

# ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

## BIM IN CONSTRUCTION & ARCHITECTURE

Материалы II международной  
научно-практической конференции  
15–17 мая 2019 года

Proceedings of  
2nd international conference  
15–17 May 2019

ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

BIMAC  
2019

Конференция BIMAC 2019 проведена при поддержке компаний:

**GRAPHISOFT**  
A NEMETSCHEK COMPANY



Генеральный информационный партнер



Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

**ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ**

Материалы II Международной научно-практической конференции

15–17 мая 2019 года

**BIM IN CONSTRUCTION & ARCHITECTURE**

Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Conference

15–17 May 2019

Санкт-Петербург  
2019

УДК 69+004.9

*Рецензенты:*

ген. директор А. Е. Высоцкий (ООО «Высоцкий консалтинг»);  
д-р техн. наук, профессор А. М. Гримитлин («АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД»)

**ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры:** материалы II Междунар. науч.-практич. конф. [15–17 мая 2019 г.]; СПбГАСУ. – СПб, 2019. – 274 с.

ISBN 978-5-9227-0927-9

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019**

Представлены статьи участников II Международной научно-практической конференции «ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры» (ВІМАС 2019), проходившей в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете 15–17 мая 2019 года.

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);  
д-р техн. наук, профессор О. В. Игнатьев;  
канд. техн. наук Л. П. Москаленко;  
канд. техн. наук, доцент Г. Б. Захарова;  
канд. техн. наук М. А. Романович;  
канд. техн. наук, доцент И. И. Суханова;  
И. А. Евсиков;  
А. А. Антонов  
А. А. Ведерникова (секретарь)

ISBN 978-5-9227-0927-9

© Коллектив авторов, 2019  
© Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2019  
© Дизайн обложки И. А. Евсиков

---

---

## **МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM**

*Carlo Biagini*

PhD of Territorial and Building Engineering

Associate Professor

*Paolo Ottobri*

Master's Degree in Building Engineer

(University of Florence, Department of Architecture)

*E-mail: carlo.biagini@unifi.it, paolo.ottobri@unifi.it*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.001**

### **BIM MODELING METHODS FOR SEISMIC VULNERABILITY ASSESSMENT**

The dramatic seismic events that have recently occurred in Italy have highlighted the extreme fragility of the existing built heritage. The present article intends to investigate the potential of BIM modeling in structural improvement projects of existing buildings with framed structure in reinforced concrete. An information management flow will be outlined which, starting from the modeling of the initial conditions, leads to the federation of structural models able to allow the simulation of the hammering phenomenon between moment frames of adjacent buildings. The methodology will be discussed on the basis of a trial conducted on a case study of building school.

*Keywords:* seismic risk; vulnerability, federated models; hammering phenomenon.

#### **1. Introduction**

The dramatic seismic events that occurred recently in Italy (Abruzzo 2009, Emilia 2012, Amatrice 2016), highlighted the extreme fragility of the existing building heritage, built from the second post-war period until the introduction of specific regulations in the 1970s on construction in seismic areas. The public opinion was particularly impressed by the damage and the collapse of public buildings for hospitals, schools and administrative activities, which are considered strategic facilities to guarantee an adequate resilience of a territory in events of anthropic emergencies and natural disasters. For this reason, in recent years, in many Italian towns, extensive seismic risk assessment programs have been launched for public buildings, with particular reference to school buildings. However, this has opened up a great question concerning the reliability of the information available on the various real estate assets, determining a growing demand for digitalization of the data necessary for the creation of predictive models for structural simulation. In this perspective, BIM modeling can play an important role in setting up an archive of geometric and alphanumeric data, which can be used by property owners to achieve an efficient information management of the various phases of seismic risk assessment of buildings. In fact, by adopting BIM methodologies it is possible to develop a non-stop workflow, that implements data acquired from geometric survey, archival documents and on-site or laboratory tests on materials. Furthermore,

through the appropriate management of BIM modeling techniques, which exploit the advantages of information models federation, the structural simulation can go as far as to investigate secondary damage phenomena, such as the frames hammering of adjacent structures under seismic actions.

## 2. An approach to the assessment of seismic vulnerability

An ever deeper understanding of the ways, in which structures respond to seismic actions, and the resulting collapse mechanisms, have led to the formalization in the most recent Italian structural design code [1, 2] of the concept of "seismic risk", represented by an indicator that allows to evaluate the set of possible effects, which an earthquake can produce in terms of expected damage. The seismic risk indicator ( $R$ ) is evaluated as the combination of *hazard* ( $P$ ), *vulnerability* ( $V$ ) and *exposure* ( $E$ ):

$$R = P \times V \times E.$$

Seismic *hazard* is a physical characteristic of the territory and defines the frequency and strength of earthquakes. *Exposure* indicates instead the possibility that a territory suffers more or less damage in economic, cultural and loss of human lives (the building end use – public, private, hospital, school, etc. – will have therefore a great incidence on this index).

Seismic *vulnerability* is the predisposition of a building to suffer damage and collapse: increasing building vulnerability contributes the structural typology, inadequate design, poor material quality, construction methods and lacking maintenance.

Any seismic improvement intervention on an existing building must therefore be aimed at reducing the seismic risk indicator, essentially acting on its vulnerability.

The determination of the seismic vulnerability index of a building proceeds in successive phases, which can be summarized as follows:

a) *fact-finding survey*: it is defined the state of the building current consistency by plan and elevation structural surveys and the state of damage and deformation of the structure;

b) *historic-critic analysis*: it is a method that guides the designer in the reconstruction of the current state of stress in the light of the transformations and events that have affected the building over time;

c) *mechanical characterization of materials*: it is the assessment of the resistance capacity of materials through tests carried out on site or in laboratory;

d) *definition of knowledge levels and related confidence factors*: reductive coefficients are defined for the mechanical properties of materials inversely proportional to the degree of in-depth analysis;

e) *structural analysis* and identification of the vulnerability of the existing structure;

f) *proposal of interventions* to improve the building seismic behavior.

### 3. BIM for the structural models management of existing buildings

Design and analysis of building structures is one of the most advanced areas of use of BIM methodologies, which now includes the development of many software for the management of the different phases of in-depth specialized analysis in the design process. In particular, in these years we attend to an increasing trend towards integration between BIM modeling applications and those for structural simulation. The transition from the geometric model to the analytical model can take place in a bidirectional sense without interruption, through a data exchange that guarantees efficiency and reliability of the results.

If this integration is now effective in BIM processes for structural design of new buildings, we cannot affirm the same for renovation projects of existing buildings where the preliminary phase of the inventory model implementation [3], and in particular the collection of geometric and technical data relating to structure (building elements shape and constitutive materials) is not always adequate for the subsequent development phases of analytical modeling and structural simulation. Therefore, it is often required a further phase of data implementation of the structural model. The complexity of this new implementation phase depends very much on the level of knowledge that we intend to reach and on the construction technique originally used for the building [4, 5].

In the case the objective of the structural analysis is to identify the seismic risk index of an existing building, then it has to envisage a workflow in the evolution of the information model, linking to the in-depth phases imposed by the standard cited above, taking into account the progressive acquisition of new data and information coming from the building survey, the historic-critic analysis of the transformations occurred over time, and from the mechanical characterization of the materials.

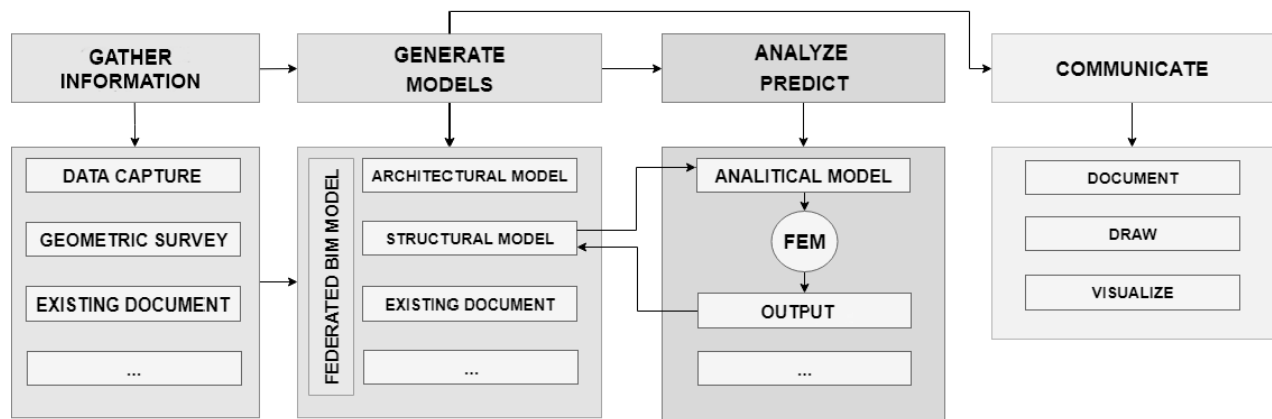


Fig. 1. Schematic BIM workflow process for structural models management

This paper deals with the theme of school buildings made with reinforced concrete moment frames in Italy, from the second post-war period to the 1970s, before entering into force the legal standard on buildings in seismic areas.

#### **4. BIM modeling of existing reinforced concrete moment frames**

The first modeling phase is related to the geometry capture of the structural elements making up the building (beams, pillars, floors). The modeling aims condition the accuracy, by which the geometric data must be returned within the model. In general, the process involves the acquisition of point clouds by scanning or digital photogrammetry techniques, their alignment and decimation based on a predetermined accuracy, but also the direct measurement of some linear dimensions on the building, sometimes necessary to overcome scanning coverage problems.

In fact, differently from a masonry bearing wall system, a reinforced concrete frame can be hidden, at least in part, by non-load bearing elements of the building, such as cladding and internal partition walls, or beams can be included in the floor thickness, and therefore not identifiable through a simple point clouds recognition. When archive drawings of the original structural design are available, BIM modeling can start more effectively from these, proceeding to a direct systematic comparison on the building to highlight any changes made during construction. To ensure the reliability of the structural simulations the accuracy of the geometric data on the measurement of the sections of beams, columns and floors must never be greater than 1 cm, while a 5 % tolerance can be allowed on structural vertical and horizontal inter-axis spacing.

The presence and geometrical check of inner steel reinforcements bars of existing structural elements (beams, pillars and floors) are more complex. Also in this case the best condition is the availability of the original drawings of the structural design. In order to validate these drawings, we must achieve not-destructive testing of rebars presence by electromagnetic covermeters.

An alternative approach can be the quantification of the rebars area, by redesigning it on the basis of the regulation standard in force at the time of the construction of the building, keeping fixed the geometric sections of the concrete structural elements (fig. 2). In this hypothesis the deviation between concrete reality and the BIM model can be significant, if evaluated in relation to the actual correspondence between real and virtual object, but it is completely negligible if considered for the effects of the structural simulation, which is the main aim of the BIM modeling.

Once the geometric-dimensional implementation of the structure is completed, it is necessary to characterize the physical-mechanical information of the constituent materials. In order to obtain these data, we can proceed either with direct tests, which needs material removal, or through indirect tests that allow to determine the concrete strength by correlation of sonic rebound (sonreb) or hammer rebound tests. Then the test campaign becomes a sub-process in the informative evolution of the BIM model, and for this reason it must be organized with extreme care in order to gain a reliable information on materials properties to be implemented in the structural model.



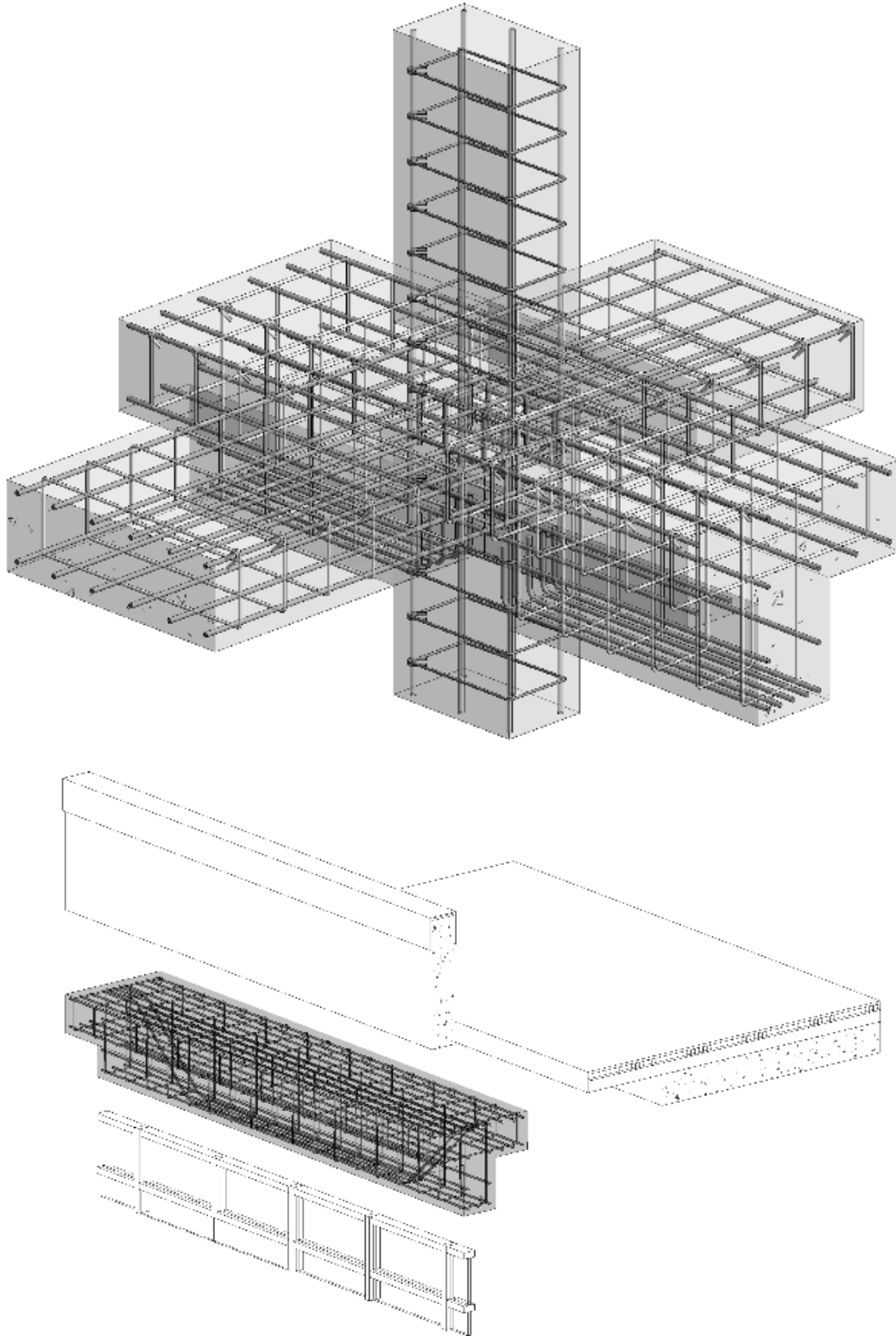


Fig. 2. Joint rebar reconstruction

Once the "structural model" has been completed, it is necessary to separate it from the associated "analytical model", checking and modifying the position of the nodes and the constraint conditions on the basis of the calculation hypotheses that we believe to have been assumed by the original structural designer. This phase

must be managed by an experienced structural engineer, as a wrong interpretations of the structural behavior of the building can lead to incorrect results in the simulation phase. The loads are then inserted before proceeding with the exportation into the finite element method (FEM) software for the static and dynamic analysis.

