взаимосвязь как с другими объектами комплекса очистных сооружений, так и между участниками процесса проектирования и оперативного согласования его промежуточных результатов. Элементы информационной модели поддаются расчетам и анализу, имеют геометрическую привязку, и являются пригодными к компьютерному использованию.

Помимо необходимости устранения технических нарушений возника проблема несовершенства нормативных документов. В ходе проектирования комплекса очистных сооружений, включающих площадочные объекты и подземные сооружения с развитой разнорур-

невой сетью инженерных коммуникаций, ощущалась нехватка отсутствующих в СП 333.1325800.2017 методологических и методических базовых требований к информационным моделям для линейных объектов на этапе их реконструкции, что существенно затрудняет процесс информационного моделирования и снижает его эффективность.

Создание информационной модели реконструкции комплекса очистных сооружений должно быть основано на инфраструктурных принципах, которые смогли бы объединить этапы пространственного развития территории, учитывая при этом не только ее наземные, но и подземные особенности (грунтовые условия, подземные сооружения, инженерные сети), с решением конкретных задач реконструкции объекта для повышения его устойчивого функционирования.

В связи с вышеизложенным, предлагается рассмотреть возможность в рамках проведения НИОКР подготовки регионального методического документа (РМД) на разработку информационных моделей для линейных объектов, а также на длительно эксплуатируемые объекты для стадии их жизненного цикла – реконструкции.

Литература

1. Талапов В.В. Информационное моделирование зданий – современное понимание // Архитектура и строительство. 2010. № 4. С. 114–121.
2. Шаторина М.Н., Переварюха Н.А., Пархоменко С.И., Дмитренко Е.А., Недорезов А.В., Волков А.С. Использование технологий информационного моделирования в современном строительстве // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2016. № 4. С. 59–65.
3. Каширцев М.С., Насырова А.Н. BIM технологии в строительстве // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. LIV междунар. студ. науч.-практ. конф. № 6(53). URL: [https://sibac.info/archive/technic/6\(53\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/6(53).pdf) (дата обращения: 11.05.2019).
4. Черных М.А., Якушев Н.М. BIM-технология и программные продукты на его основе в России // Вестник ИжГТУ. 2014. № 1(61). С. 119–121.
5. Лялин Д.О., Машгалер С.Н., Дмитренко Е.А. Применение программного комплекса Autodesk Revit в проектной деятельности // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2017. № 3(125). С. 23–27.
6. Червова Н.А., Лепешкина Д.О. Инструменты поиска коллизий инженерных систем при работе в BIM-платформах // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. LXIV междунар. студ. науч.-практ. конф. № 4(63). URL: [https://sibac.info/archive/technic/4\(63\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/4(63).pdf) (дата обращения: 09.05.2019).
7. СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла».

УДК 721.01:004.9

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.037

Уланов Александр Вадимович, эксперт направления монтажа СПК
(ООО «ВЕКА Рус»)

E-mail: aulanov@veka.com, *ORCID:* 0000-0003-2218-5299

Евтушенко Сергей Иванович, д-р техн. наук, профессор
(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

E-mail: evtushenkosi@mgsu.ru, *ORCID:* 0000-0003-3708-380x

Ulanov Alexander Vadimovich, installation expert
(LLC “VEKA Rus”)

Evtushenko Sergey Ivanovich, Dr. of Sci. Tech., Professor
(Moscow State University of Civil Engineering (National Research University))

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ BIM ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОКОН

PROBLEMS AND SOLUTIONS OF BIM TECHNOLOGIES APPLICATION IN DESIGN OF WINDOWS

В статье приведен анализ проблем, возникающих при устройстве окон, и сформулированы задачи по автоматизации процесса проектирования оконных заполнений. Приведены нормативные документы, регламентирующие основные вопросы проектирования окон гражданских и промышленных зданий. Описана характеристика и основной функционал программы WinDoPlan. Приведены примеры формирования 3D моделей заполнений оконных проемов и узлов крепления. Проиллюстрирован прочностной и теплотехнический расчет окон, приведен пример усиления оконного блока. Описан плагин выгрузки модели оконного заполнения в наиболее распространенные форматы представления данных, в том числе, Revit и IFC.

Ключевые слова: информационное моделирование, автоматизированное проектирование, прочностной расчет, теплотехнический расчет, 3D модель окна.

The article analyzes problems arising during window placement and sets tasks for the automation of window assembly design. The authors present documents regulating the basic issues of designing windows of civil and industrial buildings, describe the characteristics and main features of the WinDoPlan program. They also provide examples of forming 3D models for window assemblies and attachment points. Strength and heat engineering analysis of windows is presented, an example of window block reinforcement is given. A plugin for exporting a window assembly model to the most common formats of data presentation, including Revit and IFC formats, is described.

Keywords: information modeling, computer-aided design, strength analysis, heat engineering analysis, 3D window model.

Современное общество сегодня невозможно себе представить без цифровых технологий, сопровождающих буквально каждый аспект практической деятельности человека. Не является исключением и строительство, как один из главных локомотивов экономики. Здесь «цифра» применяется практически на всех стадиях, от формирования первоначальной идеи до виртуализации полностью готовых строительных объектов [1]. Специальное программное обеспечение уже стало одним из главных и обязательных атрибутов и инструментов архитектора, дизайнера, проектировщика, сметчика, инженера и т. д., причём, буквально с каждым днём программные продукты становятся все более сложными и «умными», позволяя увеличить скорость проектирования и выполнения расчетов, а также снизить количество ошибок и необходимых проверок. Наиболее актуальной тенденцией цифровизации архитектуры и строительства сегодня является технология создания цифрового двойника объекта капитального строительства. Такие модели развиваются на всех стадиях жизненного цикла объекта строительства, от архитектурного дизайна до сервисного управления или сноса [2]. Главной целью цифровизации является создание безопасной, комфортной и красивой среды обитания человека, в том числе, современного жилища и рабочего пространства [3].

Можно с уверенностью утверждать, что в архитектуре современного дома проявляется выраженная тенденция на стирание границ между внутренним пространством помещения и окружающей средой. Наиболее ярко это проявляется в увеличении светопрозрачной части фасадов зданий и, в том числе, в увеличении размеров окон. Большое количество естественного света положительно влияет на психологическое состояние человека и его работоспособность. Современное окно – это отнюдь не «простая дыра, затыкаемая по зимам почти вовсе», как было сказано в Толковом словаре Даля, а сложная многокомпонентная структура, на которую возложено множество функций и к которой предъявляется масса требований. Окно должно защищать от негативных факторов внешней среды не хуже, чем стена, при этом должно быть прозрачным и открываться для проветривания или прохода человека на балкон. От того, насколько правильно спроектировано и выполнено окно, насколько качественны все его комплектующие, зависит глав-

ное: будет ли окно отвечать потребностям своего владельца или, напротив, станет источником массы проблем, таких как промерзание откосов и узлов, деформации и трещины, провисание створок, конденсат и т. д.

Проектирование окна – это далеко не самая простая задача, поскольку она требует учета большого числа факторов, длинного списка нормативной документации и довольно специфических знаний. Окно – это сложная конструкция, которая состоит из оконного стенового проема, оконного блока, монтажных швов, системы крепления оконного блока к стене, подоконника, отлива, откосов, элементов отделки и т.д. Эти элементы работают совместно и оказывают друг на друга сильнейшее влияние. Учесть все факторы взаимодействий не так просто, что значительно усугубляется еще и тем, что в действующей нормативной документации, так или иначе затрагивающей окна, есть изрядное количество противоречий, неточностей, и, к сожалению, множество аспектов рассматривается либо поверхностно, либо даже вовсе не затронуто. Такой порядок вещей часто приводит к возникновению серьезных проблем и ошибок, допускаемых архитекторами и проектировщиками [4]. Одни из наиболее частых и опасных ошибок – это неправильные расчеты ветровых нагрузок, а также ошибочные теплотехнические расчеты. Оба вида расчетов требуют не просто хорошего знания нормативной документации [5] и довольно сложных методик выполнения расчета, но и точных, достоверных данных о характеристиках всех закладываемых в проект комплектующих, в том числе и тех, из которых будут изготовлены запроектированные окна. Эти проблемы можно эффективно предотвращать и решать с помощью ВМ, но только при правильном к нему подходе и имея необходимый инструментарий, речь о котором пойдет ниже.

Окна в ВМ-моделях зданий представляются в виде виртуальных параметризованных моделей настоящих окон, встраиваемых в виртуальные цифровые проекты зданий. Тут необходимо вспомнить такое понятие, как LOD цифровой модели. Увы, даже на понятийном уровне отрасль до сих пор не пришла к единому мнению, о чем идет речь. Что кроется под английской аббревиатурой LOD: Level Of Detail, Level Of Development или Level Of Definition, т. е., соответственно, Уровень Детализации, Уровень Развития или Уровень Определения? Различные источники и авторы предлагают свои точки зрения, кото-

рые они реализуют для различных уровней: 100, 200, 300, 400 и 500. Нормативных требований к наполнению моделей окон на конкретных уровнях нет, поэтому очень приблизительно считается так: на LOD 100 окна могут быть представлены просто проемами в стенах или условными обозначениями на фасадах, а на уровне LOD 500, должна быть досконально проработана геометрия всех элементов и узлов, прописаны все свойства окна, должна быть указана информация обо всех производителях и поставщиках, цена и другая сопутствующая информация. На промежуточных уровнях LOD модель постепенно дополняется и насыщается информацией.

Анализ моделей окон, существующих в открытом доступе, показывает, что в создании моделей выделяются два принципиально разных подхода. Подход первый – это создание простейших статичных моделей под конкретный проект, с минимальным уровнем проработки и с минимальным набором параметров. Как правило, такие модели сложно применять в других проектах, поскольку этому препятствуют различные нюансы и особенности, а адаптация занимает времени чуть ли не больше, чем создание новых моделей с нуля. Второй подход – это когда создаются сложные, многофункциональные, «умные» модели, насыщенные параметрами, способные адаптироваться под различные проекты, однако разработка таких моделей требует тщательного планирования, значительного времени, множества проверок их функционирования в различных ситуациях и т. д. Оба подхода имеют право на существование и свои преимущества и недостатки. Пожалуй, второй подход обладает рядом преимуществ, но возникающие временные затраты в конечном итоге могут сделать такой проект экономически нецелесообразным. Логичным образом возникает необходимость выработки компромиссного, очень взвешенного подхода к разработке моделей, или поиска какого-то инструмента, который позволил бы решать эти задачи на качественно ином уровне. Поскольку окна есть почти во всех зданиях и любых проектах, то решение обозначенных проблем при проектировании и моделировании оконных конструкций является крайне актуальной задачей.

Основой любого окна является оконный блок, т.е. как таковая светопрозрачная конструкция, устанавливаемая в оконный стеновой проем. В свою очередь, главной составляющей и основой оконного

блока являются рамочные элементы (коробка и створки), в которые устанавливаются элементы остекления (чаще всего стеклопакеты), уплотнители, навешивается фурнитура и т.д. Без хорошей основы, без качественных и правильно спроектированных рам, хорошего окна не получится по определению, при этом стоит отметить, что более 85 % всех современных окон – это металлопластиковые окна или, как часто говорят, окна из ПВХ профилей. Наименований брендов ПВХ профилей на рынке великое множество, и профильных систем под этими брендами ещё больше, так что сделать правильный выбор далеко не просто. Одним из мировых лидеров в производстве ПВХ профилей для окон является немецкая компания VEKA, чья продукция не нуждается в представлении, поскольку на протяжении всей истории имеет высокую репутацию, основанную на пятидесятилетнем положительном опыте работы компании VEKA в мире и, в частности, на двадцатилетнем опыте работы VEKA в России.

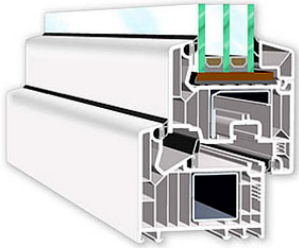
Компания VEKA – это не только профильные системы из ПВХ, но и специализированное программное обеспечение. Среди программных продуктов, разработанных и предлагаемых компанией VEKA, наиболее заметным и полезным для проектировщика является облачный сервис WinDoPlan, позволяющий спроектировать любое окно из ПВХ профиля, которое только возможно изготовить.

Крайне важным и полезным является то, что WinDoPlan оперирует полным ассортиментом профилей VEKA и WHS by VEKA, а также учитывает все возможные ограничения, как самой компании VEKA, так и действующей нормативной документации, а поэтому предупредит в случае неверного выбора или потенциально опасного решения. Сервис WinDoPlan обладает широким функционалом, реализованным в нескольких взаимосвязанных модулях. На самом первом шаге проектировщику стоит создать новый проект и задать ему необходимые атрибуты. Далее он будет сохранять создаваемые оконные блоки в данном проекте – это позволит вернуться к ним в любое удобное время для редактирования и дополнительной проработки, а также даст возможность формировать, на основании сохраненного проекта, сводные ведомости оконных блоков, заказные спецификации и т.д. Далее, в основном модуле, проектировщик моделирует непосредственно сам оконный блок, используя профильные систе-

мы VEKA, с соответствующими стальными армирующими профилями, всевозможными дополнительными профилями, а также выбор стеклопакетов и присоединяет к нему дополнительные профили, например, подставочный или расширительные (рис. 1).

Выбор профильной системы

| Описание |
|----------------|
| SOFTLINE 82 AD |
| SOFTLINE 82 MD |
| SOFTLINE 70 AD |
| ARTLINE 82 |
| EUROLINE |
| WHS 60 |
| WHS 72 |



с алюминиевой накладкой

Описание системы

Выбор стеклопакета

Выбор группы: Стандартные стеклопакеты и заполнения

| Описание | Рст | Толщина (мм) | Psi кр |
|-------------------------|------|--------------|--------|
| ▼ ▲ | ▼ ▲ | ▼ ▲ | ▼ ▲ |
| 42 мм 4-16-4-14-4i | 0.87 | 42 | 0.06 |
| 42 мм 4-16Ar-4-14Ar-4i | 1.06 | 42 | 0.06 |
| 42 мм 4i-16Ar-4-14Ar-4i | 1.59 | 42 | 0.06 |
| 44 мм 4-16-4-16-4 | 0.56 | 44 | 0.06 |
| 44 мм 4-16-4-16-4i | 0.93 | 44 | 0.06 |
| 44 мм 4-16Ar-4-16Ar-4i | 1.13 | 44 | 0.06 |

Рст:

Psi кр:

Выбор для Элемент Открывающаяся часть

Рис. 1. Выбор профильной системы и стеклопакета

После того, как необходимый оконный блок сконструирован и сохранен, пользователь может получить различные сечения и, при необходимости, сохранить их в наиболее распространенных форматах, в том числе, DWG и DXF, для дальнейшего использования (рис. 2).

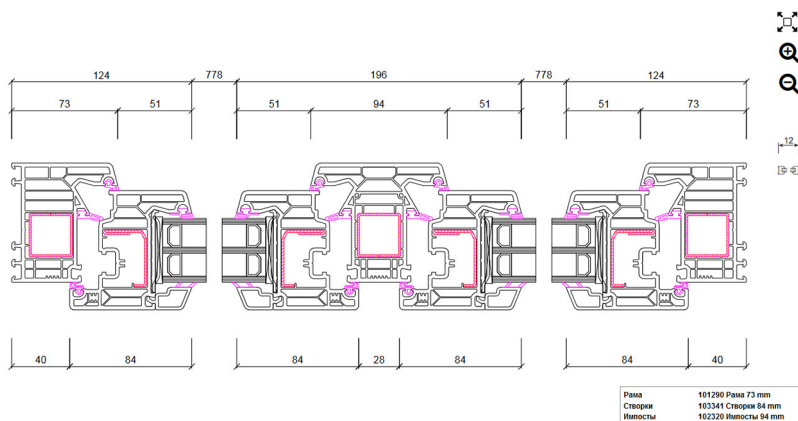


Рис. 2. Сечение окна

Далее существует возможность проектирования узлов примыкания данного оконного блока к стеновому проему. Из имеющихся вариантов стен проектировщик выбирает подходящий, задает необходимые материалы, их свойства и регулирует геометрические параметры элементов проектируемого узла. Сформированный узел примыкания также можно сохранить в различных форматах для дальнейшего использования (рис. 3).

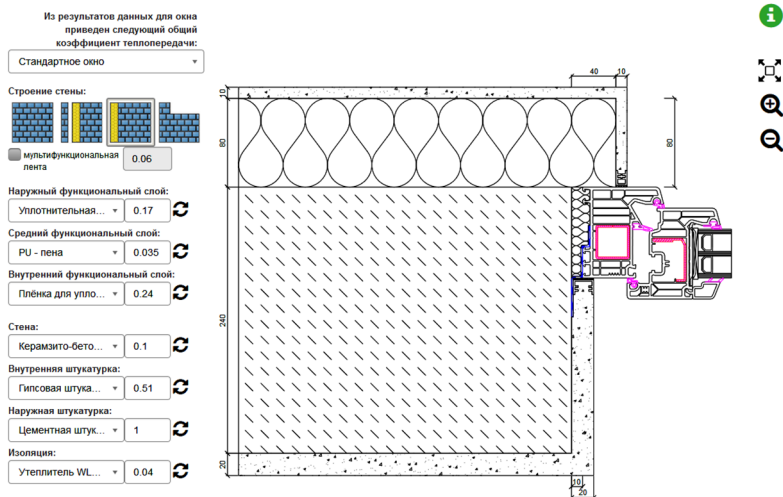
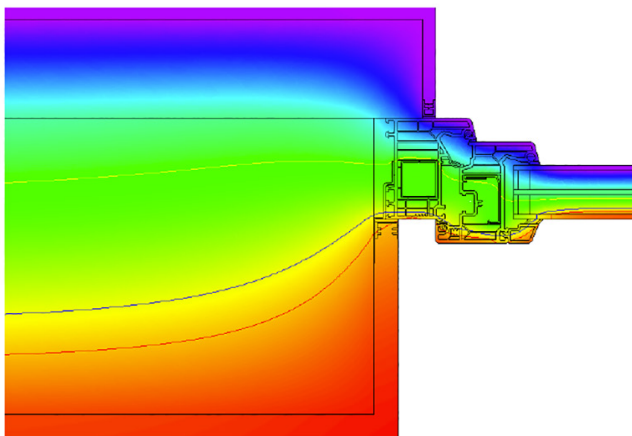


Рис. 3. Узел примыкания окна к стене

Для сформированного узла примыкания можно выполнить расчет тепловых полей. Для этого нужно всего лишь нажать на соответствующую кнопку и задать наружную и внутреннюю температуры (рис. 4).

Программа позволяет сохранить смоделированное окно в формате RFA (семейство Autodesk Revit), а также в формате IFC, что даёт возможность прямого применения моделей, созданных в WinDoPlan, в наиболее распространенных CAD и BIM-системах. Для программного комплекса Autodesk Revit разработан специальный плагин, позволяющий пользователю напрямую из Revit переходить в интерфейс WinDoPlan, где он моделирует любое нужное ему окно, а затем сразу же встраивает эту модель в открытый проект, в котором в данный момент работает пользователь. Эта модель будет встроена, как семейство, при этом модель можно будет в любой момент времени как угодно изменить также с применением плагина, который снова открывает ее в интерфейсе WinDoPlan. Модель будет снабжена всеми необходимыми для проектировщика параметрами, что позволит легко встраивать ее и в спецификации, и в сводные ведомости.

Визуализация прохождения изотерм



прохождение изотерм

Красная: 13°C - изотерма образования плесени

Синяя: 10°C - точка росы

Желтый: 0°C - изотерма

Рис. 4. Выполнение расчета тепловых полей и прохождения изотерм узла примыкания

Сервис WinDoPlan оснащен и другим полезным функционалом, что позволяет считать его уникальным для оконной индустрии решением. Данный инструмент действительно эффективно решает множество существующих проблем и предоставляет широкий набор возможностей и конкурентных преимуществ архитектору и проектировщику.

Литература

1. Гинзбург А.В. ВМ-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // Информационные ресурсы России. 2016. № 5(153). С. 28–31.
2. Волков А.А. Urban Health: Новый уровень развития «Умного города» // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 6–11. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.09.06-11.
3. Ginzburg A., Ryzhkova A. Accounting “Pure” risks in Early Stage of Investment in Construction Project with Energy Efficient Technologies in Use // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 672-674. P. 2221–2224. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.672-674.2221.

4. Ginzburg A., Skiba A. Creating an Urban Area Planning Design Based on the Theory of Fuzzy Logic // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 584–586. P. 507–511. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.584-586.507.

5. Гинзбург А.В., Шилова Л.А., Шиллов Л.А. Современные стандарты информационного моделирования в строительстве // Научное обозрение. 2017. № 9. С. 16–20.

УДК 004.9

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.038

Ушакова Ольга Борисовна, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: usho@mail.ru

Ushakova Olga, Associate Professor

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ КАК СПОСОБ ИЗУЧЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ. ПРОЕКТ «ДОКУМЕНТАЦИЯ УТРАЧЕННОГО»

VIRTUAL RECONSTRUCTION AS A WAY OF STUDYING AND PRESERVING ARCHITECTURAL HERITAGE. “DOCUMENTATION OF THE LOST” PROJECT

Профессиональный подход с использованием возможностей BIM-проектирования в современной архитектурной практике позволяет воссоздать утраченные (или нереализованные) здания, опираясь на существующие данные.

В рамках проекта «Документация утраченного», который на инициативной основе ведется с 2014 года, была предпринята попытка на основе существующих архивных материалов – прежде всего фотографий, воспоминаний современников и аналогов – выполнить BIM-модели различных утраченных памятников архитектуры: виллы «Арфа», дачного дома архитектора Г. В. Барановского, построенного по его проекту на территории Финляндии. Были выполнены виртуальные реконструкции утраченной дачи Леонида Андреева, построенной по проекту архитектора А. Оля (вилла «Аванс»), усадьбы Ала Кирьола в имении Нобелей, автором которой был знаменитый финский архитектор Гюстав Нюстрем, виллы Суур-Мерийоки, архитекторами которой были выдающиеся финские архитекторы Сааринен, Гезелиус, Линдгрэн.

Ключевые слова: ВІМ, 3D-реконструкция архитектурного наследия, виртуальная реконструкция, архитектура Карельского перешейка, региональная специфика, дачные поселки.

A professional approach using the capabilities of BIM design in modern architectural practice makes it possible to recreate lost (or not constructed) buildings based on the existing data.

In the framework of the “Documentation of the Lost” project, which has been ongoing on an initiative basis since 2014, an attempt was made, based on the existing archival materials — mainly photographs, memoirs of contemporaries, and analogs — to build BIM models of various lost architectural monuments, e.g. Arfa Villa, a country house of architect G. V. Baranovsky, built according to his project in Finland. The participants of the project also performed virtual reconstructions of the lost summer cottage of Leonid Andreev, designed by architect A. OI (Avans Villa), Ala-Kirjola, an estate of the Nobel family, designed by famous Finnish architect Gustaf Nyström, and the villas of Suur Merijoki, designed by prominent Finnish architects E. Saarinen, H. Gesellius, and A. Lindgren.

Keywords: BIM, 3D reconstruction of architectural heritage, virtual reconstruction, architecture of the Karelian Isthmus, regional specifics, holiday villages.

В настоящее время научно-графические реконструкции в области архитектуры развиваются в двух основных направлениях: это виртуальные реконструкции с использованием ресурсов ВІМ-программ и собственно проектные (выполненные в ручной графике, в традициях научного рисунка) графические реконструкции в формате архитектурных предпроектных проработок.

Виртуальная реконструкция довольно часто используется в процессе моделирования и для демонстрации экспериментов в научных разработках. Актуально использовать эти возможности и в таких областях как история и теория архитектуры. Понятие «виртуальная» в рамках архитектурной реконструкции включает в себе отсутствие материальности (это не макет) и эта существенная особенность является неотъемлемой чертой любого объекта созданного в виде 3D-модели. «Реконструкция» – воссоздание внешнего вида и объемно-пространственных параметров архитектурного объекта по имеющимся данным. Это могут быть данные археологии, архитектурные обмеры, архивные чертежи, сохранившаяся проектная документация, мемуарные или искусствоведческие тексты, исторические фотографии и др. Виртуальная реконструкция утраченных объектов архитектур-

ного наследия может включать также реконструкцию градостроительной или ландшафтной среды объекта. Такой подход значительно улучшает наше восприятие и делает проект более комплексным.

Сейчас стремительно развиваются и совершенствуются методы и способы построения виртуальных BIM-реконструкций. Именно использование технологии BIM при 3D реконструкции позволяет профессионально исследовать архитектурные объекты, это один из перспективных и плодотворных приемов синтеза данных архитектуры, археологии, истории и методов информационных технологий. Разработки в области виртуально-пространственных образов утраченных или частично утраченных памятников выходит за границы исключительно прикладных задач репрезентации и визуализации. В исследовательской практике для решения традиционных задач всё больше внимания уделяется поиску новых возможностей, которые предоставляют цифровые технологии. Одна из таких задач – верификация научного знания, доступность и проверяемость разработанной 3D-модели, что доступно при использовании технологии BIM. При этом создание виртуальных моделей не претендует на научную истину в последней инстанции и может быть скорректировано при получении новых историко-архитектурных или научных данных.

Виртуальная реконструкция исторических памятников архитектуры служит важным инструментом для развития истории и теории архитектуры. Возможность увидеть на экране трехмерную архитектурную модель утраченного здания, «попутешествовать» по ней, например, при помощи среды Unity 3D, вывести результаты моделирования в виде чертежа или на 3D-принтер в виде объемной материальной модели позволяют совершенно по-новому воспринять пространство архитектурного объекта.

За последнее десятилетие тема виртуальной реконструкции стала достаточно актуальной. Подтверждением этому является множество российских и зарубежных разработок. Для воссоздания в виртуальном пространстве представляют интерес как утраченные объекты

культурного наследия, так и невоплощенные в жизнь проекты.

Результаты виртуальной реконструкции имеют несомненную научную новизну и могут быть использованы при обучении, создании документальных и научно-популярных фильмов, при воссоздании примеров исторической архитектурной среды в музеях, интерактивных медиа-проектах, культурных программах. Без интерактивной части экспозиции в настоящее время не обходится ни один музей. Так, для музея архитектурной и художественной керамики «Керамарх» в Государевом бастионе Петропавловской крепости, во время работы над архитектурно-художественной концепцией музея, нами разрабатывались виртуальные модели утраченных храмов, в декоре которых использовались керамические элементы. С 2018 года на кафедре графических технологий (ныне образовательное направление) СПБИТМО введен курс «Виртуальные технологии воссоздания объектов архитектурного наследия». Работы выполнялись для музея архитектурной и художественной керамики студентами СПБИТМО в формате курсовой магистерской работы, что преследовало и учебные цели. Модель церкви Анны Кашинской, позволяет увидеть утраченную колокольню с керамическим фризом с изображениями херувимов. Материалом для модели послужили архивные фотографии и чертежи. Построение ВМ-моделей предлагает основу для реальных реконструкций архитектурных объектов и воссоздания важных доминант в городской среде.

Интернет сайт <http://terijoki.spb.ru> много лет ведет работу по изучению и сохранению исторического и культурного наследия на Карельском перешейке, является лауреатом Анциферовской премии. За годы сотрудничества с этим сайтом у нас была возможность продемонстрировать результаты виртуальных реконструкций утраченных зданий на этом сайте, сделать результаты наших научных изысканий доступными для специалистов и общественности, популяризировать историю архитектуры и пробудить интерес к утраченному архитектурному наследию Карельского перешейка [1].

Созданный в 2014 году инициативный межвузовский студен-

ческий проект «Документация утраченного» много лет сотрудничает с этим сайтом. Это сотрудничество взаимовыгодное: с одной стороны исследования краеведов и историков позволяют использовать найденные ими (и предоставленные в открытом доступе) уникальные архивные материалы, с другой стороны – наша работа по созданию виртуальных моделей позволяет увидеть исчезнувшие здания в виде виртуальной трехмерной модели [1, 2].

В этом проекте в разные годы участвовали студенты и преподаватели Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, художественно-промышленной академии им. Штиглица, Российского государственного педагогического университета им. Герцена, Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Студенты СПбГАСУ, работающие под руководством автора статьи, представили полноценную виртуальную BIM-модель утраченной дачи Леви (Зеленогорск, пер. Березовый, д. 5), с необходимыми параметрическими свойствами, с помощью которой можно выводить на печать архитектурные чертежи – планы, фасады, разрезы. Их работа была выполнена при помощи ArchiCAD.

Профессиональный подход к построению модели позволит в будущем заново отстроить сгоревшее здание – ему присвоен статус «выявленный объект архитектурного наследия собственный дом В.Ф. Леви», решение о воссоздании принято КГИОП. Используя существующие архитектурные обмеры, фотофиксации и виртуальную BIM-модель, планируется заново выстроить утраченное здание и использовать его для арт-центра в г. Зеленогорске (рис. 1).

В 2014 году силами студентов СПбГАСУ, под руководством автора статьи, при помощи программного комплекса AutoCAD 3D и ArchiCAD, в рамках проекта «Документация утраченного», была предпринята попытка, основываясь на архивных материалах, создать BIM-модель виллы «Арфа», собственного загородного дома архитектора Г. В. Барановского [3, 4].



Рис. 1. BIM-модель реконструкции дачи Леви выполнена при помощи программного комплекса ArchiCAD

Это здание, построенное на территории нынешнего поселка Комарово, было важной архитектурной доминантой. Виртуальная реконструкция основывалась исключительно на сохранившихся фотографиях и на археологических данных – архитектурных обмерах сохранившегося фундамента, чертежи не сохранились.

3D-модель реконструкции виллы (рис. 2) была показана научному сообществу в 2014 году на конференции в Хельсинки, в Русском центре науки и культуры, где собрались специалисты, архитекторы, историки и краеведы. В 2015 году, базируясь на выполненной студентами СПбГАСУ при помощи программы ArchiCAD BIM-модели, на кафедре графических технологий СПБИТМО был выполнен более реалистичный рендер виллы в программе 3D MAX, были воссозданы детали окружающего ландшафта и сделан анимационный ролик «Виртуальная реконструкция виллы «Арфа» архитектора Барановского» [5, 6].

Этот анимационный ролик был продемонстрирован в РГО на торжественном мероприятии, посвященном юбилею архитектора Г. В. Барановского, и был использован в документальном фильме финского режиссера Арво Туоминена «Вокруг Карельского перешейка».



Рис. 2. BIM-модель реконструкции дачи Барановского «Вилла Арфа»

Внимание, проявленное представителями международной культурной общественности к нашему проекту «Документация утраченного», доказывает необходимость дальнейшего развития этой тематики.

В 2016 году в рамках дипломного проектирования в СПБИТМО была выполнена виртуальная реконструкция разрушенного в I мировую войну памятника архитектуры – виллы Суур-Мерийоки («Suur-Merijoki» от финского Большая река) 1904 года постройки (рис. 3). Здание располагалось под Выборгом, к югу от нынешнего посёлка Харитоново. Окончательное разрушение усадьбы пришлось на 1944 год. Постройка была выполнена архитектурным бюро «Гезеллиус-Линдгрэн-Сааринен».

К сожалению, к настоящему времени многие постройки, характерные для дачных местностей в окрестностях Петербурга, утра-

ченy. К таким постройкам относится и здание известного архитектора Уно Ульберга «Усадьба Пиени-Херттуала». В 2017 году студентом СПбИТМО Тимофеем Зюзиным была выполнена виртуальная 3D-реконструкция объекта. Эта работа прекрасно дополнила собранную исследователями информацию и позволяет в доступной и наглядной форме показать, как выглядело это здание в своем первоначальном виде.



Рис. 3. Виртуальная реконструкция усадьбы Суур-Мерийоки

В том же году была выполнена виртуальная реконструкция ресторана «Эспилия» в парке Эспланада в Выборге для сайта <http://terijoki.spb.ru.>, ее автором стал Артем Кудряшев – студент СПбИТМО (рис. 4). Интересно, что этот объект сейчас уже восстановлен в натуре с нуля с использованием архивных чертежей, то есть наша работа, преследовавшая научные и учебные цели, велась параллельно с реальным проектированием. Имеющиеся расхождения между моделью и реальной постройкой позволяют вести научную дискуссию о точности интерпретации тех или иных источников.

Виртуальные реконструкции рассмотренных объектов, созданные ВМ-модели позволяют сделать важный шаг в направлении исследования и сохранения архитектурного наследия.



Рис. 4. Виртуальная реконструкция ресторана «Эспила» в парке Эспланада в Выборге

Работа по BIM-моделированию и виртуальной реконструкции особо значимых архитектурных объектов продолжается.

Литература

1. Кириков Б.М. Петербургские дачи начала XX века на Карельском перешейке и архитектура «северного» модерна // Краеведческие записки. СПб, 1996. С. 263–265.
2. Ушакова О.Б. Вилла «Арфа» Г.В. Барановского. Опыт графической реконструкции // Фонтанка: культурно-исторический альманах. 2015. № 18. С. 86–91.
3. Травина Е.М., Леошко С.С. Архитекторы Карельского перешейка. Книга первая. От Оллила до Метсякюля (от Солнечного до Молодежного). 1880–1939. Биографический справочник. СПб.: ООО «Издательский центр «ОСТРОВ», 2016. 208 с.
4. Тозик В.Т., Ушакова О.Б. ArchiCAD и архитектурная графика в подлиннике. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 592 с.
5. Травина Е.М., Ушакова О.Б. Архитектор Гавриил Васильевич Барановский и его вилла «Арфа» в Келломяки // Историко-культурный альманах «Смоляной путь». Вып. 1. СПб.: Гангут, 2014. С. 38–42.
6. Ушакова О.Б. Вилла «Арфа» Г. В. Барановского. Опыт графической реконструкции // Фонтанка: культурно-исторический альманах. 2015. № 18. С. 86–91.

УДК 004.94

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.039

Шакшак Омар Мохаммедович, магистр

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: omar.shakshak@mail.ru, *ORCID:* 0000-0002-9146-7380

Евсиков Игорь Александрович, старший преподаватель

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: ievsikov@lan.spbgasu.ru, *ORCID:* 0000-0003-4793-2975

Shakshak Omar Mohammedovich, master student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Evsikov Igor Aleksandrovich, Senior Lecturer

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ОЦЕНКА ВІМ ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО VR-ТУРА

BIM PROJECT EVALUATION BASED ON A MULTI-USER VR-TOUR

Информационное моделирование здания в первую очередь – это совместная работа разных специалистов. Главный инженер и архитектор проекта, директора строительных компаний, инвесторы и ВІМ-менеджеры в рамках глобального проектирования нуждаются в удаленном и совместном контроле процесса.

Идея данной работы заключается в разработке мультиплеерного VR-приложения, с помощью которого одновременно несколько пользователей могут находиться в виртуальном пространстве будущего строительного объекта, построенного на основе ВІМ-модели. С помощью средств VR имеется возможность свободно перемещаться в трехмерном пространстве и менять параметры объекта в режиме реального времени.

В работе показано, что межличностное взаимодействие в среде виртуальной реальности важно для эффективной коммуникации в строительной сфере, поскольку оно создает общий опыт погружения. Чтобы доказать эту концепцию, была разработана виртуальная среда для реализации многопользовательского VR-тура по еще не построенному строительному объекту. Такое приложение позволяет в режиме реального времени удаленно взаимодействовать заинтересованным сторонам проекта.

Ключевые слова: ВІМ, VR, многопользовательский VR-тур, Unreal Engine, Pixel Streaming, кроссплатформенность.

Building information modeling is, first of all, a joint work of various specialists. The chief project engineer and project architect, directors of construction companies, investors, and BIM managers shall have joint remote process control as part of global design.

The idea of this study is to develop a multi-user VR application making it possible for several users to simultaneously enter the virtual space of a future construction facility, built based on a BIM model. Using VR, we can move freely in a three-dimensional space and change the parameters of a facility in real-time.

The paper shows that interpersonal interaction in a virtual reality environment is important for effective communication in the construction industry since it creates a common immersion experience. To prove this concept, a virtual environment was developed for the implementation of a multi-user VR tour of a construction facility not yet built. The application allows project parties concerned to remotely interact in real-time.

Keywords: BIM, multi-user VR-tour, Unreal Engine, Pixel Streaming, cross-platform.