A general characteristic, that occurs in reinforced concrete frame structures built between the 50s and 70s, is the presence of thermal expansion joints inside the building to prevent the hyperstatic structure from accumulating dangerous tensions under certain conditions. These disconnections, which are no larger than 5 cm, however, represent elements of strong structural criticality under the seismic aspect. In fact, during seismic events the horizontal action on the two structurally distinct portions of the building, can move the frames in counter-phase, causing the dangerous "hammering" phenomenon.

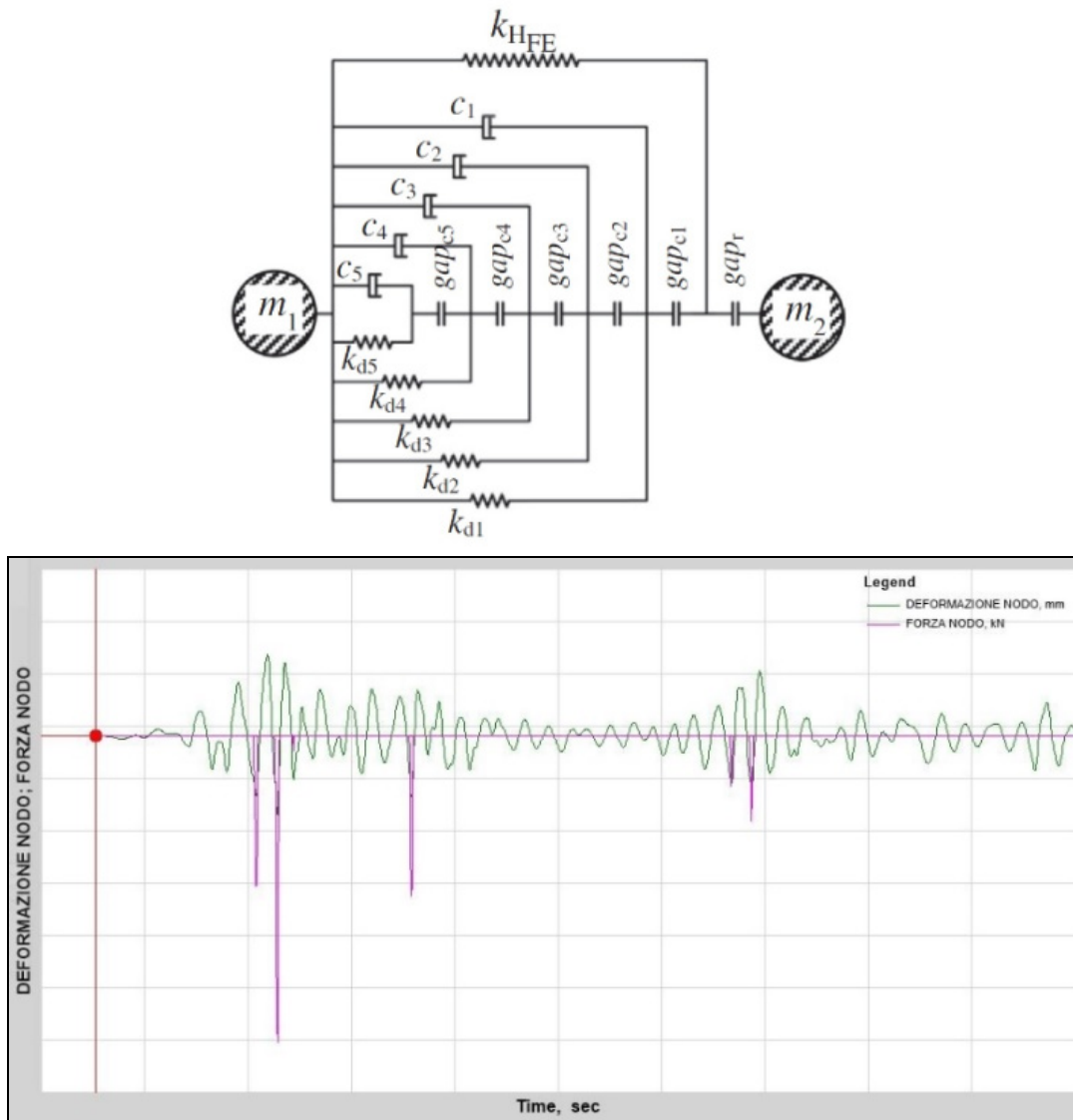


Fig. 3. Multi link schema and diagram of force transferred between building frames

The interpretation of this phenomenon is very complex and basically affected by errors. A classic proceeding way is to use a "gap" type link, which transmits the impact force to the contact points of the frames when the joint is saturated. This procedure, although extremely simple, makes it possible to avoid the timing discretization of the impact event. To this end, it is possible to choose a "sequential multi-link" (fig. 3) appropriately calibrated to gain a homogeneous transmission of efforts. The BIM modeling strategy of the hammering phenomenon between contiguous structures, must take into account on the one hand the geometric disconnection of reinforced concrete frames, on the other hand of their dynamic behavior in the simulation phase, which can be optimized through the federation of separate structural models.

The federation of simple structural models brings in fact undoubted advantages in the management of the complex model resulting from their aggregation. In particular, the modeling for single frames allows to develop separate analyzes on single structural models, speeding up the computation, while the overall evaluations are conducted on the federated model.

### 5. The case study of the "G. Verdi" School in Florence

The BIM modeling strategies described above have been transferred to the seismic risk analysis of the "G. Verdi" School in Florence (fig. 4). The research project stems from a collaboration between the Municipality of Florence and the Department of Civil and Environmental Engineering of the University of Florence. This agreement is part of a broader program for mapping the structural conditions of municipal-owned school buildings [6].

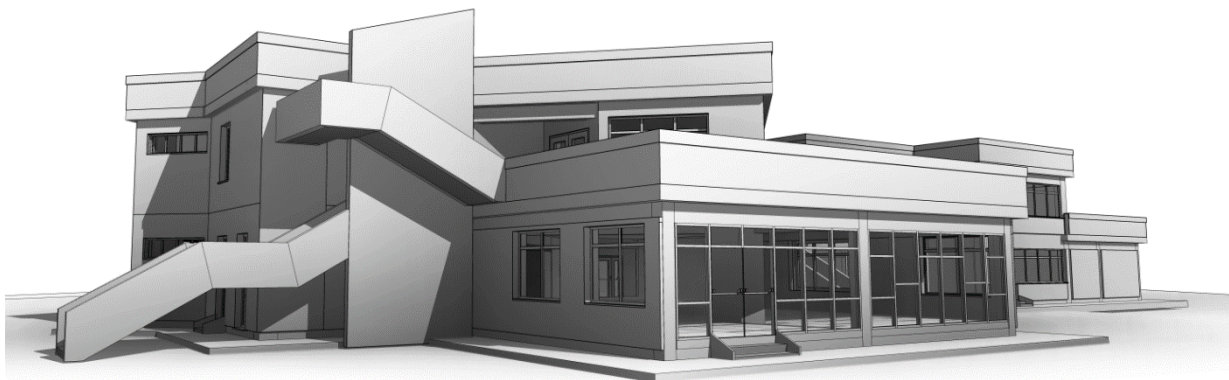


Fig. 4. School building BIM model

The building covers a total area of approximately 4,800 square meters on two floors of 3.10 m each. The building's load-bearing structure is made of reinforced concrete. There are flat beams, T-beams and L-beams. The pillars have different sections depending on their lay-out positioning and have a rectangular or L shape. The floors are in reinforced concrete joists and hollow clay blocks with an in-situ

concrete slab completion; the total structural thickness is 33 cm. The elevator shafts consist of reinforced concrete walls while stairs are made with load-bearing slabs.

Destructive tests (coring) and non-destructive ones (hammer rebound) were carried out for structural materials characterization; then results were correlated through literature formulas. The structural BIM model was completely created with Autodesk Revit software; its components have been brought to a level of development LOD 400 [7], also modeling the internal steel reinforcement rods. The structure of the school building consists of 7 spatial concrete frames (bidirectional warped), working with some concrete walls. The study of the hammering phenomenon was conducted on 4 frames.

The BIM modeling of the structure was subdivided into several models, each of them relating to a single frame in the hypothesis of pillars embedded at the base. The individual models of the frames were therefore federated within a single container model constituting the overall structure of the school building (fig. 5). This procedure allows optimal control over each individual frame ensuring a quick and easily assessable result. Once the phase of modeling, beams loading, node binding was completed, the model was exported into ETABS, finite element method software, in order to conduct the structural analyzes. A specific application, CSIXRevit, was used for the import-export files exchange between Revit and ETABS, but it needs a careful preparation in order to obtain reliable results.

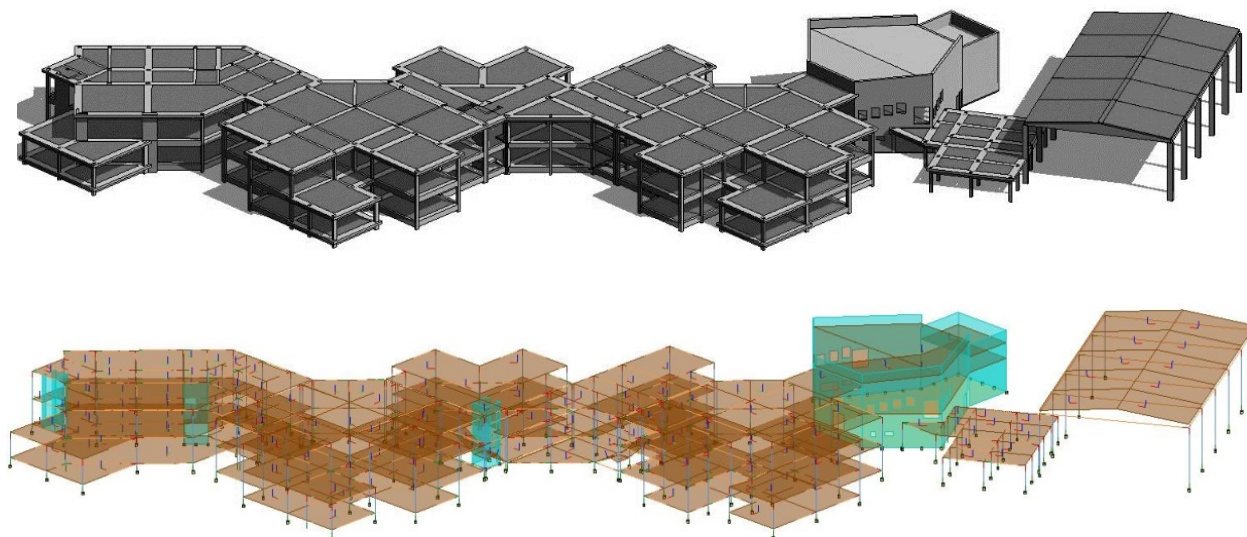


Fig. 5. Structural and analytical federated model

The "multi-link" element was then modeled within ETABS to simulate the saturation of the joint, thus proceeding to analyze the hammering phenomenon with the "FNA" method (Fast Non-linear Analysis) [8, 9]. The results of the analysis were then re-imported into Revit for the assessment of the building's seismic vulnerability.

An intervention hypothesis was therefore carried out for the mitigation of the hammering phenomenon between contiguous reinforced concrete frames. In particular, some connections between the potentially colliding structures have been prepared by means of silicon-based fluid-viscous sinks with a non-linear behavior.

## 6. Conclusions

The high seismic hazard of the Italian territory imposes a wide seismic risk assessment plan referring to public buildings, especially ones, like schools, that have a greatest exposure to the loss of human lives.

The process of assessing the seismic vulnerability of existing buildings as required by the most recent Italian regulations, can find effective developments in BIM methodologies implementation. The proposed study aimed to verify in an actual case the feasibility of such an approach, which has shown considerable potentialities; nevertheless, today it suffers from an excessive fragmentation of the information management process of the BIM models in the various stages of development.

On the one hand, interoperability between software is in many cases a bottleneck that can hardly be overcome in some operational phases of model development; on the other hand, the specific problems connected with existing building renovation (such as the hammering phenomenon between adjacent framed structures) require the creation of an "ad hoc" modeling and simulation strategies never derived from standardized protocols.

## References

1. Ordinanza P.C.M. n. 3274. 03/20/2003. URL: [http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/ordinanza\\_3431.pdf](http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/ordinanza_3431.pdf). (дата обращения: 05.04.2019).
2. NTC2018. D.M. 17/01/2018: *Norme Tecniche per le Costruzioni*. URL: [https://www.epc.it/contenuti/NTC2018\\_IVed\\_sito.pdf](https://www.epc.it/contenuti/NTC2018_IVed_sito.pdf). (дата обращения: 05.04.2019).
3. COBIM. *Common BIM Requirements*. Series 2. Modeling of the starting situation. URL: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/cobim\\_2\\_inventory\\_bim\\_v1.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/cobim_2_inventory_bim_v1.pdf). (дата обращения: 05.04.2019).
4. Volk R., Stengel J., Schultmann F. *Building information modeling (BIM) for existing buildings – literature review and future needs* // *Automation in Construction*. 2014. No. 38. P. 109–127. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.
5. Penttila H., Rajala M., Freese S. *Building information modelling of modern historic buildings* // *Predicting the Future: 25th eCAADe Konferans, Frankfurt Am Main, Germany*. 2007. P. 607–614. URL: [https://cumincad.architecture.net/system/files/pdf/eacaade2007\\_124\\_content.pdf](https://cumincad.architecture.net/system/files/pdf/eacaade2007_124_content.pdf). (дата обращения: 05.04.2019).
6. Ottobri P. *Evaluation of seismic risk for Verdi School in Florence*. Degree Thesis, Master's Degree in Building Engineering. School of Engineering, University of Florence, 2017. 283 p.
7. BIM Forum, 2017. URL: <https://bimforum.org/>. (дата обращения: 05.04.2019).
8. Ibrahimbegovic A., Wilson E.L. *Simple numerical algorithms for the mode superposition analysis of discrete linear systems with non-proportional damping* // *Computers & Structures*. 1989. No. 33(2). P. 523–531. DOI: 10.1016/0045-7949(89)90026-6.

9. Sorace S., Terenzi G., Licari M. Traditional and viscous dissipative steel braced top addition strategies for a R/C building // International journal of Structural Engineering. 2015. Vol. 6. No. 4. P. 332–353. DOI: 10.1504/IJSTRUCTE.2015.072472.

10. Welch D.P., Sullivan T.J., Filiatrault A. Potential of Building Information Modelling for Seismic Risk Mitigation in Buildings // Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering. 2014. No. 47(4). P. 253–263. URL: <https://www.researchgate.net/publication/272149035>. (дата обращения: 05.04.2019).

11. Formisano A., Chiumiento G. Seismic retrofitting of an existing RC school building: BIM modelling and life cycle assessment // International Conference on Resilience and Sustainability of Cities in Hazardous Environments. Naples, Italy, 2018. P. 1–6. URL: <https://www.researchgate.net/publication/329372083>. (дата обращения: 05.04.2019).

12. Vitiello U., Ciotta V., Salzano A., Asprone D., Manfredi G., Cosenza E. BIM-based approach for the cost-optimization of seismic retrofit strategies on existing buildings // Automation in Construction. 2019. Vol. 98. P. 90–101. DOI: 10.1016/j.autcon.2018.10.023.

**UDC 004:628**

*Nguyen Minh Ngoc,*

PhD of Hydraulics Construction,

*Tran Thanh Son,*

Dr. of water supply and Sewerage Engineering, Associate Professor  
(Hanoi Architectural University)

*Email: minhngoc3279@gmail.com, shonlaanh@yahoo.com*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.002**

## **ADVANTAGES, DIFFICULTIES AND CHALLENGES OF APPLYING BIM IN THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF WATER SUPPLY AND DRAINAGE SYSTEM FOR HIGH BUILDINGS IN VIETNAM**

In several parts of the world, building information modelling (BIM) remains popular and widespread, empirical research finds benefits of BIM technology.

BIM technology that has changed the face of construction industry in Vietnam, steps are currently being taken to gradually introduce to get the basics of applying BIM according to national standards.

In Vietnam the BIM is still in an early stage, BIM have been applied to design and construct of some buildings, But it has not fully succeeded yet, a hands-on approach to search step-by-step for solutions to get the BIM more and more popular, but There were some difficulties in the implementation process. Besides, Vietnamese construction industry has certain advantages of human resources and technology.

This article examined the difficulty of approach, software, skills and the working attitude of companies and engineers to get a new technology. At the same time, Vietnam has advantages, current challenges and constraints of using BIM, the necessary skills to work in a professional environment.

In the present study, using Revit 2018 had been applied to design a water supply and drainage systems of a high-rise building. Comparison with designing 2D by AutoCAD, it analysis shows that reduced project preparation time and increased pace of implementation of projects, up to 39,8 % reduction in project time, material quantity calculations can save time

about 87,05 %. It can help reduce the number of requests for information during the construction process, finds location of clashes and fixes before they become problems on the construction site.

However, if it is used BIM, the Architectural/Structure/MEP must be carried out uniform. It shows a great convenience and be able to apply, it is difficult to really carry out in construction industry.

Finally, making suggestions to create a roadmap to apply BIM of construction in Vietnam.

*Keywords:* BIM, ME, water supply, advantages, difficulties, challenges.

## 1. Introduction

Vocabulary of BIM (Building information modelling) is no longer an unfamiliar term for consulting and designing work [1].

BIM are understood to be digital description about structure and feature of buildings [2].

Applying BIM in construction projects, it has changed the way of thinking about building construction in the past, the BIM helped to change the concepts of “design to build” into “build to design” [3].

At present, BIM is used most of the countries in parts of Europe, Africa, Asia, Oceania and the Western Hemisphere. In some countries are bound to use BIM in all of new projects (USA, Singapore, Kingdom of England ...) [4] and using BIM in some building projects with some strings attached (most countries, including Vietnam).

When studying BIM, using BIM of some companies are increasing with time, about 28 % of units used BIM in 2007, it rose to 49 % in 2009 and 71 % in 2012 [5]. The increase was to be continued 76 % in 2016 [6]. According to Institute of construction economics [7] in the research was based on surveys with 64 companies, the knowledge of BIM about 32 %, interesting in BIM about 64 %, applying BIM to architecture about 39 % and structure about 47 %. Studying in the labour market to show that BIM is an essential skill for construction engineers, architect and water supply and drainage engineers, it has about 90 % companies to need requirement this skill with using Revit [8].

So, the BIM has improved step by step in Vietnam, government policies concentrate on developing BIM. The research shows that BIM usually applies to architectural project and it has no using in plumbing [8].

Therefore, this research has concentrated on the process of practical application of using BIM in water supply and drainage for construction works in Vietnam.

## 2. Legal basis apply BIM in Vietnam

In Vietnam, the BIM technology has been forming new trend in the innovation and development of construction sector, so the Vietnam has developed policies as follows:

Scientific research projects at ministerial level “Researchers develop a roadmap for applying Building information Model (BIM) to improve the efficiency

of design, construction and project management in Vietnam”. Institute of construction economics (Vietnam-2015).

Construction law of Vietnam (2015), Making mention of BIM in Fundamental principles in the construction activity and management construction investment.

On March 21, 2017, Minister of Construction issued Decision No. 203/QĐ-BXD to establish a Steering Committee on BIM in order to build, manage, and operate construction.

On April, 02, 2018, Minister of Construction issued Decision No 362/QĐ-BXD to provide a listing of pilot projects to apply BIM.

Morning, July, 05, 2018, Minister of Construction and British Foreign Office has also signed Memoranda of an agreement to apply BIM.

Besides, organizing national and international seminars, conferences and workshops on universities, research institutes in other parts of the Vietnam. There are some short-term training courses provide the knowledge of BIM for researchers and teachers.

### **3. The software for BIM apply to water supply and drainage for construction works**

The software design of water supply and drainage in BIM technology are listed in popularity as the following table.

*Table 1*

**The application software design of water supply and drainage system**

<b>Software</b>	<b>Firm</b>
Autodesk Revit MEP	Autodesk Inc
CADMEP (CADduct / CADmech)	Autodesk Inc
4MSA (FineHVAC+FineLIFT+FineELEC+FineSANI)	4M
Bentley Hevacomp Mechanical Designer	BENTLEY SYSTEMS
Digital Project MEP Systems Routing	DIGITAL PROJECT, INC

### **4. Case studies of applying BIM for water supply and drainage**

To assess this process applied BIM about designing construction of water supply works, some surveys were conducted in companies in 2018 as follows [8].

In total, 35 units were surveyed by questionnaire (30 design consultancy and construction companies and 5 training BIM centres).

Contents of surveys: times about designing water supply and drainage system and statistical material works for high buildings (The comparison between designing 2D by AutoCAD and using Revit – MEP).

Evaluation criteria for studying: duration of the design drawings without preparing the documents, hydraulics calculation and collecting Families of Revit.

Main findings of the survey include the following (tabl. 2).

So, Based on the responses by the consultants in this study, when using BIM It will reduce the designing time about 27,7 % and Bill of quantities about 87,05 %



(equivalent to study of CIFE, it is to reduce 80 % of time project [9]). If Including time of designing and Bill of quantities, the time can be reduced about 39,8 %.

Table 2

**Assessment survey design-time implementation of water supply and drainage projects**

No	Building	Times to use AutoCAD (Day)	Applying Revit (Day)	Save time by BIM (%)
1	3 to 7-storey building			
	• Basic Design drawing	3	2	33,33
	• Bill of quantities	1	0,25	75
2	8 to 18-storey office building			
	• Basic Design drawing	10	8	20
	• Bill of quantities	2	0,25	87,5
3	8 to 18-storey Highrise building			
	• Basic Design drawing	14	10	28,6
	• Bill of quantities	3	0,25	92
4	19 to 25-storey Highrise building			
	• Basic Design drawing	18	12	33,33
	• Bill of quantities	4	0,25	93,7
5	Over 30-storey Highrise building			
	• Basic Design drawing	26	20	23,1
	• Bill of quantities	5	0,25	95

Applying BIM can save time nearly 40 % or even less, but when using BIM, it will also require greater cost, like the licence fee of software, computer high configuration, training workers, salary... This investment cost is too much. As a whole, this survey of Salih Sen [10], the cost of using BIM project can reduce about 2,02 % [10].

## 5. Advantages and barriers applied BIM in Vietnam

### 5.1. Advantages of BIM applications

Vietnam has certain advantages and opportunities in applying BIM:

– Changing perceptions: At the units surveyed in Vietnam, there is 32 % of expert at BIM and 62 % of knowing about BIM [7]. Policy-makers, investors are recognizing many benefits of BIM which it brings to user for the plan of building, management and operation of projects.

– Managerial and technical skills: the managers has enhanced integration and access to information, They are seeking a solution and the different methods apps use to work, At present, firms in Vietnam generally was fully aware of the importance of BIM, Of the surveyed enterprises, about 64 % [7] said that to be concerned with BIM.

Infrastructure: Information systems, computer has been fixed at a popular rate, Most companies have a computer system to afford BIM technology. Especially, Industrial Revolution 4.0 and deregulation have pushed the development of applying new technology [11].

### **5.2. Barriers to apply BIM technology**

Reporting of the Survey on using BIM of some projects in Vietnam, show that some challenges that hinder the development of BIM:

- Laws, policies and regulations: now, the government encouraged companies to use BIM for their project, but there is considerable uncertainty regarding to use BIM. Meanwhile, approving work is still based on 2D paper drawings, the consultancy fees about BIM is yet to become visible, so sometimes worth consulting works not following the standards, specifying (a lack of regulations on BIM 43 % [7] opinion survey) which led to break or reduce very low-cost investment consulting projects using BIM then leads to the incomplete implementation of the end of 2018 in Vietnam are no large projects applying BIM sufficiently for all project items.

- Applying BIM asynchronous: through surveys of firms, the projects have used BIM to be pretty plenteous and multiform such as architectures (39 percent of the projects), structure (47 percent of the projects) [7], the projects are done from the mid-rise buildings (3-5 floors) to the high-rise apartment buildings (30-40 floors), home offices, factories, roads, bridges, but the next step in deploying next subjects such as plumbing, mechanical, building work and operation management remains interrupted, this projects deployed these items but are not deployed to the next item, because, lack of the man-power source or Vietnam's policy is not necessary to use BIM for the whole project, or the company only uses BIM to perform their part of the project to participate in the bidding, introduced the company's capacity.

- Lack of BIM experts: the surveys carried out in the world and Vietnam, The greatest barrier is lack BIM experts (about 38 % opinion survey) [7], training a BIM expert is a relatively long time and a large cost [12], when it comes to hiring, most companies gave conditions of knowing BIM, but it is not enough to deploy a project, but need a specialist can control the harmony a team of BIM with many other subjects together to implement smoothly the project, which is particularly expert in the field of state management of BIM to afford implementation and evaluation of projects using BIM.

- Benefits of using BIM in projects: the research shows there are many benefits to use BIM, help the consulting unit to shorten designing time in most categories building design, but it is not counting the cost to using BIM about hiring costs, software costs, the cost of equipment. Salih Sen study (2012) [10] of project cost when using BIM, it can save as much as 2,02 percent of the total cost, in addition, lack of incentives and provisions of law, that causes companies are not enthusiastic in applying BIM.

– Human resources training on BIM: currently in training architects, engineers at universities in Vietnam, BIM hardly put into a formal subject, which only encourages students to study and application of BIM to perform a certain part of the graduation thesis. BIM training while there are very few university courses on teaching, which is mainly performed in the company or centre is not the university, so BIM has not really become a powerful tool for new students to the school when applied to the project, the manpower shortage of BIM is a big issue today (43 % opinion survey) [7].

## 6. Conclusion and discussion

During the process of renovation, BIM is a turning-point in construction industry and the greatest challenge in Vietnam, at the same time, it brings many benefits.

So, for this study, applying BIM is used widely around the world, find it necessary to use BIM in Vietnam.

Benefits of BIM here is expressed through the design of water supply and drainage system in the building, with the layout system details, statistics clearly, since that BIM-Revit has helped improve the design, do the details of the project, especially the piping system on the premises have different pitches.

Research shows the design time of water supply and drainage system can reduce 27,7 %, time of bill of quantities decrease down to 87,05 %, but beware of costs for the project using BIM fell only 2.02 %, equivalent to about, besides the cost of the total project is quite large, up more than 2 % reduction in value is also of great benefit to the investor.

Benefits of BIM brings a lot, with particular emphasis on how to manage clearly and reduce project costs, the practical effect, visually.

Following development roadmap for Vietnam's BIM up to 2021, Vietnam's laws encourage the dissemination of BIM technology with a clearly policies. BIM will be required to apply to most of the construction work, so investigation, implementation and training of BIM is necessary in university. BIM is necessarily considered an official subject in the course of training at the university level.

## References

1. 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. 23 p.
2. National BIM Standard – United States. National Building Information Model Standard Project committee. URL: <http://www.nationalbimstandard.org>. (accessed: Date 20-11-2013).
3. Crotty R. The Impact of Building Information Modelling: Transforming Construction. London: SPON/Routledge, 2012. 72 p.
4. Arkin G.K. The History of Revit – The Future of Design. URL: <http://Revit3d.com>. (accessed: 2 September 2012).
5. McGraw Hill Construction. Construction Industry workforce shortages: Role of Certification, Training and Green Jobs in Filling the Gap. Smart Market report. URL: <https://www.usgbc.org/resources/smart-market-report-construction-industry-workforce-shortage-s-role-certification-training->. (accessed: 25 March 2019).

6. National Association of Home Builders (NAHB). 2016 Building Information Modeling (BIM) Survey. Economics and Housing Policy Group. URL: <https://www.nahb.org/~media/Sites/NAHB/Members/Councils/iha/meeting/2016/iha-interim-meeting/all-other-presentations/2016-BIM-Survey-Results.ashx?la=en>. (accessed: 25 March 2019).
7. Ta Ngoc Binh. Nghiên cứu xây dựng lộ trình áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) nhằm nâng cao hiệu quả thiết kế, xây dựng và quản lý công trình tại Việt Nam. Institute of construction economics, Vietnam. URL: <http://congnghebim.vn/lo-trinh-bim-tai-viet-nam/>. (accessed: 25 March 2019).
8. Nguyen Minh Ngoc. Nghiên cứu áp dụng mô hình thông tin công trình (bim) trong thiết kế hệ thống cấp nước trong nhà. Scientific research projects Hanoi Architectural University, Vietnam, 2019.
9. Salman A. Building Information Modeling: Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry // Leadership and Management in Engineering. 2011. Vol. 3(11). P. 241–252.
10. Salih S. The Impact of BIM/VDC on ROI; Developing a Financial Model for Savings and ROI Calculation of Construction Projects. Master of Science Thesis. KTH Royal Institute of Technology. Stockholm, 2012. 59 p.
11. Nguyen Minh Ngoc. Những thuận lợi và khó khăn khi áp dụng BIM trong ngành xây dựng Việt Nam // Vietnam Journal of Construction. 2018. No. 10. P. 115–118.
12. Sandeep L. Challenges with BIM Implementation: A Review of Literature. 53rd ASC Annual International Conference Proceedings of the Associated Schools of Construction, 2017. URL: [https://www.researchgate.net/publication/317842173\\_Challenges\\_with\\_BIM\\_Implementation\\_A\\_Review\\_of\\_Literature](https://www.researchgate.net/publication/317842173_Challenges_with_BIM_Implementation_A_Review_of_Literature). (accessed: 26 March 2019).

*Erik Vardanyan*  
Graduate Student of Building's Design  
(National University of Architecture and Construction of Armenia)  
*E-mail: vardanian.eric@gmail.com*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.003**

## **EXPERIENCE AND PERSPECTIVE OF USING BIM TECHNOLOGIES IN ARMENIA**

With the advancement of BIM technologies in recent years, many countries developed legislations and standards in the field of construction regulating the usage of BIM technologies. Alongside all the advantages that BIM technologies provide to all stakeholders, many professionals do not use them for their design processes. And while many countries try to make BIM as part of their legislations, countries like Armenia, do not take that risk, because of the differences between professionals in the field of construction, particularly between architects and engineers.

This article presents the current situation of BIM software usage in Armenia, the problems and challenges of its implementation in the whole construction process, from design to environmental and sustainability analysis. To understand and analyze the situation and current issues connected with BIM usage in Armenia, dozens of professionals, architects and engineers were interviewed.

*Keywords:* BIM technologies, design, construction, engineering, information modeling.

In order to create and develop their projects, professionals in the field of architecture and construction try to use all the resources they have. The right soft-

ware helps them design the project successfully. In 1980's architects began using CAD (Computer Aided Design), which helped them wade from pin-bar drafting to layer based CAD systems. However, CAD systems gave only the building's graphical model, as the next development was the building information modeling, giving not only the graphic representation but also information. Besides giving the opportunity to have information, it made the collaboration and management easier. Several decades after this development, the US National Building Information Model Standard Project Committee defined BIM as a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition [1].