Возможность удаленно участвовать в виртуальном туре (VR-туре) позволяет значительно экономить время в процессе согласования между различными специалистами проектирования. Такой подход упрощает общение между специалистами и людьми, которые не имеют профессиональные знания в строительной отрасли [1]. Так как в виртуальном туре есть специальные визуальные средства для идентификации объекта, то нет необходимости использовать профессиональные термины.

Последние разработки в области VR способствовали использованию интерактивной визуализации при проектировании и строительстве. На сегодняшний день существующее программное обеспечение не позволяет работать удаленно в виртуальной реальности. Применение инновационного подхода в построении VR-модели с помощью Unreal Engine предоставляет пользователям приложения широкий спектр возможностей. В разработанном приложении реализована возможность выбора средней температуры в будущем строительном объекте [2]. Пользователь может оценить результаты расчета теплового баланса и необходимое количество энергии на отопление с учетом коэффициента теплопередачи стен и окон, взятого из BIM модели, и средней температуры воздуха снаружи. Благодаря простому и интуитивно понятному интерфейсу, пользователю необязательно обладать какими-либо специальными знаниями.

Дополнительно приложение позволяет рассчитать эффективность использования альтернативных источников энергии, таких как

солнечные батареи и ветрогенераторы. Программа предлагает оптимальное количество источников электроэнергии с учетом их стоимости и среднегодовой генерации энергии в заданном климатическом регионе. Применение открытого кода позволяет добавлять в приложение индивидуальные доработки, необходимые тому или иному заказчику. Учитывая высокую заинтересованность VR-технологиями застройщиков, дополнительно в проект импортируются метаданные помещений и источников света. Это позволяет демонстрировать подробную квартирографию, а также оценить освещенность помещений и возможные затраты электроэнергии. Еще одной важной задачей является расчет влияния солнечной радиации, что позволит улучшить модель энергоэффективности здания [3].

На данный момент визуализация строительных объектов осуществляется в основном с помощью программных продуктов Autodesk Revit Live, Enscape и Twinmotion [4–6]. Данные программы позволяют на базе ВІМ модели создать VR-среду, но не позволяют компилировать в полноценное VR-приложение. Также в них не реализованы квартирография, расчет энергоэффективности и нет многопользовательского режима. Стоит отметить, что продукты, созданные на базе Unreal Engine, можно запускать на большинстве операционных систем и платформ.

Для многопользовательского VR-тура есть два подхода. Первый, **кроссплатформенный**, с использованием плагина Pixel Streaming. Результат для пользователя аналогичен просмотру видеопотока из таких сервисов, как YouTube или Netflix, за исключением двух вещей [7]:

- вместо воспроизведения предварительно записанного видеоклипа, аудио- и видеопоток генерируются в режиме реального времени с помощью Unreal Engine;
- пользователи могут контролировать рабочий процесс через любой браузер, отправляя обратно на сервер события клавиатуры, мыши и других устройств ввода.

Преимущества данного многопользовательского VR-тура на базе плагина Pixel Streaming:

- Способность мобильных устройств и легких веб-браузеров отображать графику лучшего качества, чем это возможно в других случаях. В результате это дает возможность показывать сложные сце-

ны с высоким разрешением, используя функции рендеринга, которые возможны только при использовании собственного настольного приложения с мощным графическим процессором.

– Отсутствие необходимости заранее загружать большие исполняемые файлы или файлы содержимого, и их устанавливать. Единственное, что пользователю необходимо загрузить – это медиапоток во время воспроизведения.

– Возможность поддерживать несколько платформ без создания и распространения нескольких отдельных пакетов. Приложение компилируется один раз для Windows и позволяет использовать любую платформу для просмотра контента. Пользователи могут просматривать поток в любом современном браузере, поддерживающем модель подключения WebRTC, включая Google Chrome и Mozilla Firefox на платформах для настольных компьютеров, IOS и Android.

– Система Pixel Streaming содержит минимальное количество компонентов, которые относительно легко установить в локальной сети. Тем не менее, она достаточно мощная, чтобы команды, имеющие опыт развертывания веб-служб, могли использовать ее в качестве основы для создания пользовательских облачных платформ.

– Pixel Streaming использует среду одноранговой связи WebRTC для обеспечения минимальной задержки между пользователем и приложением Unreal Engine.

Единственный недостаток заключается в том, что на разных устройствах происходит управление одним и тем же персонажем, то есть появляется разделение участников VR-тура на одного ведущего и нескольких зрителей. Однако, роль ведущего можно менять между участниками.

Второй подход, **мультиплеерный**, реализуется встроенными средствами Unreal Engine. При таком подходе информация о состоянии «игры» передается между несколькими компьютерами через Интернет-соединение, а не формируется на одном компьютере. Это делает многопользовательское программирование более сложным, чем программирование для одиночной сцены, поскольку процесс обмена информацией между пользователями деликатен и добавляет несколько дополнительных шагов. Unreal Engine имеет мощную сетевую среду, которая поддерживает некоторые

из самых популярных в мире онлайн-игр, помогая упростить процесс программирования.

К плюсам такого подхода можно отнести:

- Возможность в режиме реального времени удаленно взаимодействовать с другими участниками проекта.
- Отсутствие необходимости использовать профессиональные термины, так как можно использовать специальные визуальные средства для идентификации объектов, рис. 1.

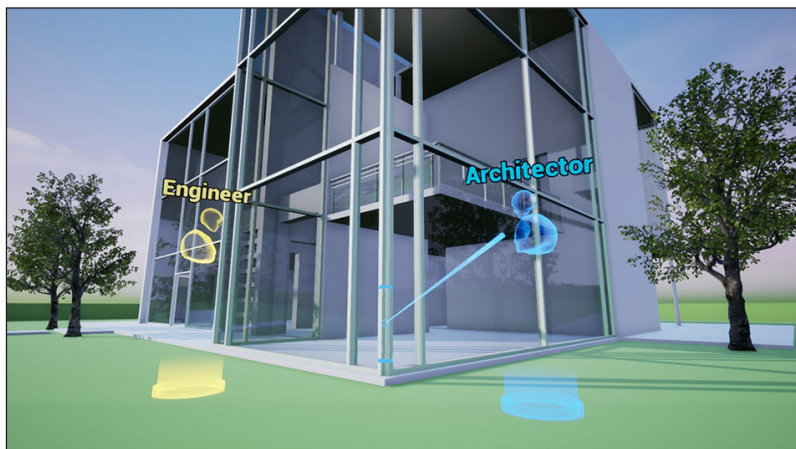


Рис. 1. Взаимодействие пользователей в режиме мультиплеера

Минусом данного подхода является необходимость скачивать и устанавливать программное обеспечение для каждого проекта.

Для полноценного общения участников многопользовательского VR-тура можно использовать плагин Vivox с возможностью аудио-конференции и чата [8]. Сервис легко интегрируется и представляет собой управляемое решение с хостингом, которое работает с любым движком и является единственным известным авторам кроссплатформенным сервисом. Такое решение позволяет общаться игрокам на PC, PS4, Xbox One, Nintendo Switch, IOS, Android и в браузере. Сервис Vivox используется в крупнейших играх, легко масштабируется для любой аудитории: от 10 человек до 10 миллионов. Также примене-

ние Vivox экономит потребление ресурсов процессора и канала связи, поскольку сервис хорошо оптимизирован.

К сожалению, два перечисленных выше метода мультиплеерности не могут быть реализованы одновременно. Каждый подход имеет свои плюсы и минусы, и заказчик сам решает, какой вариант подходит больше. В процессе проектирования может сложиться такая ситуация, когда есть специалисты, желающие донести до остальных информацию об ошибках проекта. В такой ситуации разумно использовать кроссплатформенный или мультиплеерный режим. В первом случае, вы передаете управление по очереди, а во втором каждый управляет своим движением внутри проекта.

Использование второго подхода, мультиплеерного, позволяет, например, исследовать поведение людей во время аварийной эвакуации. Погружая людей в серьезную игровую среду, можно собирать информацию о коллективном поведении людей в стрессовой ситуации [9, 10].

На данный момент разработано приложение VR-тура, MVP (minimum viable product, минимально жизнеспособный продукт), содержащий множество интересных и новых возможностей для обычного пользователя: визуализация тепломассообмена в помещении, расчет квартирографии, анализ энергоэффективности и мультиплеерный режим.

Литература

1. Zita A. Enhancing BIM Methodology with VR Technology // State of the Art Virtual Reality and Augmented Reality Knowhow. 2018. P. 59–79. DOI: 10.5772/intechopen.74070.
2. Шакшак О.М., Евсиков И.А. Многофункциональное VR приложение на основе цифровой модели здания // Архитектон: известия вузов. 2019. № 4 (68). URL: http://archvuz.ru/2019_4/17.
3. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Жигалов В.М., Малова А.С. Управление энергоэффективностью в контексте новой климатической политики // Экономика региона. 2017. № 1(1). С. 183–195. DOI: 10.17059/2017-1-17.
4. Revit Live. URL: <https://www.autodesk.com/products/revit-live/overview> (дата обращения: 14.02.2020).
5. Enscape. URL: <https://enscape3d.com/> (дата обращения: 14.02.2020).
6. Twinmotion. URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/twinmotion> (дата обращения: 14.02.2020).
7. Pixel Streaming. URL: <https://docs.unrealengine.com/en-US/Platforms/PixelStreaming/index.html> (дата обращения: 25.01.2020).

8. Vivox. URL: <https://www.vivox.com/> (дата обращения: 25.01.2020).

9. Du J., Shi Y., Mei C., Quarles J., Yan W. Communication by Interaction: A Multiplayer VR Environment for Building Walkthroughs // Construction Research Congress. 2016. P. 2281–2290. DOI: 10.1061/9780784479827.227.

10. Rüppel U., Schatz K. Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations // Advanced Engineering Informatics. 2011. 25(4). P. 600–611. DOI: 10.1016/j.aei.2011.08.001.

УДК 721.01

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.040

Шамардин Анатолий Борисович, канд. техн. наук, заместитель директора
(ООО Строительная компания «Дальпитерстрой»)

E-mail: shamardin@dalpiterstroy.ru

Шамардин Артем Денисович, программист
(ООО «Строительная компания «Дальпитерстрой»)

E-mail: an.shabo@yandex.ru

Shamardin Anatoly Borisovich, PhD of Tech. Sci., Associate Director
(LLC Construction Company “Dalpiterstoy”)
Shamardin Artem Denisovich, programmer
(LLC Construction Company “Dalpiterstoy”)

**КОМПЛЕКС ПРОГРАММ В C++
ДЛЯ ЭКСПРЕСС РАЗРАБОТКИ И АНАЛИЗА
ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ
ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ BIM-МОДЕЛЕЙ
В УСЛОВИЯХ ПРОЕКТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ**

**C++ SOFTWARE SYSTEM FOR THE EXPRESS
DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF SPACE-PLANNING
SOLUTIONS FOR RESIDENTIAL BUILDINGS
TO DEVELOP A BIM-MODEL UNDER CONDITIONS
OF PROJECT FINANCING**

В статье рассмотрены вопросы оптимизации объемно-планировочных и конструктивных решений зданий, полученных с использованием программ на языке C++, предварительного экспресс анализа, выполненного по требованиям

существующих нормативных документов в строительстве. Многовариантные предварительные расчеты в процессе экспресс анализа дают возможность принять окончательные экономически обоснованные решения при разработке строительных проектов и снизить затраты на строительные-монтажные работы на 10–12 %. Данные разработки реализуются на практике при проектировании строительных объектов с применением BIM-моделей в ООО «Строительная компания «Дальпитерстрой».

Ключевые слова: проектное финансирование, объемно-планировочные решения, BIM-модель, теплотехнический расчет, железобетонные конструкции.

The article deals with the optimization of space-planning and design solutions for buildings, based on C++ software, and a preliminary express analysis performed according to the requirements of the existing regulatory documents in construction. Multivariate preliminary calculations carried out in the process of express analysis provide an opportunity to make final economically sound decisions in the development of construction projects and reduce construction and installation costs by 10–12 %. These developments have been implemented in practice by LLC Construction Company “Dalpiterstoy” during the design of construction facilities using BIM models

Keywords: project financing, space-planning solutions, BIM model, heat engineering analysis, reinforced-concrete structures.

Экономическое обоснование инвестиционных проектов зданий в период применения Федерального закона от 25.12.2018 № 478-ФЗ о проектном финансировании строительства жилья имеет решающее значение в конкурентной борьбе строительных компаний на рынке недвижимости. Развитие технологии информационного моделирования в архитектуре и строительстве показали необходимость комплексного подхода к объектам строительства и анализа стоимости объекта на протяжении всего жизненного цикла [1]. Принятие экономически обоснованных объемно-планировочных и конструктивных решений на стадии предпроектных разработок и стадии «Проект» [2] играют решающую роль в дальнейшем проектировании, сроках выполнения строительного-монтажных работ и стоимости строительства.

В ООО «Строительная компания «Дальпитерстрой» разрабатываются программы экспресс анализа технико-экономических показателей на языке C++, основанные на требованиях существующих строительных норм и рекомендаций [3, 4]. Первоначально производится прочностной расчет [3] основных несущих конструкций – плит перекрытий, стен, колонн и пр., для которых определяются генеральные

размеры и укрупненные показатели расхода арматуры. Расчеты проводятся в диалоговом режиме – «вычислительный комплекс – конструктор» с внесением необходимых корректировок в процессе проектирования. Это позволяет оптимизировать проектные решения на первоначальной предпроектной стадии проектирования в зависимости от опыта конструктора.

В некоторых работах, посвященных теплотехническим расчетам зданий [5] сравниваются расчеты ограждающих конструкций наружных стен по нормам [4] и по существующим программным комплексам в упрощенном и подробном виде, когда учитывается коэффициент теплотехнической неоднородности. В работе [6] рассматривается ВМ-модель с расчетом теплового баланса здания и возможностью применения альтернативных источников тепла. Модель применима для частного жилого дома.

Однако, для теплотехнических расчетов ограждающих конструкций многоквартирных жилых домов массового строительства обязательными являются расчеты согласно требованиям и методикам свода правил [4]. Для определения оптимального варианта наружных стен по их стоимости и энергоэффективности нами проводился сравнительный анализ десяти вариантов наружных стен, часто применяемых в жилищном строительстве. Расчеты показали, что наиболее экономичным является вариант наружной стены следующего состава:

- железобетонная стена толщиной 160 мм;
- утеплитель – минеральная вата Rockwool толщиной 200 мм;
- тонкая декоративная штукатурка с окраской толщиной 5-8 мм.

В расчетах учитывались коэффициенты теплотехнической неоднородности, зависящие от типа и количества анкеров, крепящих минеральную вату к стене.

Для определения удельного расхода бетона и арматуры на 1 м² общей площади здания был проведен математический эксперимент. Рассчитывался расход материалов для железобетонных конструкций жилых зданий с поперечными несущими стенами и зданий с полным несущим каркасом в виде колонн. Варьировались ширина здания – 15,0–18,0 метров, высота здания – 9–16 этажей, высота этажа – 2,8–3,3 метра, шаг поперечных стен и колонн – 3,5–7,2 метра. Определялись толщина плит перекрытия, толщина стен и величина

их армирования в зависимости от пролетов при различных вариантах стоимости бетона и арматуры.

Расчеты показали, что с увеличением шага поперечных стен от 3,5 до 6,0 метров удельный расход бетона на 1 м² общей площади уменьшается на 15 %, а арматуры на 10 %. Далее, при возрастании шага стен до 7,2 м, идет некоторое увеличение расхода бетона и арматуры за счет увеличения толщины перекрытий для обеспечения необходимого прогиба. Аналогичная тенденция расхода бетона и арматуры наблюдается для здания с колоннами и безбалочными перекрытиями. Расчеты железобетонных конструкций проводились по существующим требованиям норм [3]. Результаты эксперимента использовались для принятия конструктивных решений в расчетах предпроектных разработок и окончательных расчетах зданий.

В условиях проектного финансирования долевого строительства жилья через уполномоченные банки для инвесторов и заказчиков на передний план выходят новые задачи. Появляется необходимость в максимально короткий срок разработать пакет документов для обоснования кредита, контроля банков за ходом строительства и для отчета заказчиков перед банками в процессе строительства. Для презентации инвестиционных проектов в банках необходима их подача в наиболее респектабельном и визуально привлекательном виде. Наиболее приемлемым для этого является пакет документов с разработкой 3D-моделей с визуализацией внешнего облика здания, 4D-моделей управления строительством здания [7, 8] и 5D-моделей финансирования строительства [8], движения собственных и заемных средств в процессе реализации инвестиционного проекта.

Любое здание, его внутренние и наружные сети состоят из набора линейных, плоскостных и объемных элементов, связанных между собой в пространстве координатами x , y , z , положение и величина которых меняется в процессе строительства с изменением времени t . Также в процессе строительства изменяется стоимость выполненных работ c . Любой элемент здания или инженерных сетей во время строительства можно описать уравнением $F(x, y, z, t, c) = 0$. Сумма всех задач, описанных указанным уравнением, дает возможность разработать цифровую информацию на весь процесс строительства здания. Данная информация является основой для построения всех

ВМ-моделей необходимых для управления строительством – от разработки 2D-моделей рабочих чертежей до разработки 5D-моделей финансирования строительства.

Процесс строительства включает в себя комплекс строительно-монтажных работ, связанных технологической последовательностью. Для создания программных систем решения задач управления строительством от проектирования здания до сдачи его в эксплуатацию применяем метод объектно-ориентированного программирования с использованием языка C++. Весь комплекс работ разбивается на классы, которые включают в себя объекты с характерными для данного класса свойствами. Например, класс «Железобетонные несущие конструкции надземной части здания выше отметки «0.000» включает в себя объекты:

1. Железобетонные несущие конструкции стен и колонн 1-го этажа.
2. Железобетонные плиты перекрытий над 1 этажом.
3. Железобетонные стены типового этажа.
4. Железобетонные плиты перекрытий типового этажа.
5. Железобетонные плиты покрытия здания.

Хранение информации для дальнейшей разработки всех ВМ-моделей осуществляется в матричном виде. Для здания создается сводная цифровая информационная модель, состоящая из элементарных цифровых информационных моделей отдельных объектов. Основным носителем информации является прямоугольная двумерная матрица, в которой за основной элемент ячейки принята плоскостная характеристика – площадь рассматриваемого конструктивного элемента объекта. Например, для здания, имеющего 14 этажей и 4 секции, основной информационной матрицей, в общем случае, будет двумерная прямоугольная матрица $A = (a_{ij})$ размера $f \times s$, где $f = 14$ – количество строк матрицы, равное количеству этажей здания; $s = 4$ – количество столбцов матрицы, равное количеству секций здания; $i = 1, \dots, f; j = 1, \dots, s$.

Так для объекта: «Железобетонная плита перекрытия типового этажа», каждый элемент матрицы A является площадью плиты перекрытия какой-либо секции и какого-то этажа. Для получения информации об объеме бетона, необходимого для изготовления перекры-

тий здания, создаем двумерную матрицу толщин перекрытий $D = (d_{ij})$, где $i = 1, \dots, f, j = 1, \dots, s$. Далее путем умножения элементов прямоугольной матрицы площадей перекрытий A на соответствующие значения матрицы толщин перекрытий D получаем информационную модель объема бетона на все перекрытия здания в матричном виде $V = (v_{ij})$, где $i = 1, \dots, f, j = 1, \dots, s$. Аналогично получаем цифровые информационные модели для всех видов работ строительного процесса в матричном виде.

Для разработки BIM-моделей комплекса задач управления строительством разработан алгоритм программного обеспечения для строительного-монтажных работ, связанных технологической последовательностью:

1. На основании фактического набора строительного-монтажных работ разрабатывается блок исходных данных, которые остаются постоянными в процессе проектирования и строительства.

2. Разрабатывается блок цифровых моделей расчетных исходных данных в матричной форме. Значения элементов матриц определяются по требованиям и рекомендациям действующих строительных норм [3, 4] и в дальнейшем используются в программах расчета на языке C++ для определения объемов работ, затрат труда и стоимости выполняемых работ.

3. Разрабатываются цифровые модели и программы на языке C++ для прочностных расчетов основных конструктивных элементов здания.

4. На основании опыта работы организации и территориальных единичных расценок получены корпоративные укрупненные нормы затрат труда Nw_i и стоимости Nc_i на основные виды строительного-монтажных работ.

5. На основании корпоративных норм затрат труда Nw_i разрабатывается график производства работ – 4D-модель управления строительством с использованием данных матричных цифровых моделей в ProjectLibre-1.9.1, определяется продолжительность строительства.

6. На основании корпоративных норм стоимости работ Nc_i разрабатывается 5D-модель финансирования строительства и график движения собственных и заемных денежных средств на стадии «Проект».

Разработка ВМ-моделей на основе многовариантных предварительных расчетов в процессе экспресс-анализа объемно-планировочных и конструктивных решений зданий на стадии предпроектных разработок и стадии «Проект» дают возможность принять экономически обоснованные решения при разработке строительных проектов, снизить затраты на строительные-монтажные работы на 10–12 %, сократить сроки строительства и скомплектовать пакет документов на получение кредитов на строительство в уполномоченных банках, финансирующих строительство.

Литература

1. Бахарева О.В. Исследование практики управления технологическими инновациями в регионе // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб: СПбГАСУ, 2018. С. 88–93.
2. Садриева А.Р., Ахтямов Р.Х., Ахтямов И.И. Особенности создания ВМ-модели на разных этапах разработки архитектурного проекта // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб: СПбГАСУ, 2018. С. 148–151.
3. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М.: ГУП «НИИЖБ», ФГУП ЦПП, 2004. 26 с.
4. СП 50-13330-2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. 82 с.
5. Усенко В.В., Суханова И.И. Определение тепловых потерь через наружное ограждение в современных программных комплексах // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб: СПбГАСУ, 2018. С. 152–155.
6. Шакшак О.М., Евсиков И.А. VR-приложение на основе ВМ-проекта с возможностью управления параметрами энергоэффективности здания // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы II междунар. науч.-практич. конф. СПб: СПбГАСУ, 2019. С. 189–194. DOI: 10.23968/ВМАС.2019.034.
7. Мамаев А.Е. Этапы реализации методики контроля календарного графика строительства на основе ВМ технологии // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб: СПбГАСУ, 2018. С. 18–22.
8. Голдобина Л.А. Опыт внедрения ВМ технологий при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб: СПбГАСУ, 2018. С. 217–222.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ, ВЛАДЕЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯМИ BIM

УДК 004.94

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.041

Баженов Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный горный университет)
E-mail: z4m62@yandex.ru

Bazhenov Aleksandr Aleksandrovich, PhD of Sci. Tech., Associate Professor
(St. Petersburg State Mining University)

ВНЕДРЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

IMPLEMENTATION OF BIM TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TEACHING STUDENTS MAJORING IN CIVIL ENGINEERING

В данной статье кратко рассмотрены вопросы, связанные с процессом подготовки и развития кадрового потенциала в строительной отрасли России для соответствия запросам качества и эффективности. В статье сделан упор на согласованную работу различных сторон образовательного процесса – обучающихся, профессорско-преподавательского состава, работодателей, других сторон. Данная работа основана на системе современных согласованных финансово-экономических, технических, организационных механизмов. В статье сделана попытка выработать рекомендации по внедрению BIM-технологий в процесс обучения студентов направлений «Строительство», «Градостроительство» и родственных направлений и специальностей. Основой статьи послужил опыт работы профессорско-преподавательского состава, занимающегося подготовкой студентов данных направлений.

Ключевые слова: строительство, обучение, образование, информационные технологии, BIM-технологии.

The article briefly discusses issues related to the process of human resources training and development in the construction industry in Russia to ensure compliance with the requirements of quality and efficiency. It focuses on the coordinated work of various parties to the educational process: students, faculty, employers, and other parties. The study is based on a system of modern coordinated financial and economic, technical, and or-

organizational mechanisms. The author attempts to develop recommendations for the introduction of BIM technologies in the process of teaching students majoring in civil engineering, urban planning, and related fields. The article is based on the experience of faculty involved in training students in these areas.

Keywords: construction, training, education, information technologies, BIM technologies.

Строительство является одной из крупнейших сфер экономической деятельности в современной Российской Федерации, на неё приходится порядка 6 % валового внутреннего продукта страны. В настоящее время развитие строительной отрасли неразрывно связано с развитием BIM-технологий [1]. С их использованием в России были построены многие важнейшие здания и сооружения последних лет. Среди них – Олимпийский стадион «Фишт» (рис. 1), футбольные стадионы для чемпионата мира по футболу 2018-го года, высотные здания «Москва-Сити», вторая сцена Мариинского театра в Санкт-Петербурге и многие другие [2].

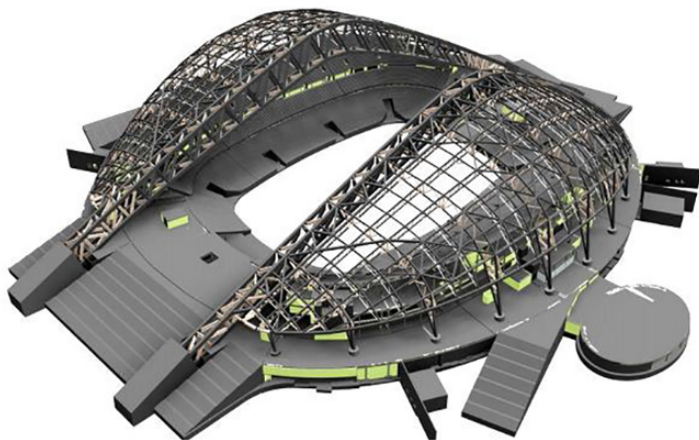


Рис. 1. Модель стадиона «Фишт»

BIM-технологии широко применяются в современном строительном производстве, а их использование с годами только увеличивается. В то же время, в их дальнейшем внедрении имеются опреде-

лённые проблемы. В данной статье рассмотрены те из них, которые имеются на первом этапе становления специалиста – этапе обучения.

Для дальнейшего развития строительной отрасли, усиления её роли в экономике России, жизненно необходимы определённые преобразования как количественные, так и качественные. В рамках данной статьи к количественным преобразованиям можно отнести большую долю практических занятий при обучении студентов, а к качественным – повышение их эффективности, приглашение высококвалифицированных специалистов-строителей для проведения занятий со студентами, как в стенах вуза, так и во время занятий на территории строительных организаций [3].

Для преодоления вышеназванных проблем Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации совместно с другими органами власти и заинтересованными сторонами была разработана Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 г. [4]. При всех неоспоримых достоинствах этого документа он весьма слабо затрагивает вопрос подготовки кадров. Так, в сборниках тезисов, где были упомянуты результаты первых трёх стратегических сессий, этот вопрос практически не упоминается [5]. Только на четвёртой сессии этот вопрос был рассмотрен, но весьма фрагментарно и поверхностно на фоне других. Например, подробнее были рассмотрены вопросы общего развития строительной отрасли, формирования комфортной и безопасной жизненной среды, укрепления безопасности и другие [6].

В то же время, именно уровень профессионального образования выпускников вузов напрямую связан с данными направлениями развития отрасли. В качестве основополагающего фактора можно выделить контингент абитуриентов, далее студентов, аспирантов и преподавателей.

Существенной проблемой внедрения ВМ-технологий в учебный процесс является несоответствие потребностям строительной отрасли многих основополагающих документов, в частности, основная образовательная программа (ООП). К сожалению, ООП сегодня сильно отстаёт от запросов строительного производства. Это связано со многими факторами, среди которых следует отметить забюро-

кратизованность принятия решений во многих государственных органах, отсутствие понимания направлений дальнейшего развития.

Важно, чтобы наблюдалась преемственность дисциплин в процессе обучения. Так, фундаментальные дисциплины должны плавно перетекать в общетехнические, а те, в свою очередь – в профессиональные (специальные). В идеале различные дисциплины должны быть связаны друг с другом, чего в настоящее время в образовательном процессе может не наблюдаться [7].

Одним из направлений внедрения изучения ВМ-технологий в учебный процесс может быть выполнение сквозного курсового задания по нескольким дисциплинам на нескольких курсах. При этом студент имеет возможность не только получить теоретические и практические знания по общеобразовательным и специальным дисциплинам, но и закрепить их. Это позволяет скомпенсировать некоторый спад качества образования, наблюдающийся в последнее время. Одновременно студент осваивает современные программные средства, что позволяет ему после окончания вуза практически сразу включиться в работу.

Несмотря на вышеупомянутые трудности, в настоящее время в передовых вузах, например, Архитектурно-строительном и Горном университетах города Санкт-Петербурга, всё больше внедряется в учебный процесс освоение ВМ-технологий. В качестве одного из передовых можно отметить направление 08.03.01 «Строительство» (профиль «Промышленное и гражданское строительство»).

В рамках обучения студенты овладевают навыками работы в специализированных программах, которые позволяют выполнять комплексное проектирование зданий. Подобные системы позволяют визуализировать здания в 3D-формате, представлять различные варианты и компоновки, а также оперативно корректировать их при активном изменении внешних условий (рыночной конъюнктуры, нормативных актов).

Отдельно хотелось бы отметить внедрение ВМ-технологий в подготовку студентов заочного и дистанционного обучения. Эти формы подготовки, с одной стороны, имеют свои положительные стороны, а с другой, ощущается отставание данных обучающихся от студентов очных форм обучения, как в силу возраста, так и из-за

меньшего количества аудиторных часов в образовательном процессе. Процесс подготовки студентов данных форм обучения представляет определённый интерес с точки зрения теории и методики преподавания в связи с тем, что они, с одной стороны, меньше получают объём теоретического материала, с другой – уже во время обучения осуществляют трудовую деятельность в той же отрасли, где получают образование. Это позволяет относительно быстро приобрести необходимый опыт практических знаний.

Заключение. Для обеспечения конкурентоспособности строительной отрасли, способной выполнять заказ на возведение и эксплуатацию жилых, производственных и общественных зданий, необходимо в первую очередь решать задачу развития кадрового потенциала.

Для обеспечения потребности строительной отрасли России в востребованных и высококвалифицированных кадрах необходима модернизация содержания и технологий высшего образования. Они должны быть ориентированы на интеграцию дисциплин и результативность каждой стадии образовательного процесса, в частности, в процессе проектной подготовки бакалавров. Таким образом, актуальным можно назвать внедрение сквозного курсового и дипломного проектирования с использованием BIM-технологий в этом процессе.

Литература

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.
2. Голдобина Л.А., Орлов П.С. BIM-технологии и опыт их внедрения в учебный процесс при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» // Записки Горного института. 2017. Т. 224. С. 263–272. DOI: 10.18454/PMI.2017.2.263.
3. Баженов А.А. Перспективы применения BIM-технологий в современной строительной отрасли // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 40–44. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.006.
4. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года. URL: https://stroi.mos.ru/uploads/user_files/files/str_2030.pdf (дата обращения: 10.03.2020).
5. Стратегия развития строительной отрасли РФ до 2030 года. URL: <http://stroystategy.ru/> (дата обращения: 10.03.2020).
6. Репин С.В., Зазыкин А.В. Информационные технологии в управлении эксплуатацией зданий и сооружений // BIM-моделирование в задачах строительства

и архитектуры: материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 57–61.

7. Баженов А.А. Проблемы применения ВІМ-технологий в современной строительной отрасли // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 62–64.

УДК 004.9+72

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.042

Захарова Галина Борисовна, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник
(Уральский государственный архитектурно-художественный университет)
E-mail: zgb555@gmail.com

Zakharova Galina Borisovna, PhD of Sci. Tech., leading researcher
(Ural State University of Architecture and Art)

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ВІМ И GREEN ВІМ ТЕХНОЛОГИЙ В АРХИТЕКТУРНОМ ВУЗЕ

PRACTICE-ORIENTED METHODOLOGY OF TEACHING BIM AND GREEN BIM TECHNOLOGIES AT ARCHITECTURAL UNIVERSITIES

Актуальность преподавания в вузах технологий ВІМ определяется возрастающим спросом на специалистов, обладающих соответствующими компетенциями в новой динамично развивающейся цифровой среде. В статье приведен обзор по обучению компетенциям ВІМ в зарубежных и российских университетах. Представлен опыт реализации междисциплинарной образовательной программы «Прикладная информатика в архитектуре» в Уральском государственном архитектурно-художественном университете. Приведена практико-ориентированная методика обучения компетенциям ВІМ: технологическим, управленческим, коммуникативным.

Ключевые слова: компетенции ВІМ, Green ВІМ, междисциплинарность, прикладная информатика в архитектуре, практико-ориентированная методика.

The relevance of teaching BIM technologies at universities is determined by the growing demand for specialists with corresponding competencies in the new dynamic digital environment. The article provides an overview of BIM competency training at Russian and foreign universities. It describes the experience in implementing the inter-

disciplinary educational program “Applied Information Science in Architecture” at the Ural State University of Architecture and Art and presents a practice-oriented methodology of teaching BIM competencies: technological, managerial, and communication ones.

Keywords: BIM competencies, Green BIM, interdisciplinarity, applied information science in architecture, practice-oriented methodology.

Введение. На всемирном экономическом форуме в Давосе в 2016 году в рамках дискуссии «Компетенции будущего: чему учиться и как учить» был составлен список из 10 ключевых компетенций будущего на 2020 год. Качества, которые рекомендовано развивать человеку, распределились в следующем порядке: 1) умение решать сложные задачи, 2) критическое мышление, 3) креативность, 4) управление людьми, 5) навыки координации, 6) эмоциональный интеллект, 7) суждение и принятие решений, 8) клиентоориентированность, 9) умение вести переговоры, 10) когнитивная гибкость. Эти общие компетенции согласуются с теми качествами, которыми должен обладать BIM-специалист, исходя из основного свойства BIM-модели, ориентированной на коллективную работу в едином информационном пространстве. С этой точки зрения более половины компетенций в приведённой последовательности соответствует этой модели. Наиболее важно в данном контексте наряду с профессиональной состоятельностью (1) развивать коммуникативные свойства (4, 5, 6, 8, 9), т. е. *soft skills*. Дополненная личностными качествами, такими как аналитические способности, инициативность, ответственность, коммуникабельность, мотивация и нацеленность на эффективную работу, такая модель BIM-специалиста соответствует современным требованиям. Определим компетенции BIM как способность пользователей выполнять все важные аспекты эффективной реализации BIM.

С точки зрения привязки BIM ко всем этапам жизненного цикла строительного объекта важнейшие качества BIM-специалиста должны опираться на междисциплинарный подход. Информационное моделирование зданий вносит фундаментальные изменения в архитектурную, инженерную и строительную отрасли и поэтому не может не влиять на требования к образовательному процессу по соответствующим направлениям. Необходимы изменения в учебных планах и программах учебных дисциплин, разработка новых образовательных программ также востребована.

Далее вслед за обзором по обучению компетенциям ВІМ в зарубежных и российских университетах будет показано, как в УрГАХУ в рамках междисциплинарной образовательной программы «Прикладная информатика в архитектуре» (единственная в России, существовала с 2001 по 2018 год) формировался выпускник нового типа, получивший большую востребованность на рынке труда. За счет непрерывной коммуникации с организациями проектного и строительного кластера шло постоянное обновление учебных программ, вводились компоненты современной автоматизации и интеллектуализации процесса проектирования и связанных с ним смежных дисциплин. Первая защита дипломного проекта на основе применения ВІМ и сравнительного анализа результатов с традиционным подходом состоялась на кафедре прикладной информатики ещё в 2010 году. В последующие годы на основе непрерывного применения и развития сложилась практико-ориентированная методика по обучению студентов компетенциям, необходимым современному ВІМ-специалисту.

ВІМ-образование за рубежом и в России (обзор). Фундаментальные исследования в области ВІМ-образования проведены в статьях зарубежных ученых на основе анализа десятков публикаций в каждой статье. Зарубежные источники, посвященные разным аспектам ВІМ, показывают существенный опыт по обучению информационному моделированию, что соответствует зрелому уровню развития ВІМ в Европе, США, Сингапуре, Австралии и др.

В работе [1] исследуются нетехнологические навыки. Показано, что проблемы, связанные с людьми и процессами, могут препятствовать успеху ВІМ даже больше, чем сама технология. Аналитические способности и решение проблем, коммуникация, инициативность, планирование, организационные, командные компетенции среди специалистов строительной отрасли могут помочь решить наиболее распространенные проблемы ВІМ в проектах. Это указывает на новый и дополнительный набор навыков ВІМ, которые необходимо развивать преподавателям при подготовке учащихся для успешной будущей карьеры. На основе анализа литературы по не-ВІМ навыкам (мы отнесли их к *soft skills*) и проведенного исследования показано, как проблемное обучение может улучшить эти типы навыков и в какой степени этот способ обучения может принести пользу

в применении BIM. Показано, как проблемно-ориентированное обучение позволило учащимся генерировать лучшие результаты, связанные с решением общих проблем в строительных проектах на основе BIM. Студенты почувствовали улучшения своих soft skills после завершения эксперимента. Это исследование предоставило эмпирические данные, чтобы проиллюстрировать, как проблемное обучение может поддержать BIM-образование. В статье используется интересная аббревиатура для оценки качества ответов учащихся на плохо структурированные и открытые проблемы, которые обычно включаются в проблемное обучение – S.M.A.R.T. (specific, measurable, assignable, realistic, time-based) – конкретный, измеримый, присваиваемый, реалистичный и основанный на времени.

В статье [2] с позиций вузов систематически представлены методы исследования, сбора данных, информация о дисциплинах, учебной литературе по BIM, разделение по категориям теорий обучения, подходов к обучению и методов обучения. Описаны такие подходы и методы обучения, как совместные и активные, при этом проектные и проблемные методы являются наиболее популярными. BIM поощряет и позволяет использовать реалистичное моделирование проектов и постановку задач, а характер BIM как способ совместной работы также подтолкнул преподавателей АЕС (architecture, engineering, construction) к реализации междисциплинарных моделей. Приведена концептуальная классификация усилий BIM-педагога и исследователей в системах высшего образования. Разработано шесть категорий задач, которые отражают системный подход к внедрению BIM-образования:

1. Определение потребностей в BIM в вузах.
2. Определение основных навыков BIM для обучения BIM.
3. Разработка образовательных структур BIM.
4. Разработка учебных программ BIM.
5. Эксперименты с курсами BIM.
6. Разработка стратегий для преодоления образовательных проблем BIM.

Требования к BIM-специалисту со стороны компаний-заказчиков в строительной индустрии описаны в [3], они помогают заказчику руководить процессом внедрения BIM и повышать эффективность

использования ВІМ в Великобритании. В настоящее время спрос заказчика признается в качестве существенной мотивации и побуждает строительную отрасль начать трансформацию и внедрение ВІМ. Кроме того, заказчики могут стимулировать инновации для достижения важных преимуществ от ВІМ. Однако внедрение ВІМ сдерживается из-за их опасений и отсутствия полного понимания преимуществ ВІМ, а также требований, необходимых для реализации этих преимуществ. На основе многочисленных тематических исследований и метода сбора данных на основе интервью определены несколько типов компетенций как критические факторы успеха.

Любой проект на основе ВІМ должен начинаться с EIR (Employer Information Requirement), информационных требований заказчика. EIR должен разрабатываться в соответствии с цепочкой поставок на протяжении всего жизненного цикла проекта. Согласно стандартам правительства Великобритании, заказчики должны иметь возможность разрабатывать свои требования в трех основных областях: технические, управленческие и коммерческие. Далее речь идет о возможности валидации требований, проверки результатов процесса внедрения ВІМ.

При определении основных компетенций для внедрения ВІМ в организации применяется термин зрелость как уровень владения компетенцией. Принятие моделей зрелости для оценки способности организации эффективно управлять процессом внедрения ВІМ может дать ценные преимущества для пользователей ВІМ. На основе анализа ряда моделей зрелости выявлены 19 компетенций, которые необходимы для эффективного внедрения ВІМ. Далее они классифицированы по четырем основным элементам организационной зрелости: стратегии, процессы, человеческие ресурсы, технологии.

В исследовании [4] также проанализированы и сравниваются на основе нескольких различных критериев модели зрелости ВІМ. Результаты показали, что не существует целостной модели, включающей определения процессов, которые охватывают весь жизненный цикл объекта и содержат меры для оценки всех процессов АЕС/ФМ (ФМ – facility management, управление объектом). Была разработана эталонная модель для оценки возможностей ВІМ в процессах АЕС/ФМ, которая развивалась итеративно с помощью экспертных обзо-

ров и предварительного исследования. Результаты показали, что модель способна идентифицировать возможности BIM различных процессов АЕС/ФМ.

Интересен опыт развивающихся стран [5], который показан на примере нигерийской строительной отрасли. В результате этого исследования установлено, что существует большая потребность в адекватном обучении профессиональных специалистов навыкам и компетенциям, которые позволяют использовать BIM. Это может помочь устранить пробел, который имеется в этом отношении, и помочь в решении многих проблем, мешающих реализации проектов. В целях преодоления недостаточного уровня обучения BIM профессиональные организации должны обратить внимание на принятие подходящих методов обучения, таких как организация регулярного семинара и конференций по концепциям и применению BIM, создание академии BIM, где профессиональные члены могут получать надлежащее обучение концепциям и применению BIM. Строительные организации должны быть хорошо оснащены современными средствами и пакетами программного обеспечения. Образовательное сообщество изучает лучшие способы внедрения BIM в учебные программы. Понимание навыков BIM может помочь лучше сформулировать образовательную программу для студентов колледжей и специалистов отрасли. Далее рекомендуется пересмотреть и усилить академические программы в высших учебных заведениях.

В России за последние три года количество публикаций, посвященных опыту внедрения BIM в учебный процесс, существенно возросло. Приведем пример Самарского государственного архитектурно-строительного университета [6]. В статье исследуется использование методологии информационного моделирования BIM и сопутствующей ей методологии интегрированной реализации проектов в строительстве IPD (Integrated Project Delivery). Такую особенность IPD, как раннее вовлечение в процесс проектирования и строительства проектной команды и генподрядчика, предлагается моделировать в учебном процессе через кроссдисциплинарное курсовое проектирование на кафедрах «Строительные конструкции» и «Технология и организация строительного производства». Педагогический эксперимент на таких этапах жизненного цикла зданий и сооружений как

концептуализация, проектные решения, разработка проекта, исполнительная (имплементационная) документация, прохождение экспертизы (защита проекта) показал свою состоятельность.

В СПбГАСУ обучение совместной работе в ВІМ проекте проводилось в форме факультатива [7]. Он не является обязательным, поэтому позволяет улучшить баланс по числу участников, находится за пределами расписания и дает возможность собрать в учебную группу архитектора, специалиста по конструкциям, водоснабжению и водоотведению, теплогазоснабжению и вентиляции, электросетям, сметчика и программиста, отвечающего за настройку среды общих данных и автоматизацию процессов. Могут быть привлечены специалисты по техносферной безопасности, организации процесса строительства и др.

Проблемы и перспективы в российских вузах обсуждаются в статье [8] с позиций компании-интегратора программного обеспечения (ПО). Авторы предлагают практикоориентированное обучение ВІМ и подготовку инженерных кадров в архитектурно-строительных университетах. Показаны все аспекты ВІМ на протяжении полного жизненного цикла объекта капитального строительства. В соответствии с этим сформулированы требования и подходы к обучению. Обратим внимание на отмеченную важность сотрудничества между вузами и другими заинтересованными учебными заведениями с лидерами строительной отрасли по разработке ПО и оборудования, с компаниями-интеграторами, имеющими практический опыт разработки и внедрения ВІМ.

Прикладная информатика в области применения. С начала 2000-х годов вплоть до 2018 года в УрГАХУ шла реализация междисциплинарных образовательных программ «Прикладная информатика в архитектуре» и «Прикладная информатика в социальных коммуникациях (мультимедиа технологии)». Квалификация выпускника – информатик-архитектор. Сейчас, когда технология ВІМ внедряется в архитектурно-строительный комплекс страны на государственном уровне, когда наши выпускники, владеющие ВІМ, необычайно востребованы, мы видим правильность введения информационного моделирования в учебный процесс.

Со временем на основе практической реализации сложилась методика обучения компетенциям ВІМ на основе междисципли-

нарного подхода. Компетенциями BIM мы назвали способность пользователей выполнять все важные функции в области эффективной реализации BIM. Как было сказано вначале, компетенции BIM рассматриваем как с точки зрения технических, профессиональных возможностей (*hard skills*), так и коммуникативных и управленческих.

Для поддержки самого современного технического уровня многосеместровая дисциплина «Системы автоматизированного проектирования в архитектуре» динамически корректировалась и включала в себя последовательное знакомство студентов с рядом новых программных продуктов и технологий в области BIM, которые предлагали компании-разработчики. Смежные предметы также насыщались новыми информационными компонентами. Обучение шло на базе программного комплекса Revit с выдачей соответствующего сертификата компании Autodesk. BIM-проекты выполнялись также в GRAPHISOFT Archicad. В программе Navisworks студенты знакомились с тестированием коллективного проекта на коллизии и принципами 4D и 5D-моделирования. Работали в Autodesk Civil 3D и InRoads. Для 3D визуализации применялись популярные пакеты, к примеру, 3DS Max, AutoCAD др. Далее модель могла быть импортирована в программную среду Unity 3D или Unreal Engine для реализации интерактивного управления проектом, что служило основой для генерации виртуальной реальности. Дополненная реальность также была предметом интереса и соответственно ряда дипломных работ.

В связи с тем, что с каждым годом все большее значение приобретает энергоэффективное строительство, на кафедре прикладной информатики большое внимание уделялось воспитанию экологической грамотности у студентов и пониманию принципов устойчивого развития. Green BIM и «зелёная» сертификация зданий по международным и российским стандартам стали предметом целого ряда исследований. Спроектированы интересные объекты, разработанные по технологиям «зеленого» строительства.

Ряд проектов, выполненных студентами информатиками-архитекторами с применением BIM и Green BIM технологий в рамках дипломного проектирования, приведен в наших статьях [9–11].

Практико-ориентированная методика преподавания ВІМ и Green ВІМ. Одним из ключевых моментов при реализации современной образовательной программы является постоянное взаимодействие с наиболее развитыми в плане применения ІТ, и в частности ВІМ, компаниями. Компании охотно принимают студентов на практику для выполнения актуальных работ, воспитывают себе будущих сотрудников. В настоящее время многие наши выпускники архитекторы-информатики успешно трудятся в передовых компаниях, открывают свои инновационные бизнесы. Можно сказать, что нами сформирована система, или методика, которая позволяет развивать как технические, так и управленческие и коммуникативные компетенции в области ВІМ и Green ВІМ. Далее ее краткое содержание:

- Во-первых, это введение новых разделов в некоторые дисциплины по автоматизации проектирования в современных программных средах.

- Проведение мастер-классов с участием компаний, внедривших ВІМ, и компаний-поставщиков ПО ВІМ.

- Экскурсии в компании, а также на объекты строительства, среди которых здания, сертифицированные по «зеленым» стандартам.

- Сотрудничество с организациями, внедряющими системы автоматизации зданий «Умный дом», со специалистами по энергоэффективному жилищному строительству.

- Виртуальные экскурсии по проектам любой сложности и удалённости.

- Интерактивные занятия по обсуждению тем, включающих лучшие мировые образцы архитектуры в области экологического строительства на примерах лауреатов Притцкеровской и других премий.

- Организация конференций и круглых столов с участием студентов, участие в научных конференциях по внедрению ВІМ.

- Участие студентов в международных и российских конкурсах, к примеру, в международном конкурсе компании Saint-Gobain по проектированию мультикомфортных зданий.

В заключение отметим, что обучение ВІМ компетенциям востребовано для специалистов в компаниях строительной отрасли и необходимо для студентов соответствующих специальностей. Описанный

опыт зарубежных и российских университетов должен осмысливаться и переводиться в практическую плоскость.

Литература

1. Rahman R.A., Ayer S.K. Enhancing the non-technological skills required for effective building information modeling through problem-based learning // *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. 2019. Vol. 24(9). P. 154–166. URL: <http://www.itcon.org/2019/9>.
2. Puolitaival T., Kestle L. Teaching and learning in AEC education – the building information modelling factor // *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. 2018. Vol. 23. P. 195–214. URL: <http://www.itcon.org/2018/10>.
3. Dakhil A., Underwood J., Al Shawi M. Critical success competencies for the BIM implementation process: UK construction clients // *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. 2019. Vol. 24(9). P. 80–94. URL: <http://www.itcon.org/2019/5>.
4. Yilmaz G., Akcamete A., Demirors O. A reference model for BIM capability assessments // *Automation in Construction*. 2019. Vol. 101. P. 245–263. DOI: 10.1016/j.autcon.2018.10.022
5. Oyewole O., Dada J. An Evaluation of Training Needs of the Nigerian Construction Professionals in Adopting Building Information Modelling // *Journal of Construction in Developing Countries*. 2019. Vol. 24(2). P. 63–81. DOI: 10.21315/jcdc2019.24.2.3.
6. Спрыжков А.М., Приворотский Д.С., Приворотская Е.В., Яшина Н.А. Информационное моделирование и интегрированная реализация проектов в кросс-дисциплинарном курсовом проектировании студентов строительных специальностей // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2016. Т. 18, № 4. С. 170–174.
7. Семенов А.А. Междисциплинарный подход в подготовке BIM-специалистов // *Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: Материалы II Всероссийской науч.-практич. конф. с междунар. участием*. Екатеринбург: УрГХУ, 2019. С. 43.
8. Гришина Н.М., Чалый Ю.Ю. Проблемы и перспективы BIM в ВУЗах: управление развитием в строительстве // *Известия КазГАСУ*. 2017. № 3(41). С. 277–288.
9. Krivonogov A., Zakharova G., Kruglikov S., Plotnikov S. Implementation of BIM-Technologies in the Educational Program of the Architectural University // *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 146. P. 01001. DOI: 10.1051/mateconf/201814601001.
10. Zakharova G., Krivonogov A., Petunin A. The Need for Teaching of Green BIM Technologies in Higher School of 20th Century // *Russian Journal of Construction Science and Technology*. 2017. Vol. 3(1). P. 74–79. DOI: 10.15826/rjst.2017.1.011.
11. Zakharova G.B., Krivonogov A.I., Kruglikov S.V., Petunin A.A. The Energy-Efficient Technologies in the Educational Program of the Architectural Higher School // *Computer Science And Information Technologies (CSIT'2017)*. Proceedings of the 19th International Workshop. 2017. P. 195–199.

УДК 624.07+72

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.043

Карпунин Вячеслав Григорьевич, канд. техн. наук, доцент
(Уральский государственный архитектурно-художественный университет)
E-mail: sl.karpunin@yandex.ru

Голубева Екатерина Александровна, канд. арх., докторант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Заведующий кафедрой
(Уральский государственный архитектурно-художественный университет)
E-mail: golubeva@usaaa.ru

Karpunin Vyacheslav Grigoryevich, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Ural State University of Architecture and Art (USAAU))
Golubeva Ekaterina Alexandrovna, PhD of Architecture, doctoral student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Head of Department
(Ural State University of Architecture and Art (USAAU))

РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ И В ПРЕПОДАВАНИИ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ANALYTICAL MODELS OF BUILDING CONSTRUCTIONS IN BIM AND ARCHITECTURAL DESIGN TRAINING

Одним из элементов информационного моделирования объектов капитально-го строительства становится вопрос расчёта строительных конструкций. Внедрение в учебный процесс подготовки архитекторов элементов BIM-технологий становится актуальным.

В статье анализируется комплексное архитектурное проектирование на уровне выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) с акцентом на формировании умений и практического опыта выпускников в области конструирования зданий.

В статье рассмотрены расчётные модели строительных конструкций, построенные на основе метода конечных элементов (МКЭ) как составной части BIM. Показан опыт использования расчётных моделей строительных конструкций при подготовке выпускных квалификационных работ бакалавров УрГАХУ по направлению подготовки Архитектура.

Ключевые слова: расчетная модель, метод конечных элементов, строительная конструкция, ЛИРА-САПР, BIM.

Structural analysis is one of the elements of building information modeling used to design permanent facilities. Therefore, it becomes important to include elements of BIM technologies in the process of architectural training.

The article discusses integrated architectural design in terms of graduation theses, with a focus on skills and practical experience gained by graduates in the field of structural design.

The authors consider analytical models of building constructions, developed based on the finite element method (FEM) as an integral part of BIM. They demonstrate the use of such models by students pursuing a bachelor's degree at the Ural State University of Architecture and Art (Yekaterinburg, Russia).

Keywords: analytical model, finite element method, building construction, LIRA-SAPR, BIM.

Современному обществу, входящему в эру цифровизации, в аспекте проектирования зданий и сооружений требуются команды проектировщиков, способных создавать объекты капитального строительства в единой программной инфраструктуре. Активное использование BIM-технологий в стройиндустрии, в том числе у потенциальных работодателей для выпускников архитектурных вузов, становится реальностью. Одной из задач архитектурного образования становится формирование умения студентов работать в команде при создании комплексной информационной модели объекта проектирования.

Современный опыт проектирования строительных конструкций основывается на разработке информационных моделей здания, позволяющих создать объект проектирования, отвечающий требованиям технических нормативных документов. Одним из элементов единой информационной модели строительного объекта (Building Information Model – BIM) является расчётная модель строительных конструкций, которая является неотъемлемой частью BIM-технологий на всех стадиях «жизненного» цикла объекта капитального строительства: проектирование, госэкспертиза, строительство и эксплуатация.

В соответствии с методиками расчёта строительных конструкций, установленными нормативным документом [1], для каждого предельного состояния, которое при проектировании требуется рассматривать, должны быть установлены расчётные модели конструкций,

характеризующие их поведение при наиболее неблагоприятных условиях в процессе возведения и эксплуатации. Данные расчётные модели позволяют подтвердить прочность и устойчивость строительных конструкций по предельным состояниям первой и второй групп при статическом и динамическом воздействиях различных нагрузок, таких как собственный вес конструкций, нормативные и эксплуатационные, ветровые, сейсмические, снеговые и др. нагрузки.

На сегодняшний момент при построении расчётных компьютерных моделей строительных конструкций применяется метод конечных элементов (МКЭ) как основной метод строительной механики.

Данный численный метод позволяет построить единообразные процедуры расчёта строительных конструкций – от пластинчатых до пространственных конструкций. МКЭ сводит исходную задачу к построению матрицы жесткости. Матрица жесткости имеет большой порядок и является слабо заполненной. Формирование и решение системы линейных алгебраических уравнений МКЭ проводится в ходе автоматизированного проектирования. Результаты расчета представляются в виде расчётной модели и эскизов чертежей [2].

В строительной индустрии на основе МКЭ функционирует большое количество программного обеспечения различного уровня сложности и ориентированного на разного рода классы задач.

В России для моделирования строительных конструкций получил широкое распространение пакет прикладных программ ЛИРА-САПР, т.к. он реализует в себе нормативную документацию РФ. Программный комплекс разрешен к применению при моделировании ответственных строительных конструкций различного назначения, включая конструкции для АЭС, и является компонентом технологии информационного моделирования зданий (ВМ). В последней версии усовершенствована двусторонняя связь ЛИРА-САПР с другими программами, поддерживающими ВМ-проектирование.

До появления расчетных компьютерных моделей на основе МКЭ в конце прошлого века расчёты строительных конструкций проводились приближенно (вручную) с большим запасом прочности. На данный момент использование МКЭ и программных комплексов на его основе не только обеспечило более точные результаты расчёта, но и позволило снизить вес материалов конструкций [3, 4]. Авторами

был проведён анализ расчётов пространственной структурной плиты приближенным методом и методом компьютерного моделирования на основе МКЭ [4]. Сравнение результатов проводилось по одному из показателей – весу металлоконструкций. Анализ показал, что разница полученных значений существенна. Расчёт методом компьютерного моделирования показывает снижение веса металлоконструкций в два раза. Это является аргументом для выбора расчётной методики в пользу компьютерного моделирования строительных конструкций на основе МКЭ.

Одной из основных задач профессиональной деятельности архитектора является разработка архитектурно-концептуальных решений объектов капитального строительства с учётом особенностей конструктивных решений. Для ознакомления студентов-архитекторов с современными методами построения расчётных компьютерных моделей строительных конструкций в УрГАХУ на кафедре конструкций зданий и сооружений в течение пяти лет преподаётся учебный курс дисциплины «Компьютерное моделирование строительных конструкций» на базе пакета программ ЛИРА-САПР.

Практика использования компьютерной программы ЛИРА-САПР в учебном процессе показала, что полученные навыки самостоятельного построения расчётных моделей позволяют выбрать наиболее рациональные архитектурно-конструктивные решения объекта проектирования в ходе выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР), а также даёт возможность студентам-архитекторам использовать элементы BIM-технологий в проектировании. При разработке комплексного проектного решения объекта капитального строительства, в ходе работы над ВКР, студент-архитектор демонстрирует знания приёмов компьютерного моделирования. Выбор оптимального решения строительных конструкций приводится в текстовой части дипломной работы – пояснительной записке – и демонстрируется в ходе защиты ВКР в государственной экзаменационной комиссии.

Как правило, работая над объектом проектирования ВКР, студенты создают сложные нестандартные объёмно-планировочные и конструктивные решения. В одной из выпускных работ при проектировании производственного комплекса выставочного оборудования автор создал выразительную архитектурно-конструктивную

структуру, одним из элементов которой стала арочная ферма покрытия. Пролёт покрытия составляет 48 м, подъем – 15 м и высота – 3,5 м. Особенность этой арочной фермы индивидуального изготовления состоит в несимметричности её строения. Расчётная модель арочной фермы покрытия, результат проведённого расчёта и мозаика проверки назначенных сечений были проведены в программном комплексе ЛИРА-САПР и представлены автором в пояснительной записке к ВКР (рис. 1).

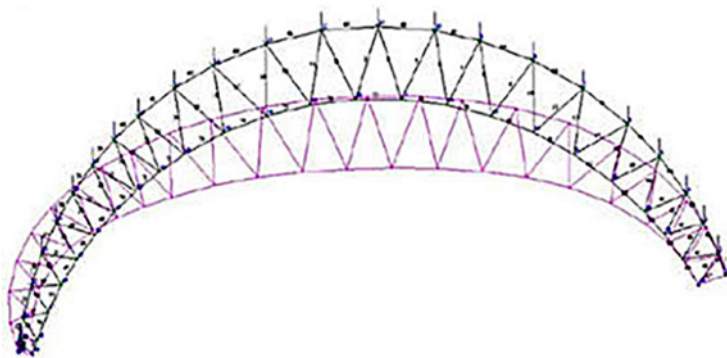


Рис. 1. Перемещения арочной фермы покрытия

Автор другой работы запроектировал сложный по объёмной геометрии комплекс. Три главных блока перетекают один в другой через буферные пространства, перекрытые пространственной стальной конструкцией – структурной плитой (рис. 2). Покрытие имеет размеры 29х29 м, высота фермы – 2,9 м, по углам покрытие опирается на колонны.

Использование расчётной модели строительных конструкций и выбор на её основе оптимального конструктивного решения при самостоятельном проектировании объекта капитального строительства в ходе работы над ВКР позволяет студентам апробировать знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Компьютерное моделирование строительных конструкций».

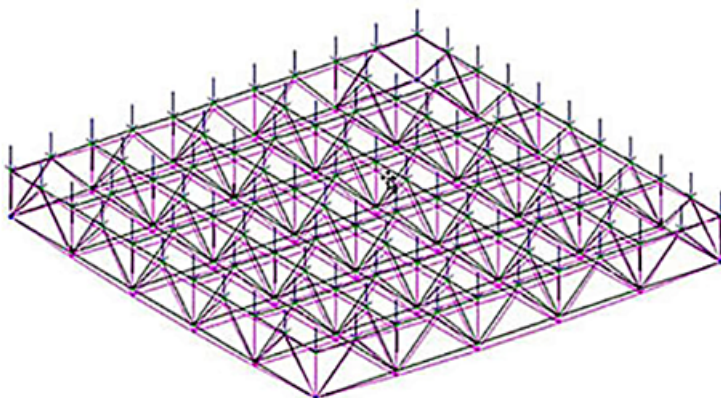


Рис. 2. Перемещения структурной плиты покрытия

Процесс компьютерного моделирования строительных конструкций с последующим их расчётом показывает развитие инженерного мышления студентов-архитекторов и даёт возможность наглядного представления прочности и устойчивости несущих элементов проектируемого здания.

На наш взгляд, расчётные модели строительных конструкций являются неотъемлемой частью BIM-технологий, а умение работать с элементами технологий информационного моделирования является для сегодняшних выпускников УрГАХУ конкурентным преимуществом [5].

Литература

1. ГОСТ 27751-2014. Надёжность строительных конструкций и оснований. М.: Стандартинформ, 2015. 17 с.
2. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций. М.: АСВ, 2009. 357 с.
3. Еремеев П.Г. Металлические пространственные конструкции покрытий уникальных большепролетных сооружений в России // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 10. С. 9–14.
4. Карпунин В.Г., Голубева Е.А. Компьютерное моделирование строительных конструкций зданий и сооружений // Архитектон: известия вузов. 2019. № 4(68). URL: http://archvuz.ru/2019_4/16 (дата обращения: 19.02.2020).
5. Отчет «Оценка применения BIM-технологий в строительстве». URL: http://porpriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchet.pdf (дата обращения 19.02.2020).

УДК 004.94:378.147.39:69.007-05

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.044

Масёне Александр Руслановна, старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: masyonene.a.r@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7811-3855

Masyonene Aleksandra Ruslanovna, Senior Lecturer
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В ОБУЧЕНИИ BIM ТЕХНОЛОГИЯМ СТУДЕНТОВ СТАРШИХ КУРСОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ВУЗОВ

PRACTICE-ORIENTED APPROACH IN TEACHING BIM TECHNOLOGIES TO SENIOR STUDENTS OF CIVIL ENGINEERING UNIVERSITIES

В настоящей статье рассматривается применение проектного междисциплинарного практико-ориентированного подхода для внедрения технологий информационного моделирования зданий (BIM) в образовательный процесс на старших курсах архитектурных и инженерно-строительных ВУЗов.

Если на начальном этапе учебного процесса внедрение BIM (Building Information Modeling) технологий происходит путем дополнения соответствующих разделов в существующих дисциплинарных курсах, то в процессе обучения студентов старших курсов предлагается организовывать междисциплинарные студенческие команды студентов для решения заданий (кейсов), основанных на реальных задачах, на конкурсной основе.

Ключевые слова: информационные технологии в строительстве, информационное моделирование зданий, BIM, высшее образование, цифровые двойники, образовательный процесс.

The article discusses the use of a project-based interdisciplinary practice-oriented approach in the implementation of BIM technologies in the educational process for senior students of architectural and civil engineering universities.

At the initial stage of the educational process, BIM technologies are introduced by supplementing the relevant sections in the existing courses. When teaching senior students, it is proposed to organize interdisciplinary student teams to solve cases based on real problems on a competitive basis.

Keywords: information technologies in construction, building information modeling, BIM, higher education, digital twins, educational process.

Несмотря на активное внедрение в образовательный процесс архитектурно-строительных ВУЗов дисциплин, знакомящих студентов с инструментами технологии BIM-проектирования, на сегодняшний момент все более отчетливо начинает проявляться недостаточность (поверхностность) такого подхода для получения востребованных на рынке труда специалистов строительной отрасли.

Преимущества внедрения BIM-технологии в процесс проектирования и эксплуатации объектов строительства все более очевидны специалистам строительной отрасли, однако сложность обучения специалистов полному комплексу функционала данной технологии препятствует активному переходу игроков строительного рынка на полноценное использование технологии информационного проектирования, чем тормозится общее развитие строительной отрасли в Российской Федерации [1].

Однако, востребованность внедрения технологии информационного проектирования в строительной отрасли неуклонно растет, благодаря приобретаемым конкурентным преимуществам при внедрении BIM технологий, что подтверждает актуальность выбранной темы [2].

Наиболее явные недостатки существующей на сегодняшний момент системы образования инженерно-строительных специальностей в ВУЗах включают:

- обычно выпускники не имеют практического опыта работы в реальных проектах;
- устаревание материально-технической базы и используемого ПО;
- качество подготовки выпускников не удовлетворяет потребностям работодателей;
- трудоемкость актуализации образовательных программ;
- необходимость непрерывной актуализации знаний преподавателей в связи с экспоненциальным развитием технологий [3].

Рейтинг любого ВУЗа напрямую зависит от теоретических и практических компетенций его выпускников, поступающих на рынок труда, а также соответствия качества их подготовки современным и перспективным профессиональным требованиям [4].

В связи с этим, для его повышения необходимо внедрять в образовательный процесс практико-ориентированные междисципли-

нарные методики обучения, основанные на разработке проектов реальных объектов.

В работе [5] выделено, что при подготовке специалистов необходимо выделять такие направления, которые соответствуют современным требованиям, таким как междисциплинарные знания и способность к междисциплинарным обоснованиям проектных решений, способность системно и самостоятельно мыслить, выявлять и эффективно решать производственные задачи с использованием компетенций, освоенных в ВУЗе, нацеленность на результативность в профессиональной деятельности.

Для лучшего понимания процесса информационного моделирования, а также принципов совместной работы над проектом, необходимо создавать междисциплинарные студенческие группы, сформированные подобно организационной структуре проектных организаций, включающие в себя архитектора-проектировщика, конструктора, специалистов-смежников, где каждый студент сможет разрабатывать отдельный раздел проекта или совмещать разные роли, например: архитектора, конструктора, инженера. Преподавателю в такой группе отводится роль главного инженера и(или) архитектора проекта [6].

В процессе совместной работы предлагается разрабатывать реальные задания (кейсы) заинтересованных игроков строительной отрасли. Таким образом, используя облачные технологии и способы совместной работы, студенты научатся на практике разрабатывать информационные модели зданий в групповом проекте, наполнять модели атрибутами и получать необходимую для создания проекта информацию из модели независимо от локации факультета или конкретного студента.

Одним из примеров внедрения технологии ВІМ в образовательный процесс Санкт-Петербургского Государственного Архитектурно-Строительного Университета является совместный проект СПбГАСУ и Сайменского университета прикладных наук (Финляндия) «ВІМ-ІСЕ – Интеграция ВІМ в высшее и профессиональное образование» (ВІМ-ІСЕ – ВІМ Integration in Higher and Continuing Education), целью которого «является повышение уровня знаний студентов и профессионального сообщества в сфере ВІМ-технологий, повышение качества профессионального образования, гарантирующего подго-

товку высококвалифицированных кадров для деятельности строительной отрасли» [7].

Подобная методика организации образовательного процесса была апробирована также в Каунасском Технологическом Университете в январе-июле 2019 года, когда силами группы студентов-архитекторов под руководством преподавателей ВУЗа была создана цифровая модель исторического центра города Каунаса. В результате разработки цифрового двойника при поддержке бизнеса, государства и представителей компании Bentley Systems было принято решение о пролонгации данного проекта и создании на факультете архитектуры и строительства КТУ междисциплинарного центра «умных» городов и инфраструктуры.

Группы, включающие студентов разной специализации в рамках учебного процесса с современной дидактикой, выполняют наполнение информационной модели данными для проекта Smart City, основанного на космополитической среде, инновационных технологиях (BIM, LEED), нацеленного на развитие практических навыков и командной работы в архитектуре и строительстве [8].

Учебный модуль реализуется с помощью практики проектных совещаний, которая имитирует фактические проектные совещания. Участвующие в проекте студенты разных факультетов формируют проектную группу, в которой каждому назначается своя роль (клиент, главный архитектор, инженер-конструктор и координатор BIM). Задача учащихся – спроектировать здание для заранее определенной потребности путем моделирования процессов BIM.

В марте – июне 2018 года Каунасский технологический университет (КТУ), Университетский колледж Дании (VIA) и Норвежский научно-технический университет (NTNU), провели SWOT-анализ сильных и слабых сторон ВУЗов, а также возможностей и угроз со стороны внешней окружающей среды, и опрос для студентов программы изучения архитектуры. Целью опроса было выяснить мнение студентов о BIM. В опросе приняли участие 120 студентов, в том числе 21 студент из КТУ (Литва), 19 из NTNU (Норвегия), 80 из VIA (Дания). Опрос показал, что большинство студентов из этих стран понимают значение BIM, но он не очень популярен среди архитектурных компаний, потому что архитектурная среда недостаточно

развита для реализации этой технологии, так как нет особых запросов от клиентов [9].

Кроме того, были выявлены основные недостатки университетов: отсутствие компетенций и мотивации, нечеткое понимание производственных потребностей.

В процессе обучения студенты бакалавриата обычно работают с технологией ВІМ для обмена информационными моделями (3D), но они не охватывают весь процесс ВІМ со всеми его взаимосвязями. Кроме того, большинство студентов-бакалавров обычно находят работу в отрасли сразу после окончания ВУЗа и не продолжают обучение в аспирантуре, таким образом, теряя возможность приобрести навыки управления информацией, применять и понимать ВІМ соответствующим образом.

Опыт внедрения ВІМ в учебные программы КТУ:

- 1–2 курс – навыки информационного моделирования идут параллельно с общими профессиональными дисциплинами;
- 3 курс – сначала ВІМ вводится как процесс, затем навыки моделирования ВІМ идут параллельно с профессиональными дисциплинами;
- 4–5 курс – ВІМ процесс объясняется вместе с профессиональными дисциплинами и ВІМ-моделированием.

Надо отметить, что внедрение системы междисциплинарного проектного обучения в образовательную программу архитектурных и инженерно-строительных ВУЗов, непосредственно направлено на получение выпускниками не только глубоких теоретических знаний по общепрофессиональным и специальным дисциплинам, но, что еще более значимо, на получение практического опыта применения ВІМ-технологий в процессе проектирования реальных объектов.

Рассмотрев опыт внедрения ВІМ-технологий в процесс обучения нескольких ВУЗов, можно сделать вывод о том, что, реализуя в образовательном процессе архитектурных и инженерно-строительных ВУЗов практико-ориентированной междисциплинарной групповой работы, в короткий срок можно повысить конкурентоспособность выпускников строительных ВУЗов на рынке труда не только в РФ, но и за рубежом, что несомненно положительно отразится на развитии строительной отрасли в целом.

Таким образом, практико-ориентированный метод внедрения BIM-технологий в образовательный процесс на старших курсах инженерно-строительных факультетов, является актуальной методикой, способной реально повысить качество выпускников строительных ВУЗов и их востребованность на рынке труда.

Кроме того, такие образовательные проекты могут иметь не только образовательную направленность, но и социальную значимость, если привлекать студенческие группы к решению важных общегородских задач оцифровки исторического центра Санкт-Петербурга для целей его реконструкции и сохранения архитектурного наследия города.

Литература

1. Стратегия развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года. ПРОЕКТ 06.12.2019 [Электронный ресурс]. М.: Минстрой России, 2019. URL: <http://strostrategy.ru/docs/> (дата обращения: 17.02.2020).

2. Волос И.Н., Терещенко Р.В. К вопросу актуальности внедрения информационного моделирования зданий в учебный процесс подготовки инженеров // Наука, техника и образование. 2017. № 10(40). С. 100–105. DOI: 10.20861/2312-8267-2017-40-002.

3. Вербицкий А.А. Качество подготовки специалиста в контекстном образовании // Актуальные вопросы обеспечения качества подготовки специалистов в профессиональных образовательных организациях: Материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. Ч. 1. Воронеж: Воронежский промышленно-гуманитарный колледж, 2016. С. 3–11.

4. Асташов А.М., Ошкина Л.М. Роль информационных технологий проектирования в реформировании инженерно-строительного образования // Интеграция образования. 2014. № 4(77). С. 116–123. DOI: 10.15507/Inted.077.018.201404.116.

5. Булавина Д.А., Снежкина О.В., Бочкарева О.В. Реализация межпредметных связей в учебном процессе // Приднепровский научный вестник. 2018. Т. 6, № 2. С. 13–16.

6. Голдобина Л.А., Орлов П.С. BIM-технологии и опыт их внедрения в учебный процесс при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» // Записки Горного института. 2017. Т. 244. С. 263–272. DOI: 10.18454/PMI.2017.2.263.

7. Семенов А.А. Обучение BIM в университете: необходимые технологии // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 223–227. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.041.

8. Mlinkauskienė A., Jankauskaitė-Jurevičienė L., Christensen P., Finocchiaro L., Lobaccaro G. BIM Integration Possibilities in Different Study Cycles of Architecture Study Program // ADVANCED CONSTRUCTION 2018. Proceedings of 6th International Scientific Conference. P. 24–25.