After GRAPHISOFT's ArchiCAD launch in 1987, it became the first software that used BIM. However, as we will see in this article, in 2019, BIM files did not become as widely spread as DWG files after CAD formation [2]. Only during the last decade BIM software programs like ArchiCAD, Revit and AllPlan started to compete with widely used CAD programs. We can infer this development with the roll of different Revit products in 2012, which made their competitors to compete and develop BIM technologies. So, architects and engineers who seek faster and more clever ways to create new buildings and structures within tight period and limited resources, started to implement them.

In Armenia, the construction industry is much smaller compared to countries like Netherlands, Belgium, Estonia, and it considerably depends on the import of materials. Thus any development and change depends on other countries, especially Russia and other leading trading nations big trading countries. Despite the usage of BIM technologies in private sector is growing, howbeit to implement it in the country, Armenia needs to rely on others' experience. For better understanding of the situation, we must examine where the professionals come from.

Armenian National University of Architecture and Construction (NUACA) for many years was Armenia's largest and the only architectural school. In 2013, the Franco-German Engineering Institute became the second school of architecture and engineering in the country. For about 90 years NUACA educated highly qualified professionals, yet now architectural students cope to develop study programs including BIM software courses, which will give them the opportunity to match the market needs. Thus, although the BIM technology development in the world and its widespread use in the labor market, the university continues to educate professionals who use CAD and 3D technologies to implement their projects. This results to the wide usage of CAD software by professionals, both architects and engineers of HVAC systems, electricity, plumbing, fire protection systems and other needed specialists. Among the above-mentioned professionals, only architects adapted to BIM software comparatively quickly. Here is where all the problems start. Although architects take courses of CAD software at the university, engineers do not take any software course during their undergraduate program. There is an urgent need to develop programs and include BIM technology software courses for engi-

neering students, so that they can become skilled professionals, ready to enter the labor market immediately after the graduation. There is a demand for professionals to teach students, says Egnatosyan, doctor of engineering at NUACA. While students are curious about inclusion of BIM software programs in their study programs, annually more than 200 professionals graduate. So, from the beginning architecture students are familiar with CAD technologies, while engineers do not have any idea how to use them and it depends on the person, to learn and apply it in practice.

In Armenia, architectural studios use different software programs for their design process. Those are mainly REVIT and ArchiCAD in contrast with mass usage of AutoCAD by engineers and elder generation of architects. Thus, to work with professionals with extensive expertise fresh graduates have to become familiar with BIM programs. Some large and successful architectural studios, where young generation tends to work, are run by young and middle-aged people who foster use of Revit and ArchiCAD, despite the problems they face.

A major problem is to find architects who use company's preferred software, and are qualified enough. In order to solve this, architectural studios establish their own schools, where they train students with their standards, giving them knowledge and skills to use their software. One of the most successful projects is Archangel Architecture Studio's school, which started from ArchiCAD lessons then turned into an architectural school, where they train students and interns teaching them all the required skills to prepare them as their future employees [3]. Other firms, which face the same problem choose outsource method to train their employees. Here some private schools, like SkillShop come to help the companies. The founder and CEO of SkillShop, Areg Kheshishyan mentions that the need of BIM usage in design process forced them to think wider, and they opened the school, where they aim to create BIM community and conduce the technology usage in Armenia. "Unfortunately, only 20 % of our students are engineers, mostly we have architecture students or architects who want to change their working programs from CAD to BIM". Areg Keshishyan states that giving BIM skills to employees do not ensure that companies will go with BIM workflow, because there is deficiency of BIM managers in companies. Architectural offices mostly do not want to create a new vacancy for BIM managers, which is vital for companies, especially in Armenia. Here the government does not take any step to support the usage of BIM and the BIM managers have to take care of all the aspects themselves.

BIM manager, architect Kasra Hamidi Dastnaei at Storaket Architectural firm mentions that because of lack of regulations and standards from government of Armenia, BIM managers are in a difficult situation, because they have to develop templates not only to provide easy workflow for studios, but also templates for final documentation. In this case it can take up to 400–500 hours for BIM manager to create a new template, which costs too much for architectural companies based in Armenia, and unfortunately this is not solving all the problems related to BIM

workflow. After all the investment the company does to go BIM, at some point they go back to CAD, as engineers, no matter structural, HVAC or plumbing use CAD and somehow they have to adapt their CAD files to the company projects, integrate and insert information in them. This takes too much time and big expenses, increasing the financial burden of the Company.

Here we can see the gap between engineers and architects. Architectural studios use BIM software in design process, but they are not able to integrate engineering system files of buildings to their BIM files, because of CAD files of engineers. Here the BIM workflow intermits and no future BIM actions can be done. As architects work for architectural studios, they have to adapt to the company's requirements and use the same software. And, as mentioned above, younger companies accept the BIM and its advantages, so more and more young architects start using BIM in their workplaces. This is not the same for engineers, because in Armenia architectural companies are not large, with maximum 30 employees and it is not profitable for them to have full time engineers and it is more acceptable to out-source, even if they work with CAD technique and their BIM workflow is interrupted. There are several companies, which perform HVAC and plumbing engineering with BIM technologies, however, they do not spread their knowledge with others, preferring to set high price for their services, taking advantage from the fact that there are not many companies who do engineering with BIM technologies and architectural studios prefer to work with them. As the key players in the market do not want to solve the big, public problem of BIM usage, the only way to solve it, is to train for professionals and students of engineering as Dr. Egnatosyan mentioned above. This will foster propagation of BIM usage in the field of engineering, the university will have qualified professors, who possess BIM technologies and can realize projects with them. In addition, it is important to have the chance to develop literature in Armenian language, related to BIM usage topics. Currently this kind of literature is missing. This collaboration, which started by interviewing professionals to receive information about the usage of BIM technologies in Armenia, can be an excellent beginning of cooperation of professionals from different fields, which will give advantage for all stakeholders such as the state, private companies, individual professionals and construction production businesses.

So, if the software skills can be developed individually or in companies, workplaces, schools, there is another problem that all the interviewed professionals were worried about: regulations and standardization. This is something that has to be ensured by the government in close cooperation with architects, engineers and construction producers. Nowadays, companies try to develop their custom templates by having some kind of regulations as a base, but this is too far from producing full BIM project pack. Armenia, as any other country, has its own standards and regulations of architectural and engineering drawings representation, its particularities like materials and standards used in construction, different configurations and day-to-day developments in this field. Hence, to go BIM, this all have to

move from papers to BIM world firstly. This kind of big changes surely have to be realized in phases. Taking into consideration the international experience can help Armenia integrate BIM technologies much easier compared to other countries that did it without having any experience in this field.

The Armenian economy and construction field is deeply connected with Russia, the Russian experience in this transformation can be most valuable for the country. The Russian government announced about implementation of BIM technologies in the field of construction in December, 2014, and, by that prescript, phase to phase transition will be fully done in 2020 [4]. In case of Russia's successful transition, Armenia can follow the success by having the chance to avoid possible mistakes. Because of the bulk amount of imported goods from Russia, if imported products will have their BIM models, library making process will be easier in Armenia. But this does not mean that Armenia's BIM library problem will be solved. Armenia's uterus is rich with different stones, metals and other materials, which are widely used in the field of construction. So, except for all imported materials, everything produced in Armenia must have its BIM model and description. On the other hand, Russia's transmission will be a forcing power for Armenia to go to BIM too.

All the interviewed professionals agreed that changes must be done with the input of government of Armenia, which manages all the projects. If there are companies that can allow them to develop their BIM standards and make their libraries, there are many other individual architects and firms who cannot afford to create libraries or templates. Usually companies keep their libraries and templates private, and it is not accessible to the public. Mr. Keshishyan believes that successful BIM environment must be open and accessible to all professionals. BIM is not just a technique used by architects or engineers. This transition must be done from higher levels of governance in the field. For example, Professional Unions and Committee of Urban Planning must take the responsibility to gather all stakeholders and design a document, like a national strategy plan, or something like the Estonian Digital Construction Cluster. All the stakeholders have to start the transition steps together to be able to form the BIM strategy for RA.

After all the interviews, we have a more complete picture of the level of BIM usage in Armenia. Overall, BIM is used more by architectural organizations and only few engineering companies use it in their projects. More and more architects change their CAD software program to BIM and this is mainly spread among younger generation, a perceptible number of professionals use BIM software for 3D modelling, but creating drawings in CAD software. BIM is also not fully implemented because of lack of material and object libraries. There are no libraries adopted to Armenia's construction and design market. Mr. Dastnaei described this as "half-BIM".

With the new government, formed in 2018, many changes have been taking place in Armenia, including the construction field, where a new licensing method



for professionals is accepted, the Palace of Architects is elaborating new requirements for architects, creating some limitations and making the field law more strict. Except of this there are big urban projects to be built. This can be exact time for some changes to be applied or pilot projects to be tested.

During upcoming years, the BIM usage will grow, nearly all architects will start to use BIM technologies, the percent of engineers who will prefer to use BIM will grow too, this will continue until the government's decision to change all the requirements to be created and presented in BIM environment. To conclude, we have some ways to solve the problems of BIM implementation.

Firstly, universities have to prepare professionals with the skills of BIM technologies, who can transfer their ideas and knowledge to digital world. Then professionals, who use must be trained to transfer from CAD to BIM. As a result of this research, Skillshop and NUACA's chair of Ventilation, Gas and Heat Supply are launching a research project to study BIM for HVAC, plumbing systems, then train students and professionals.

Secondly, there is need of gathering of all stakeholders, which must be done by one of governing bodies. As a result of this, a national strategy must be planned. In this phase some pilot projects can be realized to find defects and disadvantages, after which the strategy should be established.

Finally, all the accepted standards of drawing signs, material representations and symbols must be created in BIM environment and must be publicly accessible. And in addition to this all, the construction materials producers must start production with having BIM model of their products, all the accepted graphic symbols and signs and by this we will have BIM library of Armenia's construction market which can foster the realization of projects accomplished by BIM technologies.

### **References**

1. National Institute of Building Science BuildingSMART alliance, Frequently Asked Questions About the National BIM Standard – United States. URL: <https://web.archive.org/web/20141016190503/http://www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1> (Accessed 01.03.2019)
2. Autodesk, White Paper. URL: [http://www.laiserin.com/features/bim/autodesk\\_bim.pdf](http://www.laiserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf) (Accessed 25.02.2019).
3. Archangel Architectural School. URL: <http://www.archangel.am/school> (Accessed 25.02.2019).
4. Malcev V.L. Iz opita resheniya problem vnedreniya BIM-texnologii. BIM modelirovanie v zadachax stroitelstva i arkhitekturi: materiali Vsetassiiskoih naychno-prakticheskoi konferencii, [From the experience of solving problems of introducing BIM-technologies. BIM-modeling in the tasks of construction and architecture: materials of the All-Russian scientific and practical conference]. 2018, P. 35
5. The Digital Construction Cluster, <http://www.digitaalehitus.ee/wp-content/uploads/2016/01/Digitaalehituse-klastri-strateegia-2015.pdf> (Accessed 22.02.2019).

**UDC 372.862:004**

*Vedernikova Alena Andreevna,*  
Assistant Professor

*Guryeva Yuliana Aleksandrovna,*  
PhD of Sci. Tech., Associate Professor

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

*Shiwua Aondowase John,*

Ph.D. of Sci. Tech., Senior Lecturer

(Benue State Polytechnic, Ugbokolo, Nigeria)

*E-mail: parallelogram13@gmail.com, yual2017@mail.ru, aondo.j@gmail.com*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.004**

## **PREPAREDNESS OF STUDENTS OF CIVIL ENGINEERING WITH THE ACTIVE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN EDUCATIONAL PROCESS**

Information Technology (IT) has gained increasing usage and application in all facets of human endeavor and the construction industry has leveraged on the progress made in IT especially in Building Information Modeling (BIM) to increase efficiency by reducing the amount of time spent on projects due to complexities associated with analysis, design and documentation. There is therefore, the need to adequately train and equip construction experts on modern trends in IT that could significantly enhance reduce the complexities associated implementation of construction projects and increase productivity. IT plays an important role in project planning, project administration, quality assurance and quality control. This paper analyses the level of preparedness of Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU) Russia on their readiness in the applying IT solutions in construction. In this regard certain issues related to the modernization of the educational process at the St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering highlighted herein, the involvement and practice of state-of-art Information Technologies (IT), up-to-date information resources and modern BIM-design technologies are considered. This article presents the results of a research conducted among civil engineering students of St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU), Russia. The analysis of the results confirmed the feasibility of introducing Information Technologies in the educational process, as well as the need to monitor the occurring changes in BIM-technologies in the construction industry to familiarize students with them.

*Keywords:* BIM-design technology, building information modeling, information technology, information resources, modernization, innovation, educational process, learning.

### **1. Introduction**

#### **1.1. Definitions and reviews**

The word construction finds its root from the word “construct” which entails to “build”. In engineering, construction is synonymous with large structures like houses, factories, roads, railways, bridges and power plants to mention but a few. It involves putting together different elements using a premeditated detailed design and plan to create structures for a certain location and purpose. Construction is an all encompassing activity that depicts the entire life cycle of an engineering structure including design, construction, operation and maintenance (O&M).

The O&M ensures that the project is operated properly for its intended use and that it is regularly maintained.

IT has been defined variously by different authors to mean the study or use of electronic machines especially computers and programs for processing, storing, retrieving, presentation and dissemination of information. IT has gained wide acceptability in many industries and has become an essential component of control mechanism deployed towards achieving higher productivity. In construction, IT plays a vital role in project planning, organization and management, operation, and control of deliverables. It is applied in CAD and automation of routine tasks including exchange of design and building information. Through the deployment of IT solutions project scheduling, estimation of material quantity and cost of project have now be made substantially easy. This in turn has greatly enhanced project management, quality control and quality assurance of construction.

Almost every student faces the problem of obtaining necessary information for the development of a particular discipline. Therefore, the use of informational resources greatly simplifies this procedure and reduces time spent in information gathering thereby increasing educational efficiency [1]. Using a single device that has the ability to visit the necessary information resources, you can quickly access different sources of information that are far beyond the workplace. The learning environment becomes even closer to everyone and more accessible to everybody, both for people with disabilities and for users who are far beyond the educational institution.

Surveys conducted through years have established the significance IT in educational process. [2] point out good influence of IT on research activities of post-graduate students. A survey of 1801 students conducted in [3] shows that more than 70 % of students are interested in application of IT in educational process. [4] carried out a survey among 46 students of Moscow State University to understand influence of “blended” education, which includes information technologies, and it confirms a positive attitude of students on incorporating IT in educational process. In [5] it is worked on using information and communication technologies to develop learning motivation in elementary school students.

## **1.2. Nature and Process of the Construction**

Modern construction is complex and multi-disciplinary in nature with peculiar and unique organizational structure throughout the entire project life cycle. No two-construction projects are similar in planning, organization and operation. However, the data and knowledge acquired and experience gained on similar projects can be of tremendous importance in construction process. The complexity and multi-disciplinary nature of construction projects entails the setting up of a temporary coordination center for exchange and sharing information as well as resolution of issues that may arise [6, 7].

The entire construction project life cycle is an interaction between information and material sub-processes at different stages of work. The information

sub-process provides the necessary guidance on how the project will be executed at each stage, whereas in the material sub-process raw materials and pre-fabricated components are produced and assembled to obtain finished physical objects or structure (see Fig. 1 and 2).

It is important to note that neither of the above-mentioned sub-processes can function in isolation since the construction of any engineering structure or object requires information in the form of drawings, specifications, and work schedules, which regulates and control material activities.

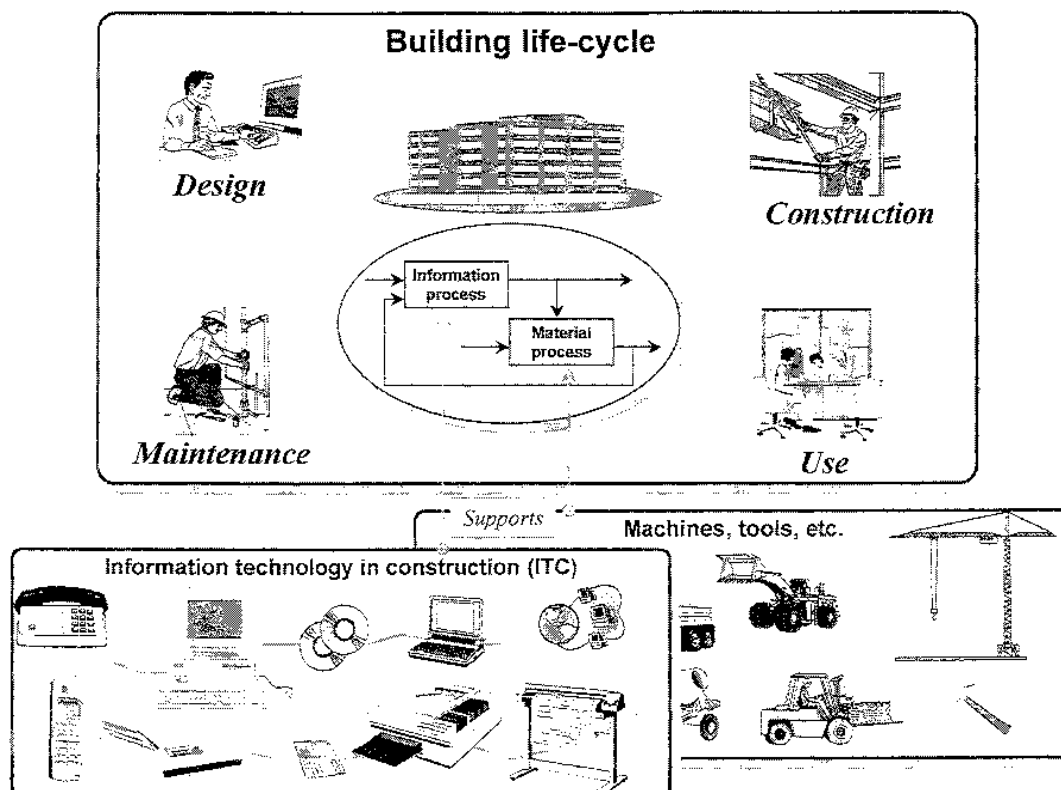


Fig. 1. Interaction of construction processes [8]

### 1.3. Information Technology in the Construction

The relevance of IT in construction cannot be over emphasizing. The growing deployment of IT solutions and resources in the entire chain of construction project life cycle across the globe points to its importance. These includes the use of MS Office suite, quantity and material estimation software, cost estimation software, project scheduling and management programs, computer aided design (CAD) and building information modeling (BIM) tools.

The combination of these tools have considerably hastened the preparation of standard project documents and drawings, storage and exchange of information, which has led in time saving, cost reduction, efficiency and higher productivity. The application of IT in construction improves the flow of information which ensures that teamwork and coordination is enhanced [10].

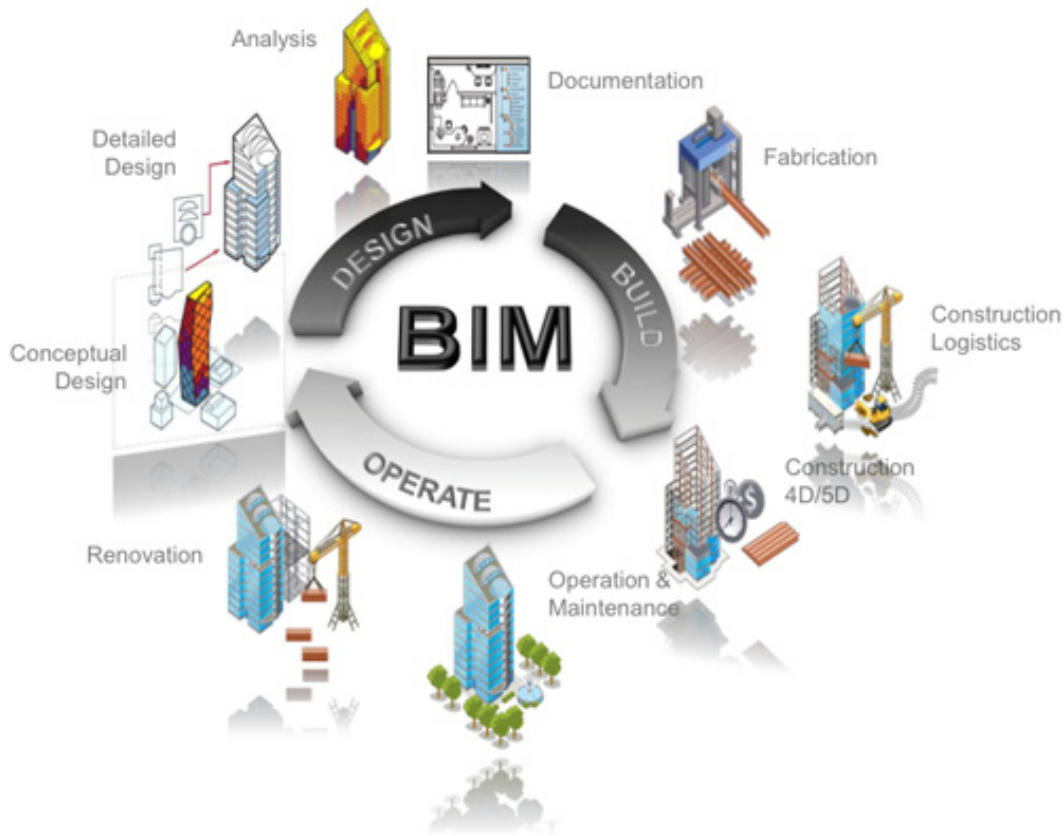


Fig. 2. Building Life Cycle showing various components of information and material processes [9]

#### 1.4. Constraints to Effective Implementation IT in Construction

Despite the numerous leverages IT solutions brings bear in the construction industry, its effective application has been met by a number of constraints which include among others low level of technology awareness, availability of trained personnel and high cost of deploying IT solutions.

In developing countries especially, these constraints encompasses inadequate skilled personnel to render effective management and support the IT deployment, high rate of computer illiteracy and poor quality telecommunication infrastructure. In addition, the prevalence of web-based information primarily in English as against local languages has also hindered application and use of IT in developing Non-English speaking countries. Another key barrier is the uneasiness exhibited by managers to embrace changes and uncertainty as to whether the high capital investment will translate to meaningful gains in productivity.

To ensure growth in usage of IT tools in construction to improve efficiency and productivity in the project life cycle, there is the need to analyze the problems related to IT knowledge and skills acquisition and develop appropriate coping strategies. One of easy way to estimate involvement of students in IT disciplines and quality of teaching is to conduct a survey among students [11].

## **2. Methodology**

As part of the study of students' involvement in the educational process in computer classes, a survey is conducted among students of 1–4 years of undergraduate and graduate students of technical specialties of St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU), Russia. The survey was conducted from 25 September 2018 to 1 October 2018 and 241 people were involved.

The survey was conducted in the form of a questionnaire by filling in an anonymous online form, which allows the answers of respondents sufficiently reliable.

The developed questionnaire contained 7 questions. To identify the degree of involvement and interest of students in academic IT disciplines, the survey included the following questions:

1. What disciplines have you studied/are studying in the computer labs?
2. Evaluate your involvement in the learning process in the computer lab.
3. Do you study on your own to improve your knowledge of these programs?
4. Do you find classes in the computer lab effective?
5. Evaluate the usefulness of knowledge and skills acquired in the computer lab.
6. What programs do you find most useful for studying?
7. How do you estimate the level of presentation of the material by teachers and their explanations?

Participating students gave their grade on a 5 or 10-point scale or chose the appropriate answer from the list.

## **3. Research results**

The highest respondents were second year undergraduate students – 80 % (194), followed by 10 % (25) students of the 1st year of education, 6 % of the 4th year of education and 3 % were graduate students (see Fig. 3).

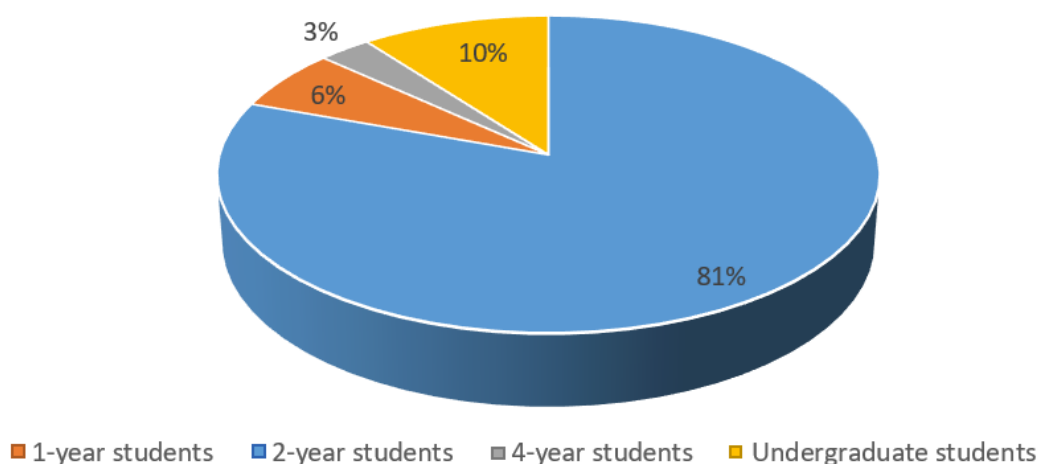


Fig. 3. Distribution of students (year of education)

The survey indicated that the main subject of study is the program AutoCAD Autodesk with 73.4 % of the respondents. At the same time, 15.8 % also studied programming. Fig. 4 shows that along with AutoCAD and programming, approximately 7 % of the respondents noted that Revit, 3D-Max and ArchiCAD programs are useful for future civil engineers.

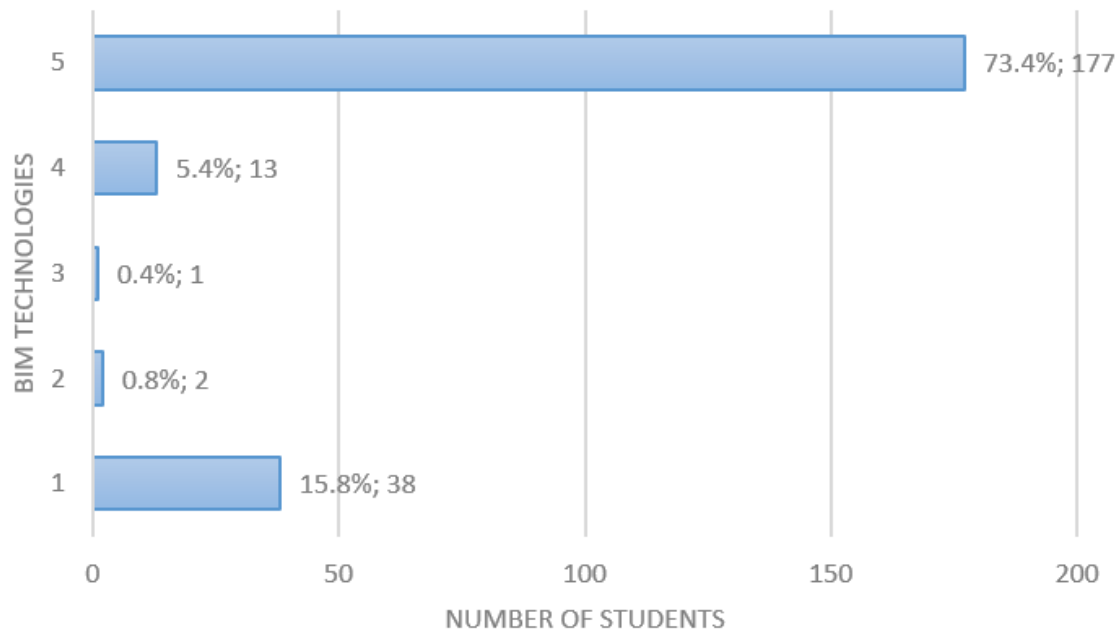


Fig. 4. BIM Software included in the educational process

An important aspect of learning is the involvement of students in the learning process: how interesting it is for them to perform tasks and whether all the time they are able to concentrate on the task. Assessing involvement on a 5-point scale, it was found that 53.9 % (130 students) assess their involvement as the maximum as possible, 31.5 % (76 students) assessed their involvement as good – 4 points, 10 % (24 students) as satisfyingly – 3 points while 4.6 % (11 students) believe that they are not involved at all (see Fig. 5).

The learning process involvement in the classroom directly affects the students' desire to spare their free time to study other program. So, in answer to the question, do you study on your own to improve your knowledge of these programs, about 78.5 % of the students answered in the affirmative while 21.5 % in the negative. At the same time Fig. 6 shows that 29 % of respondents indicated that they increase the level of knowledge regularly, 49 % – from time to time while 22 % of the respondents do not bother at all.

Evaluation of the effectiveness of students in the classroom is connected with the previous indicators. 90.9 % of respondents scored 7 or more points on a 10-point scale, indicating the high efficiency of computer classes in the study of CAD-programs. A breakdown of the above indicated that 35.7 % noted the highest score of 10 points, 19.5 % – 9 points, 22.4 % 8 points and 13.3 % – 7 points. Scores of 0–6 points received between 1–3 % of respondents as shown in fig. 7.

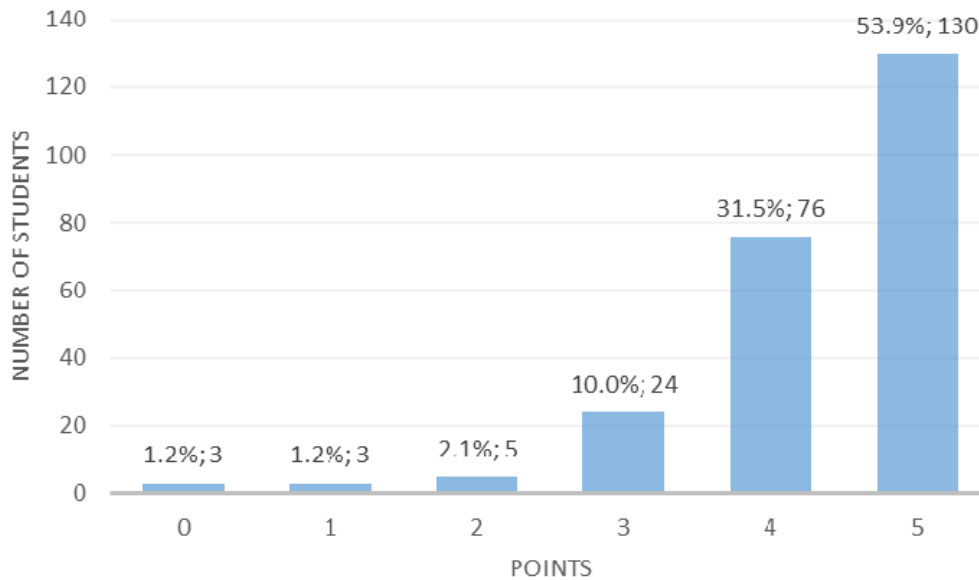


Fig. 5. Distribution of answers to the question “Evaluate your involvement in the learning process in the computer lab”

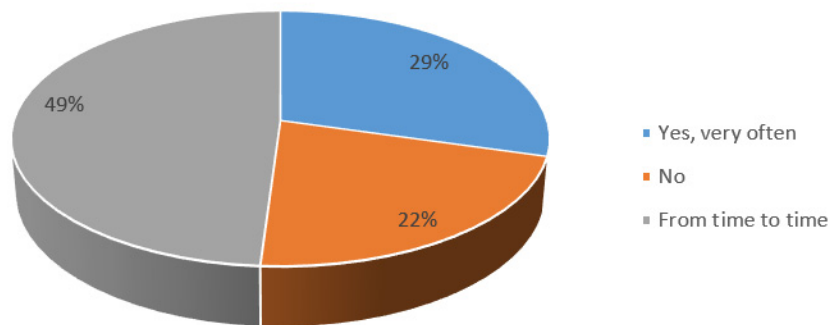


Fig. 6. Distribution of answers to the question “Do you study on your own to improve your knowledge of these programs?”