9. Šadauskienė J., Pupeikis D. Review of BIM Implementation in Higher Education // Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering. 2018. Vol. 22, No. 1.

УДК 004.942

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.045

Пастух Ольга Александровна, канд. арх., доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: gvolia@yandex.ru, *ORCID:* 0000-0001-8946-8547

Кураков Артур Юрьевич, генеральный директор, архитектор
(ООО «КартсАП»)

E-mail: kart@kartsup.ru

Pastukh Olga Aleksandrovna, PhD in Architecture, Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Kurakov Artur Yurievich, CEO
("Karts UP" LLC)

РОЛЬ ВІМ-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ПОДГОТОВКЕ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ

THE ROLE OF BIM TECHNOLOGIES IN DESIGN, CONSTRUCTION, AND SPECIALIST TRAINING

Статья посвящена анализу существующей ситуации как в области рабочего проектирования, так и в сфере подготовки профессиональных кадров для выполнения современных задач по проектированию и строительству зданий и сооружений. Дается подробный разбор процессов проектирования на всех уровнях взаимодействия команды профессионалов. На основании статистических данных и анализа мировой практики по организации процесса ВІМ-проектирования делаются выводы о необходимости внедрения данной технологии на всех уровнях рабочего процесса. Сравнивается практика проектирования ВІМ в странах Европейского союза, Китая, США и России. Развитие цифровых технологий в образовании продиктовано актуальностью современных проблем и поддерживается на государственном уровне и широкой общественностью. Цифровизация – это формирующееся социальное условие. В данной статье сделан вывод не только о том, что цифровизация изменяет содержание высшего образования и представление информации, но и о том, что этот шаг совершенно необходим для того, чтобы выдержать конкуренцию на рынке современных технологий в сфере строительства и проектирования.

Ключевые слова: ВІМ-проектирование, ВІМ-координатор, ВІМ-модель, командное взаимодействие, цифровизация высшего образования, IT-специалист, системы автоматизированного проектирования (САПР).

This article analyzes the current situation both in the field of detailed design and in the field of training specialists to perform modern tasks in the design and construction of buildings and structures. It presents a detailed analysis of design processes at all levels of team interaction. Based on statistical data and analysis of global practices in BIM design organization, the authors draw conclusions on the need to implement this technology at all levels of the workflow. They compare practices of BIM design in EU countries, China, USA, and Russia. The development of digital technologies in education is determined by the relevance of modern issues and supported at the state level and by the general public. Digitalization is an emerging social condition. It is concluded not only that digitalization changes the content of higher education and presentation of information, but also that this step is absolutely necessary in order to withstand competition in the market of modern technologies in the field of construction and design.

Keywords: BIM design, BIM coordinator, BIM model, team interaction, digitalization of higher education, IT specialist, computer-aided design (CAD) systems.

Введение

Ежедневно мы сталкиваемся с тем, что современные технологии входят в нашу повседневную жизнь. Повсеместно мы пользуемся облачными базами данных, системами автоматизированного расчета. Даже банк пытается автоматизировать процессы учета семейного бюджета, давая подробный отчет о наших расходах за месяц. Уже никого не удивляет тот факт, что мы расплачиваемся виртуальными деньгами напрямую со счета банка. Налоговая отрасль стремительно избавляется от бумажной волокиты в пользу цифровой формы отчета. Автоматизация и виртуализация процессов присутствует повсюду и оказывает влияние на привычные вещи: работа, общение, совершение покупок, деловые переговоры и личные встречи. Естественно, что происходят качественные изменения в процессах проектирования и обучения специалистов.

Цифровизация подразумевает полную автоматизацию процессов и этапов производства, начиная с проектирования продукта и заканчивая его поставкой к конечному потребителю, а также последующим обслуживанием продукта. Во время стремительного развития науки многим корпорациям требуются сотрудники, готовые работать с новейшими технологиями на всех уровнях их производств. Решение этих проблем, несомненно, должно исходить из реорганизации процесса образования [1].

Реализация цифровых технологий не обошла стороной сферу образования. 1 марта 2018 года Президент России Владимир Владимирович

Путин выступил с ежегодным Посланием к Федеральному Собранию: «С помощью передовых телекоммуникаций мы откроем нашим гражданам все возможности цифрового мира. И это не только современные сервисы, онлайн-образование, телемедицина, что само по себе крайне важно, мы с вами это понимаем. Для нашей огромной по территории страны такое объединение талантов, компетенций, идей – это колоссальный прорывной ресурс» [2].

Сегодня перед нашим поколением поставлена задача проанализировать ситуацию в области ВМ-проектирования, строительства и одготовки профессиональных специалистов по данным направлениям, понять дальнейшие пути развития, осознать меры по внедрению новых технологий в существующую реальность, возможности по взаимодействию смежных отраслей и перехода на новый уровень реализации задуманного.

Рассуждение

Однако, рассматривая различные отрасли можно обратить внимание на то, что автоматизация происходит неравномерно. Часто такие изменения приводят к переменам в рабочих процессах, которые влекут за собой исключение из них целых специальностей и создание новых. Например, с массовым распространением системы автоматизированного проектирования (САПР) и печати ушла потребность в копировальном отделе. Одновременно появились новые специальности в отрасли, такие как ИТ-специалист. Это человек или группа специалистов, если речь идет о крупной корпорации, которые следят за информационной средой на предприятии и за оборудованием [3].

Выяснилось, что строительство и проектирование зданий – это самая консервативная отрасль. До сих пор современные технологии никоим образом не повлияли на процессы производства (строительства) сооружений. Исключение составляет лишь перевод обмена документацией с бумажного носителя на цифровой, но суть взаимодействия и тип информации не изменились. Все так же пространственное восприятие проекта существует в головах участников. Задача проектировщика сводится к тому, чтобы правильно передать пространственную структуру на лист бумаги, чтобы его можно было воспроизвести на стройке. На этом уровне возникает этап преобразования инфор-

мации в промежуточный формат с потерей данных. Трехмерная информация не может быть полностью (без потерь) отображена в двухмерных чертежах. Возникает риск человеческого фактора. Такой опыт свойственен не только российским компаниям, но и зарубежным, например, в Финляндии, где BIM-проектирование применяется повсеместно, документацию на строительство объекта рабочие получают в виде распечатанных 2D-чертежей. Технологически все инструменты в виде программного обеспечения уже готовы, но не хватает специалистов, понимающих и готовых пользоваться данными инструментами. Часто оказывается, что ГИП с богатым профессиональным опытом не имеет достаточной квалификации в современных технологиях, а приглашать на такую ответственную должность «вчерашнего студента» строительные компании не готовы. Именно поэтому требуется целенаправленное воспитание квалифицированного специалиста данной отрасли с пониманием всех особенностей проектирования и строительства зданий. Изменения в данной области происходят очень быстро, поэтому трудно предугадать, что именно произойдет в ближайшем будущем. Какие инструменты будут на вооружении BIM? Изучение ПО сопоставимо с изучением графической подачи с целью воспитания проектировщика. Полезно, но не первостепенно. Нужно объяснять суть концепции, понимание конечной цели. Без этого прикладное применение данных знаний не приведет к требуемому результату. По-прежнему, приоритетным будет получение документации, а не создание правильной структуры BIM-проекта.

О чем же говорит нам BIM? Мы в очередной раз меняем носитель [4]. Только теперь это не физически другой носитель, а именно другая структура передачи и предоставления информации. То есть сам чертеж – это следствие подготовленной структуры BIM. И тут возникает основная проблема обучения специалиста. Сегодня продолжают обучать передаче информации по средствам плоскостного носителя в виде чертежей. На этом делается акцент и об этом нам говорят все нормы и правила. А само явление BIM преподносится как средство достижения этой цели. То есть на сегодняшний момент времени мы рассматриваем лишь малую часть концепции BIM и продолжаем ее воспринимать как основной результат проекта, косвенно и напрямую. К тому же модель проекта – это уже не результат работы одно-

го проектировщика, а совместная работа специалистов всех разделов, необходимых для правильного функционирования здания (рис. 1).



Рис. 1. Общая схема совместной работы специалистов всех разделов по проектированию зданий в BIM

Если говорить о разделах водоснабжения, отопления и вентиляции, то специалистам в этой области требуется выполнять на раннем этапе гораздо больший объем работ, чем давать просто схемы. При этом выполняется даже часть рабочей документации в тот момент, когда разрабатывается только проектная. В данном случае для взаимодействия со всеми участниками надо перестроить подход к проектированию инженерных систем, давать больше информации об эксплуатации оборудования. Особая задача – это разобраться в проблемах монтажа систем на строительной площадке (рис. 2).

В данной концепции проектировщик не только должен разбираться в своей области, но и четко представлять цели и результаты своего труда в виде BIM. Он должен понимать, как работает система, должен знать, как закладывать информацию, уметь получать ее от других участников проектирования. Ведь при детальном рассмотрении документации мы увидим аналогичные задачи, только на бумажном носителе. Прямой обязанностью проектировщика яв-

ляется грамотное составление проектной и рабочей документации, умение считывать информацию со смежных разделов. Совершенно естественным явлением должно стать заложение данных компетенций в программах высшего образования по строительному профилю. Следовательно, в новой информационной среде необходимо научить будущих специалистов правильному построению такой базы данных, как BIM. В связи с данной задачей появляется необходимость в дополнительном уровне технической грамотности специалиста [5].

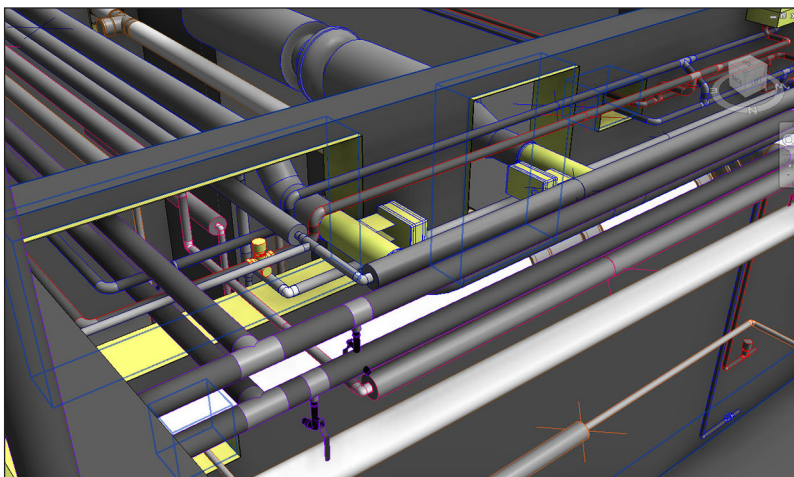


Рис. 2. Разводка инженерных сетей с применением технологии BIM

Часто встает вопрос об информационной безопасности. Этому нужно учить будущих специалистов, для того чтобы исключить ошибки на производстве, которые могут привести к непоправимым последствиям. Командное взаимодействие требует от проектировщика четкого понимания других разделов. Изолировать такого участника уже никак не получится. Чтобы помочь студентам вникнуть в процесс реального BIM-проектирования в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете ежегодно проводят разного рода мероприятия [6]. Такие как, Кейс-чемпионаты по информационному моделированию (BIM НА ЛЬДУ, 2020) открытые BIM-

Чемпионаты СПбГАСУ (в 2019 – команда GASULAB (СПбГАСУ) заняла 1 место, а так же команда из СПбГАСУ заняла 1 место на ВІМ-чемпионате МГСУ), ежегодные ВІМ-конференции, создана Летняя школа «ВІМ Summer School» (HVAC & WSS) <https://summerschools-spbgasu.ru/bim-hvac-wss/> (рис. 3).



Рис. 3. Студенты СПбГАСУ на ВІМ-чемпионате, 2019 г.

К участию в данных мероприятиях приглашаются заинтересованные студенты, обучающиеся на различных направлениях подготовки, по результатам совместной работы у них появляются такие возможности, как:

1. Прохождение практики и стажировки в крупнейших строительных компаниях СПб.
2. Потенциальное трудоустройство.
3. Использование проектов, разработанных во время кейс-чемпионата, в качестве дипломного проекта.
4. Учет результативного участия в чемпионате в качестве индивидуального достижения студента.

5. Памятные призы и подарки студентам, показавшим наилучшие результаты.

В процессе совместной работы всех специалистов возникает закономерный вопрос: кто должен осуществлять контроль за происходящим [7]. Мы уже определились, что BIM – это не средство достижения результата в виде чертежей. Чертежи – это один из возможных результатов использования BIM. Форма выгрузки данных из модели с неизбежной потерей информации. Данный механизм сможет полноценно функционировать, когда чертежи перестанут восприниматься как источник информации о проекте и останется только база данных в виде BIM. Но любой сложной структуре требуется контроль и грамотное управление. Какими же знаниями и компетенциями должен обладать руководитель проекта: должен ли это быть специалист в области информационных технологий или всё-таки из области проектирования? Не получится строго разделить две эти сферы знаний, которыми должен обладать специалист такого уровня. Это своего рода связующее звено между всеми участниками проекта, роль которого выполняет ГИП (главный инженер проекта), или, как мы назовем его, BIM-координатор. В сферу его задач входят следующие обязанности:

1. Осуществление координации проекта и ответственность за своевременный обмен материалами внутри команды.
2. Ответственность за соблюдение сроков выполнения заданий в соответствии со сроками проектирования.
3. Ответственность за полноту материалов, предоставляемых для оценки заказчика по каждому из этапов проекта.
4. Он является ответственным представителем выполненного проекта на защите по каждому из этапов.
5. Ответственность за разработку общей пояснительной записки по проекту.
6. Ответственность за координацию и разработку общей BIM-модели проекта.

Использование BIM не заканчивается на проектировании. Это лишь этап подготовки модели и при этом мы видим много нерешенных задач. Для BIM нужно создать дальнейший спрос во всем жизненном цикле сооружения. Дополнять информацией, извлекать ее и использовать в остальных процессах. Понимание дальнейшего развития мо-

дели также важно. Как модель будет существовать за пределами проектной организации? Что нужно вносить на строительной площадке? Строительство — это не завод, в котором можно разом модернизировать все цепочки производства и внедрить новую технологию. В процессе строительства существует много независимых переменных, неподконтрольных ни застройщику, ни заказчику, ни проектировщику. Например, экспертиза, которая в обязательном порядке требует предоставление рабочей и проектной документации, соответствующей всем действующим СП, ГОСТ, современным российским стандартам GREEN ZOOM и т.д. Таким образом, до сих пор мы имеем дело с тем, что знания в направлении ВМ являются, как правило, вторичными. За редким исключением, их отсутствие говорит о малой грамотности сотрудника.

Справедливости ради надо отметить, что все больше людей проходят дополнительные курсы, получают практику в зарубежных ВУЗах (студенты СПбГАСУ обучаются по программе двойного диплома в LAB University of Applied Sciences, Lappeenranta, Finland) и строительных компаниях (в строительной компании YIT, Finland). Не только студенты, но и преподаватели заинтересованы в повышении своей квалификации, практическом применении своих навыков и расширении теоретической базы по проектированию, поэтому с удовольствием принимают участие в программах международного обмена (рис. 4) [8].



Рис. 4. Преподаватели СПбГАСУ и участники Saimia International-week 09-14.02.2020 на строительной площадке the largest wooden school in Finland, YIT

Без понимания конечной цели трудно стремиться к получению качественно новых результатов, применению современных технологий в проектировании и строительстве. Сегодня чаще всего сталкиваются с гибридным подходом: часть участников проекта разрабатывает BIM-модель параллельно с традиционным методом подачи информации. Важнейшей задачей является проследить, чтобы изменения происходили в воспитании всех специалистов архитектурной и строительной отраслей [9]. В противоположном случае отказ от участия в комплексном подходе любого из участников приводит к дублированию информации традиционным способом. Только при комплексном подходе можно получить максимум эффективности от BIM-проектирования.

Выводы

1. Проанализировав существующую ситуацию, вынуждены признать, что на данный момент времени резкий переход на концепцию BIM-проектирования невозможен по причине инерции отрасли, как в России, так и за рубежом.

2. Донести понимание того, к чему должна прийти отрасль в будущем, является важной задачей высшего образования во всем мире.

3. Современные технологии и изменения охватывают отрасль строительства и проектирования, проникают в сферу подготовки профессиональных специалистов разных стран. Все чаще мы видим выпускников со знанием программных комплексов по работе с моделью.

4. Практика воспитания и подготовки высококлассного специалиста во всех отраслях – цифрового ГИП или BIM-координатора на сегодняшний момент времени в России находится на достаточно невысоком уровне.

Литература

1. Послание Президента Федеральному Собранию 1 марта 2018 года. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/56957> (дата обращения: 04.01.2020).

2. Алексанков А.М. Четвертая промышленная революция и модернизация образования: международный опыт // Стратегические приоритеты. 2017. № 1. С. 53–69.

3. Nam N., Moon S., Kim J.-H., Kim J.-J. Optimal BIM staffing in construction projects using a queueing model // Automation in Construction. 2020. Vol. 113. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103123.

4. Lu Q., Chen L., Lee S., Zhao X. Activity theory-based analysis of BIM implementation in building O&M and first response // Automation in Construction. 2018. Vol. 85. P. 317–332. DOI: 10.1016/j.autcon.2017.10.017.

5. Bradley A., Li H., Lark R., Dunn S. BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective // *Automation in Construction*. 2016. Vol. 71, Part 2. P. 139–152. DOI: 10.1016/j.autcon.2016.08.019.

6. Семенов А.А. Интеграция концепции BIM в учебный процесс строительных вузов // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской науч.-практич. конф.* СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 207–211.

7. He Q., Wang G., Luo L., Shi Q., Meng X. Mapping the managerial areas of Building Information Modeling (BIM) using scientometric analysis // *International Journal of Project Management*. 2017. Vol. 35. P. 670–685. DOI: 10.1016/j.ijproman.2016.08.001.

8. Семенов А.А. Обучение BIM в университете: необходимые технологии // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф.* СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 223–227. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.041.

9. Li Z., Han Z., Xin J., Luo X., Weng M. Transit oriented development among metro station areas in Shanghai, China: Variations, typology, optimization and implications for land use planning // *Land Use Policy*. 2019. Vol. 82. P. 269–282. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.12.003.

УДК 004.9+378+72

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.046

Родионова Юлия Валерьевна, канд. техн. наук,
проректор по научной и творческой деятельности
(Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна
и искусств имени А. Д. Крячкова)

E-mail: rodionova@nsuada.ru, ORCID: 0000-0002-5946-6361

Rodionova Julija Valer'evna, PhD of Sci. Eng.,
Vice Rector for Scientific and Creative Activities
(Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts)

ОБУЧЕНИЕ BIM И CIM ПРОЕКТИРОВАНИЮ В СОВРЕМЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

TRAINING IN BIM AND CIM DESIGN AT A MODERN UNIVERSITY

В статье анализируется проблема трудоустройства в регионах молодых специалистов, обладающих компетенциями в области BIM и CIM-проектирования, рассматриваются механизмы, которые могут обеспечить реальный интерес обучающихся к технологиям информационного моделирования и помочь адаптироваться к условиям

рынка труда. В статье описан опыт современного университета (Новосибирского государственного университета архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова) по реализации обучения студентов технологиям информационного моделирования в сферах архитектуры и градостроительства посредством повышения роли и степени включения практической подготовки в состав учебных дисциплин. По результатам освоения студентами BIM и CIM-технологий в процессе работы в составе распределенных команд опытных специалистов по проектам компаний-партнеров были сделаны определенные выводы, которые в настоящее время реализуются в учебном процессе университета.

Ключевые слова: информационное моделирование, BIM, CIM, распределенная информационная среда, высшее образование.

The article analyzes the problem of employment of young professionals with competencies in BIM and CIM design in the provinces, examines the mechanisms that can catch students' interest in information modeling technologies and help them adapt to labor market conditions. It describes the experience of a modern university (Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts) in teaching students information modeling technologies in architecture and urban planning by increasing the amount of practical training. Based on the results of students' mastering of BIM and CIM technologies during their work on projects of partner companies in distributed teams of experienced specialists, certain conclusions were made, which are currently being implemented in the educational process of the university.

Keywords: information modeling, BIM, CIM, distributed information environment, higher education.

Федеральным законом от 02.12.2019 № 403-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» с 01.07.2020 вводится понятие «практической подготовки», предусматривающей формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенции по профилю соответствующей образовательной программы [1]. С целью обеспечения требований законодательства в Новосибирском государственном университете архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова (далее по тексту – НГУАДИ) было принято решение усилить практическую подготовку студентов в составе учебных дисциплин. Важным условием для повышения мотивации является интерес к практической деятельности студента со стороны потенциального работодателя и взаимодействие с квалифицированными специалистами высокого уровня в рамках выполнения реальных проектов.

В традиционных областях, таких как, дизайн архитектурной среды, ландшафтная архитектура, средовой дизайн, в регионах есть много работодателей, которые готовы сотрудничать с университетами и формируют запрос на трудоустройство выпускников.

В области перспективных направлений подготовки, таких как, например, BIM (Building Information Modeling)-проектирование и CIM (City Information Modeling)-проектирование, университеты ведут подготовку выпускников, не имея на них заказа от региональных работодателей.

Региональный рынок профессиональных услуг по архитектурно-строительному проектированию и градостроительству имеет ряд особенностей, которые не позволяют организовать эффективное обучение технологиям информационного моделирования территорий и зданий. На рынке практически нет спроса на информационное моделирование. Поручения Президента Российской Федерации, указания губернаторов и просьбы региональных органов государственной экспертизы перейти на подготовку проектной документации в цифровом виде, обеспечивающем автоматическую валидацию проекта в объеме, не стимулируют коммерческие организации, так как в их бизнес-модели нет расчетов окупаемости затрат на информационное моделирование. Коммерческие организации если и запускают отдельные проекты с использованием информационного моделирования, то только отдавая дань моде и обеспечивая себе дополнительный PR. В этой ситуации, выпускники архитектурных и градостроительных специальностей в регионах не имеют внешних стимулов изучать технологии информационного моделирования. В регионах сильны настроения специалистов «старой школы», которые считают информационное моделирование непрактичной экзотикой, требующей дополнительных сил на ее освоение. Начал формироваться еще один косвенный негативный фактор, влияющий на экономику регионов. Чем выше уровень компетенций у выпускника, тем меньше региональный рынок труда готов его принять. В результате выпускники вынуждены переезжать за границу или в Москву, Санкт-Петербург, обедняя кадровый потенциал регионов и еще больше увеличивая квалификационный разрыв между поколениями.

Какие механизмы могут обеспечить реальный интерес обучающихся к технологиям информационного моделирования и как адаптироваться к рынку труда?

Создать благоприятные условия для трудоустройства выпускников на уровне региона сейчас практически невозможно, поэтому одним из важных факторов в проектах, организуемых НГУАДИ, является обязательность ведения работ с использованием коммуникационных технологий.

Все проекты с участием студентов должны изначально создаваться в распределенной информационной среде, к которой в любой момент можно подключить других специалистов из любой точки мира. Общение с компанией-партнером, её сотрудниками и подрядчиками-смежниками ведется посредством сети Интернет с использованием любых коммуникационных программ проведения веб-конференций, обеспечения делопроизводства и управления процессами.

НГУАДИ имеет надежных партнеров, принимающих активное участие в совместной работе со студентами при реализации проектов разной сложности и объема. Для создания эффективного взаимодействия между компаниями-партнерами и НГУАДИ были выделены три уровня взаимодействия, определен набор инструментов информационного обмена, установлены критерии информационной безопасности и защиты коммерческой информации, назначены ответственные лица. При этом разные проекты проходят по разным моделям взаимодействия.

В течение двух лет в НГУАДИ прошли подготовку и приобрели реальный опыт работы 25 студентов, заинтересовавшихся практической подготовкой по направлению BIM-проектирования. Было выполнено около 10 проектов разного уровня сложности и интегрированности с другими командами. Примеры двух проектов приведены на рисунках (рис. 1, 2). Главная особенность, которую отметили опытные специалисты команд – наличие у студентов качественной фундаментальной базы. То есть, научить молодых архитекторов работать в графических пакетах совместного проектирования и соблюдать стандарты организаций составляет меньшую проблему, чем научить пространственному креативному мышлению.



Рис. 1. Фрагмент цифровой информационной модели, созданной по материалам лазерного сканирования



Рис. 2. Фрагмент цифровой информационной модели с реализацией проектного решения

В учебной методике BIM-проектирования, предлагаемой авторами исследования Гришина Н.М., Чалый Ю.Ю. [2], большое внимание уделяется развитию в BIM-проектировщиках навыков управления электронным документооборотом, управлением процессами проектирования, строительства, мониторинга, эксплуатации и управления стоимостью владения объектом недвижимости, посредством инструментальных пакетов графического проектирования с функциями информационного моделирования. Курс, построенный на такой методике, формирует класс BIM-экспертов, которые знают нюансы управления инвестиционным циклом вплоть до создания ситуационных центров, управляющих комплексами строений и сооружений, имеющих цифровые двойники.

В исследовании, проведенном группой исследователей под руководством С.М. Халаби [3], большое внимание уделяется исключительно ассортименту инструментов информационного моделирования зданий, визуализации, управления проектированием. Учебный курс рассматривает те или иные кейсы инвестиционного цикла строительства через призму работы в инструментальном программном обеспечении. При этом разнообразие программных пакетов и подходов к проектированию в каждом из них настолько насыщает учебную программу, что в учебном курсе практически не остается возможности получать архитектурное образование.

В Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете обучают студентов знанию базовых программных комплексов таких как Revit, ArchiCAD, Renga, уделяя большое внимание обучению совместной работе специалистов разной направленности (архитектор, конструктор, специалисты по инженерным сетям и др.) в одном информационном пространстве [4], а в Сургутском государственном университете ведутся исследования, направленные на улучшение учебной программы подготовки инженеров-проектировщиков, путем проведения экспериментов по реализации совмест-

ной работы студентов над проектом под руководством компетентного ВМ-менеджера [5].

Выводы. По результатам освоения студентами технологий информационного моделирования путем участия в проектах компаний-партнеров, профессорско-преподавательским составом НГУАДИ были сделаны следующие выводы, которые реализуются в учебном процессе:

1. Необходимо снизить число осваиваемых программных пакетов одного класса до необходимого, не затрачивая время на изучение аналогов основных пакетов программ. Время, сэкономленное на изучении пакетов программ, целесообразно посвятить созданию творческого замысла проекта.

2. Необходимо делать упор на развитие у студентов интереса к объемному и планировочному архитектурному проектированию, а не на совершенствовании работы с программными инструментами.

3. Требования к скорости проведения работ по проекту необходимо постоянно корректировать. В случае сложных и срочных проектов необходимо иметь возможность привлечь опытных ВМ-архитекторов, с которыми университет сотрудничает на постоянной основе и которые готовы поработать совместно со студентами над конкретным проектом.

4. Защита коммерческой информации компании-партнера является приоритетом в работе. Необходимо с самого начала вводить студентов в рамки конфиденциальности данных и ограничений, с которыми они сталкиваются при совместной работе с профессиональными компаниями (фиксация открытых программ, учет времени, учет и блокировка посторонних информационных носителей, контроль перемещения данных информационной модели, VPN-туннель).

Применяя указанные подходы, можно достичь высокой самооценки студентов и гармоничного встраивания практической составляющей в программы обучения. Основным преимуществом практикоориентированной подготовки является достижение личностного успеха студентами в освоении ВМ и СМ-технологий и устранение страха перед работой в крупных компаниях, выполняющих проекты по стандартам ВМ и СМ.

Литература

1. Федеральный закон от 02.12.2019 № 403-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об образовании в Российской Федерации” и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Собрание законодательства Рос. Федерации. 09.12.2019 (часть V). № 49. ст. 6962.
2. Гришина Н.М., Чалый Ю.Ю. Проблемы и перспективы обучения BIM в ВУЗах: управление развитием в строительстве // Известия КГАСУ. 2017. № 3(41). С. 277–288.
3. Халаби С.М., Савельева Л.В., Плотникова О.Г. Внедрение технологий информационного моделирования в инженерно-архитектурное образование // Architecture and Modern Information Technologies. 2017. № 3(40). С. 322–331.
4. Семенов А.А. Обучение BIM в университете: необходимые технологии // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 223–227. DOI: 10.23968/VIMAC.2019.041.
5. Галиев И.М., Самакалев С.С. Пример изучения проектирования зданий с использованием BIM-технологий // Инновации и инвестиции. 2019. № 11. С. 262–264.

УДК 004.9:725.9:378

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.047

Романович Марина Александровна, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)
E-mail: m.romanovich.spbstu@yandex.ru, *ORCID:* 0000-0003-1608-2883

Всеволожская Вероника Глебовна, студент
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)
E-mail: wsevoloj@yahoo.com, 0000-0001-8204-037X

Кузьминых Артур Ренатович, студент
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)
E-mail: artur.kuzminykh@gmail.com, *ORCID:* 0000-0003-1564-9227

Попова Екатерина Михайловна, студент
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)
E-mail: pmkate1210@mail.ru, *ORCID:* 0000-0001-8939-3135

Перцева Анастасия Евгеньевна, ВІМ-координатор
(ООО «ИТР»)
E-mail: pertceva7@gmail.com, *ORCID:* 0000-0002-1131-0405

Romanovich Marina Alexandrovna, PhD of Sci. Tech., Associate Professor
(Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University)
Vsevolzhskaya Veronika Glebovna, student
(Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University)
Kuzminykh Artur Renatovich, student
(Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University)
Popova Ekaterina Mikhailovna, student
(Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University)
Pertseva Anastasia Evgenievna, BIM Coordinator
(LLC "ITR")

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ НА ПЛАТФОРМЕ ВІМ 360

EXPERIENCE IN CREATING A DIGITAL MODEL OF A BUILDING AS PART OF THE INTERNATIONAL EDUCATIONAL PROGRAM ON THE BIM 360 PLATFORM

Данная статья описывает опыт международного проекта в области ВІМ и управления проектами. Основными инструментами являлись программа Autodesk Revit

и облачный сервис BIM 360. В статье будут описаны принципы организации работы, основные этапы реализации проекта и полученные результаты. В рамках работы над проектом студенты-участники ознакомились с рабочими процессами в BIM среде и смогли попробовать себя в разных ролях – это архитекторов, инженеров, менеджеров, сметчиков, дизайнеров. Также студенты создали 4D-модель здания на основе BIM-модели, выполненной в Revit. Проект был реализован в рамках марафона студенческих проектов, проведенного Санкт-Петербургским Политехническим университетом и Техническим университетом Граца в 2018/2019 учебном году.

Ключевые слова: BIM 360, Autodesk Revit, информационное моделирование зданий, международное сотрудничество, профессиональные компетенции.

The article addresses the experience of an international project in the field of BIM and project management, where Autodesk Revit and BIM 360 cloud service were the main tools. It describes the principles of work organization, the main stages of the project, and the results obtained. During project work, students got familiar with workflows in a BIM environment and were able to try on the roles of architects, engineers, managers, quantity surveyors, and designers. They also created a 4D model of a building based on the BIM model developed in Revit. The project was implemented as part of the marathon of student projects held by the St. Petersburg Polytechnic University and the Technical University of Graz in the academic year 2018/2019.

Keywords: BIM 360, Autodesk Revit, building information modeling, international collaboration, professional competencies.

Введение

Сотрудничество – основа процесса проектирования и строительства. Применение BIM-технологий позволяет значительно эффективнее контролировать основные параметры строительства: время [1, 2], стоимость [3], качество, а также упрощает процесс обмена данными между участниками проекта с помощью применения IFC (Industry Foundation Classes) и PDF файлов, а также за счет использования облачных технологий передачи данных. Это позволяет оптимизировать процесс разработки проектной документации, упрощая процесс внесения изменений и сокращая влияния человеческого фактора [4].

Стратегия проекта направлена на цифровое преобразование полного жизненного цикла среды для повышения производительности и улучшения экономических и социальных результатов для района, города и для страны.

Несмотря на то, что совместное проектирование с помощью облачных технологий активно применяется в реальной строительной практике, в профессиональном образовании до сих пор нет программ,

знакомящих студентов с этим процессом. Поэтому Политехнический университет Петра Великого и Технологический университет Граца разработали совместный образовательный проект и реализовали его в течение весеннего семестра 2018/2019 учебного года [5].

Описание проекта

Исходные данные. Для проекта было выбрано существующее многофункциональное здание в Вене, Австрия. Восьмизэтажное здание состоит из четырех секций и включает в себя подземный паркинг, студенческое общежитие и общественные пространства. Планы здания были предоставлены в виде PDF-файла, что позволило студентам познакомиться с процессом оцифровки исходных данных.

Организация рабочего процесса. Всего в проекте принимали участие более 50 студентов из разных стран, обучавшихся на первом курсе магистратуры. Студенты Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого в данном проекте выступали в роли архитекторов (далее – СПбПУ), студенты Технического университета Граца (далее – ТУ Грац) разрабатывали проект инженерных систем. Российские и австрийские студенты были разделены на 4 подгруппы. Руководители проекта распределяли работу и ответственность в зависимости от роли студентов (архитектор или инженер). ВМ-менеджеры объясняли студентам задачи каждого этапа, затем координаторы групп самостоятельно распределяли обязанности внутри группы. Пример плана, разбитого на зоны согласно количеству групп, представлен на рис. 1. Иерархия участников и структура проекта представлены на рис. 2.

СПбПУ и ТУ Грац заключили соглашение с компанией Autodesk для получения доступа к облачной системе ВМ 360, внутри которой можно организовать общую среду для всех участников проекта. Таким образом, результат работы еженедельно проверялся ВМ-менеджерами и руководителями проекта и затем выгружался на платформу ВМ 360 для поддержания актуальности общей модели.

Иерархия рабочих папок внутри облака представлена на рис. 3. Рабочие папки архитекторов выделены синим прямоугольником, рабочие папки инженеров выделены красным цветом, и папки для обмена актуальными моделями выделены зеленым прямоугольником.

ком. Архитекторы и инженеры имели доступ только к своим папкам с рабочими файлами соответственно, могли корректировать информацию и вносить изменения. Распределение ролей, полномочий и ответственности – один из самых важных этапов перед началом работы по проекту.

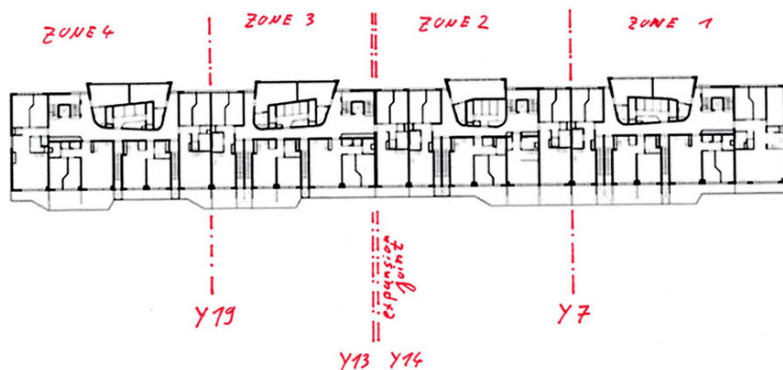


Рис. 1. План, разбитый на зоны согласно количеству групп участников [4]

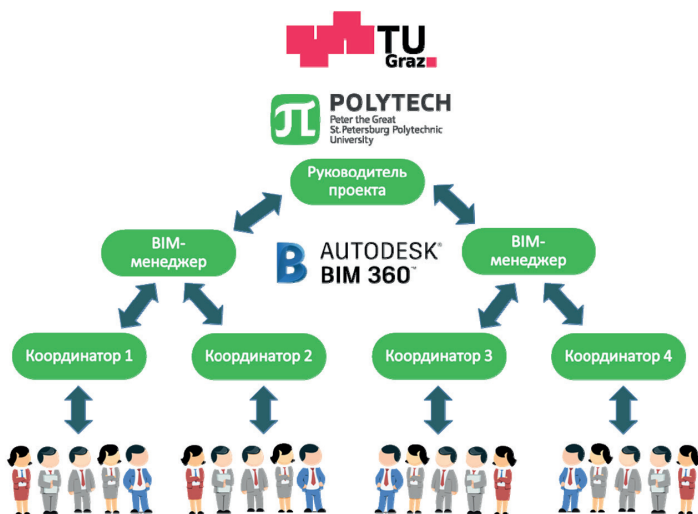


Рис. 2. Структура проекта



Рис. 3. Иерархия рабочих папок в облаке BIM 360

После завершения работы в рамках своих папок архитекторы и инженеры могли публиковать свою модель (часть выполненной модели), и в этом случае все участники проекта получали к ней доступ. Когда команда, например, архитекторов выкладывает в BIM 360 актуальную модель, в облаке отображается отметка в виде кружка на временной шкале (рис. 4). После этого команда инженеров может открыть данный файл, содержащий модель (часть модели), проверить ее, принять или отправить на доработку архитекторам с соответствующим замечанием.