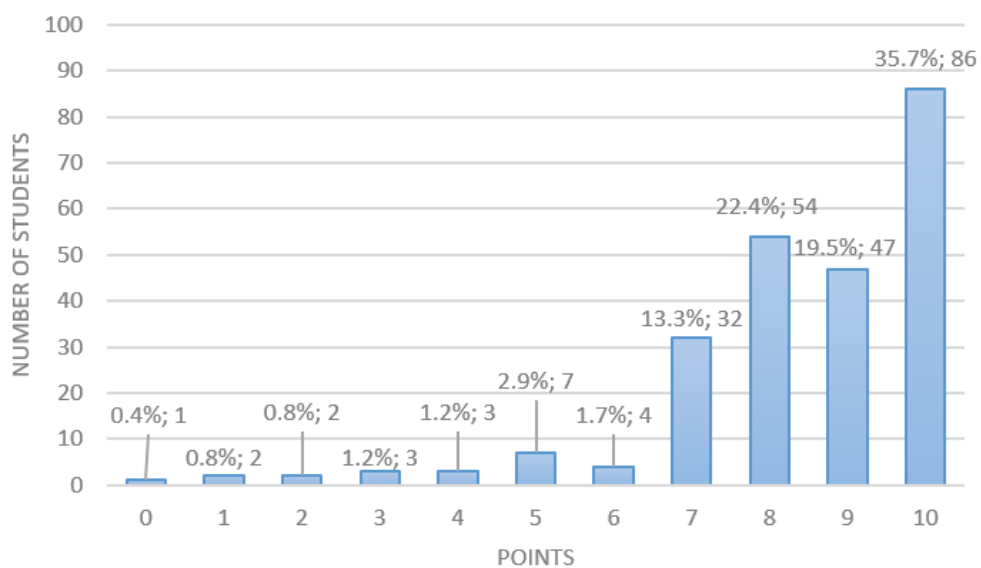


Fig. 7. Distribution of answers to the question “Do you find classes in the computer lab effective?”



On the effectiveness and usefulness of the acquired knowledge and skills, 51.9 % of respondents indicated the highest assessment of the usefulness of the acquired knowledge on a 5-point scale as shown in Fig. 8. Also, 28.6 % defined this indicator by 4 points, 11.2 % by 3 points while less than 10 % consider as unsatisfying the usefulness of skills acquired.

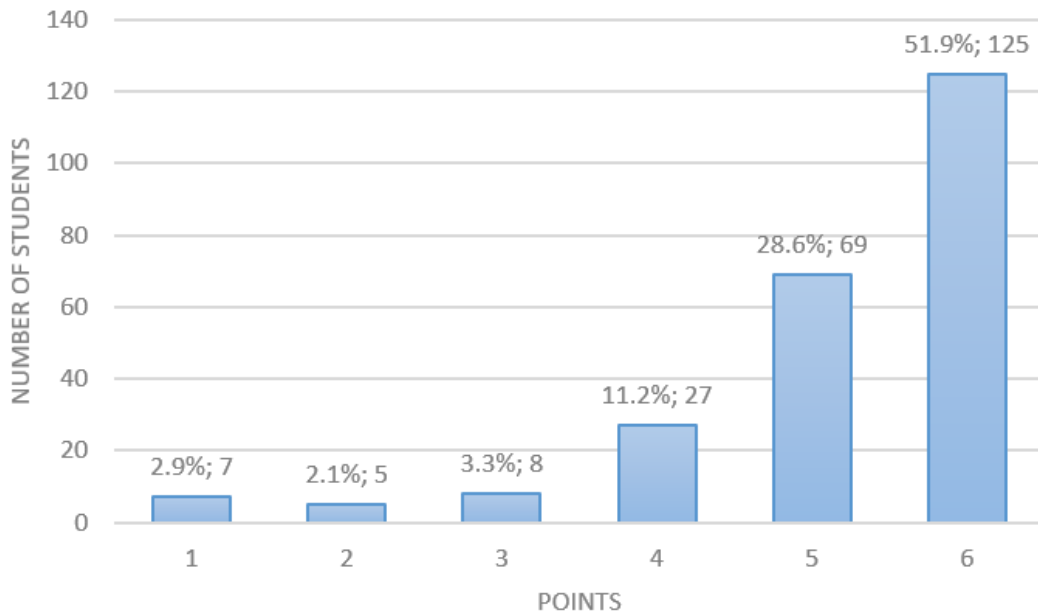


Fig. 8. Distribution of answers to the question “Evaluate the usefulness of the knowledge and skills got in the computer lab.”

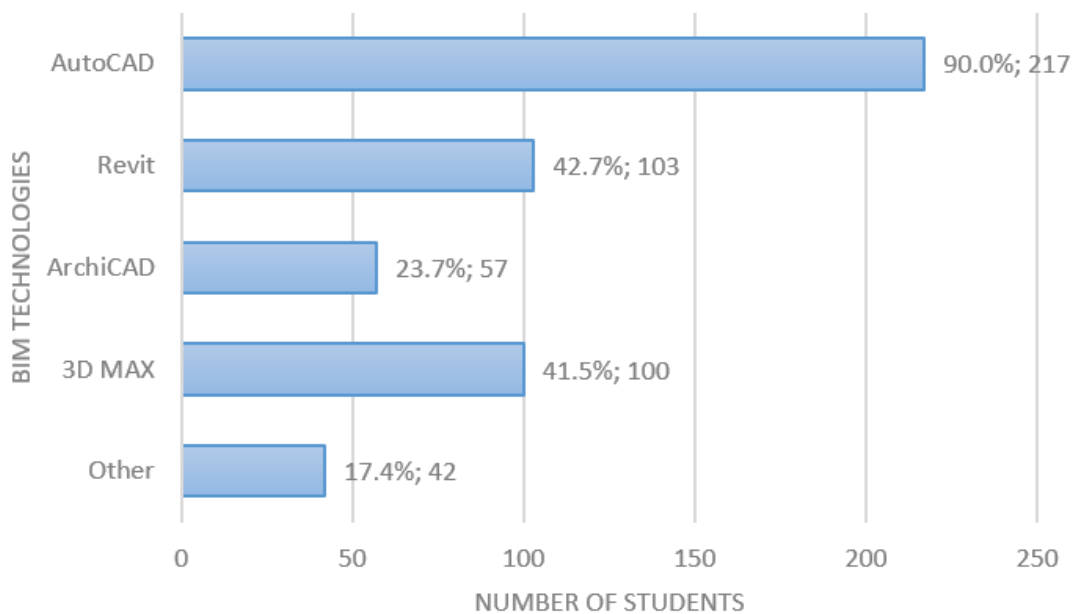


Fig. 9. Distribution of answers to the question “what programs do you find most useful for studying?”

To judge better the educational process, it is necessary to know how students evaluate teaching. The respondents’ answers to the question “How do you estimate

the level of presentation of the material by teachers and their explanations?” are as follows:

More than half of the respondents (55.6 %) gave the highest score of 7 points, 21.6 % – 6 points, 13.7 % – 5 points, 5.4 % – 4 points while points between 0 and 3 had less 4 % respondents collectively as shown in fig. 10.

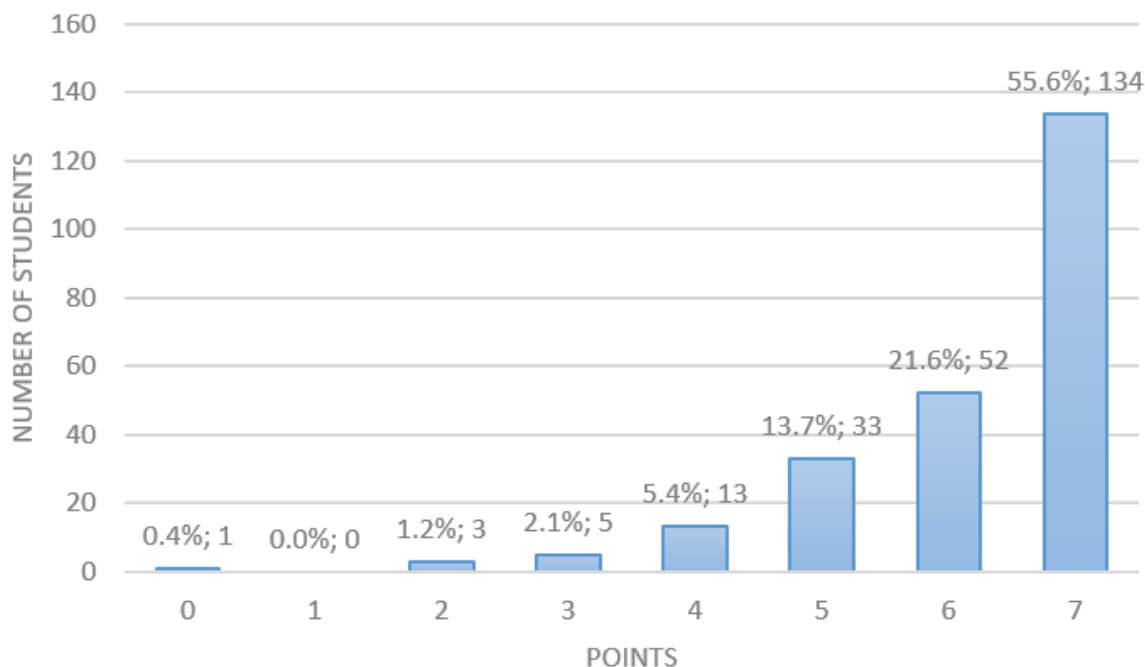


Fig. 10. Distribution of answers to the question “How do you estimate the level of presentation of the material by teachers and their explanations?”

#### **4. Analysis of Results**

The results of the survey confirm the high involvement of students in the learning process, talking about their conscious choice of profession, and show that the teaching staff of the Department of Information Technology has a high qualification and honed ability to present material to students.

#### **5. Conclusion**

Based on all the above we can draw the following conclusions:

1. Regular monitoring of the needs of students through the introduction of information technologies allows customizing the learning environment to the needs of a particular group, which makes the learning process more flexible and accessible to each student.
2. Active involvement of students in information technologies in the early stages of training allows students to create the necessary level of knowledge and skills to form an attitude to information resources and create a favourable environment for their further development and growth as specialists of the construction industry.

3. The nature of interaction between the teacher and the student associated with the involvement of information technologies in the educational process is becoming more productive.

4. It is also necessary to pay attention to the culture of working with information resources, especially concerning the concept of intellectual property for students, whose training includes disciplines related to research activities. The ethics of working with information resources and technologies, and the issues of copyright protection have been discussed from the early stages of study and research.

5. Information technologies provide an opportunity of continuously improving professional level and constantly interacting with students teaching staff is not distracted from practical activities.

6. Complementing the traditional school with methods and technologies that meet the requirements of the employer and other representatives of the modern rapidly developing construction industry. Information technologies allow to introduce innovations in the educational process quickly and successfully.

7. Proper use of information technologies increases productivity and quality of work at all stages of construction. Software systems are constantly improved and their capabilities expanded to adapt to the needs of users. That is why it is necessary to modernize the educational process through tracking of ongoing changes in Building Information Modeling (BIM) technologies in the field of construction and acquainting students with them.

8. A specialist who has not only academic knowledge, practical training, but also able to professionally use modern software systems is in demand and competitive.

### **Acknowledgements**

The authors of this paper would like to thank all the students of St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU), Russia who participated in our survey.

### **References**

1. Hamidia F., Meshkat M., Rezaee M., Jafari M. Information Technology in Education // *Procedia computer science*. 2011. No. 3. P. 369–373. DOI: 10.1016/j.procs.2010.12.062.

2. Natsis A., Papadopoulos P. M., Obwegeser N. Research integration in information systems education: Students' perceptions on learning strategies, skill development, and performance // *Journal of Information Technology Education: Research*. 2018. No. 17. P. 345–363. DOI: 10.28945/4120.

3. Costley J., Hughes C., Lange C. The effects of instructional design on student engagement with video lectures at cyber universities // *Journal of Information Technology Education: Research*. 2017. No. 16. P. 189–207. DOI: 10.28945/3728.

4. Nazarenko A.L. Information Technologies in Education: Blended Learning (an Attempt of a Research Approach) // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2014. No. 154. P. 53–56. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.10.111.

5. Yakovleva Y.V., Goltsova N.V. Information and communication technologies as a means of developing pupils' learning motivation in elementary school // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2016. No. 233. P. 428–432. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.10.179

6. Morton S.M.S. The Corporation of the 1990's: Information Technology and Organizational Transformation. URL: [https://www.researchgate.net/publication/31756206\\_The\\_Corporation\\_of\\_the\\_1990s\\_Information\\_Technology\\_and\\_Organizational\\_Transformation\\_Ed\\_de\\_MS\\_Scott\\_Morton\\_prol\\_de\\_LC\\_Thurrow](https://www.researchgate.net/publication/31756206_The_Corporation_of_the_1990s_Information_Technology_and_Organizational_Transformation_Ed_de_MS_Scott_Morton_prol_de_LC_Thurrow). (дата обращения: 05.04.2019).

7. Alter S. Information Systems: A Management perspective // Automation in Construction. 1999. No. 10. P. 257–263.

8. 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.

9. Managing information with BIM throughout the building lifecycle. URL: [https://www.researchgate.net/figure/Managing-information-with-BIM-throughout-the-building-lifecycle\\_fig2\\_324091575](https://www.researchgate.net/figure/Managing-information-with-BIM-throughout-the-building-lifecycle_fig2_324091575). (дата обращения: 05.04.2019).

10. Li H. The IT performance Evaluation in the Construction Industry // Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2000. P. 1–9.

11. Pitterson N. P., Brown S., Villanueva K. A., Sitomer A. (2016). Investigating current approaches to assessing teaching evaluation in engineering departments // Conference: 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2016. P. 1–7. DOI: 10.1109/FIE.2016.7757405.

---

---

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ**

**УДК 330.04**

*Александрова Елена Борисовна,*  
канд. экон. наук, доцент, декан  
факультета безотрывных форм обучения  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: elenale@yandex.ru*

*Aleksandrova Elena Borisovna,*  
Ph.D. of Economics, Associate Professor,  
Dean of the Faculty of Part-time Studies  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: elenale@yandex.ru*

**DOI: 10.23968/ВІМАС.2019.005**

### **РОЛЬ И ЗАДАЧИ ЭКОНОМИСТА ПРИ BIM-МОДЕЛИРОВАНИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

#### **THE ROLE AND TASKS OF THE ECONOMIST IN BIM-MODELLING IN THE CONSTRUCTION IN THE DIGITAL ECONOMY**

В России утверждена программа перехода к цифровой экономике. В строительстве ядром формирующегося единого информационного пространства должна стать технологическая платформа, основывающаяся на технологии информационного моделирования зданий и сооружений (BIM-моделирование). На сегодняшний день в научных трудах исследуются различные аспекты внедрения и использования информационной модели, известной под аббревиатурой BIM (*Building Information Modeling*). Однако ощущается потребность в определении основных участников создания информационной модели, а также их задач и обязанностей. В числе участников создания, реализации и использования BIM-модели объекта капитального строительства необходимо привлекать экономиста, в задачи которого будет входить анализ эффективности проекта, технико-экономическое обоснование вложенных инвестиций, определение сметной стоимости строительства.

*Ключевые слова:* экономист, цифровая экономика, управленческие решения, BIM-моделирование, строительство, экономия средств.

Russia has approved a program of transition to the digital economy. The basis of the common information space in construction should be a technological platform based on the technology of information modeling of buildings and structures (BIM-modeling). Today in scientific works various aspects of introduction and use of the information model known under the abbreviation BIM (*Building Information Modeling*) are investigated. However, there is a need to identify the main participants in the process of creation of the information model, as well as their tasks and responsibilities. Among the participants in the creation, implementation and use of BIM-model of the objects of capital construction, it is necessary to involve an economist, whose tasks will include the analysis of the effectiveness of the project, the feasibility study of investments, the determination of the estimated cost of construction.

*Keywords:* economist, digital economy, management decisions, BIM-modelling, construction, the economy of resources.

На период 2017–2030 гг. в России принята стратегия развития информационного общества, и утверждена государственная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», предусматривающая использование цифровых технологий во всех основных сферах жизнедеятельности и хозяйствования человека. В строительстве ядром формирующегося единого информационного пространства должна стать технологическая платформа, основывающаяся на технологии информационного моделирования зданий и сооружений (ВІМ-моделирование). Аббревиатура ВІМ (*Building Information Modeling*) подразумевает под собой информационную модель строительства и информационную модель зданий, которые увязываются с временными и стоимостными параметрами в ходе реализации инвестиционных проектов. Цифровая информационная модель строящегося объекта предназначена для обеспечения участников инвестиционно-строительного процесса структурированной и постоянно актуализируемой информацией об объекте строительства в течение его жизненного цикла. ВІМ-технологии становятся все более доступными и применимыми при реализации инвестиционно-строительных проектов, так как строительные компании способны финансировать покупку компьютерной техники и программного обеспечения.

В этих условиях ощущается потребность в определении основных участников создания информационной модели, их задач и обязанностей при создании ВІМ-моделей.

При работе над статьей использовались научные и методические разработки ведущих российских и зарубежных ученых. В основу статьи положены методы системного анализа и научных абстракций.

В научных трудах исследуются проблемы управления жизненным циклом объекта капитального строительства на основе современной технологии информационного моделирования [1], вопросы внедрения ВІМ-технологий в части ценообразования посредством использования систем автоматизации выпуска сметной документации [2], поднимается тема разработки концепции ресурсно-информационной ВІМ-модели и ее взаимодействие с системой ценообразования и сметного нормирования [3], но ни в одном труде не решается задача определения основных участников описанных процессов.

Отдельным пунктом выделяем безопасность и управление рисками при использовании цифровой информационной модели. Основные причины, по которым ВІМ-моделирование начинает внедряться в систему управления рисками, – это возможность контролировать бюджет для снижения издержек и уменьшения финансовых рисков [4]. Сфера ответственности в области финансовых рисков находится у экономиста проекта.

В своем труде Я. Гроен оценивает перспективы развития ВІМ-технологий и выделяет три главных направления:

1) переход от преимущественного использования трехмерных (3D) информационных моделей, содержащих структурированные инженерные дан-

ные об объектах строительства, к моделям более высоких уровней, включающих дополнительные условные «координаты»: 4D (время) и 5D (стоимость);

2) перевод массивов информации об объектах в облачные хранилища, что облегчит доступ к информации всех заинтересованных сторон и позволит создать централизованные банки данных для использования в градостроительной деятельности, а также в целях повышения эффективности эксплуатации объектов и качества капитального ремонта;

3) обеспечение заказов строительных ресурсов непосредственно из BIM-моделей, что даст возможность интегрировать BIM-технологии в существующие системы закупок и привлечь к работе с информационными моделями большое количество поставщиков, в том числе представителей малого бизнеса [5].

В то же время можно наблюдать, как на конференциях, например, компания «Нанософт» совместно с GRAPHISOFT® «OPEN BIM: Выбор оптимальных решений в BIM-проектировании» объявляет основных действующих лиц BIM-моделирования: архитектор + конструктор + инженер + BIM-менеджер. В описании конференции заявляют: «У каждого свои задачи, инструменты и зоны ответственности, но все участники проекта работают на единый результат: реализацию современного объекта, соответствующего требованиям заказчика» [6]. Если учесть, что большинство BIM-менеджеров – это архитекторы, то следует отметить тот факт, что в составе участников BIM-моделирования нет экономиста.

В рамках факультатива по BIM-моделированию в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете выступали BIM-менеджеры различных уровней. Многие утверждали, что очень сложно обучить архитекторов просчитывать показатели эффективности инвестиционно-строительного проекта. Архитекторы недостаточно хорошо владеют прикладными расчетными программами для расчета показателей эффективности и не владеют методами оценки. На обучении уходит много времени и средств.

В лучшей научно-исследовательской работе 2018 года авторы утверждают, что «процесс BIM-моделирования в России позволяет множеству различных специалистов параллельно работать над одной объёмной моделью будущего сооружения. Одновременно над проектом работают архитекторы, конструкторы, электрики, сантехники, специалисты по отоплению/вентиляции. Это позволяет избежать множества ошибок и повышает эффективность проектирования в разы. Созданная модель сооружения содержит всю информацию о нём и открывает широкий спектр возможностей» [7].

Очевидным становится роль экономиста в создании и эксплуатации информационной модели строительства.

В учебных планах ведущих строительных ВУЗов по направлению «Экономика» обязательными дисциплинами являются «Экономика строи-

тельства», «Финансы», «Ценообразование и сметное нормирование», «Экономическая оценка эффективности инвестиционно-строительных проектов», «Финансовый менеджмент» и многие другие дисциплины профессионального цикла. Также планом охвачены дисциплины строительной направленности «Основы архитектуры и строительных конструкций», «Организация, управление и планирование в строительстве», «Технологии строительного производства». Студенты в процессе обучения овладевают такими компьютерными программами, как AutoCAD, Revit и т. д. К выпуску обучающиеся данного направления обладают необходимыми компетенциями для работы с ВМ-моделью.

Помимо обучения наукам учебного плана в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете действует ВМ-факультатив, в котором участвуют студенты различных направлений. Состав команды: архитектор, строитель, инженер систем жизнеобеспечения, студент автомобильно-дорожного факультета, экономист и юрист. Со студенческих лет будущие профессионалы учатся работать в команде.

Задачами экономиста при применении ВМ-моделирования в условиях цифровой экономики являются:

- Оценка экономической эффективности проекта. Эффективность ИСП характеризуется системой показателей, связанных с денежным потоком проекта и позволяющих судить об экономических преимуществах одних инвестиций над другими.

- Определение сметной стоимости строительства на основе Федеральной государственной информационной системы ценообразования в строительстве (ФГИС ЦС), введенной в действие Минстроем России в 2017 году.

- Анализ показателей рентабельности и ликвидности инвестиционно-строительного проекта.

- Выявление резервов экономии денежных средств в процессе реализации проекта.

- Обеспечить прозрачность ценообразования и затрат по проекту.

- Обеспечение и улучшение финансово-экономических параметров проекта.

- Экономия средств инвестора за счет применения функционально-стоимостного анализа на всех стадиях проекта [8].

Поскольку в настоящее время в Российской Федерации наблюдается ухудшение экономической ситуации: падение курса национальной валюты и платежеспособности населения, повышение ключевой ставки и ужесточение денежно-кредитной политики Центральным Банком РФ, рост инфляции, экономические санкции против России, волатильность валюты. В связи с этим строительство дорожает. Переходя в новую «экономическую реальность» девелоперу все сложнее принимать решение относительно того, какие проекты следует реализовать, так как ошибка при выборе инвестиционно-строительного проекта может привести к потере денег и дальнейшему банкротству. Поэтому при окончательном выборе девелопером инвестиционно-



строительного проекта возрастает роль всесторонней оценки эффективности инвестирования в тот или иной проект. Иными словами, нужно правильно выбрать проект, который принесет максимальную прибыль от вложенных инвестиций. Данную задачу решить можно лишь корректным анализом эффективности будущих строительных проектов [9].

Таким образом, BIM-моделирование дает возможность для успешного хозяйствования в условиях цифровой экономики, что становится приоритетным развитием Российской Федерации. В числе участников создания, реализации и использования BIM-модели объекта капитального строительства необходимо привлекать экономиста, в задачи которого будет входить анализ эффективности проекта, технико-экономическое обоснование вложенных инвестиций, определение сметной стоимости строительства.

### Литература

1. Селютина Л.Г. Управление жизненным циклом объекта капитального строительства на основе современной технологии информационного моделирования // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 3–8.
2. Давыдов Н.С., Придвижкин С.В., Белькевич А.В. Внедрения BIM-технологий в части ценообразования посредством использования систем автоматизации выпуска сметной документации. // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 8–13.
3. Алексеевская Я.А. Разработки концепции ресурсно-информационной BIM-модели и ее взаимодействие с системой ценообразования и сметного нормирования. // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 40–45.
4. Дамодаран А. Стратегический риск-менеджмент. Принципы и методики. М.: Вильямс, 2010. 496 с.
5. Groen J. 10 BIM Trends in the MEP Industry for 2018 // Constructible. URL: <http://constructible.trimble.com/construction-industry/10-bim-trends-in-the-mep-industry-for-2018>. (дата обращения: 26.03.2019).
6. Конференция OPEN BIM. URL: <http://www.nanocad.ru/information/events/15441452/>. (дата обращения: 25.03.2019).
7. Гура Д.А., Потужная И.Р., Кондаков И.М., Акулова А.В. Использование BIM- технологий в России // XII международный научно-практический конкурс. Пенза: МЦНС «НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ», 2018. С. 342–345.
8. 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.
9. Гилемханов Р.А., Брайла Н.В. Методы оценки финансово-экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 10(49). С. 7–19.

**УДК 004.94**

*Баженов Александр Александрович,*  
канд. техн. наук, старший преподаватель  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: z4m62@yandex.ru*

*Bazhenov Aleksandr Aleksandrovich,*  
PhD in Sci. Tech., Senior Lecturer  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: z4m62@yandex.ru*

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019.006**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВМ-ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

### **PROSPECTS FOR THE USE OF BIM IN THE MODERN CONSTRUCTION INDUSTRY**

В современной России строительная отрасль относительно консервативна, новые технологии, в том числе информационные, находят применение с определёнными сложностями. В данной статье в общих чертах описаны перспективы, открывающиеся при внедрении ВМ-технологий в современном строительстве. Также показаны перспективные направления развития самих ВМ-технологий. Кратко проанализированы проблемы, стоящие на пути внедрения ВМ-технологий. Также предложены некоторые прогнозы их внедрения. Кроме этого, в статье кратко изложены меры, которые способствуют внедрению ВМ-технологий в строительстве, выработанные на основании опыт передовых предприятий и организация. Кратко описаны особенности и проблемы обучения ВМ-технологий в учебный процесс строительных вузов. Рекомендованы пути решения упомянутых проблем.

*Ключевые слова:* автоматизация, моделирование, строительство, здание, сооружение, проектирование.

In modern Russia, the construction industry is relatively conservative, new technologies, including information, are used with certain difficulties. This article describes in General terms the prospects for the introduction of BIM-technologies in modern construction. Also shows the promising directions of development of BIM-technologies themselves. Briefly analyse the problems that stand in the way of implementing BIM technology. Also some forecasts of their implementation are offered. In addition, the article summarizes the measures that contribute to the implementation of BIM-technologies in construction, developed on the basis of the experience of advanced enterprises and organization. The features and problems of teaching BIM-technologies in the educational process of construction universities are briefly described. The ways of solving the mentioned problems are recommended.

*Keywords:* automation, modeling, construction, building, construction, design.

**ВМ-технологии** широко применяются в современном строительном производстве, их использование с годами только увеличивается. К сожалению, некоторые факторы тормозят их развитие. Особенно это справедливо для таких стран как Российская Федерация. ВМ-технологии позволяют создавать сооружения самых разных концепций, что, в свою очередь, позволяет учитывать многие факторы, которые возникают при проектировании соору-

жения, его строительстве, эксплуатации, а также при сносе. В BIM-модель здания входят три модели: архитектурная, конструктивная и коммуникационная модели. Коммуникационные модели, в свою очередь, разделяют на несколько типов по виду коммуникаций – отопление, вентиляция, электропитание, водопровод, канализация, газоснабжение и так далее. Большинство операций при применении BIM-технологий выполняется автоматически с помощью специальных программ, таких как например, ArchiCAD, 3D Max и так далее. Применение BIM-технологий уже сейчас позволяет достичь ряда преимуществ. Например, сразу создается полноценная 3D модель здания, повышается уровень автоматизации, упрощается составление смет и другой документации, а также упрощается обмен информацией, её анализ; кроме того, обеспечивается большая безопасность, и так далее [1, 2].

**Проблемы внедрения BIM-технологий.** Как мы видим из предыдущего абзаца, применение BIM-технологий сулит ощутимые преимущества. Однако, несмотря на это, они применяются далеко не везде и не всегда. Это связано с тем фактом, что при внедрении BIM-технологий имеется несколько проблем [3]. К ним относится, например, проблема косности мышлений многих специалистов. Конечно, эта проблема не так актуальна для молодых специалистов, но в то же время молодые специалисты обладают относительно небольшим опытом, небольшим запасом знаний, и, соответственно, имеют связанные с этим недостатки. Также на пути внедрения BIM-технологий стоит и такая проблема, как отсутствие организации работы по ним, относительно малый опыт работы. В дальнейшем для того чтобы эти технологии внедрялись всё более и более обширно, необходимо применять меры, о которых идёт речь ниже. В частности, это более плотный контакт между строительной отраслью, наукой и образованием. Сюда можно отнести приглашение студентов на практику, внедрение современных методов обучения, ознакомление студентов с этими методами. К сожалению, большинство выпускников вузов узнают про BIM-технологии более-менее подробно только при трудоустройстве и даже после трудоустройства, в процессе работы. Безусловно, с этим необходимо бороться.

Рассмотрим основные направления развития BIM-технологий в современном строительстве.

**Переход от засилья 2D моделирования к развитию 3D моделирования.** Это стало возможным благодаря появлению относительно мощных программных и аппаратных средств, а также накоплению соответствующего опыта. В то же время, специалист-проектировщик должен отдавать себе отчёт в том, что трёхмерная модель сама по себе является бесполезной; для человека это всего лишь зрительный образ, а для компьютера – структурированная информация. Смысл 3D моделей в том, что они применяются в качестве исходных данных для инженерных решений, благодаря которым, в свою очередь, появляется возможность автоматизировать процесс, например, про-

ектирования здания. В то же время, не стоит стремиться к поголовному внедрению именно 3D-моделирования. Есть задачи, с которыми можно справиться с применением 2D-моделей. Более того, только 3D моделирование без 2D – признак не самых успешных организаций (рис. 1).