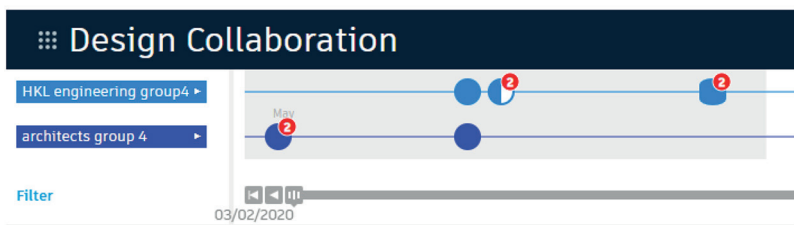


Рис. 4. Структура обмена актуальными моделями между участниками (фрагмент)

Связь файлов групп друг с другом осуществлялась с помощью функции «Связные файлы» в Revit. Наглядно этот вид совместной работы представлен на рис. 5. Данные файлы разрабатывались отдельно друг от друга, но имели общую систему координат. Соответственно, их можно было подгрузить в одну общую модель и получить модель здания целиком.



Рис. 5. Многофункциональное здание по адресу Воргартенштрассе, 110–114, Вена, Австрия. Разбивка архитектурной модели

Внутри каждого файла BIM-менеджерами были настроены рабочие наборы по принципу: каждому виду конструкций – свой рабочий набор. В итоге в каждом файле присутствовали следующие рабочие наборы (рис. 6): несущие конструкции, теплоизоляция, отделка фасадов, перегородки, двери, окна, внутренняя отделка, ограждающие конструкции.

Каждый студент отвечал за свой рабочий набор, то есть за свой вид конструкции. Так как все конструкции связаны между собой, всем было необходимо работать друг с другом, действовать как еди-

ная команда. За корректную координацию работы между участниками каждой группы и групп в целом отвечали ВМ-менеджеры проекта.

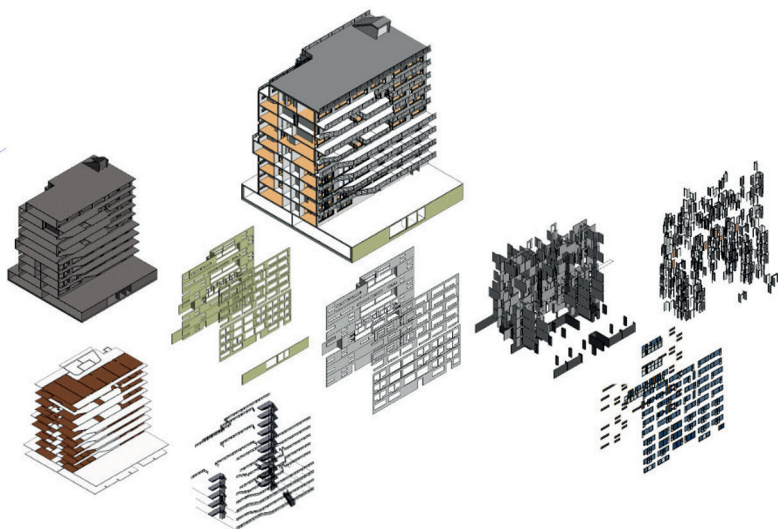


Рис. 6. Принятые рабочие наборы в одном файле архитектурной модели

В ходе работы над проектом студенты познакомились с принципами организации данных на облачной платформе BIM 360, а также с процессами проверки модели, исправления коллизий в проекте и загрузки обновлений. При моделировании сетей участники команды ТУ Грац оставляли в облачном сервисе запросы на внесение изменений в архитектурную модель, и команды, ответственные за указанную секцию, оперативно вносили правки (рис. 7).

Также после завершения работы над архитектурной моделью студенты получили дополнительные задания, направленные на взаимодействие Revit с другими программами. Например, с помощью 3DsMax был выполнен интерьер жилой комнаты, затем визуализированный VRay. В InfraWorks был выполнен проект экстерьера и визуализации здания (рис. 8).

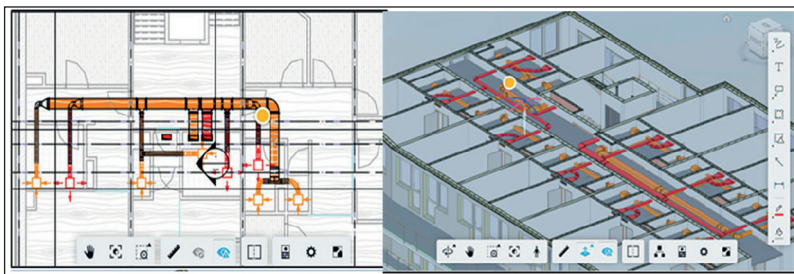


Рис. 7. Выявление коллизий и внесение корректировок на платформе BIM 360



Рис. 8. Проект интерьера жилой комнаты и визуализация здания

Несколько студентов выполнили в NavisWorks проверку модели на коллизии. С помощью встроенного в Revit инструмента был выполнен расчет инсоляции (рис. 9). Группа студентов разработала календарный план строительства, и на его основе создала 4D-модель строительного процесса в Synchro, результат представлен на рис. 10. Учащиеся выбирали задачи, наиболее соответствующие их интересам и опыту, и самостоятельно перераспределялись в команды для работы над крупными блоками. Это позволило студентам попробовать себя в новом качестве и освоить дополнительные навыки.

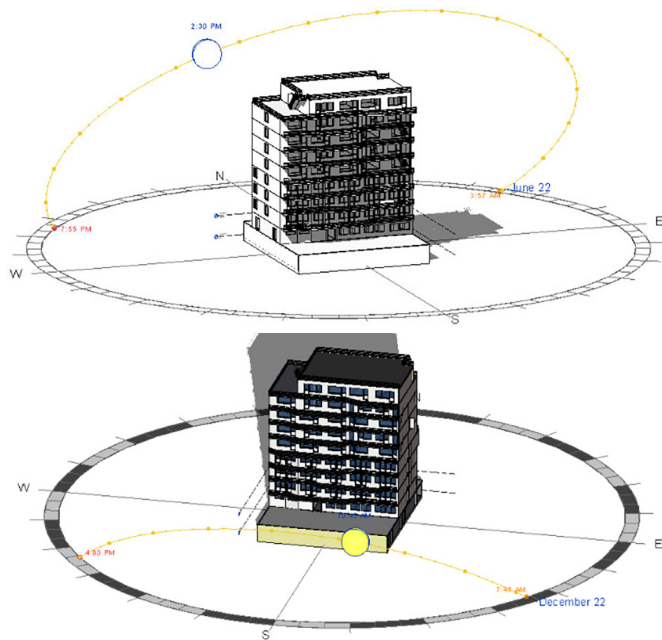


Рис. 9. Расчет инсоляции секции здания



Рис. 10. Модель строительного процесса в Synchro

Заключение

Активное обучение через вовлечение в процесс проектирования положительно влияет на развитие профессиональных компетенций у студентов. Имитация реального рабочего процесса помогла студентам лучше понять суть информационного подхода к проектированию зданий. Возможность выбирать задание в соответствии со своей специализацией сделала работу интересной. Необходимость сотрудничать с иностранными студентами позволила развить коммуникативные навыки.

Опыт участия в столь сложном и необычном учебном проекте, несомненно, будет интересен будущим работодателям. Несколько участников проекта, упомянув его в резюме, получили приглашение на собеседование, а затем и работу на должности BIM-менеджера. Также один студент, работавший над технологией обмена данными в BIM-среде, получил предложение от ТУ Грац присоединиться к их команде, работающей в данной области.

Литература

1. Брайла Н.В. Повышение организационно-технологической надежности строительства и эксплуатации объектов промышленно-гражданского и дорожного строительства. СПб: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. 154 с.
2. Romanovich M., Ermakov A., Mukhamedzhanova O. Scheduling on the basis of the research of dependences among the construction process parameters. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 90. 012212. DOI: 10.1088/1755-1315/90/1/012212.
3. Романович М.А., Адель О.А. Оценка стоимости и анализ эффективности применения информационной модели здания (BIM) для строительного проекта в Саудовской Аравии // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всеросс. научн.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 188–192.
4. Wallner M.M. Building project management training using the platform BIM 360 // Управление проектами: идеи, ценности, решения: материалы I Междунар. научн.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 3–8.
5. Спрыжков А.М., Приворотский Д.С., Приворотская Е.В., Яшина Н.А. Информационное моделирование и интегрированная реализация проектов в кросс-дисциплинарном курсовом проектировании студентов строительных специальностей // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. № 4(18). С. 170–174.

УДК 004.92+624+721+378

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.048

Семенов Алексей Александрович, канд. техн. наук, заведующий кафедрой
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: sw.semenov@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9490-7364

Суханова Инна Ивановна, канд. техн. наук, декан

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: inna.suhanova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7749-6302

Semenov Alexey Aleksandrovich, PhD of Sci. Tech., Head of Department
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Sukhanova Inna Ivanovna, PhD of Sci. Tech., Dean
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ПРОЕКТ ВІМ-ІСЕ – ІНТЕГРАЦІЯ ВІМ В ВИСЬШЕ І ПРОФЕСІОНАЛЬНЕ ОБРАЗОВАНИЕ

ВІМ-ІСЕ PROJECT – ВІМ ІNTEGRATION ІN HIGHER AND CONTINUING EDUCATION

В работе описывается совместный проект СПбГАСУ (Россия) и университета ЛАВ (Финляндия), выполняемого в рамках Программы приграничного сотрудничества поддержки совместных проектов по внешним границам ЕС «Юго-Восточная Финляндия – Россия 2014 – 2020». Проект направлен на внедрение ВІМ в высшее и послевузовское образование (профессиональная переподготовка, повышение квалификации). Показана актуальность проекта, сформулированы основные направления деятельности, предложены некоторые пути реализации. Данный проект ускорит развитие и внедрение ВІМ-технологий в сферу строительства, улучшит образовательную среду. Некоторые аспекты уже опробованы и внедрены в российских и финских системах образования. Разрабатываемые методики обучения, включающие технические и концептуальные аспекты ВІМ, окажут значительное влияние на целевые группы проекта: студентов, экспертов и преподавателей, финские и российские строительные компании, а также лиц, принимающих решения в сфере строительства.

Ключевые слова: ВІМ, высшее образование, приграничное сотрудничество, цифровая экономика, информационное моделирование.

The article describes the joint project of the St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (Russia) and LAB University (Finland), carried out

as part of the Cross-Border Cooperation Program to support joint projects along the EU's external borders "South-East Finland – Russia 2014–2020". The project is aimed to introduce BIM in higher and postgraduate education (professional retraining, advanced training). The authors demonstrate the relevance of the project, define the main directions of activities, propose some ways of implementation. The project will accelerate the development and introduction of BIM technologies in construction, and improve the educational environment. Some aspects have already been tested and implemented in Russian and Finnish education systems. Training methods being developed, including technical and conceptual aspects of BIM, will have a significant impact on the target groups of the project: students, experts, and teachers; Finnish and Russian construction companies; decision-makers in the construction industry.

Keywords: BIM, higher education, cross-border cooperation, digital economy, information modeling.

Процесс активного внедрения технологий информационного моделирования в сфере строительства длится в России уже несколько лет [1–5]. Руководством страны подписан ряд документов, которые призваны ускорить данный процесс и обеспечить ему необходимую поддержку [6–9]. Внедрение данных технологий должно ускорить цифровизацию процессов проектирования, строительства и эксплуатации, что является важным элементом развития цифровой экономики [10–12].

Во многих странах BIM уже давно и активно применяется [13–19], отставание России же в этом вопросе составляет, по разным оценкам, порядка 10–15 лет. За последние годы этот разрыв начал существенно сокращаться.

Здесь одной из ключевых проблем, как и во многих других областях промышленности, является огромный дефицит кадров, владеющих современными технологиями [20–23]. Современный темп их развития требует постоянного обучения, повышения квалификации, самоподготовки.

Подготовка кадров, владеющих технологией BIM, диктует необходимость разработки новых форматов обучения, новых методик преподавания, новых способов выработки практических навыков.

Несмотря на то, что во многих других странах BIM уже активно применяется на практике, система обучения этим технологиям в университетах пока слабо развита. Зачастую, в зарубежном опыте функция обучения новых специалистов технологиям BIM ложится

на строительные компании. Таким образом, перенести этот процесс в университеты является актуальной задачей и для европейского сообщества.

В начале 2020 года был одобрен совместный проект Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ) и Сайменского университета прикладных наук (LAV, Финляндия) «ВМ-ICE – Интеграция ВМ в высшее и профессиональное образование» (ВМ-ICE – BIM Integration in Higher and Continuing Education). Финансирование осуществляется в рамках Программы приграничного сотрудничества поддержки совместных проектов по внешним границам ЕС «Юго-Восточная Финляндия – Россия 2014–2020» (рис. 1).



CBC 2014-2020
SOUTH-EAST FINLAND - RUSSIA

Рис. 1. Логотип программы
«Юго-Восточная Финляндия – Россия 2014 – 2020»

Целью проекта ВМ-ICE является повышение уровня знаний студентов и профессионального сообщества в сфере ВМ-технологий, повышение качества профессионального образования, гарантирующего подготовку высококвалифицированных кадров для строительной отрасли.

Особую актуальность ВМ-ICE приобретает в контексте реализации национального проекта «Образование», направленного, в числе прочего, на обеспечение глобальной конкурентоспособности российских вузов.

Проект направлен на повышение производительности и качества строительной индустрии путем развития компетенций и процессов, поддерживающих использование цифровых инструментов. Преимущества измеряются временем, стоимостью и качеством. Под качеством подразумевается как качество конечного продукта, так и качество рабочей среды. Компетенции и процессы развиваются путем

создания новых моделей обучения для различных целевых групп, обработки информации для сравнительного анализа и, на основе результатов, разработки предложений для следующего шага развития BIM-стандартизации в Финляндии и в России.

Непосредственными целевыми группами проекта являются студенты высших учебных заведений в области архитектуры и строительства, профессиональные проектировщики и менеджеры проектов, разработчики строительных проектов и академические сотрудники университетов. Непрямыми целевыми группами являются частные и общественные организации и правительственные органы, которые извлекают выгоду из сделанных предложений, основанных на полученных результатах.

Основные направления реализации проекта заключаются в следующем:

1 Сбор информации об использовании BIM-технологий в России, Финляндии и других странах, обобщение имеющегося опыта и поиск лучших практик. Распространение и популяризация этих знаний.

2. Разработка новой проектной, междисциплинарной и международной образовательной модели изучения BIM для студентов высших учебных заведений.

3. Разработка и запуск программ повышения квалификации по BIM-технологиям для проектировщиков, менеджеров проектов, девелоперов и других представителей отрасли.

4. Разработка стандартов, методологии и учебных материалов, а также популяризация информации для лиц, принимающих решения в сфере строительства.

В рамках данного проекта в СПбГАСУ запланирован ряд действий, охватывающий все направления реализации проекта. Помимо работы с документацией, научными и учебно-методическими материалами, планируется следующее:

– Организация студенческих BIM-чемпионатов, отработка методик работы с группами студентов.

– Курирование студенческих пилотных проектов, выполняемых совместно студентами из СПбГАСУ и университета LAM.

– Разработка единой международной учебной программы на основе проекта BIM-Education для студентов вузов.

– Организация и проведение Международной конференции «ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры» (ВІМАС) с изданием сборника материалов.

– Разработка совместных программ повышения квалификации с приглашением лекторов обоих университетов. Выработка общей терминологии для формирования документации и учебных материалов.

– Внедрение и разработка стандартов для обеспечения дальнейшего использования результатов проекта региональными компаниями, местными руководителями и вузами в рамках созданной сети ВІМ-сообщества.

– Участие в мониторинге и распространении результатов проекта (через сайт проекта, социальные сети и другие каналы связи).

Проект призван повысить уровень образования и профессиональной компетентности, гарантировать квалифицированную рабочую силу и повысить производительность строительной индустрии путем разработки процессов, поддерживающих использование цифровых инструментов в строительной отрасли России и Финляндии. Содержание проекта соответствует национальным приоритетам России, изложенным в «Стратегии научно-технического развития Российской Федерации». Реализация проекта будет способствовать повышению уровня образования молодых исследователей и профессионального сообщества и повышению производительности строительной индустрии за счет сокращения времени, затрачиваемого на проектирование, строительство и обслуживание строительных объектов.

В долгосрочной перспективе проект ВІМ-ICE будет способствовать дальнейшей методологической поддержке внедрения ВІМ в процесс высшего, профессионального и непрерывного образования посредством следующих мер:

1. Разработка методик преподавания ВІМ-технологий и распространение опыта и результатов проекта.
2. Создание цифровой платформы открытого доступа к собранным и производимым материалам для специалистов и лиц, принимающих решения на разных уровнях.
3. Преемственность в образовании и развитии посредством обучения сотрудников вузов концепции и техническим аспектам ВІМ.

Проект улучшит новую образовательную среду, некоторые аспекты которой уже опробованы и внедрены в российских и финских системах образования. Обучение, включающее технические и концептуальные аспекты BIM, окажет значительное влияние на целевые группы проекта: студентов, экспертов и преподавателей, финские и российские строительные компании, а также лиц, принимающих решения.

Литература

1. Рыбакова А.О., Харитонов Д.С. BIM-сопровождение для эффективности проектирования и строительства // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 6(96). С. 109–111.
2. Алабин А.В., Свищева М.А. Преимущества создания проекта реконструкции, модернизации и демонтажа объектов строительства с использованием BIM технологий // Научно-технический вестник Поволжья. 2019. № 1. С. 92–96.
3. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 61–65.
4. Лушников А.С. Проблемы и преимущества внедрения BIM-технологий в строительных компаниях // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6(53). С. 252–256.
5. Шеина С.Г., Петров К.С., Федоров А.А. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России // Строительство и техногенная безопасность. 2019. № 14(66). С. 7–14.
6. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы» // СЗ РФ. 2017. № 20. ст. 2901.
7. О первоочередных задачах по модернизации строительной отрасли и повышению качества строительства: поручение президента РФ от 19 июля 2018 г. Пр – 1235. URL: <http://www.normacs.ru/Doclist/doc/12569.html>. (дата обращения: 05.04.2019).
8. Об утверждении Программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>. (дата обращения: 27.02.2018).
9. 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: <http://www.minstroyrf.ru/docs/2663/> (дата обращения: 27.02.2018).
10. Добрынин А.П., Черных К.Ю., Куприяновский В.П., Куприяновский П.В., Сиягов С.А. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4, № 1. С. 4–11.

11. Бахарева О.В., Кордончик Д.М. Исследование интеграционных процессов ВІМ-инновационной среды в реальном секторе экономики региона // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 97–102.
12. Чурбанов А.Е., Шамара Ю.А. Влияние технологии информационного моделирования на развитие инвестиционно-строительного процесса // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13, Вып. 7(118). С. 824–835. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.824-835.
13. Troncoso-Pastoriza F., Eguía-Oller P., Díaz-Redondo R.P., Granada-Álvarez E. Generation of BIM data based on the automatic detection, identification and localization of lamps in buildings // Sustainable Cities and Society. 2018. Vol. 36. P. 59–70. DOI: 10.1016/j.scs.2017.10.015.
14. Kim J., Kim H., Tanoli W.A., Seo J. 3D earthwork BIM design and its application in an advanced construction equipment operation // AEJ. 2019. Vol. 4, No. 2. P. 22–26. DOI: 10.23968/2500-0055-2019-4-2-22-26.
15. Barazzetti L., Banfi F., Brumana R., Gusmeroli G., Previtali M., Schiantarelli G. Cloud-to-BIM-to-FEM: Structural simulation with accurate historic BIM from laser scans // Simulation Modelling Practice and Theory. 2015. Vol. 57. P. 71–87. DOI: 10.1016/j.simpat.2015.06.004.
16. Chen Y.-J., Lai Y.-S., Lin Y.-H. BIM-based augmented reality inspection and maintenance of fire safety equipment // Automation in Construction. 2020. Vol. 110. P. 103041. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.103041.
17. Shirowzhan S., Sepasgozar S.M.E., Edwards D.J., Li H., Wang C. BIM compatibility and its differentiation with interoperability challenges as an innovation factor // Automation in Construction. 2020. Vol. 112. P. 103086. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103086.
18. Andreani M., Bertagni S., Biagini C., Mallo F. 7D BIM for sustainability assessment in design processes: a case study of design of alternatives in severe climate and heavy use conditions // AEJ. 2019. Vol. 4, No. 2. P. 3–12. DOI: 10.23968/2500-0055-2019-4-2-3-12.
19. Nicał A.K., Wodyński W. Enhancing Facility Management through BIM 6D // Procedia Engineering. 2016. Vol. 164. P. 299–306. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.623.
20. Разов И.О., Березнев А.В. Внедрение ВІМ в образовательный процесс для подготовки Инженера 2.0 // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 215–218. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.039.
21. Krivonogov A., Zakharova G., Kruglikov S., Plotnikov S. Implementation of BIM-technologies in the educational program of the architectural university // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 146. 01001. DOI: 10.1051/mateconf/201814601001.
22. Халаби С.М., Савельева Л.В., Плотникова О.Г. Внедрение технологий информационного моделирования в инженерно-архитектурное образование // Architecture and Modern Information Technologies. 2017. Vol. 40, № 3. С. 322–331.
23. Гришина Н.М., Чалый Ю.Ю. Проблемы и перспективы обучения ВІМ в ВУЗах: управление развитием в строительстве // Известия КГАСУ. 2017. № 3(41). С. 277–288.

УДК 372.862+378.147

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.049

Шувалова Светлана Семеновна, канд. пед. наук, заведующий кафедрой
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: ingraf@spbgasu.ru, ORCID: 0000-0001-8781-4733

Петухова Анна Викторовна, канд. пед. наук, доцент
(Новосибирский архитектурно-строительный университет,
Сибирский государственный университет путей сообщения)

E-mail: petukhovaav@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7775-5220

Shuvalova Svetlana Semenovna, PhD of Sci. Phi., Head of Department
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Petukhova Anna Viktorovna, PhD of Sci. Phi., Associate Professor
(Novosibirsk State University of architecture and Civil Engineering (Sibstrin),
Siberian Transport University)

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

INFLUENCE OF INFORMATION MODELING TECHNOLOGIES ON THE DEVELOPMENT OF THE ENGINEERING GRAPHICS TRAINING SYSTEM

В статье рассматриваются вопросы, связанные с подготовкой бакалавров и специалистов строительной отрасли, владеющих технологиями информационного моделирования. Обсуждаются подходы к обучению студентов технических вузов с использованием современных программных средств, применяемых в строительном проектировании. Рассматриваются различные аспекты формирования учебно-методических комплексов графических дисциплин с опорой на BIM-технологии. Предлагается вариант реструктуризации системы инженерно-графической подготовки в строительном университете. Подчеркивается важность своевременного внедрения элементов информационного моделирования на всех этапах обучения будущих специалистов.

Ключевые слова: информационная модель строительного объекта, образовательные технологии, цифровая образовательная среда, дисциплины графического цикла, современные программные комплексы.

The article raises issues related to the training of bachelors and specialists majoring in civil engineering and mastering information modeling technologies. The authors discuss approaches to teaching engineering students with the use of modern software tools for structural design. They describe various aspects of developing teaching materials for drawing and graphic courses based on BIM technologies and suggest restructuring the engineering graphics training system at civil engineering universities. The authors also emphasize the importance of the early implementation of BIM elements at all stages of future specialists' training.

Keywords: building information model, educational technologies, digital educational environment, drawing and graphic courses, modern software systems.

Технологии информационного моделирования (BIM) становятся сегодня неотъемлемой частью всех составляющих профессиональной деятельности специалистов строительной отрасли. Мы наблюдаем примеры успешного их внедрения в больших и малых компаниях [1]. Для обмена опытом созданы специальные информационные ресурсы и открытые публичные площадки. Проводятся форумы, конференции, совещания и семинары, посвященные вопросам внедрения BIM-стандартов, BIM-протоколов, реализации BIM-проектов [1, 2]. Одновременно мы видим рост обеспокоенности руководителей предприятий, связанный с тотальным недостатком сотрудников, владеющих инструментами информационного моделирования. Анализ рынка труда за 2016–2019 годы, выполненный при помощи специалистов центров занятости населения показал постоянный рост спроса на такие профессии как BIM-менеджер, BIM-инженер, BIM-координатор, BIM-проектировщик. Рост спроса на эти направления связывают прежде всего с реализацией курса правительства на развитие «цифровой экономики», новыми постановлениями и приказами министерства строительства.

Задача вузов – обеспечить рынок труда профессионалами, обладающими необходимым набором компетенций в области информационного моделирования. И решаться эта задача должна при участии и координации всех субъектов образовательного процесса. Необходимо объединить усилия специальных и общеобразовательных кафедр, выстроить такую образовательную траекторию, следуя по которой, студент сможет глубоко и полно освоить необходимые знания и инструментарий [3, 4].

Понимание технологии информационного моделирования должно формироваться с опорой на знания в области геометрического и про-

странственного моделирования, технологии и организации строительства, экономических знаний, основных теоретических положений начертательной геометрии и пр. [5, 6].

Только совместные усилия всех кафедр вуза могут создать ту форму образовательного пространства студента, которая необходима для овладения комплексом современных знаний, умений и навыков.

Кафедры графического цикла, вероятно, должны взять на себя первый этап в цепи шагов, обеспечивающих развитие компетенций цифрового моделирования.

Изучая такие дисциплины, как начертательная геометрия и инженерная графика, студент получает сведения по формообразованию поверхностей, их типологии и взаимодействию, учится использовать возможности геометрического моделирования при решении инженерных и архитектурно-строительных задач, возникающих при проектировании [7].

BIM является развитием классических методов проектирования: частным результатом процесса цифрового моделирования на определенных этапах является визуальная информация в виде чертежей (планы, фасады, разрезы зданий). Проектировщик должен уметь читать эти чертежи, чтобы оценить качество проделанной работы и внести соответствующие коррективы.

Наряду с классическими теоретическими и практическими положениями, формирующими у студента понимание теории получения изображений и правил оформления проектно-конструкторской документации, в курсы инженерно-графических дисциплин должны быть включены элементы информационного моделирования в среде объектно-ориентированных программных комплексов, таких как REVIT, Renga, AutoCAD, CIVIL 3D и пр. Уже на первом-втором курсе возможно ввести в учебный процесс такие дисциплины как «Основы информационного моделирования зданий» или «Введение в BIM-технологии». Конечно, на первом курсе студент не в состоянии разработать полноценный проект, но, вполне способен «прочитать» архитектурно-строительный чертеж и попробовать реализовать его с помощью инструментов, доступных в соответствующем программном комплексе. Примеры таких учебных программ уже есть.

Например, в Сибирском государственном университете путей сообщения с 2013 года в основную образовательную программу на втором курсе введена дисциплина «Современные программные комплексы в строительном проектировании». Читается она на кафедре «Графика». В рамках этой дисциплины студенты знакомятся с базовыми положениями технологии информационного моделирования в строительстве [8, 9]. По готовому проекту, с опорой на знания, полученные при изучении Начертательной геометрии, Инженерной графики, Инженерной геодезии и Информационных технологий в рамках курса создаётся ряд информационных моделей транспортных сооружений, строительных конструкций и зданий. В процессе работы над моделями студент закрепляет и расширяет полученные знания, осознаёт взаимосвязи между учебными дисциплинами, убеждается в важности освоения всей совокупности навыков для успешного овладения профессией, на готовом примере знакомится со структурой реального инженерного проекта. Учитывая специфику кафедры, акцент в работе делается в основном на модельную и графическую составляющие, такие как чтение чертежей проекта, анализ геометрических пространственных характеристик основных конструктивных составляющих объекта, понимание соотношения и взаимодействия между его частями, анализ взаимного положения элементов конструкций. С педагогической точки зрения, такой курс играет очень важную роль в структуре инженерно-графической подготовки студента. Он позволяет преподавателю углубить и расширить круг вопросов, рассматриваемых в курсах графических дисциплин, и подвести студента к этапу практического применения знаний, создать надежную базу для дальнейшего обучения, подготовить обучающегося к восприятию содержания специальных дисциплин. Примеры некоторых этапов работы, выполняемой студентами второго курса специалитета по направлению Строительство приведены на рис. 1 и 2.

Учитывая вектор развития технологии строительного проектирования, внедрение курсов «Информационного моделирования» неизбежно, как неизбежно появилась компьютерная графика во всех университетах страны. Чем раньше мы начнем подготовку материальной и учебно-методической базы под эту задачу, тем лучше для всех заинтересованных сторон: обучающихся, работодателей, заказчиков и др.

Условиями внедрения курса «Основы информационного моделирования зданий» в структуру инженерно-графической подготовки студентов являются: увеличение объема часов учебной нагрузки, выделяемых для изучения разделов графических дисциплин; создание лабораторий информационного моделирования при кафедрах; обучение или переподготовка преподавателей; своевременная покупка и обновление современного программного обеспечения; повышение уровня осведомленности преподавателей о последних разработках в области информационного моделирования; создание площадок для обмена опытом по развитию методик преподавания этих новых для вуза дисциплин; развитие цифровой образовательной среды университета [10, 11].

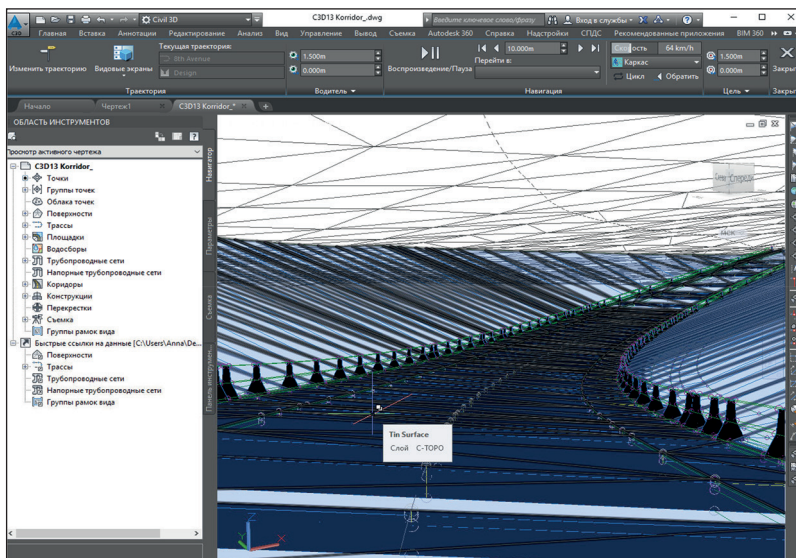


Рис. 1. Пример работы над информационной моделью транспортного сооружения

Информационное моделирование является неотъемлемой частью современного процесса инженерного проектирования, поэтому оно должно стать частью общих компетенций специалиста как

можно раньше. Формирование у студентов вуза практического опыта использования современных программных комплексов позволяет развить кругозор, профессиональную уверенность, повысить удовлетворенность процессом обучения. Полученные знания являются хорошей основой для дальнейшего саморазвития будущего специалиста, могут быть востребованы при выполнении курсовых и дипломных проектов, а также в будущей профессиональной деятельности.

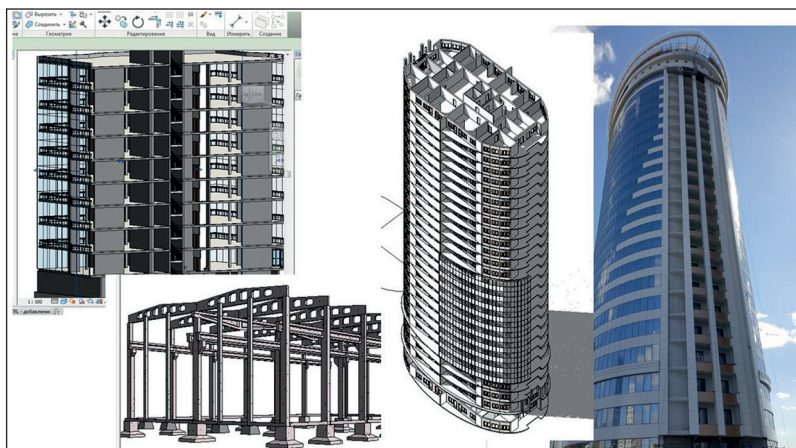


Рис. 2. Примеры промежуточных этапов работы над информационными моделями зданий

Теперь уже не вызывает сомнения, что на следующем этапе развития строительной отрасли ВМ-технология возьмет верх над системой раздельной документации, потребность в подготовке ВМ-специалистов будет нарастать. Системе образования придется ответить на запрос рынка труда. Следовательно, настало время развивать дисциплины, способные обеспечить будущего выпускника необходимыми знаниями.

Литература

1. ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. [15-17 мая 2019 г.]; СПб.: СПбГАСУ, 2019. 274 с.
2. ВМ. Проектирование. Строительство. Эксплуатация: Материалы Всероссийского форума / Под ред. Д.К. Проскурина. Воронеж: ВГТУ, 2018. 73 с.

3. Семенов А.А. Обучение BIM в университете: необходимые технологии // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 223–227. DOI: 10.23968/VIMAC.2019.041.
4. Полуэктов В.В., Азизова-Полуэктова А.Н. Информационное моделирование (BIM) для студентов института архитектуры и градостроительства // Архитектурные исследования. 2016. № 3. С. 46–50.
5. Шувалова С.С. К вопросу разработки компетентностной модели учебной дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» в условиях ФГОС ВПО // Архитектура – Строительство – Транспорт: материалы 71-й науч. конф. профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. СПб.: СПбГАСУ, 2015. С. 253–257.
6. Шувалова С.С. К вопросу оптимизации курса начертательной геометрии для студентов-архитекторов // Инновационные технологии в инженерной графике, проблемы и перспективы: сборник трудов Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: НГАСУ; Брест: БГТУ, 2018. С. 365–369.
7. Шувалова С.С. Геометрическое моделирование: вчера и сегодня // Педагогические параллели: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 701–704.
8. Петухова А.В. Перспективы развития системы инженерно-графической подготовки в свете реализации плана по внедрению BIM-технологии // Вопросы строительства и инженерного оборудования объектов железнодорожного транспорта: материалы науч.-практ. конф. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2017. С. 242–252.
9. Петухова А.В. Образовательное пространство кафедры графического цикла в условиях глобальной цифровизации образования // Профессиональное образование в современном мире. 2019. Т. 9, № 2. С. 2786–2795.
10. Петухова А.В. Обучение CAD- и BIM-комплексам: особенности оценки уровня сформированности компетенций с помощью электронных тестов // Электронные образовательные технологии: решения, проблемы, перспективы: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2018. С. 86–91.
11. Болбат О.Б., Петухова А.В., Андриюшина Т.В. Электронное учебно-методическое сопровождение дисциплин // Образовательные технологии и общество. 2019. Т. 22, № 2. С. 78–84.

ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 721.001

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.050

Букунов Александр Сергеевич, аспирант, ассистент
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет)
E-mail: sasbukunov@yandex.ru

Bukunov Alexander Sergeevich, PostGraduate, Assistant Professor
(St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great,
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

INFORMATION PROCESSING FOR DECISION-MAKING DURING INFORMATION MODELING

База знаний информационного моделирования – это экспертная система, связывающая проектные, конструкторские, инженерные модели. Это накопитель данных для принятия решений, который связывает проектные решения с оценочными и финансовыми решениями. Предложено пассивные данные, которые были предметом и результатом работы программ, сделать активными, чтобы они начали управлять операциями и могли определить, что делать дальше. Проведен факторный анализ удельных затрат на производство строительной продукции на основе множественного линейного корреляционно-регрессионного анализа. Рассмотрены возможности машинного обучения и требования к данным для программы обучения.

Ключевые слова: информационное моделирование, база знаний, принятие решений, корреляционно-регрессионный анализ, машинное обучение.

In information modeling, a knowledge base is an expert system interconnecting architectural, structural, and MEP models. It represents data storage for decision-making that links design solutions with evaluation and financial decisions. It is proposed to make passive data (the subject and output of programs) active so that they would manage operations and could determine what to do next. In the course of the study, a factor analy-

sis of unit costs for the manufacturing of construction products was performed based on multiple linear correlation and regression analysis. The possibilities of machine learning and data requirements for the learning program are considered in the article.

Keywords: information modeling, knowledge base, decision-making, correlation and regression analysis, machine learning.

Введение. В последние годы в строительстве активно применяются новые технологии, облегчающие обмен информацией между архитекторами, строителями, конструкторами, инженерами и подрядчиками [1]. Создаваемая компьютерная модель строительного проекта – от его бумажной разработки, проектирования, строительства, эксплуатации, до утилизации здания – изменчива, в нее можно вносить любые изменения и сразу видеть, как они влияют на проект и эксплуатацию здания. Взаимодействие между различными приложениями и заинтересованными сторонами направлено на обеспечение согласования данных [2]. Препятствием компьютерной модели является невозможность полностью совершать расчеты и принимать решения без участия человека. Компьютерный процесс разработки рабочей документации затруднен выполнением расчетов строительных конструкций по методу конечных элементов [3].

Предложено пассивные данные, которые были предметом и результатом работы программ, сделать активными, чтобы они начали управлять операциями и могли определить, что делать дальше. Для этого использовано машинное обучение, позволяющее обрабатывать данные и превращать их в знания, чтобы автоматически извлекать алгоритмы из данных, заменив программистов обучающимися программами.

Цель работы – исследование возможностей BIM для извлечения данных из базы знаний (БЗ) для принятия решений. В процессе исследования были решены задачи:

- представление БЗ как экспертной системы, которая связывает между собой проектные инженерно-технические модели и выступает как передатчик проектных решений в сметные и финансовые решения и аккумулятор данных для принятия решений;
- факторный анализ удельных затрат на производство строительной продукции на основе множественного линейного корреляционно-регрессионного анализа;

- анализ возможностей машинного обучения и требований к данным для обучающейся программы.

Единая база строительного проекта. В течение всего жизненного цикла объекта недвижимости в ВМ-системе создается база данных, включающая информацию об эскизных проектах, генпланах объекта, проектную и рабочую документацию, план календарного планирования и проведения работ, себестоимость работ и комплектующих и множество сопутствующей информации [4]. Для управления информационными потоками (ИП) и принятия решений нужен качественный анализ данных. Для создания объектно-ориентированной базы данных кроме ВМ можно использовать ГИС-системы, базы данных типовых решений, базы производителей, системы управления строительством и эксплуатацией, данные корпоративных систем ERP (Enterprise Resource Planning System) [2].

Данные могут варьироваться от проекта к проекту. На этапе концепции получаем объемы материалов для дальнейших расчетов. В финансовом блоке можно на ранних этапах рассчитать стоимость строительства, исходя из укрупненных расценок заказчика. На следующих этапах развития объекта, дополняя базу данными проектной, строительной и эксплуатационной моделей, можно анализировать развитие инвестиционно-строительного проекта. На основании этих данных выявляются отклонения проекта от исходной инвестиционной модели, что позволяет вовремя изменять управленческие решения, основываясь на принципе обратной связи.

Технологии параметрического моделирования. В современных системах с поддержкой параметрического моделирования создается математическая модель объекта с регулируемыми параметрами, что позволяет сократить количество ошибок. В цифровом параметрическом моделировании применяют две основные технологии. Геометрическая основана на сохранении истории изменений с повтором операций, создающих модель и ее элементы. Вариационная технология создает условия для подстройки геометрии, конструкции, сетей. При этом на чертеж объекта накладываются параметрические

связи и ограничения, представляющие собой систему уравнений, задающих зависимости между параметрами [5].

Revit как параметрическая платформа становится основным инструментом строителей, позволяющим внедрять в модель зависимости между элементами здания. Это позволяет создавать конструкции сложной геометрии, автоматизировать инженерные расчеты, автоматически форматировать чертежи, спецификации и сметы. Однако при моделировании строительных конструкций происходит идеализация геометрической формы, конструкции и внешних силовых воздействий. Реальные элементы конструкции обладают конкретными размерами, но для облегчения вычислений используют конечные элементы с бесконечно малым размером [3]. Поэтому в процессе проектирования с помощью специалиста по расчетам осуществляется несколько переходов между объемным и плоским представлением объекта и его элементов. Эти процедуры субъективны и не стандартизированы.

Комбинация геометрической и вариационной технологий параметрического моделирования подводит к машинному обучению. Использование истории создания базы данных строительной продукции, материалов, комплектующих, поставщиков с их ценами и анализа удельных затрат на производство продукции позволяет решать задачи повышения эффективности строительства.

Выявление закономерностей с помощью машинного обучения. Перспективой развития является накопление большого массива данных об объектах строительства и их адаптация путем изменения данных в течение всего жизненного цикла. К понятию адаптация близко понятие обучение. Под обучением понимается процесс выработки в системе реакции на внешние сигналы путем многократных воздействий на систему и внешних корректировок. Обучение может быть использовано в процессе адаптации как один из методов для получения управляющей информации [6]. Это дает возможность разработки систем аналитики и даже автоматизации отдельных проектных задач средствами машинного обучения.

Сначала в несколько этапов проводится подготовка данных и интерпретация полученного результата. Прежде всего, из огромной базы данных (БД), охватывающей разные области проектирования,

создаем меньшую БД (например, по материалам, по сметам, по компонентам). Далее данные сохраняются в хранилище, где мы подвергаем их анализу. Необходимо определить скрытые закономерности в больших объемах исходных данных. Это ранее неизвестные, полезные для практического применения, доступные для интерпретации закономерности. Одним из способов осмысления информации является многомерный куб данных, в котором измерения соответствуют атрибутам, а операции анализа данных определены в виде действий над кубом (срезы, выделение подмножеств). Возможности аналитической обработки ограничены гипотезами человека. Например, при анализе стоимости здания мы не можем найти связь между сырьем и уровнями незавершенного строительства. Это возможно только при анализе по алгоритмам машинного обучения. Для построения модели по данным мы использовали методы регрессии, классификации. Данные разделялись на две части. По обучающей выборке обучали модель, позже определяли точность ее предсказаний по контрольной выборке.

Факторный анализ удельных затрат на производство. Эконометрическое моделирование является эффективным инструментом построения производственных функций для практического использования в экономическом анализе, прогнозирования себестоимости, а также в управлении ИП производства. Среди популярных экономико-математических методов моделирования в строительстве – расчета показателей вариации, интегрального, сетевого, метода рассеяний – был выбран корреляционно-регрессионный анализ, основанный на изучении и количественном измерении взаимосвязей между факторами.

В исследовании проведен факторный анализ удельных затрат на производство строительной продукции (себестоимости строительной продукции) на основе множественного линейного корреляционно-регрессионного анализа. В качестве основных факторов выбраны такие, как период оборачиваемости запасов, уровень незавершенности объекта строительства и материалоемкость объекта строительства. Оборачиваемость запасов характеризует качество запасов предприятия, эффективность управления ими, позволяет вы-

явить остатки неиспользуемых запасов. Материалоемкость представляет собой отношение суммы материальных затрат к стоимости произведенной продукции. Уровень незавершенного строительства определяется как отношение затрат незавершенного строительства к стоимости готовой продукции. Добавление в модель других факторов (сроков строительства, трудоемкости и прочих) незначительно улучшили оценочные показатели, поэтому они не учитывались. Расчет параметров модели множественной линейной регрессии проведен с использованием инструментов Microsoft Excel. Это позволило построить следующую трехфакторную функцию себестоимости строительной продукции:

$$Y = 487,032 + 0,172 \cdot X_1 + 4,175 \cdot X_2 + 6,024 \cdot X_3,$$

где X_1 – период оборачиваемости запасов (в единицах измерения времени); X_2 – уровень незавершенности объекта (в долях или процентах); X_3 – материалоемкость объекта строительства (в долях или процентах).

Результаты экономико-математического моделирования зависимости себестоимости продукции от различных факторов позволяют дать следующую интерпретацию:

- сокращение длительности оборота запасов на 1 день ведет к снижению себестоимости строительной продукции на 0,172 руб./тыс. руб.;
- снижение уровня незавершенного строительства на 1 % ведет к снижению себестоимости строительной продукции на 4,175 руб./тыс. руб.;
- уменьшение материалоемкости объекта строительства на 1 % снижает себестоимость строительной продукции на 6,024 руб./тыс. руб.

Анализ модели дает возможность получения управляющей информации, позволяющей оптимизировать планирование строительства, определить резервы снижения себестоимости, повышения конкурентоспособности и эффективности строительства.

Выводы. Информационное моделирование выводит проектирование, строительство и эксплуатацию на новый технологический уровень, который позволяет повысить эффективность принимаемых

решений, но требует передачи информации в цифровом виде, ее многократного использования на различных стадиях жизненного цикла объекта. Для принятия управленческих решений необходима обработка информации, ее анализ и выявление скрытых закономерностей. Огромную роль в управлении строительными проектами играет скорость принятия решений по управлению затратами, влияющими на себестоимость строительства. Возникает необходимость машинного обучения. Анализ удельных затрат на производство продукции как элемент экспертной системы позволяет решать задачи повышения эффективности строительства. Важными ориентирами для уменьшения производственных затрат становятся моделирование и анализ факторов, воздействующих на себестоимость продукции. В ходе проведенных исследований реализован факторный анализ удельных затрат на производство строительной продукции на основе множественного линейного корреляционно-регрессионного анализа как элемент экспертной системы.

Литература

1. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. М.: Финансы и статистика, 1998. 176 с.
2. Букунов А.С. Управление жизненным циклом объекта строительства на основе технологии информационного моделирования. Системный анализ в проектировании и управлении (САЕС): сб. науч. тр. XXII Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. С. 324–330.
3. Сабоннадьер Ж.К., Кулон Ж.Л. Метод конечных элементов и САПР. М.: Мир, 1989. 192 с.
4. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 393 с.
5. Bukunova O., Shumilov K. Parametric design as information modeling tool in dynamic architecture. IV International Scientific Conference “The Convergence of Digital and Physical Worlds: Technological, Economic and Social Challenges” (CC-TEESC2018). St. Petersburg, 2018. Vol. 44, 00019. DOI: 10.1051/shsconf/20184400019.
6. Alpaydin E. Machine learning: The New AI. The MIT Press, 2017. 224 p.

УДК 697.4

DOI: 10.23968/VIMAC.2020.051

Гнедых Виктория Сергеевна, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: gnedyh_viktoriya@mail.ru

Демшина Дарья Александровна, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: d.dyomshina@list.ru

Gnedyh Viktoria Sergeevna, master student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

Dyomshina Darya Alexandrovna, master student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ ПРИ BIM-МОДЕЛИРОВАНИИ

HYDRAULIC ANALYSIS IN THE HEATING SYSTEM DURING BUILDING INFORMATION MODELING

Проектные организации в последнее время всё чаще используют программный комплекс Autodesk REVIT для создания BIM-модели зданий, в том числе это затрагивает и проектирование внутренних инженерных сетей. Программа Autodesk REVIT позволяет выполнять расчёты, подбирает диаметры трубопроводов и воздухопроводов, а также высчитывает потери давления в сети. Инженеры сталкиваются с проблемой несоответствия диаметров, потерь давления между программным расчётом и ручным. Почему происходят такие расхождения необходимо выяснить, чтобы в дальнейшем смело использовать данный программный комплекс для расчётов. Опираясь на российские стандарты, необходимо понять, насколько точные и правильные расчёты выдаёт программный комплекс.

Ключевые слова: BIM-технологии, информационная модель здания, Autodesk Revit, гидравлический расчет, система отопления, сравнительный анализ.

Lately, design organizations have been using Autodesk Revit more and more often to create BIM models of buildings, including MEP. Autodesk Revit allows users to perform calculations, select pipe and duct diameters, determine pressure loss in the network. When values obtained during automatic and manual calculations are compared,

discrepancies in diameters and pressure losses may be observed. We need to find out why they occur in order to safely use this software package for future calculations. Relying on Russian standards, we should determine how accurate its calculations are.

Keywords: BIM technologies, building information model, Autodesk Revit, hydraulic analysis, heating system, comparative analysis.

В связи с тем, что BIM-моделирование прочно внедряется в строительную индустрию, появляется потребность в программных продуктах, специализирующихся на информационном моделировании зданий, одним из наиболее универсальных и подходящих для проектирования в разных областях является Autodesk REVIT. Уже не раз проводились исследования, затрагивающие вопросы проектирования в этой программе, рассматривались вопросы, связанные с разработкой оборудования в системе отопления: способы подключения отопительных приборов к системе отопления [1], проводился анализ расчетов потерь тепла через ограждающие конструкции [2], рассматривался сравнительный анализ аэродинамического расчета [3, 4].

В рамках указанной темы был осуществлен расчет традиционным методом, при помощи программного комплекса и произведен сравнительный анализ полученных показателей.

Специалисты при выполнении гидравлического расчёта пользуются стандартными методиками, чаще всего из справочника проектировщика [5]. В технической литературе так же можно попробовать найти много различных формул для определения коэффициента гидравлического трения, например, такие как: формулы Альтшуля, Блазиуса, Прандтля, Никурадзе и другие, в том числе довольно часто можно встретить и упоминание формулы Колбрука [5].

Модель, на основе которой производилось сравнение результатов гидравлического расчёта – небольшой участок системы отопления, смоделированной в Revit – циркуляционное кольцо горизонтальной двухтрубной коллекторной системы с нижней разводкой и тупиковым движением теплоносителя (рис. 1).

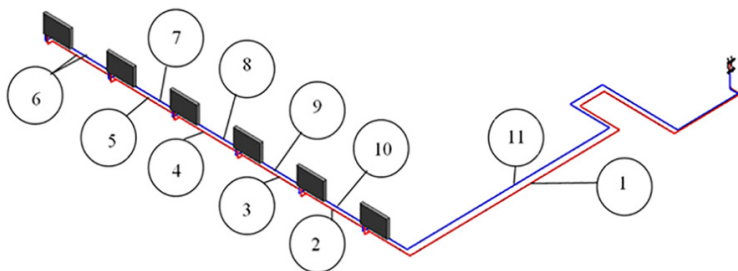


Рис. 1. Модель расчетного циркуляционного кольца в программе Revit

В программе Revit приведено два метода расчета системы отопления (рис. 2).

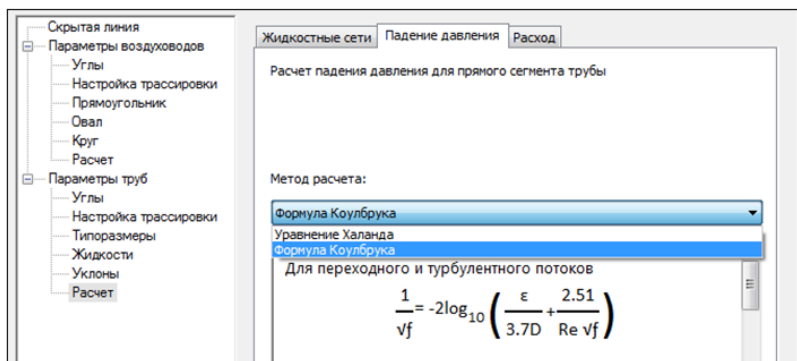


Рис. 2. Методы расчета системы отопления

Был рассмотрен метод расчёта по формулам Коулбрука.

Формулы, приведенные в программе, имеют обозначения, отличающиеся от обозначений, принятых в традиционном методе расчета.

Был рассмотрен участок № 2 циркуляционного кольца системы для сравнительного анализа результатов.

Диаметры трубопроводов D рассчитываются путем выделения системы за счет нажатия кнопки TAB и выбора команды «Определение размеров воздуховодов/труб» по предварительно заданной скорости.

Потери давления на участке определяется по формуле [6]:

$$\Delta P = f \cdot (L / D_h) \cdot \rho \cdot (V_c^2 / 2), \text{ Па}, \quad (1)$$

где f – коэффициент сопротивления трения; L – длина участка, м; D_h – гидравлический диаметр, м; ρ – плотность воды, кг/м³; V_c – скорость теплоносителя на участке, м/с.

Число Рейнольдса определяется по формуле:

$$\text{Re}_h = D_h \cdot V_c / \nu, \quad (2)$$

где ν – кинематическая вязкость, м²/с.

Кинематическая вязкость определяется по формуле:

$$\nu = m \cdot \rho, \text{ м}^2 / \text{с}, \quad (3)$$

где m – вязкость водной среды (динамическая), Па·с.

Данное значение также является промежуточными в программе Revit для определения числа Рейнольдса, поэтому численное значение в программе не отображается.

Скорость на участке определяется по формуле:

$$V_c = q / A_c, \text{ м/с}, \quad (4)$$

где q – расход на участке, м³/ч; A_c – фактическая площадь поперечного сечения трубопровода, м².

Удельные потери давления на трение определяется по формуле:

$$\Delta P_f = \Delta P / L, \text{ Па/м}, \quad (5)$$

где ΔP – падение давления, Па; L – длина участка, м.

Коэффициент потерь определяется по формуле:

$$c = \Delta P / p_v, \quad (6)$$

где p_v – рабочее давление, Па, определяется по формуле (рассчитанного значения коэффициента потерь в программе нет, но так как оба составляющих этого выражения присутствуют, рассчитаем вручную):

$$p_v = \rho \cdot V_c^2 / 2, \text{ Па}. \quad (7)$$

Потери давления на участке определяются по формуле:

$$\Delta P_{\text{уч}} = \Delta P + p_v, \text{ Па.} \quad (8)$$

Исходя из перечисленных формул, заложенных в Revit, и методе традиционного расчета, приведем результаты сравнительного анализа одного участка системы, изображенной на рис. 1, и занесем данные в табл. 1.

Таблица 1

Результаты сравнительного анализа

| | Скорость воды на участке, w , м/с | Число Рейнольдса, Re | Потери давления на участке $\Delta P_{\text{уч}}$, Па |
|----------------------------|-------------------------------------|------------------------|--|
| Формула Коулбрука | 0,28 | 12022 | 313 |
| Традиционный метод расчета | 0,28 | 13804 | 177 |
| Погрешность расчета, % | 0 | 12 | 43 |

При расчете потерь давления на участке в традиционном методе расчета, коэффициенты местных сопротивлений приняты по [7].

В табл. 1 в значении потерь давления на участке разница между ручным и программным счетом существенна, за счет того, что потери давления на местные сопротивления определяются эмпирическим путем.

В REVIT в свойствах семейства отводов и тройников заложены следующие способы определения потерь на местные сопротивления (рис. 3): коэффициент K из таблицы, определенный коэффициент, удельные потери, использовать определение по типоразмеру. Высокая точность с ручным расчетом [8], возможна только при задании определенного коэффициента в программе (рис. 3).

Погрешность в вычислениях между методиками [6] и [8] достаточно велика. Но так как на практике потери давления в арматуре трубопроводов высчитываются через пропускную способность клапана K_{vs} , есть возможность в семействе арматуры создавать за-

висимость потерь давления от параметра K_{vs} . Для гидравлической устойчивости системы в семействах балансировочной и терморегулирующей арматуры необходимо также назначить минимальные потери давления на клапане [9]. И если все семейства соединительных элементов, арматуры и оборудования будут настроены правильно, то и потери давления в системе будут считаться корректно, и гидравлический расчет в REVIT будет возможен для практического применения проектировщиками.

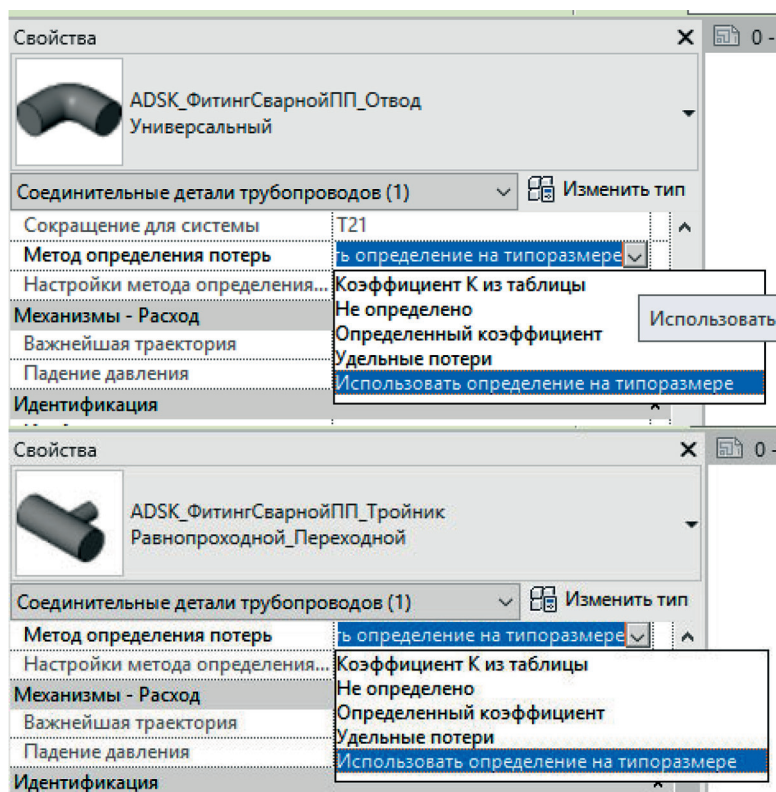


Рис. 3. Способы определения потерь на местные сопротивления для отвода и тройника

Следовательно, было найдено теоретически возможное решение для устранения данной проблемы, но для расчёта системы отопления программу лучше не использовать, так как имеется достаточно высокая погрешность в расчётах. Необходимы усовершенствование и доработка программного комплекса для смелого использования программных расчётов систем в сфере проектирования.

Литература

1. Суханов К.О., Бардадым В.Ю., Попов В.Ю. Анализ способов подключения отопительных приборов при проектировании в Revit // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научн.-практич. конф.; СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 155–159.
2. Усенко В.В., Суханова И.И. Определение тепловых потерь через наружное ограждение в современных программных комплексах // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научн.-практич. конф.; СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 152–155.
3. Гнедых В.С., Демшина Д.А. Интеграция программных комплексов информационного моделирования зданий в области отопления и вентиляции // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 257–261. DOI: 10.23968/BIMAC.2019.047.
4. Суханова И.И., Гнедых В.С., Демшина Д.А. Анализ гидравлического и аэродинамического расчетов систем отопления и вентиляции на основе BIM – моделирования // Инженерный вестник Дона. 2019. № 9. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6220> (дата обращения: 17.02.2020).
5. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление: учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1991. 735 с.
6. Справка Autodesk Revit 2018. URL: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/RUS/?guid=GUID-6708486B-6D46-49DF-8438-14EAAA6F0818> (дата обращения: 28.03.2019).
7. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.
8. Покотиллов В.В. Системы водяного отопления. Фирма «HERZ Armaturen». Вена, 2008. 159 с.
9. Про гидравлический расчет в Revit стандартными средствами. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=20497 (дата обращения: 04.12.2019).

УДК 69.001.5

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.052

Кротов Олег Михайлович, студент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: krotov.om@edu.spbstu.ru, ORCID: 0000-0003-0911-5341

Талипова Лилия Василевна, ассистент

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

E-mail: talipova_lv@spbstu.ru, ORCID: 0000-0003-4367-8973

Krotov Oleg Michailovich, student
(Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University)
Talipova Lilia Vasilevna, assistant
(Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University)

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ СОЗДАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ГОРОДОВ С ПОДЗЕМНЫМ ПРОСТРАНСТВОМ

CAPABILITIES OF MODERN SOFTWARE COMPLEXES IN CREATING INFORMATION MODELS OF CITIES WITH UNDERGROUND SPACES

В работе рассматривается взаимодействие программ при создании BIM модели городского пространства в плане реализации умного города. Анализируются программы, существующие на российском и зарубежном рынках для разных разделов проектирования зданий и дорог, планирования работ и составления смет, а также работы с различными геоинформационными системами. Раскрывается взаимосвязь между BIM и GIS системами, рассматривается процесс создания умной модели города, то есть комплексного объединения всей городской застройки с подземными сооружениями, а также отмечаются их преимущества. Приведены необходимые условия для существования подобных платформ, а также этапы составления моделей городов с подземным пространством.

Ключевые слова: IFC, геоданные, Revit, BIM, ГИС, 3D модель.

The study considers the interaction of programs when creating a BIM model of urban space in terms of implementing a smart city. It analyzes Russian and foreign programs used for various sections of building and road design, job scheduling and cost estimation, work with various geographic information systems. The authors describe the relationship between BIM and GIS systems, consider the process of creating a smart mod-

el of a city, i.e. complex integration of all urban areas with underground structures, and note the advantages of the systems. They also present conditions required for such platforms, as well as stages of modeling cities with underground spaces.

Keywords: IFC, geodata, Revit, BIM, GIS, 3D model.

Информационное моделирование зданий (BIM) сегодня является основным процессом в строительстве, позволяющим автоматизировать проектирование, планирование работ, устранять коллизии на проектной стадии и многое другое [1]. Однако создание информационной модели здания не является основным критерием его успешного возведения (укладки в случае инженерных сетей). На стадии земляных работ необходимо определить расположение существующих сетей, к которым относятся водопровод, газопровод, теплотрасса, канализация, водостоки, силовые и телефонные кабели, во избежание аварийных ситуаций на стадии нулевого цикла. Определение расположения инженерных сетей происходит по люкам, картам, а также координатам, загруженным в геодезические приборы, эти сведения не всегда отражают реальность. В связи с этим встречаются случаи повреждения подземных инженерных сетей в процессе проведения земляных работ, что приводит к немедленному выполнению ремонтных работ и увеличению сроков строительства.

Данная проблема остается актуальной и сегодня. Решением проблемы может стать создание 3D моделей городов, которые будут содержать в себе информацию не только о наземных частях зданий и сооружений, но и все подземные сети. Цель работы – изучить возможность интеграции данных о городской застройке, подземных сооружениях и коммуникациях.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть программные комплексы, которые используются в строительстве для проектирования объектов различного назначения, а также отображения уже существующих.
2. Определить пути обмена данными между программами.
3. Выявить возможность объединения данных для дальнейшего использования в строительстве.

Создание 3D моделей городов сегодня является реальной возможностью для объединения городской застройки с геоинформаци-

онными данными. Главной задачей, которая решается этой 3D моделью, является земельный кадастр в трехмерном виде.

Ярким примером таких 3D моделей городов является Сингапур [2]. При построении трехмерной модели Сингапура сочетались как инструменты визуализационной обработки изображений для создания 3D модели, так и информационного моделирования зданий и управления большими данными. Такая модель позволяет получить информацию о сооружениях, находящихся над землей, что уменьшает круг задач, решаемых при оценке состояния подземных сооружений, прокладке новых инженерных сетей, связи подземных инженерных сетей с надземными сооружениями [3].

Цифровая карта любого города представляет собой набор моделей (объектов), экспортированных из различных программных комплексов на одну платформу. Каждая программа отвечает за определенную составляющую городской застройки и подземных сооружений.

Перед составлением таких карт необходимо понимать, что относится к городской застройке и подземным сооружениям.

Так, для отображения городской застройки необходимы следующие элементы:

1. Здания и сооружения различного назначения (жилые, общественные, административные и другие).

2. Благоустройство города (детские площадки, спортивные и другие площадки отдыха и досуга; площадки для выгула и дрессировки собак; площадки автостоянок; улицы (в том числе пешеходные) и дороги; парки, скверы, иные зеленые зоны; площади, набережные и другие территории; технические зоны транспортных, инженерных коммуникаций, водоохранные зоны).

3. Линейные объекты (линии связи, в том числе линейно-кабельные сооружения, линии электропередачи; трубопроводы; автомобильные дороги; железнодорожные линии и другие подобные сооружения).

4. Водные объекты (каналы, реки, озера и другие).

К подземной части карты относятся инженерные сети, метрополитен, паркинги, а также грунтовые массивы.

В табл. 1 рассмотрены отечественные и западные ВМ-решения, применяемые российскими проектными компаниями и позволяющие реализовать 3D модель города.

Таблица 1

ВМ-решения для работы с 3D моделями города

| Область применения | Программный комплекс | Основные форматы файлов |
|-----------------------------|----------------------|---|
| Архитектура/Благоустройство | Allplan | .dwg, .dwt, .dxb, .dxf, .ifc |
| | ArchiCAD | .dwg, .dwt, .stl, .dxf, .ifc |
| | Renga | .dxf, .ifc, .obj, .collada, STL |
| | Revit | .dwg, .dwt, .rvt; .dxf, .ifc |
| Конструкции | Advance Steel | ifc, cis/2, .pss, .sdnf, .smlx |
| | Allplan | .dwg, .dwt, .dxb, .dxf, .ifc |
| | Renga | .dxf, .ifc, .obj, .collada, STL |
| | Tekla | .ifc, cis/2, .sdnf, .dstv, .dwg, .dxf, .dgn |
| | Revit | .dwg, .dwt, .rvt, .dxf, .ifc |
| | Sofistik | .txt, LandXML, .cdb, .rvt |
| Внутренние инженерные сети | MagiCAD | .dwg, .rfa, .rvt, .dxf, .ifc |
| | NanoCAD | .dwg, .sat, .stl, .c3d, .ifc |
| | Revit | .dwg, .dwt, .rvt; .dxf, .ifc |
| Генплан /Внешние сети | Civil 3D | .dwg, .dwf, .dgn, .dxf, .ifc |
| | InfraWorks | .fbx, .obj, dae, .ifc, .dxf, .rvt |
| | NanoCAD | .dwg, .sat, .stl, .c3d; .ifc |
| Дороги/Инфраструктура | Civil 3D | .dwg, .dwf, .dgn, .dxf, .ifc |
| | Revit | .dwg, .dwt, .rvt, .dxf, .ifc |
| | IndorCAD | .dwg, .obj, LandXML, .ifc |
| | InfraWorks | .fbx, .obj, dae, .ifc, .dxf, .rvt |
| | Robur | .ifc, .txt, LandXML, .shp, .dxf |

Таблица 1

| Область применения | Программный комплекс | Основные форматы файлов |
|---------------------|------------------------|--|
| Геотехника | Ansys | .igs, .rst, .cdb, .dxf, .ifc |
| | Plaxis | .smc, .plx, .p2d, .dxf, .ifc |
| | MIDAS | .dwg, .dxf, .fpm, .mgt |
| Планирование работ | NavisWorks +MS Project | .mpp, .dwf, .ifc, .dgn, .rvt, .fbx, .stl, .nwc, .nwd, .nwf |
| | Synchro | .acis, .sat, .sab, .dwg, .dxf, .dwf, .ifc |
| Смета | Smeta Wizard | .arp, .swe, .xml |
| | Sigma | .csv, .txt, .xls |
| Лазерная/фотосъемка | Autodesk ReCap | .rcs, .rcp, .ifc, .txt |
| ГИС | ArcGIS | .ifc, .tif, .dwg, .dxf, .ntf, .dgn |
| | MapInfo | .ifc, .csv, .tab, .shp, .dat, .map |
| | AutoCAD Map 3D | .ifc, .txt, .csv, .asc, .nez |

Изучив программы, указанные в данной таблице, можно сделать следующие выводы:

1. Большинство программных комплексов поддерживают .dwg и .ifc форматы.

2. ПК Autodesk Revit имеет большую область применения, позволяя разрабатывать архитектурные решения, конструктивные решения, внутренние инженерные сети, дороги, конструктивные решения, а также модели грунтового массива по результатам геотехнических расчетов.

3. Перед составлением конечной модели элемента города все расчеты (геотехнические, конструктивные) могут проводиться в программных комплексах отдельно для подземного и наземного пространств, полностью элемент модели города с существующими программными комплексами сегодня создать нельзя.

Говоря о создании ВМ карт, необходимо упомянуть также и необходимую связь с ГИС-программами, которые позволяют собирать всю необходимую информацию о городах и их объектах [4–5]. Обладая геоданными, можно с легкостью расположить здание в необходимой части города, но для полноты информации о рельефе важно использовать цифровой рельеф, который может представлять собой облако точек. Основными программами, позволяющими работать с геоданными местности, являются MapInfo, AutoCAD Map 3D, а также ArcGIS.

Проанализировав программные комплексы, используемые российскими компаниями, можно создать схему взаимодействия программ для создания умной модели города (рис. 1).

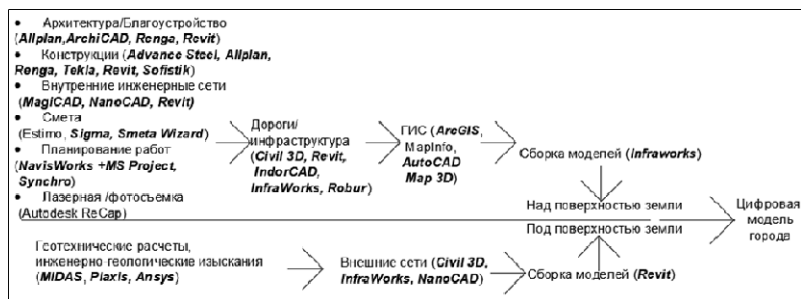


Рис. 1. Процесс создания умной модели города

Согласно данной схеме, можно выделить основные этапы составления умной модели города:

1. Преобразование двухмерной ГИС города в специализированных программах (AutoCAD Map 3D).
2. Импорт в InfraWorks с автоматическим преобразованием 3D моделей зданий, дорог.
3. Импорт отдельных зданий и сооружений, созданных в Revit по результатам лазерного сканирования (Autodesk ReCap 360), а также независимо в формате IFC.
4. Импорт подземных сооружений, инженерных сетей, созданных в специализированных программах.
5. Импорт моделей грунта, созданных в Revit и подгруженных в качестве подложки.

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Рассматривая программные комплексы, можно сделать вывод, что сегодня еще нет программы, которая могла бы сразу построить функциональную 3D модель грунта на основе привязанных скважин к ГИС и других данных о грунтовом массиве.

2. Для моделирования городов с подземным пространством в IFC формате можно использовать такие программные комплексы, как Revit, ArchiCAD.

3. Существующие программные комплексы не позволяют напрямую рассчитывать комплексно элемент цифровой модели города с подземным пространством. Для решения данной проблемы можно отдельно проводить геотехнические, конструктивные и другие расчеты или вместо тех или иных сооружений задавать отдельно нагрузку в местах их расположения; далее по результатам расчетов объединять элементы цифровой модели города в единую модель.

4. Поскольку большинство существующих сегодня программных комплексов поддерживают формат файлов IFC, обмен данными между ними достаточно прост и можно для этого использовать любые программы.

Литература

1. Eadie R., Browne M., Odeyinka H., McKeown C., McNiff S. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis // *Automation in Construction*. 2013. No. 36. P. 145–151. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.09.001.

2. Ismagilova E., Hughes L., Dwivedi Y.K., Raman K.R. Smart cities: Advances in research – An information systems perspective // *International Journal of Information Management*. 2019. Vol. 47. P. 88–100. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.004.

3. Морина Е.А. BIM-технологии в мостовом проектировании // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2017. № 6(57). С. 30–46. DOI: 10.18720/CUBS.57.3.

4. Niua S., Pana W., Zhao Y. A BIM-GIS Integrated Web-based Visualization System for Low Energy Building Design // *Procedia Engineering*. 2015. No. 121. P. 2184–2192. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.09.091.

5. Zhiliang M., Yuan R. Integrated Application of BIM and GIS: An Overview // *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 196. P. 1072–1079. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.064.

УДК 658.512

DOI: 10.23968/VIMAC.2020.053

Погода Анна Григорьевна, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: pogoda@vertical.spb.ru, ORCID: 0000-0003-2852-7544

Pogoda Anna Grigorievna, master student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

СИСТЕМА НАПОЛНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ОТОБРАЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ НУЛЕВОГО ЦИКЛА

A SYSTEM FOR POPULATING A DIGITAL MODEL DISPLAYING DESIGN PARAMETERS DURING PREPARATORY WORKS

В статье рассмотрена система, которая позволяет в режиме реального времени фиксировать, отображать, передавать информацию по статическому вдавливанию свай всем участникам строительства. Показано из чего состоит эта система, интерфейс программного обеспечения. Известен положительный опыт применения на практике в строительной компании.

Автором показано, что включение этой системы в производство работ может сокращать время и трудозатраты, как при производстве работ, так и при составлении комплекта исполнительной документации. К тому же полученная информация может быть полезна при эксплуатации зданий и сооружений, в случае анализа возможных причин возникновения деформаций конструкций фундаментов, при проведении реконструкции, связанной с повышением нагрузок на грунты основания и т. п.

Для решения поставленной задачи автором представлен алгоритм ввода-контроля-анализа данных для наполнения цифровой модели BIM технологическими параметрами, который поможет лучше понять и попытаться в дальнейшем внедрить данную систему в фирмы, занимающиеся погружением свай методом статического вдавливания.

Ключевые слова: цифровая модель строительства, сваи, свайные фундаменты, качество.

The article discusses a system that captures, displays, and transfers information on static pile pressing to all construction participants in real-time. It describes the system

components and software interface. The author notes the positive experience of its practical application in a construction company.

It is shown that the system can reduce time and labor costs both during works and when as-built documentation is prepared. Besides, the information obtained may be useful in the operation of buildings and structures, during the analysis of possible causes for structural deformations of foundations, during reconstruction associated with increased loads on the foundation soil, etc.

To solve the task, the author presents an algorithm for data input, control, and analysis to populate a digital BIM model with design parameters. The algorithm will help to better understand and try to implement this system in companies engaged in piling through static pressing.

Keywords: digital BIM model, piles, pile foundations, quality.

Ошибки при проектировании и выполнении работ по устройству фундамента могут очень дорого стоить для здания, или перечеркнуть все строительство вовсе. На сегодняшний день известны следующие способы устройства свайного фундамента: предварительно изготовленные забивные и вдавливаемые, сваи оболочки, набивные, буровые, винтовые сваи [1]. При возведении свайного фундамента важно уже на стадии производства работ контролировать все технологические показатели. Но недостаточно их только контролировать, необходимо, оперативно передавать всю необходимую информацию проектным организациям, минуя при этом генподрядчика. Нужно автоматизировать все, что можно автоматизировать; сделать данные своим инструментом. Модель строительства не меняется, мы просто повышаем свою операционную эффективность и закладываем фундамент будущих изменений [2].

Для решения поставленной задачи необходимо создавать методики включения технологических параметров свай в единую информационную модель здания. Но невозможно качественно внедрить какой-либо процесс, на котором остановила свой выбор организация, если не определить и не внедрить другие процессы, от которых он зависит [3].

Информационное моделирование здания (BIM) – это подход к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания (к управлению жизненным циклом объекта), который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми её взаимосвязями и за-

висимостями, когда здание и всё, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект [4].

Необходимые организационные и технические для внедрения системы [5]:

1. Оснащения машин системами контроля и информационными датчиками.

2. Создание единого интерфейса обмена данными со всеми участниками строительства, или выбор оптимального решения из существующих.

3. Создание или внедрение в существующую систему цифровой проектной документации в виде модели и оперативный доступ к ней субподрядных организаций, с подключениями к базам данным по инженерно-геологическим изысканиям [6].

4. Ввод новой должности в подрядной организации инженеров-менеджеров по обработке информации, получению её от заказчика или проектировщиков, подготовке и контролю информации от линейных работников для её дальнейшей передачи.

5. Разработка или утверждения стандарта передачи данных между участниками процесса: подрядная организация, служба технического надзора заказчика, служба авторский надзора, генпроектная организация, главный конструктор проекта.

6. Организация обучения линейных работников и машинистов установок по ведению и передаче исполнительной документации в электронном виде.

7. Анализ и установка набора технологических параметров необходимых для передачи в проектные организации.

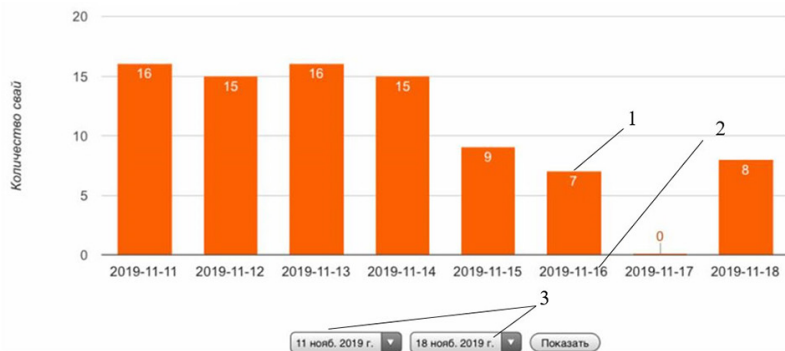
8. Закрепление в проектно-сметной документации организационных схем взаимодействия между всеми участниками процесса при передаче указанной информации.

9. Вести практику электронной подписи линейных работников, подготавливающих исполнительную документацию, чтобы узаконить исходящие версии документов и не допустить распространение некорректных их версий.

Рассмотрим, как эта система реализуется на примере метода статического вдавливания свай. Сваевдавливательная установка – это строительная машина самоходная или переставляемая краном с макси-

мальным усилием вдавливания, вертикальные статические усилия, в которой, передаются на торец или боковую поверхность свайного элемента посредством гидравлических или полиспастных зажимных устройств [3]. Статический способ погружения свай дает возможность сооружать свайные фундаменты в городской черте, так как во время работы отсутствуют или сводятся к минимуму динамические воздействия на фундаменты рядом стоящих зданий. В процессе погружения можно определять несущую способность свай по грунту на основании конечного усилия вдавливания, которое определяется по показаниям манометров, установленных в гидравлической системе машины.

В компании ООО «Вертикаль» уже разработана система, которая в режиме реального времени может фиксировать, отображать, передавать технологические параметры свай участникам строительства. Проектировщики могут получать данные об усилии вдавливания, плановом и высотном положении свай. Заказчики могут контролировать график погружения свай, а также их количество находясь в офисе со смартфона (рис. 1).



| | | |
|------------------------|--|------------|
| Блок № 0 объекта KZ | Количество свай: | 182 |
| | Количество смонтированных свай: | 137 |
| | Количество не смонтированных свай: | 45 |
| | Количество свай смонтированных в допуске: | 133 |
| | Количество свай смонтированных не в допуске: | 4 |

Рис. 1. Скриншоты со смартфона, отображающие количество погруженных свай в день, а также картину погружения свай на объекте:

1 – количество свай, 2 – дата вдавливания, 3 – промежутки отображения

Принцип работы заключается в вычислении местоположения и ориентации сваевдавливающей установки в пространстве на основании данных, получаемых от систем глобальной спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS/Galileo/BeiDou/Doris и систем базовых станций, с автоматической корректировкой и привязкой к геодезической разбивочной основе объекта строительства, положение сваи, при таком количестве спутниковых систем, определяется с точностью до пяти сантиметров, что было проверено дальнейшими геодезическими съемками. Данные о расположении машины и ее рабочего центра отображаются в наглядной форме на экране планшетного компьютера, установленного в кабине оператора.

Рассмотрим ближе принцип установки. Итак, аппаратный блок подсоединяется к системе установки и питает от себя антенны ГНСС и РТК, а также контроллер и датчик положения сваи. Антенны ГНСС закреплены неподвижно на корпусе установки таким образом, чтобы между ними и кабиной машиниста были одинаковые расстояния. Антенны РТК устанавливаются вне кабины машиниста на максимально большом расстоянии друг от друга на корпусе установки на магниты, во избежание их воздействия друг на друга. Контроллер устанавливается внутри кабины машиниста для удобства использования.

Для удобного пользования системы при производстве работ используется контроллер (рис. 2). На нем отображаются необходимые параметры и существует возможность их корректировки. Сваи отмечаются зеленым (свая в проектном положении) и красным (свая имеет отклонения), все это осуществляется с помощью программного комплекса.

Для просмотра полных параметров работ и отклонений свай, оператором нажимается кнопка «Журнал работ» (рис. 3). Все данные по погружению свай автоматически подгружаются в систему, что дает возможность контролировать процесс погружения свай, не находясь непосредственно на объекте.

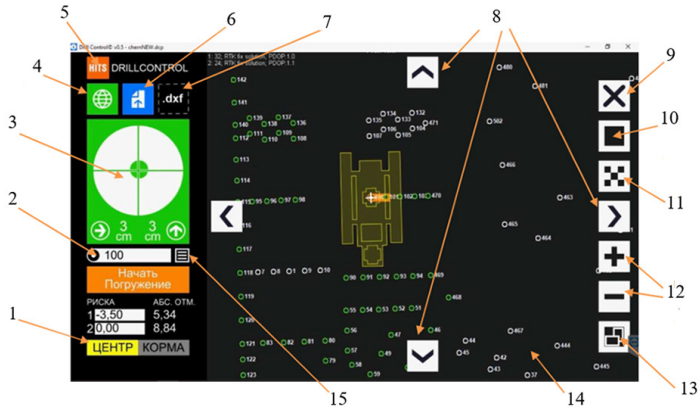


Рис. 2. Рабочий экран контроллера: 1 – выбор рабочего органа машины, 2 – выбор сваи, 3 – «прицел», 4 – индикация сигнала со спутников, 5 – экспорт данных, 6 – выбор проекта, 7 – dxf подложка, 8 – навигация по карте, 9 – завершение работы, 10 – центрировать карту по маршруту, 11 – вписать проект в экран, 12 – изменение масштаба карты, 13 – режим навигатора, 14 – карта проекта, 15 – журнал работ

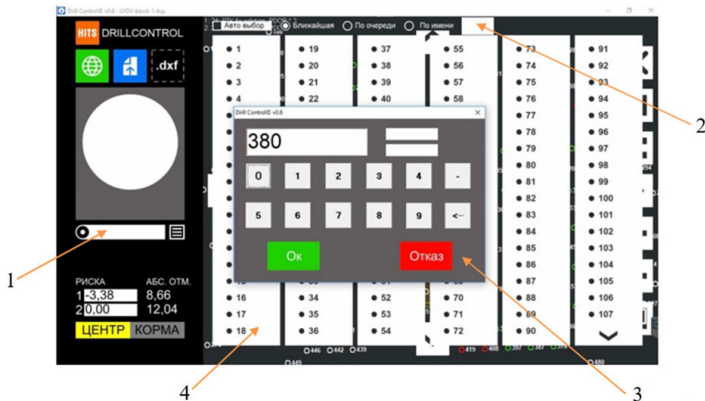


Рис. 3. Интерфейс программы с возможностью корректировки отказа сваи: 1 – выбор сваи, 2 – вызов окна ручного ввода номера сваи, 3 – окно ручного ввода номера сваи, 4 – список номеров свай

Также программный комплекс позволяет подгружать данные из системы для оформления исполнительной схемы и исполнительной документации.

Что дает внедрение системы наполнения цифровой модели отображения технологических параметров при производстве работ нулевого цикла?

1. Уменьшение затрат времени на формирование комплекта исполнительной документации с 1–2 часов до 15–20 минут.
2. Сведение к нулю ошибок при возведении свайных фундаментов.
3. Геодезисту больше не требуется находиться на объекте строительства для разбивки свайного поля.
4. Руководители организации в любой момент времени могут проконтролировать работу установок вдавливания.
5. Заказчикам легче отслеживать график производства работ.
6. Широкая область работы по созданию программных комплексов для внедрения данной системы в информационную модель.
7. Возможность приблизиться к информационной модели строительства.
8. Шанс изменить строительство в России.

Вот тот небольшой список преимуществ по сравнению с традиционным методом контроля за выполнением свайных работ, которые дает внедрение этой системы, и других подобных систем в стадию производства работ при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Литература

1. Гайдо А.Н. Пути совершенствования технологических решений устройства свайных фундаментов жилых зданий в условиях городской застройки // Жилищное строительство. 2015. № 9. С. 12–15.
2. Темнышев И. PropTech: полезный инструмент или новомодное веяние. URL: <https://www.rbc.ru/trends/innovation/5d67b2ad9a7947c2f6911fbd> (дата обращения: 10.02.2020).
3. Кривой С.А., Сёмин А.И., Попов А.В., Бебякин Б.О. Взаимосвязь BIM-сценариев в рамках инвестиционно-девелоперского проекта // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 2. С. 20–39. DOI: 10.18720/CUBS.65.2.
4. Баженов А.А. Проблемы применения BIM-технологий в современной строительной отрасли // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 62–64.

5. Гайдо А.Н., Погода А.Г. Особенности построения цифровых информационных моделей объектов на стадии строительства нулевого цикла // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. 2019. С. 64–69. DOI: 10.23968/ВІМАС.2019.

6. СП 301.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. М.: ФГУП ЦПП, 2017. 32 с.

УДК 519.7+004.4

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.054

Пученков Илья Сергеевич, магистр, ВІМ-координатор
(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

E-mail: ilya.puchenkov@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1756-3830

Puchenkov Ilya Sergeevich, master student, BIM-coordinator
(Moscow State University of Civil Engineering)

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В ВІМ СРЕДЕ С ПОМОЩЬЮ DYNAMO НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ С КЛАССИФИКАТОРОМ

PROCESSING INFORMATION IN A BIM ENVIRONMENT USING DYNAMO IN THE CONTEXT OF WORKING WITH THE ASSEMBLY

В статье приводится пример использования визуального программирования DYNAMO в программном комплексе Revit. Демонстрируется практический способ централизации и автоматизации обработки информации на примере работы с классификатором, даётся определение классификатору, рассматривается реальная модель работы с ведомостями. Приведена иерархия участников ВІМ разработки модели и их профессиональные обязанности. А также показан способ работы с Revit API на программном коде языка Python.

Задача статьи – продемонстрировать, что современное проектирование зданий включает в себя не только работу с геометрией модели, но и с информацией, её обработкой для дальнейшего использования на разных жизненных циклах зданий.

Ключевые слова: ВІМ, Revit, Dynamo, Revit API, Python, классификатор, автоматизация, централизация.

The article gives an example of using Dynamo visual programming for Revit. It shows a practical way of centralizing and automating information processing in the context of working with the assembly, provides the definition of the assembly, and considers a real model of working with schedules. The author presents the hierarchy of BIM participants and lists their functions. It is also shown how to work with Revit API using Python.

The purpose of the study is to demonstrate that modern building design involves working not only with the geometry of the model but also with information, including its processing for further use during different life cycles of buildings.

Keywords: BIM, Revit, Dynamo, Revit API, Python, assembly, automation, centralization.

С каждым годом процесс проектирования и обработки данных становится всё быстрее. От кульманов мы пришли к BIM-проектированию [1], которое позволяет контролировать все разделы строительства на всех жизненных циклах здания.

Современные технологии задают новые требования к созданию строительного проекта [2]. Таким образом, образовалась иерархия участников BIM разработки модели [3]: BIM-автор; BIM-мастер; BIM-координатор; BIM-менеджер.

Приведённые специалисты имеют определенные обязанности и трудовые ограничения, которые устанавливаются BIM-менеджером в BIM-регламенте организации. К каждому участнику предъявляются строгие профессиональные требования. Автор обязан иметь строительное образование, знать основы проектирования, разбираться в строительной проектной документации. Мастер и координатор могут образования не иметь, их деятельность не заключается в знаниях строительного проектирования. Поэтому координатор не имеет возможности работать с геометрией. Их функции заключаются в обеспечении автора готовым шаблоном разработки модели и постоянном консультировании, знании основ моделирования и программирования.

Помимо упрощения работы BIM-автора, главными задачами координатора являются: централизация и автоматизация обработки информации в BIM-среде.

С развитием технологий проектирования возросли и требования к данным модели. Помимо государственных органов, свои требования может устанавливать заказчик. Например, он может разрабатывать свой классификатор, к которому нужно привязать все элементы модели.

Классификатор – это код, который разбивает общий объём информации на группы, согласно определенным признакам. Приказ Минстроя России от 08.02.2017 [4] даёт следующее определение: «Классификатор – это систематизированный перечень используемых при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов капитального строительства, материалов, изделий, конструкций, оборудования, машин и механизмов, каждому из которых присвоен определённый код».

Цель статьи – продемонстрировать на практическом опыте метод централизации и автоматизации обработки информации в BIM среде с помощью среды визуального программирования Dynamo [5] на примере работы с классификатором.

Исходные данные. Во время проектирования требования к информационной составляющей модели [6] могут изменяться. Поэтому смоделируем ситуацию, когда необходимо внести корректировки.

Изначально мы имеем в программном комплексе Revit шесть спецификаций раздела ОВ (рис. 1), подготовленных под требования заказчика по классификатору. От нас требуется: разработать скрипт в Dynamo, который будет одновременно экспортировать все шесть спецификаций по классификатору из всего набора ведомостей в формат .xlsx, изменять код RBS, удалив три последних значения кода, отсортировать семейства по группам КЭ и соотносить элементы запроектированным системам.

| «Классификатор_Спецификация соединительных деталей ввод/вывод» | | | | | | | |
|--|------------------------|--------------------|------------------------|--------|------------------|------------------|--------------|
| А | В | С | Д | Е | Г | И | К |
| 1. Наименование: Размер | 1.1. Описание: диаметр | 1.2. Код: материал | 1.3. Единица измерения | Число: | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Группа КЭ |
| Ввод 45 5-0,5мм ø100-ø100 | | | шт | 2 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 45 5-0,5мм ø200-ø200 | | | шт | 2 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø100-ø100 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø200-ø200 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø150-ø150 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø250-ø250 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø300-ø300 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø400-ø400 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø500-ø500 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø600-ø600 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø700-ø700 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø800-ø800 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø900-ø900 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø1000-ø1000 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø1100-ø1100 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø1200-ø1200 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø1300-ø1300 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø1400-ø1400 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |
| Ввод 90 5-0,5мм ø1500-ø1500 | | | шт | 3 | №300.05.04.01.02 | №300.05.04.01.02 | Иная система |

Рис. 1. Исходная спецификация

Централизация обработки информации. Принцип работы скрипта. Скрипт (рис. 2) состоит из групп, которые содержат ноды. Нод – это программный код на языке Python, который выполняет определенные функции и представлен в упрощенном графическом виде.

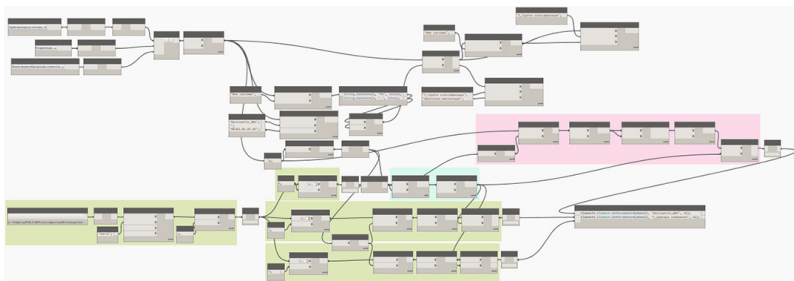


Рис. 2. Тело скрипта

1. Первая группа нодов (рис. 3) отлавливает в модели все категории моделируемых элементов, которые относятся к семействам воздуховодов и материалов изоляции воздуховодов на всех уровнях.

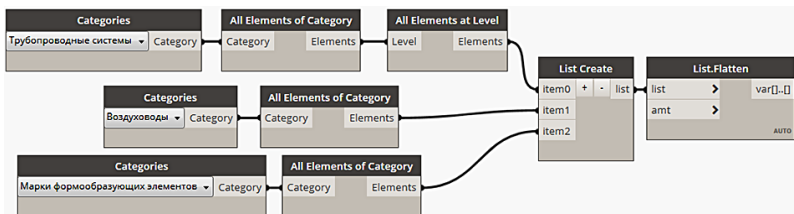


Рис. 3. Первая группа нодов

2. Вторая группа нодов получает из подгружаемого Excel документа группы КЭ и единицы измерения, которые относятся к категориям моделируемых семейств. Эту Excel таблицу необходимо подготовить заранее (рис. 4). Вторая группа нодов показана на рис. 5.

3. Третья группа нодов (рис. 6) обрабатывает данные Excel и элементы модели. Он сопоставляет между собой семейства первого блока и данные Excel второго блока, присваивает каждому семейству зна-

| Элемент | Группа КЭ | Ед.изм. |
|------------------------------------|----------------------|---------|
| Воздуховоды | воздуховоды | м |
| Соединительные детали воздуховодов | фасонные соединения | шт |
| * нет в проекте* | крепления | шт |
| Материалы изоляции воздуховодов | изоляция | м |
| Арматура воздуховодов | ЭПрарм | шт |
| * нет в проекте* | ИПУ | шт |
| Оборудование | оборудование | шт |
| Воздухораспределители | оконечные устройства | шт |
| * нет в проекте* | ПНР | шт |

Рис. 4. Excel таблица соответствия элементов семейств группам КЭ

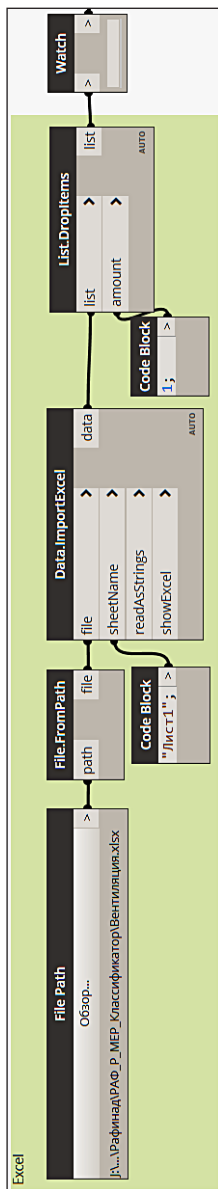


Рис. 5. Вторая группа узлов

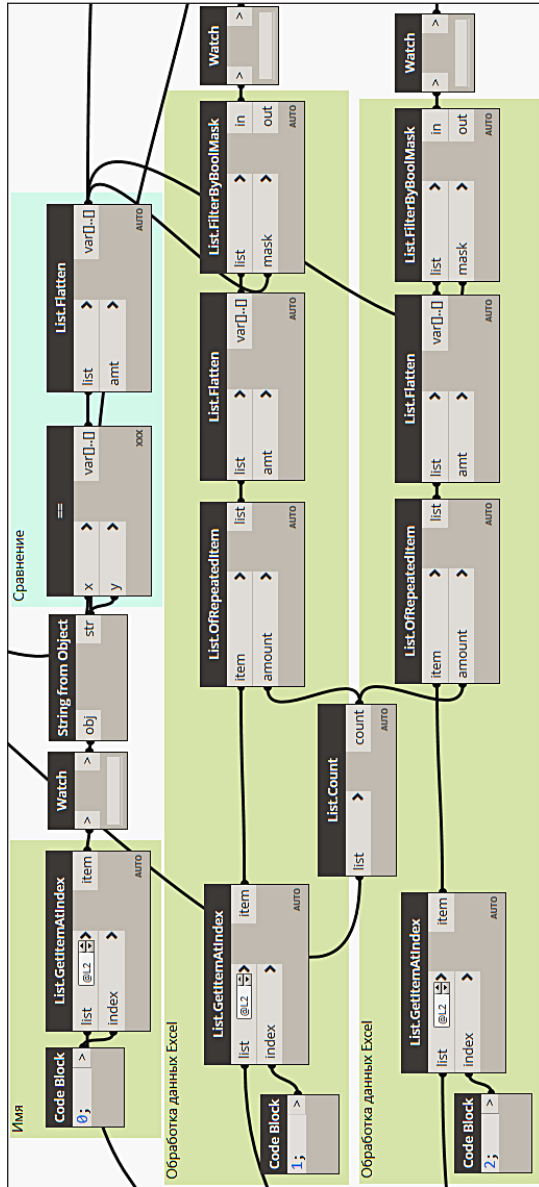


Рис. 6. Третья группа узлов

чения группы КЭ и единиц измерения из Excel таблицы.

4. Четвёртая группа (рис. 7 а, б) присваивает всем элементам новый код RBS, соотносит каждый элемент запроектированной системе. В случае, если элементы не имеют системы, то им присваивается имя системы «Приточная вентиляция». Вывод результата происходит в ячейку «t_Группа классификации» спецификации классификатора.

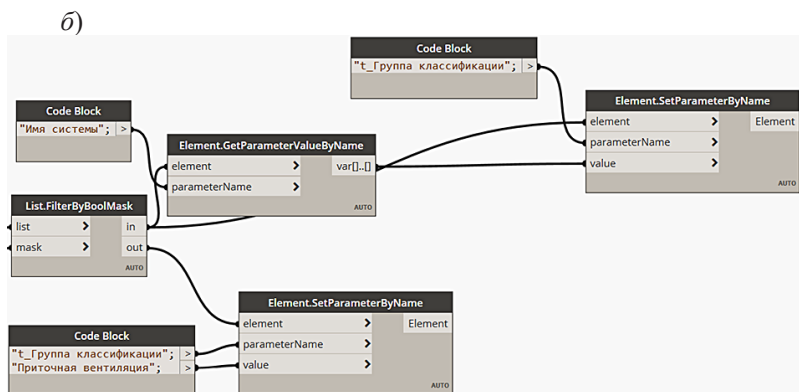
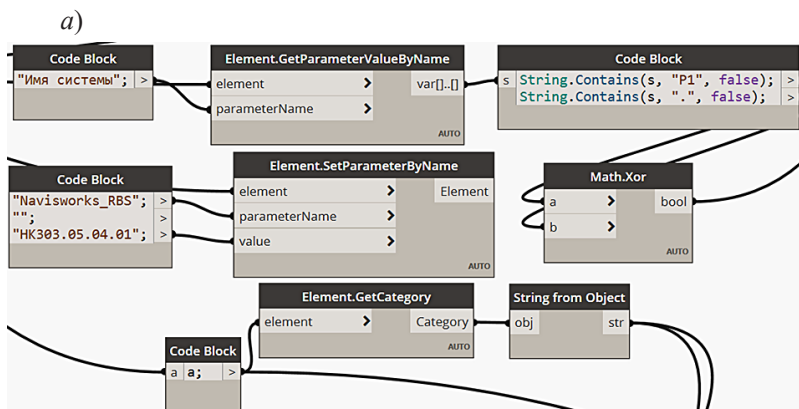


Рис. 7. Четвёртая группа нодов.

а) Присваивание нового RBS кода; б) Присваивание системы элементу

5. Пятая группа узлов (рис. 8) обрабатывает элементы модели. Она получает названия элементов из Excel таблицы и сопоставляет их со всеми семействами модели. После этого происходит порядковая сортировка списка, то есть сначала в списке перечислены все семейства воздуховодов, затем все семейства фасонных соединений и т. д.

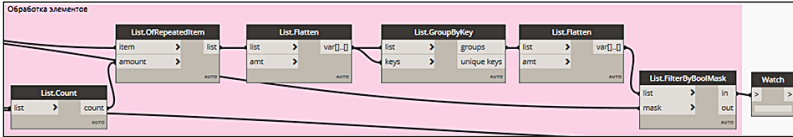


Рис. 8. Пятая группа узлов

6. Шестая группа узлов (рис. 9) – результирующая. Вводными данными являются результаты работ прошлых блоков. Ячейкам «Navisworks_RBS» присваиваются группы КЭ из Excel таблицы, ячейкам «t_Единица измерения» присваиваются единицы измерения также из подгружаемой Excel таблицы.

| Информация по элементам | | |
|-------------------------|--|---|
| E | Elements.Element.SetParameterByName(E, "Navisworks_WBS", z1); | > |
| z1 | Elements.Element.SetParameterByName(E, "t_Единица измерения", z2); | > |
| z2 | | |

Рис. 9. Шестая группа узлов

Запустив данный скрипт, все пустые позиции во всех спецификациях классификатора (рис. 10) заполнятся данными из Excel таблицы, которая подгружалась в скрипт. Далее остается разработать скрипт по выгрузке ведомостей из программного комплекса Revit.

Автоматизация экспорта данных. Принцип работы скрипта. Revit позволяет экспортировать спецификации в текстовом формате и каждую вручную по очереди. Этот процесс может затянуться, если стоит задача обработать десяток ведомостей, поэтому его необходимо автоматизировать.

Скрипт для экспорта (рис. 11) получает из модели все ведомости с именем «Классификатор», переводит их в формат .xlsx и вы-

| <Классификатор_Соединительных_деталей_воздуховодов> | | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|---------------------|-------|----------------|---------------------|------------------|--|--|
| A | B | C | D | E | F | G | H | | |
| И_НаименованиеРазмер | И_Производитель | И_Марка по ГОСТ | И_Единица измерения | Число | Navisworks_RBS | Navisworks_WBS | И_Группа классиф | | |
| B0.1.1 | | | | | | | | | |
| Отвод 45 0=0.5мм 0100-0100 | | | шт | 2 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Отвод 45 0=0.5мм 0200-0200 | | | шт | 2 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Отвод 90 0=0.5мм 0100-0100 | | | шт | 3 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Отвод 90 0=0.5мм 0200-0200 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Отвод 90 0=0.6мм 150x350-150x350 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Отвод 90 0=0.6мм 0250-0250 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Переход 0=0.5мм 0160-0100 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Переход 0=0.5мм 0200-0125 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Переход 0=0.5мм 0200-0160 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Переход 0=0.6мм 350x150-0250 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Переход 0=0.6мм 0250-0160 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Тройник 0=0.5мм 0160-0100 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Тройник 0=0.5мм 0160-0160-0100 | | | шт | 2 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Тройник 0=0.5мм 0160-0160-0160 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Тройник 0=0.5мм 0200-0200-0200 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |
| Тройник 0=0.6мм 0250-0250-0200 | | | шт | 1 | HK303.05.04.01 | Фасонные соединения | B0.1.1 | | |

Рис. 10. Результаты работы скрипта



Рис. 11. Скрипт для экспорта ведомостей в формат .xlsx

гружает в указанную нами директорию. При этом вывод будет осуществлен в той же форме, в которой выполнена спецификация в Revit.

Данный скрипт осложнен тем, что стандартная библиотека нодов не содержит ноды для экспорта нескольких ведомостей. Код (рис. 12) необходимо прописывать в Python Script самостоятельно с помощью Revit API.

```

1  import clr
2  clr.AddReference('RevitAPI')
3  from Autodesk.Revit.DB import *
4
5  schedule_list = IN[0]
6  path          = IN[1]
7  filename_list = IN[2]
8  result_list   = []
9
10 for index, sched in enumerate(schedule_list):
11     schedule = UnwrapElement(sched)
12     filename = filename_list[index]
13     try:
14         export_options = ViewScheduleExportOptions()
15         schedule.Export(path.filename, export_options)
16         result_list.append("Таблица извлечена")
17     except:
18         result_list.append("Извлечение не удалось")
19
20 OUT = result_list

```

Рис. 12. Код Python для экспорта ведомостей

Навык создания скриптов в Дунато представляет собой перспективное направление в современном проектировании. Таким образом можно значительно сократить процесс разработки проекта.

Литература

1. Младзиевский Е.П. Применение BIM-технологий в проектировании // Проблемы науки. 2019. № 10(46). С. 18–19.
2. Талапов В.В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.

3. Александрова Е.Б. Роль и задачи экономиста при ВІМ-моделировании в строительстве в условиях цифровой экономики // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 35–39. DOI: 10.23968/ВІМАС.2019.005.

4. Приказ Минстроя России от 08.02.2017 N 77/пр «Об утверждении Методики применения сметных цен строительных ресурсов».

5. Младзиевский Е.П. Расширение возможностей ВІМ-проектирования // Проблемы науки. 2019. № 10(46). С. 19–20.

6. Рыбин Е.Н., Амбарян С.К., Аносов В.В., Гальцев Д.В., Фахратов М.А. ВІМ-технологии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9, № 1. С. 98–105. DOI: 10.21285/2227-2917-2019-1-98-105.

УДК 697.311

DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.055

Федотов Илья Денисович, студент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: ilyafedotov2011@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9444-5147

Суханов Кирилл Олегович, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: suhanov.kirill1993@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9180-1895

Fedotov Ilya Denisovich, student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Sukhanov Kirill Olegovich, graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАДСТРОЙКИ LINEAR ДЛЯ AUTODESK REVIT

HYDRAULIC ANALYSIS OF A HEATING SYSTEM USING THE LINEAR ADD-IN FOR AUTODESK REVIT

Одной из сторон применения ВІМ технологий является возможность автоматизировать процесс построения и расчета системы отопления. Это приводит к снижению влияния человеческого фактора, и, как следствие, к уменьшению количества возможных ошибок в расчетах. Данная статья посвящена использованию програм-

ного комплекса для гидравлического расчета liNear. Данный программный комплекс является надстройкой к программе Revit. Стандартные средства Revit позволяют только построить модель системы отопления, рассчитать же данную модель в соответствии с нормами, принятыми в РФ, не представляется возможным. Но, благодаря ресурсам надстройки liNear, становится реальным задать параметры для расчета, которые соответствуют нормативным документам. Целью данной работы является доказать правильность расчета с использованием liNear путем сравнения с данными, полученными ручным расчетом.

Ключевые слова: Autodesk Revit, системы отопления, liNear, BIM-моделирование, семейство, атрибутивные данные.

One of the advantages of applying BIM technologies is the possibility to automate the process of heating system design and analysis. This reduces the human error and, as a consequence, decreases the number of possible errors during the analysis. The article addresses the use of the liNear add-in for hydraulic analysis. Standard Revit tools only allow users to build a model of a heating system, but it is impossible to analyze it in accordance with Russian standards. However, due to liNear add-in resources, it becomes possible to set parameters for the analysis that comply with the regulatory documents. The article is aimed to prove the accuracy of the calculations obtained with the use of liNear by comparing those with the results obtained manually.

Keywords: Autodesk Revit, heating systems, liNear, BIM modeling, family, attribute data.

Все модели систем в Autodesk Revit представляют собой совокупность различных семейств. Основная особенность работы с системой – это необходимость задать не только геометрические данные для каждого семейства, но и атрибутивные. Однако, из-за отсутствия гибких настроек расчетов, являющимися инструментальными средствами Revit, атрибутивные данные в сфере MEP становятся бесполезными. Данную проблему решает надстройка liNear, разработанная специалистами из Германии.

Принцип работы (рис. 1) данной программы заключается в:

- анализе запроектированной инженерной системы в Revit;
- добавлении при необходимости семейств в систему из встроенной библиотеки;
- выгрузки данных в программное обеспечение liNear;
- последующем расчете;
- возврате данных в Revit;
- дальнейшей корректировке системы;
- создание отчета.

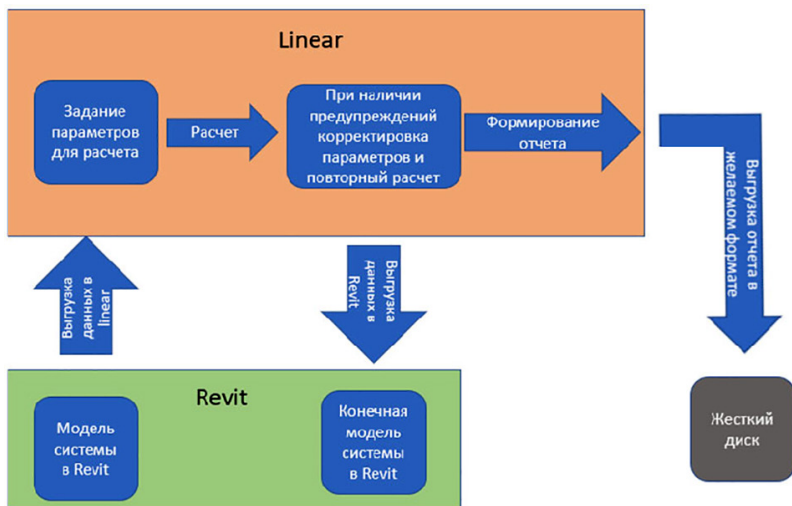


Рис. 1. Алгоритм работы программы liNear

Система отопления запроектирована для контрольно-пропускного пункта (КПП) (рис. 2).

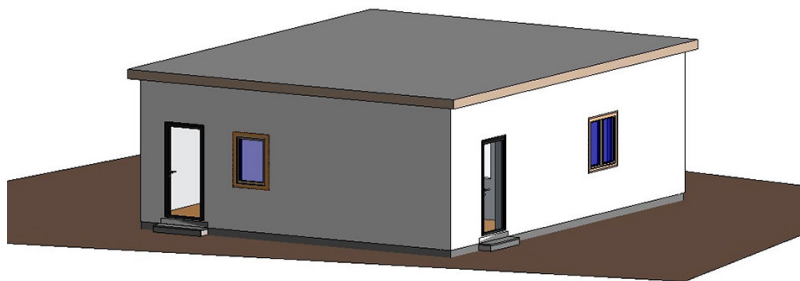


Рис. 2. Архитектурная модель КПП

Расчет потерь теплоты [1] и подбор отопительных приборов выполнены в программе liNear building (рис. 3).

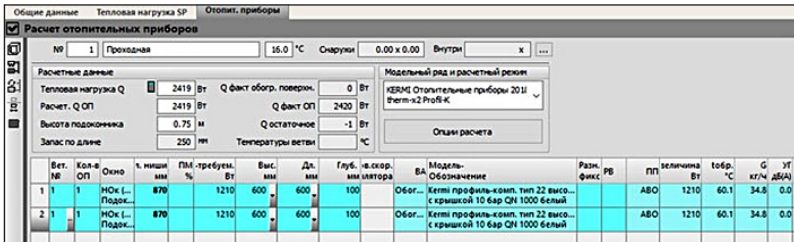


Рис. 3. Окно расчета отопительных приборов

Программа позволяет автоматически расставить приборы под оконными проемами и присоединить их к трубопроводам системы отопления [2] (рис. 4). В свойствах семейства из библиотеки liNear «Начало сети» можно задать параметры теплоносителя.

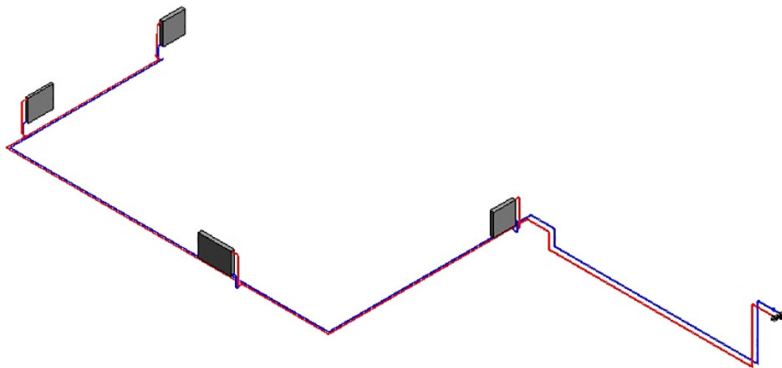


Рис. 4. Модель системы отопления

LiNear распознает семейства трубопроводов, необходимо только в окне «Конфигурация» выбрать подающую и обратную магистраль (рис. 5). В этом окне выполняется настройка параметров расчета.

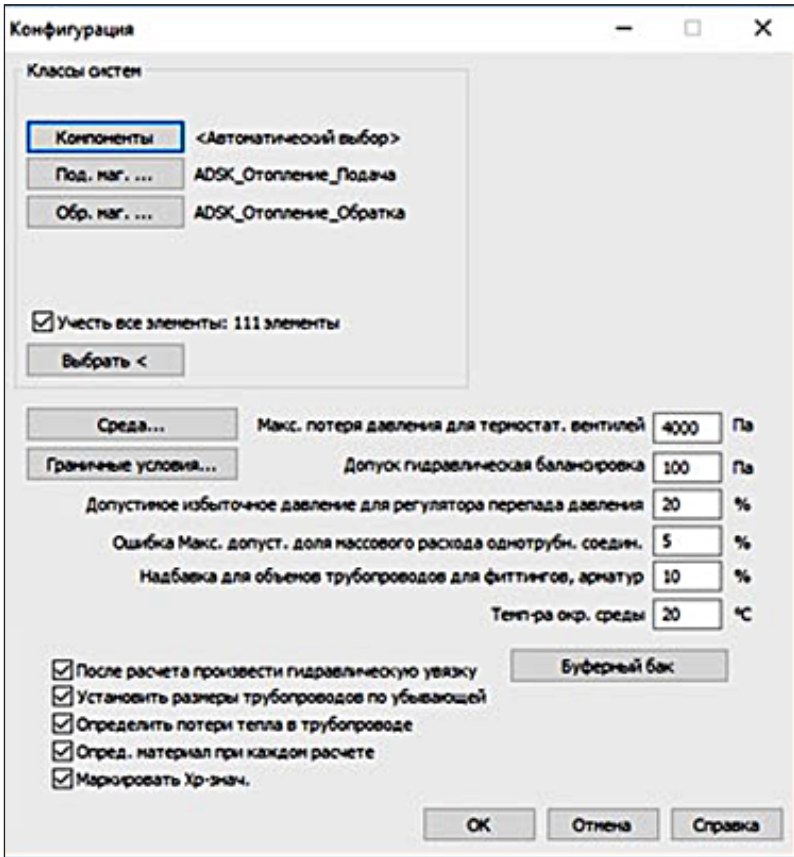


Рис. 5. Окно «Конфигурация»

В окне «Таблица труб» (рис. 6) задается материал трубы, например, сталь бесшовная. Тогда становится доступным сортамент для этой категории труб.

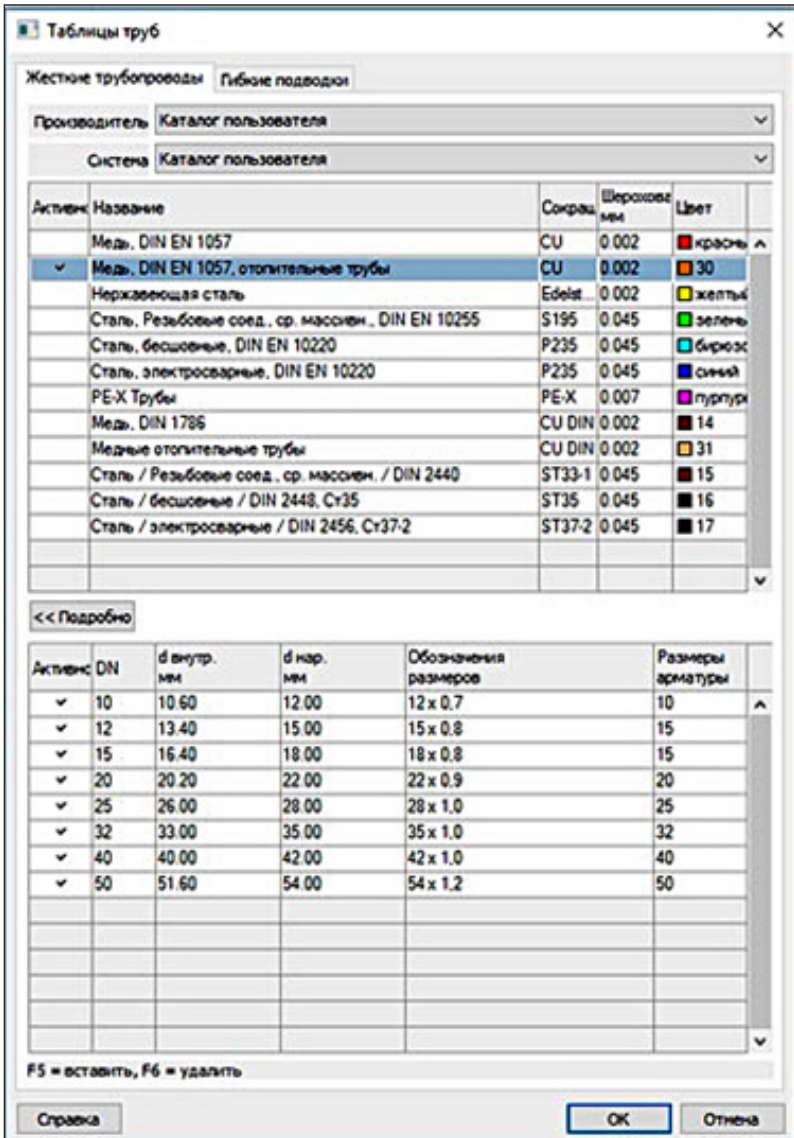


Рис. 6. Окно «Таблицы труб»

Результаты гидравлического расчета, выполненные в программе liNear, приведены на (рис. 7). При необходимости в них можно внести корректировки вручную. Результаты расчета могут быть выгружены в стандартном формате «.txt».

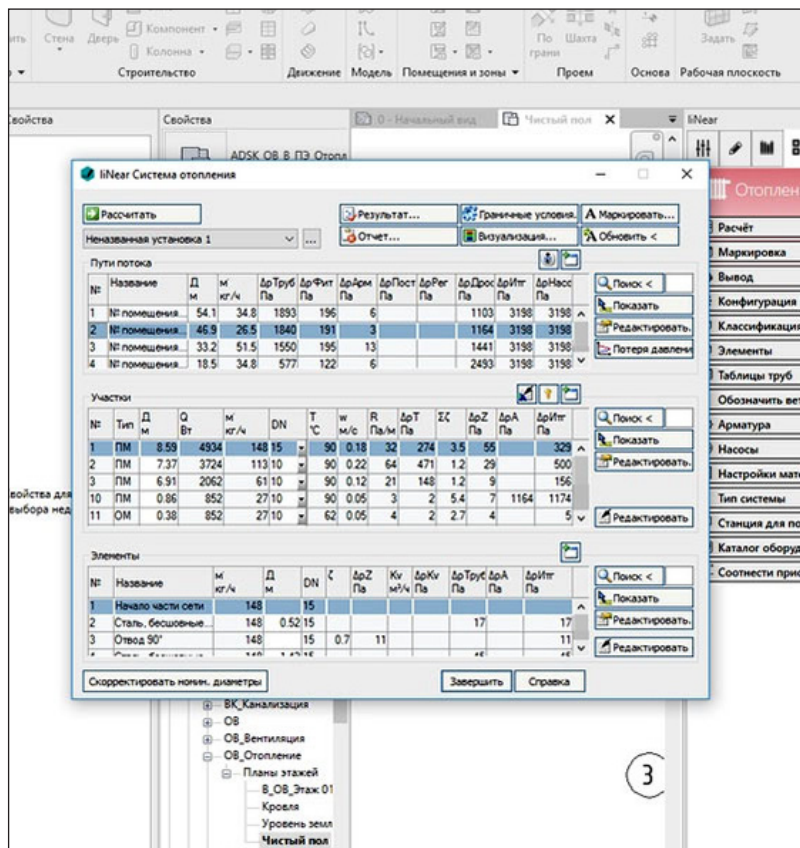


Рис. 7. Результат гидравлического расчета в программе liNear

Перед использованием любого программного комплекса проектировщик обязан убедиться, что все параметры введены верно и расчет выполняется корректно. Для этого результаты расчета не-

обходимо проверить на соответствие требованиям нормативных документов [3–5].

Для проверки правильности программного расчета в liNear выполнен гидравлический расчет данной системы отопления в соответствии с [6].

Массовый расход теплоносителя G , кг/ч, определяется по формуле

$$G = 0,86 \times Q / \Delta t,$$

где Q – суммарная тепловая мощность приборов в ветке, Вт; Δt – изменение температуры на подающей и обратной магистралях, °С.

Внутренний диаметр трубопровода d , м:

$$d = \sqrt{\frac{0,36 \times G}{w}},$$

где w – скорость воды в трубопроводе, м/с.

Потери давления в трубопроводе, Δp , Па:

$$\Delta p = Rl + \Delta p_{\text{мест}},$$

где R – удельные потери давления на трение, Па/м (определяются по номограмме) [6]; l – длина трубопровода, м; $\Delta p_{\text{мест}}$ – потери давления в местных сопротивлениях, Па (определяются по номограмме) [6].

Результаты расчетов сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты подбора диаметров трубопровода

| Участки трубопровода | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------|--|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|
| liNear | Массовый расход G , кг/ч | 148 | 113 | 61 | 35 | 35 | 61 | 113 | 148 |
| | Условный диаметр трубопровода d_v , мм | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 |
| Расчет по методике [6] | Массовый расход | 142 | 107 | 59 | 35 | 35 | 59 | 107 | 142 |
| | Условный диаметр трубопровода d_v , мм | 15 | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 |

Суммарные потери давления в системе отопления в программном и ручном расчетах равны соответственно 329 и 349 Па.

Вывод: программу liNear можно использовать для гидравлического расчета системы отопления, убедившись в правильности построения информационной модели.

Литература

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением № 1). М.: Минрегион России, 2012. 100 с.
2. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением № 1). М.: Минрегион России, 2016. 95 с.
3. Усенко В.В., Суханова И.И. Определение тепловых потерь через наружное ограждение в современных программных комплексах // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научн.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 152–155.
4. Суханова И.И., Гнедых В.С., Демшина Д.А. Анализ гидравлического и аэродинамического расчётов систем отопления и вентиляции на основе ВМ-моделирования // Инженерный вестник Дона. 2019. № 9. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/N9y2019/6220> (дата обращения: 29.01.2020).
5. Гнедых В.С., Демшина Д.А. Интеграция программных комплексов информационного моделирования зданий в области отопления и вентиляции // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 257–261. DOI: 10.23968/ВМАС.2019.041.
6. Покотиллов В.В. Системы водяного отопления. Фирма «HERZ Armaturen». Вена, 2008. 159 с.

УДК 004.94+697.9

DOI: 10.23968/BIMAC.2020.056

Щеглов Дмитрий Владимирович, студент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: dmitriy.scheglov@rambler.ru

Shcheglov Dmitry Vladimirovich, student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОВЕРКИ НА КОЛЛИЗИИ В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ REVIT И NAVISWORKS MANAGE

COMPARATIVE ANALYSIS OF CLASH CHECKS IN REVIT AND NAVISWORKS MANAGE

Современные методы проектирования все чаще при выполнении проектной и рабочей документации используют информационное моделирование зданий (building information modeling, далее BIM). На сегодняшний день данный метод является самым эффективным. Единая информационная графическая 3D-модель здания помогает не только на стадии проектирования увидеть будущий проект, но и заблаговременно устранить возможные ошибки. Благодаря этому возможно снижение затрат на строительство до 15–20%. Проект, выполненный с отсутствием коллизий между конструкциями и инженерными системами зданий, является тем, к чему должна стремиться каждая строительная организация. В данной статье рассмотрен анализ обнаружения ошибок, допущенных при проектировании зданий и сооружений в программных комплексах от компании Autodesk.

Ключевые слова: коллизии, BIM-модель, проверка на пересечения, программный комплекс, Autodesk Revit, Autodesk Navisworks Manage.

Modern design methods use building information modeling (BIM) more and more often when project design and detailed design documentation is prepared. It is currently the most effective. A unified 3D model of a building helps not only to see the future project at the design stage but also to eliminate possible errors in advance. Thus, it is possible to reduce construction costs by up to 15–20 %. A project developed with no clashes between structural and MEP elements is what every construction company should strive for. The article reviews the analysis for the detection of errors made in the design of buildings and structures in Autodesk software packages.

Keywords: clashes, BIM model, interference checking, software package, Autodesk Revit, Autodesk Navisworks Manage.

Мировое строительное сообщество перешло или активно переходит на ВМ-проектирование [1, 2]. Опыт показывает, что наиболее востребованными программами для выявления коллизий, в которых применяется технология информационного проектирования, являются продукты от компании Autodesk [3]:

- программный комплекс для автоматизированного проектирования – Autodesk Revit. Эта платформа предоставляет пользователям возможность создавать ВМ-модель здания, осуществлять совместную работу над проектами, выпускать готовые чертежи, спецификации, а также рассчитывать стоимость материалов;
- программный комплекс Autodesk Navisworks Manage – продукт, предназначенный для постоянного мониторинга проектов. Он помогает тщательно проанализировать каждый элемент проекта, найти ошибки и устранить их. За счет своей специфики поддерживает множество форматов и подгружает объекты большого объема. Сами файлы имеют небольшой размер, благодаря чему обеспечивается высокая скорость работы [4].

Принцип сравнительного анализа рассмотрен на основе информационной модели общеобменной системы вентиляции, имеющей проектные ошибки (рис. 1). Моделирование производилось в Autodesk Revit. В данной программе существует возможность поиска пересечений не только между смежными разделами, но и внутри отдельного проекта. Также данный продукт имеет функцию поиска коллизий локально между набором выделенных элементов (рис. 2). Для этого следует выбрать необходимые элементы и во вкладке совместная работа выполнить проверку на пересечения.

В итоге поиска будет создан отчет (рис. 3), в котором представлен идентификационный номер (далее ID) одного из элементов. Для удобного поиска данных элементов они дополнительно подсвечиваются.

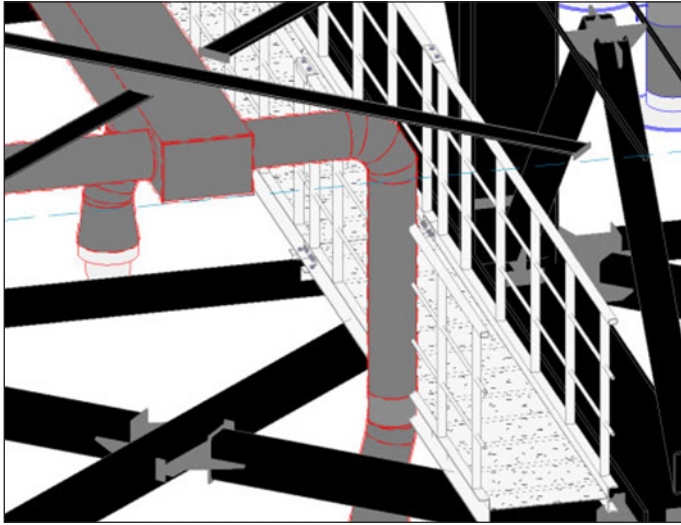


Рис. 1. Проект с коллизиями

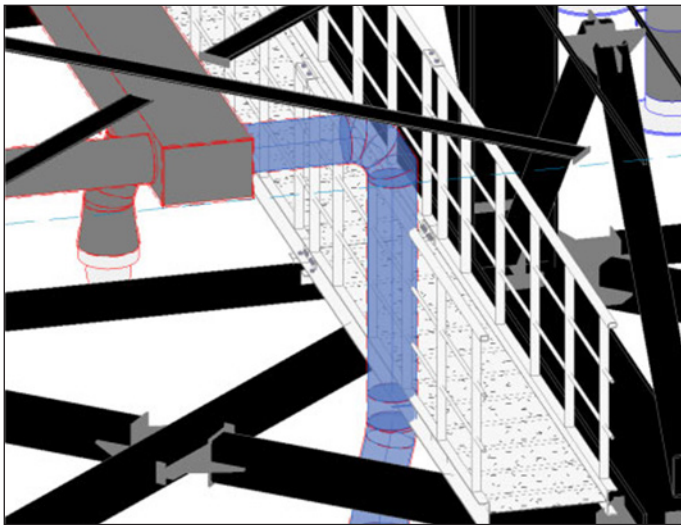


Рис. 2. Выделение элементов

| |
|--|
| □ Воздуховоды |
|40_V Вентиляция : Воздуховоды : Боздуховод круглого сечения : (Du) Оцинкованная сталь, називной t=0.5 В Врезка : Код 1167578 |
|С3 Мостки обслуживания rvt : С3 Мостки обслуживания : Каркас несущий : Труба (ГОСТ 10704-91) Балки : труба Ø25x3 : Код 862848 |
| □ Воздуховоды |
|40_V Вентиляция : Воздуховоды : Боздуховод круглого сечения : (Du) Оцинкованная сталь, називной t=0.5 В Врезка : Код 1167578 |
|С3 Мостки обслуживания rvt : С3 Мостки обслуживания : Каркас несущий : Труба (ГОСТ 10704-91) Балки : труба Ø25x3 : Код 862850 |

Рис. 3. Отчёт о коллизиях

К сожалению, данная способность Revit не всегда эффективна. Дело в том, что при локальном выделении элементов не всегда удастся захватить все требуемые части. На рис. 4 видно, как металлический мосток пересекается с изолированным воздуховодом, однако при выборе объектов изоляция не видна (рис. 5) и отчёт покажет, что пересечений не обнаружено.

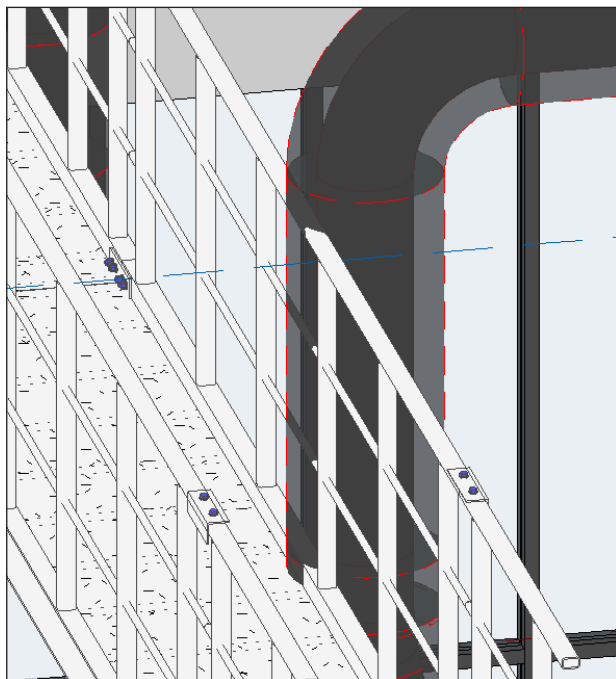


Рис. 4. Место пересечения конструкции мостка с изоляцией воздуховода

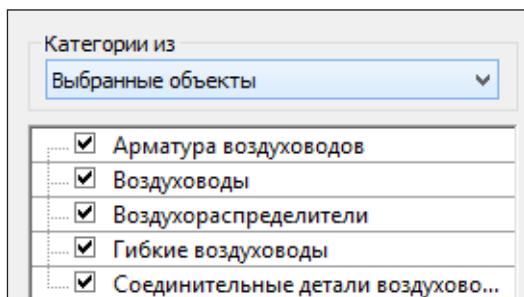


Рис. 5. Окно выбора элементов

Наиболее эффективным программным комплексом для устранения коллизий является Navisworks Manage (рис. 6, 7). Его потенциал позволяет моделировать процесс строительства, координировать выполняемые работы, и проводить комплексный анализ [5].

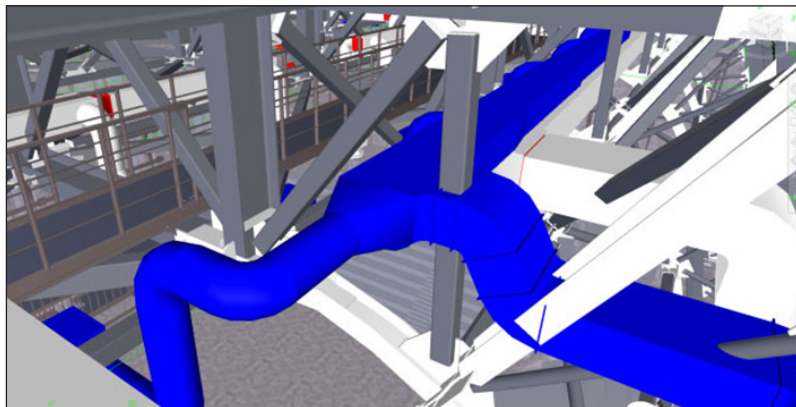


Рис. 6. Пересечение воздуховода с фермой

Данная программа позволяет задавать правила для каждой проверки, определять игнорируемые элементы и допуск, с которым она будет производиться [6]. Для этого необходимо создать матрицу проверок, в которой подробно будут описаны данные правила.

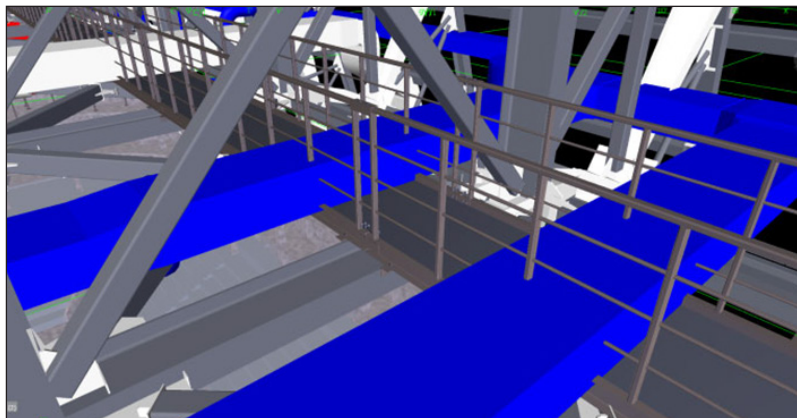


Рис. 7. Пересечение воздуховода с конструкцией мостка

Уровень критичности конфликтов, который отображается в отчете, управляется соответствующими допусками, при помощи них есть возможность исключить незначительные конфликты, которые могут быть устранены по месту на строительной площадке.

В данных проверках также могут участвовать специально смоделированные зоны. Зона – это воображаемый объем, подразумевающий под собой пространство, связанное со спецификой того или иного объекта.

Результаты проверок на коллизии в Navisworks Manage экспортируются в формат XML в виде таблицы, отображающей в себе все существующие на данный момент времени конфликты, после чего можно оценить степень их проработки (рис. 8). Далее по аналогии с Revit по ID элемента можно с легкостью найти его в проекте.

Несмотря на все преимущества Navisworks Manage, он также имеет недостатки. Во время работы требуется постоянно проверять правильность работы фильтров. Это зависит от параметров, закладываемых в элементах. К примеру, труба, прописанная в параметре с префиксом Ду20, может быть проигнорирована при наложении фильтра труб с диаметром 20 без префикса.


| Изображение | Наименование конфликта | Статус | Расстояние | Описание: | Дата обнаружения | Идентификатор элемента |
|---|------------------------|---------|------------|----------------|------------------|------------------------|
|  | Конфликт2 | Создать | -0.346 | По пересечению | 2019/7/24 14:42 | ID объекта: 1064083 |

Рис. 8. Отчёт о коллизиях в Navisworks Manage

Предотвратить данные проблемы можно с помощью введения BIM-стандарта организации, в котором будет прописана вся структура работы с BIM-моделью и система наименований.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что поиск коллизий в Revit целесообразен в небольших проектах, при работе с локальными проблемными зонами. Работа с пересечениями в Navisworks Manage более эффективна сама по себе, но требует детально проработанной структуры поиска для корректной работы.

Литература

1. Талапов В.В. BIM в Сингапуре становится «окружающей средой» // САПР и графика. 2018. № 3. С. 54–58.
2. Бюссон А. Экономический эффект BIM: опыт аэропорта в Абу-Даби // CADmaster. 2015. № 1(80). С. 68–70.
3. Фураев Д. Формирование комплексной BIM-модели сложных промышленных объектов. Опыт компании ЗАО «ПМП» // САПР и графика. 2016. № 2. С. 24–27.
4. Маневич А. NavisWorks 2009: методика использования в проектном процессе // САПР и графика. 2009. № 2. С. 39–44.
5. Новые возможности Navisworks 2020. URL: <https://www.autodesk.ru/products/navisworks/features> (дата обращения: 15.02.2020).
6. Жуковень К., Киричко М., Киселёва В., Никитин А., Чухно М. BIM Стандарт. Контроль коллизий. АО «Проектный институт № 1», 2019. 8 с.

СОДЕРЖАНИЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

| | |
|--|----|
| <i>Grigoryan V., Tadevosyan N., Grigoryan V.</i> Implementation of Building Information Modeling (BIM) in the Organization and Management of Construction in the Republic of Armenia. | 3 |
| <i>Lehtoviita T., Pykkänen T., Paappanen J., Huuskonen H., Kanerva J., Rautiainen J., Windahl T.</i> Using BIM to Ensure the Safety of Buildings | 12 |
| <i>Mikayelyan Z. S., Sirunyan D. E.</i> Interaction of Autodesk Revit and IES VE Software Suites in Building Information Modeling | 28 |
| <i>Nguyen Minh Ngoc, Bui Hai Phong</i> Using Pipe Flow Expert Software in Combination with BIM / Revit to Design Water Supply Systems for Buildings | 33 |
| <i>Rajczyk P., Bednarczyk K., Rajczyk M.</i> New Technical Achievements in Building Diagnostics Pending Implementation in BIM Technologies | 51 |
| <i>Гурьева Ю. А.</i> BIM-технологии в строительном комплексе: зарубежный и отечественный опыт | 60 |
| <i>Николаев В. П., Присяжнюк Д. В.</i> Отражение институциональных основ BIM в стратегических документах | 68 |
| <i>Ханин А. В., Махиев Б. Е.</i> Проблемы внедрения технологий BIM в архитектурно-строительное образование | 75 |

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ

| | |
|--|----|
| <i>Бовтеев С. В.</i> Применение 4D-моделирования в целях повышения эффективности календарного планирования строительства | 81 |
|--|----|

| | |
|---|-----|
| <i>Георгиади В. В., Нам Г. Е.</i> ВМ-технологии и безопасность в строительстве | 87 |
| <i>Карасев И. С., Опарина Л. А.</i> Применение ВМ-технологий для капитального ремонта многоквартирных домов и их инженерных сетей с целью повышения энергоэффективности | 97 |
| <i>Медведева Т. А.</i> Перспективы внедрения ВМ-технологий для использования искусственного интеллекта в градостроительной деятельности | 104 |
| <i>Мохов А. И., Минаев В. А., Светлаков В. И., Стройков А. В., Саянов А. А., Вахин А. А.</i> ВМ-технологии в методологии технауки | 110 |
| <i>Мялковский И. К., Треля В. А.</i> Проблемы цифровизации в жизненном цикле объекта электротехники | 124 |
| <i>Нарежная Т. К., Звонов И. А., Корнилова Д. Л.</i> Перспективы перехода системы эксплуатации зданий бюджетных образовательных учреждений к цифровой эксплуатации. | 133 |
| <i>Овчинников М. А.</i> Использование программного комплекса «Топоматик Robur» для информационного моделирования автомобильных дорог | 141 |
| <i>Орловская Т. Н.</i> ВМ-технологии и экономическая безопасность строительной отрасли. | 146 |
| <i>Романович М. А., Сахтерева М. И.</i> Особенности создания цифровых двойников подземных комплексов – станций метро | 152 |
| <i>Слиж В. Д., Сальников В. Б., Ким В. В., Придвижкин С. В.</i> Генеративный дизайн в современном подходе к проектированию в строительстве | 161 |
| <i>Чертович Д. В., Долганова О. И., Ковалева О. Н.</i> Современные тенденции использования геоинформационных систем в архитектуре и городском планировании | 166 |
| <i>Черных А. Г., Корольков Д. И., Пакина А. С.</i> Алгоритм расчета остаточного ресурса строительных конструкций при создании информационной модели здания или сооружения. | 174 |

| | |
|--|-----|
| <i>Чертушкин А. Д., Сальников В. Б., Придвижкин С. В.</i> Методы расчета пожарного риска в информационной модели здания в России | 181 |
|--|-----|

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

| | |
|--|-----|
| <i>Авдюкова К. И., Придвижкин С. В., Мальцева К. В.</i> Энергоэффективное моделирование в Екатеринбурге | 186 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| <i>Алексеев М. Д., Ромашина Ю. Э.</i> Технология ручного лазерного сканирования как дополнительный инструмент BIM-моделирования. | 193 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| <i>Ведерникова А. А., Шишмарев Р. А.</i> Автоматизация инженерных расчетов в программе Autodesk Revit . . . | 197 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| <i>Епишкин А. Е., Калинин А. С.</i> Проектирование систем электроснабжения в Revit. | 205 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| <i>Жукова В. А., Буданцев А. В.</i> Опыт разработки и внедрения каталога BIM-моделей от производителя оборудования РОСТерм. | 211 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| <i>Згода Ю. Н., Шумилов К. А.</i> Безметочная дополненная реальность в визуализации BIM-моделей | 217 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| <i>Кирик Е. С., Попел Е. В.</i> BIM-модель здания и пожарная безопасность. | 223 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| <i>Козак Н. В.</i> Опыт применения современных средств моделирования при разработке концепции транспортной развязки. | 229 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| <i>Козак Н. В., Квитко А. В., Клековкина М. П.</i> Историческая реконструкция и 3D-печать модели старого Володарского моста | 238 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| <i>Козак Н. В., Яроцутин Д. А.</i> BIM или BIM: Особенности концепции информационного моделирования мостовых сооружений. | 245 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| <i>Козлова Е. М., Шумилов К. А.</i> Информационное моделирование зданий и сооружений (BIM) с применением ПК Сапфир 3D | 254 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| <i>Маркарян С. Р., Суханов К. О.</i> Подбор отопительных приборов в программном комплексе liNear Building | 263 |
| <i>Марьясин О. Ю.</i> Технологии интеграции и семантической паутины в цифровом строительстве | 270 |
| <i>Перминов Н. А., Шевченко Г. Н., Ткачук Т. А., Дауров З. С.</i> Особенности технологий цифрового моделирования при реконструкции подземных объектов городской инженерной инфраструктуры (опыт Санкт-Петербурга) | 276 |
| <i>Уланов А. В., Евтушенко С. И.</i> Проблемы и решения применения BIM технологий при проектировании окон. | 286 |
| <i>Ушакова О. Б.</i> Виртуальная реконструкция как способ изучения и сохранения архитектурного наследия. Проект «Документация утраченного» | 295 |
| <i>Шакиаш О. М., Евсиков И. А.</i> Оценка BIM проекта на основе многопользовательского VR-тура | 304 |
| <i>Шамардин А. Б., Шамардин А. Д.</i> Комплекс программ в C++ для экспресс разработки и анализа объемно-планировочных решений жилых зданий для создания BIM-моделей в условиях проектного финансирования | 310 |

**ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ,
ВЛАДЕЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯМИ BIM**

| | |
|--|-----|
| <i>Баженов А. А.</i> Внедрение BIM-технологий в процесс обучения студентов строительных специальностей | 317 |
| <i>Захарова Г. Б.</i> Практико-ориентированная методика преподавания BIM и Green BIM технологий в архитектурном вузе. | 322 |
| <i>Карпунин В. Г., Голубева Е. А.</i> Расчетные модели строительных конструкций в информационной модели здания и в преподавании архитектурного проектирования | 332 |

| | |
|--|-----|
| <i>Масёнене А. Р.</i> Практико-ориентированный подход в обучении BIM технологиям студентов старших курсов строительных вузов | 338 |
| <i>Пастух О. А., Кураков А. Ю.</i> Роль BIM-технологий в проектировании, строительстве и подготовке квалифицированных кадров | 344 |
| <i>Родионова Ю. В.</i> Обучение BIM и CIM проектированию в современном университете | 354 |
| <i>Романович М. А., Всеволожская В. Г., Кузьминых А. Р., Попова Е. М., Перцева А. Е.</i> Опыт создания цифровой модели здания в рамках международной образовательной программы на платформе BIM 360 | 362 |
| <i>Семенов А. А., Суханова И. И.</i> Проект BIM-ICE – интеграция BIM в высшее и профессиональное образование | 372 |
| <i>Шувалова С. С., Петухова А. В.</i> Влияние технологий информационного моделирования на развитие системы инженерно-графической подготовки | 379 |

ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

| | |
|--|-----|
| <i>Букунов А. С.</i> Обработка информации для принятия решений при информационном моделировании | 386 |
| <i>Гнедых В. С., Демшина Д. А.</i> Гидравлический расчет в системе отопления при BIM-моделировании | 393 |
| <i>Кротов О. М., Талипова Л. В.</i> Возможности современных программных комплексов при создании информационной модели городов с подземным пространством | 400 |

| | |
|--|-----|
| <i>Погода А. Г.</i> Система наполнения цифровой модели отображения технологических параметров при производстве работ нулевого цикла | 407 |
| <i>Пученков И. С.</i> Обработка информации в BIM среде с помощью Dynamo на примере работы с классификатором | 414 |
| <i>Федотов И. Д., Суханов К. О.</i> Гидравлический расчет системы отопления с использованием настройки liNear для Autodesk Revit | 424 |
| <i>Щеглов Д. В.</i> Сравнительный анализ проверки на коллизии в программных комплексах Revit и Navisworks Manage | 433 |

Научное издание

**ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА
И АРХИТЕКТУРЫ**

**Материалы III Международной
научно-практической конференции**

ВІМАС 2020

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 29.05.2020. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 25,92. Тираж 300 экз. Заказ 50. «С» 29.

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.