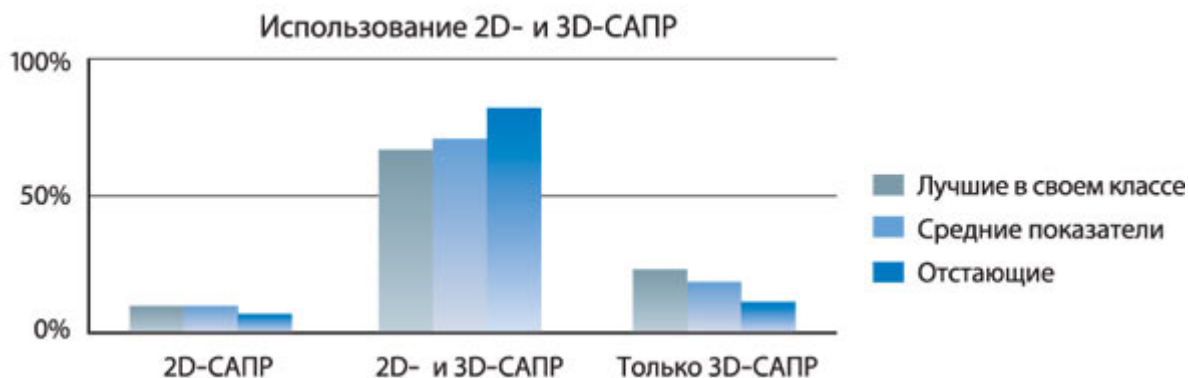


Рис. 1. Большинство организаций одновременно применяют 2D- и 3D-САПР [4]

**Переход к созданию зданий целиком по технологиям ВМ.** На данный момент нередки случаи, при которых часть здания проектируется с применением ВМ-технологий, а часть – традиционными методами. Также возможные случаи, когда при возведении, например, промышленного предприятия часть цехов возводится с применением ВМ-технологий, а часть – без них. Естественно, что это снижает экономический эффект. В дальнейшем подобные примеры будут встречаться всё реже, возможно даже проектирование с применением ВМ-технологий целых микрорайонов со своей инфраструктурой. В данный момент времени, к сожалению, это почти не встречается. По этой причине возникают случаи, когда специалисты, проектирующие, например, здания жилого квартала, пользуются своими математическими моделями, а проектирующие пути сообщения в районе этого квартала – своими. В упомянутом примере, даже если обе эти математические модели корректны, они могут отображать несколько отличающиеся «картины мира» и предъявлять немного разные требования к возводимым объектам. Упомянутый пример показывает важность учёта в **единой** модели самых различных аспектов функционирования будущего здания, сооружения или их группы [5].

**Внедрение ВМ-технологий в другие отрасли строительства,** а также в эксплуатацию. До недавнего времени ВМ-технологии применялись почти исключительно для проектирования общественных зданий. В данный же момент времени наблюдается интерес к применению ВМ-технологий для строительства жилых домов и прочих относительно крупносерийных зданий. Также ВМ-технологии внедряются в процесс эксплуатации, чему примерно до 2010 года практически не уделялось внимание. Сегодня же эта проблема имеет особую актуальность. Фактически в ближайшем будущем можно будет

наблюдать переход от моделирования здания к моделированию его жизненного цикла во всех его фазах – проектировании, изыскательских работах, возведении, эксплуатации, сносе, реновации территории [6].

**Более широкое использование BIM-технологий.** Относительно недавно BIM-моделирование применялось относительно мало, в основном в крупных организациях и наиболее передовыми специалистами. Причины этого были в недостаточном финансировании, нежелании конкретных специалистов (заказчиков, руководителей, исполнителей) связываться с неизвестными им технологиями. Это тормозило работу, вызывало ощутимые издержки. В последнее время BIM-технологии всё шире применяются в относительно небольших организациях, где растёт спрос на BIM-объекты. Множество специалистов хотят работать в организациях, где применяется BIM-моделирование. Почти все специалисты, которые не используют BIM, соглашались с тем, что много теряют из-за этого, что BIM позволил бы им повысить производительность труда. При дальнейшем внедрении BIM ощутимо сократятся сроки строительства, увеличится скорость возведения зданий, улучшится экологическая ситуация, особенно в крупных городах [7].

**Более широкое ознакомление студентов с BIM-технологиями.** Уже сегодня в крупных строительных вузах, например, СПбГАСУ, передовые преподаватели широко внедряют обучение BIM-технологиям в учебный процесс. Это не может не радовать, так как повышается производительность образовательного процесса, возрастает его качество. Однако повышение объёмов ознакомления студентов с BIM-технологиями связано с определёнными трудностями. Например, это повышает требования в самодисциплине студента. Объём передаваемых знаний при освоении BIM-технологий и, соответственно, скорость передачи, весьма велики, по этой причине даже пропуск одного-двух аудиторных занятий приводит к серьёзным негативным последствиям для процесса обучения. Также в процессе проведения практических занятий может встать вопрос об интеллектуальной собственности на полученные студентом результаты (3D-модели, программы, алгоритмы). Естественно, это справедливо только для относительно хорошо успевающих студентов. Также стоит упомянуть, что молодые специалисты зачастую не осознают, что BIM – это не программное решение, а технология.

В заключении хотелось бы упомянуть, что всё более широкое применение BIM-технологий позволяет улучшить производительность труда, снизить издержки, получить ощутимый экономический эффект. Пути решения упомянутых в статье проблем, стоящих на пути развития BIM-технологий, состоит в обмене опытом, в более тесном взаимодействии между собой различных заинтересованных сторон – разработчиков программного обеспечения, строителей, архитекторов, проектировщиков, конструкторов, эксплуатационник и специалистов смежных отраслей.

### **Литература**

1. Лустина О.В., Бикбаева Н.А., Купчеков А.М. Использование ВМ-технологий в современном строительстве // Молодой учёный. Международный научный журнал. 2016. № 15, Т. 2. С. 187–190.
2. Талапов В.В. Информационное моделирование зданий – современное понимание. URL: [http://www.cadmater.ru/magazin/articles/cm\\_54\\_info\\_model\\_build.html](http://www.cadmater.ru/magazin/articles/cm_54_info_model_build.html). (дата обращения: 02.04.2019).
3. Талапов В.В. Основы ВМ: Введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.
4. Успешный переход от 2D- к 3D-проектированию. URL: <https://sapr.ru/article/21528>. (дата обращения: 02.04.2019).
5. Решения по итогам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России (протокол заседания президиума Совета от 04 марта 2014 № 2) URL: <http://government.ru/orders/11022/>. (дата обращения: 02.04.2019).
6. План внедрения технологий информационного моделирования зданий (ВМ – Building Information Modeling) в области промышленного и гражданского строительства URL: <http://www.minstroyrf.ru/press/3d-proektirovanie-budet-ispolzovatsya-v-oblasti-promyshlennogo-i-grazhdanskogo-stroitelstva/>. (дата обращения: 02.04.2019).
7. Всероссийское совещание, посвященное внедрению технологий информационного моделирования (ВМ) в строительную отрасль. URL: <http://exp.mos.ru/presscenter/news/detail/2537504.html>. (дата обращения: 02.04.2019).

**УДК 330.34,338.1,332.1,624**

*Бахарева Ольга Владимировна,*  
канд. экон. наук, доцент,  
*Кордончик Давид Михайлович,*  
канд. техн. наук, доцент, проректор  
(Казанский государственный архитек-  
турно-строительный университет)  
*E-mail: OVBakhareva@mail.ru,*  
*David@kgasu.ru*

*Bakhareva Olga Vladimirovna,*  
Ph.D. of Sci. Ec., Associate Professor,  
*Kordontchik David Mikhailovitch,*  
Ph.D. of Sci. Tech., Associate Professor,  
Vice-Rector,  
(Kazan State University of Architecture and  
Engineering)  
*E-mail: OVBakhareva@mail.ru, David@kgasu.ru*

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019.007**

## **ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ: ВМ-МОДЕЛЬ В АРХИТЕКТУРЕ, ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ**

## **IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL AND MANAGEMENT INNOVATIONS: BIM-MODEL IN ARCHITECTURE, DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION**

Проблема создания эффективной единой информационной модели на основе технологии информационного моделирования может быть решена в результате применения управленческих и технологических инноваций. Рассмотрены направления решения про-

блемы полноты информационной модели, состава и структуры модели и перспективы создания единой параметрической технической и финансовой информационной модели зданий и сооружений на протяжении жизненного цикла. Практический интерес представляет возможность применения предложенной методологии решения на основе создания единого технико-экономико-правового пространства модели, что позволит экономическим агентам снизить издержки в строительной отрасли и регионе.

*Ключевые слова:* технологические инновации, управленческие инновации, информационные технологии, технология информационного моделирования, жизненный цикл, бизнес-информатика, региональная экономика.

The problem of creating an effective unified information model based on information modeling technology can be solved as a result of the use of managerial and technological innovations. The directions of solving the problem of completeness of the information model, the composition and structure of the model and the prospects for creating a single parametric technical and financial information model of buildings and structures throughout the life cycle are considered. Of practical interest is the possibility of applying the proposed solution methodology based on the creation of a single technical, economic and legal model space, which will allow economic agents to reduce costs in the construction industry and the region.

*Keywords:* technological innovations, managerial innovations, information technologies, information modeling technology, life cycle, business informatics, regional economy.

Технология информационного моделирования в архитектуре, проектировании, строительстве и эксплуатации объектов жилищного строительства и инфраструктуры станет стандартом российского высшего инженерного образования одновременно с процессом перехода строительной отрасли на национальные стандарты и регламенты технологии информационного моделирования. Проблемы передачи информационной модели реального объекта строительства, созданного архитекторами и конструкторами, последующим смежникам носит фундаментальный характер: необходимо передавать данные не только о физических размерах объекта, его местоположении, но также о виде и стоимости каждого параметрического элемента модели.

В настоящее время исследования в данном направлении направлены на гармонизацию технической и экономической составляющих информационной модели объектов строительства в целях устойчивого социо-эколого-экономического развития регионов [1–3], выявление направлений разработки и внедрения BIM-стандартов предприятий строительной отрасли [4–5], посвящены перспективам внедрения передовых информационных технологий строительства в учебный процесс как процесс командной работы над созданием информационной модели по инвестиционному проекту [6–15], анализу в области бизнес-информатики: моделирование бизнес-процессов формы строительной отрасли на основе информационной модели на протяжении жизненного цикла [16].

Методология создания единой информационной модели в строительстве, которая объединяет архитектурную, конструкторскую, инженерную, стоимостную, в последующем, амортизационные модели объекта строитель-

ства, ставит ряд проблем реорганизации бизнес-процессов в фирмах отрасли и подготовки специалистов строительной отрасли с новыми компетенциями, умеющих работать в команде проекта с целью минимизации затрат на всем жизненном цикле здания и сооружения:

1) совместное создание ВІМ-модели студентами смежных специальностей в процессе обучения на основе междисциплинарного проекта, реализуемого в процессе обучения по нашему мнению может быть реализовано как создание концептуальной модели студентами архитектурных специальностей (создание геометрии местности, основной геометрии здания как базовой модели для смежников, размещение объектов окружающей среды), затем разработка конструкторской модели с учетом сроков эксплуатации, далее моделирование инженерных систем объекта и расчет стоимости на основе ресурсного подхода;

2) насыщение модели стоимостными показателями о материалах и видах работ может учитываться в момент создания объекта или в процессе составления сметы по согласованной с заказчиком (инвестором) информационной модели объекта на этапе архитектурного проектирования;

3) насыщение модели данными об износе элемента объекта может быть реализовано при создании конструкторской модели, что позволит пользователям модели в дальнейшем запланировать и провести плановый и экстренный ремонт (по нашему мнению, стоимость работ конструкторов по проектированию с учетом новых дополнительных функций по заполнению ВІМ-модели должна быть выше среднерыночной);

4) создание технологических карт для строительного производства с учетом элементов ВІМ-модели: контроль состава и структуры модели на основе данных со строительной площадки, что может позволить снизить непредвиденные затраты на этапе строительства;

5) установление прав собственности на ВІМ-модель. Кто собственник ВІМ-модели? Какая часть ВІМ-модели передается владельцу объекта, и передается ли на этапе ввода объекта в эксплуатацию? Как передается ВІМ-модель? Хранится ли ВІМ-модель в городском архиве? Куда нужно обращаться в случае банкротства застройщика или проектировщика для проведения перепланировок и расчетов в процессе эксплуатации? Должны ли органы государственной экспертизы сопровождать объект на всем жизненном цикле?

6) верификация информационной модели объекта строительства. Кто, как и когда верифицирует модель на этапе эксплуатации, владения, реконструкции, реставрации, сноса?

7) качественное обслуживание информационной модели на всем жизненном цикле объекта.

Новая модель обучения специалистов инженерных специальностей и экономистов строительной отрасли, по нашему мнению, должна быть ос-



нована на развитии навыков командной работы в едином пространстве информационной модели для обеспечения возможности создания надежных и комфортных зданий, моделирования и прогнозирования состояния объектов в процессе эксплуатации на основе надежной и экономически эффективной единой информационной модели объекта.

Решением поставленных проблем развития нового рынка информационного моделирования может быть государственное регулирование развития развивающегося рынка: проектное финансирование совместных исследований академического сообщества и лидеров строительной отрасли реального сектора экономики с целью операционного и экономического эффективного междисциплинарного взаимодействия смежников для выявления и развития, требуемых на рынке труда компетенций специалистов для строительной отрасли и жилищно-коммунального комплекса в условиях внедрения технологических и управленческих инноваций:

- выбор и анализ требуемых компетенций BIM-специалистов;
- ранжирование выявленных компетенций SWOT-анализ и опрос экспертов;
- создание дисциплин в строительных вузах, обеспечивающих знания, умения и навыки конкурентоспособных специалистов;
- разработка учебных пособий по новым дисциплинам с учетом особенностей региональной экономики;
- взаимодействие высших инженерных вузов с разработчиками отечественных программных продуктов управленческого и бухгалтерского учёта с целью гармонизации технической и стоимостной информационной модели объекта уже на этапе её создания, для сокращения стоимости её доработки и дополнения на завершающих этапах жизненного цикла объекта строительства;
- пересмотр рабочих программ по мере появления передовых технологий, требований рынка труда совместно с предприятиями реального сектора экономики и их внедрения (технологии энергоэффективного проектирования, технологии информационного моделирования, интеллектуальных технологий строительства).

Для фирм реального сектора, инженерно-технических вузов, органов государственной экспертизы в строительстве, управляющих компаний и собственников объектов строительства практический интерес представляет предложенный механизм государственного регулирования исследований на развивающемся рынке, что позволит приблизиться к решению поставленных проблем: обеспечить строительную отрасль конкурентоспособными квалифицированными инженерными кадрами, построить финансовую модель объекта, провести моделирование затрат и снизить издержки на всех этапах жизненного цикла объекта строительства, реализовать тем самым концепцию устойчивого развития региональной экономики.

### **Литература**

1. Четверик Н.П. Предложения в концептуальные основы национальной технологической инициативы // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2016. № 3–4(207). С. 38–40.
2. Shindina T.A. Organization of Interaction Between the Participants in Modern Construction // Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. P. 2113–2118. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.249.
3. Бахарева О.В. Инвестиции в региональный строительный комплекс с привлечением капитала рынка пенсионных услуг // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 4(34). С. 377–383.
4. Бахарева О.В., Кордончик Д.М. Исследование интеграционных процессов ВМ-инновационной среды в реальном секторе экономики региона // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 97–102.
5. Гришина Н.М., Мицко Д.И. Разработка и внедрение ВМ-стандарта: исследование методов управления в строительстве // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 3(41). С. 266–276.
6. Гришина Н.М., Чалый Ю.Ю. Проблемы и перспективы обучения ВМ в вузах: управление развитием в строительстве // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 3(41). С. 277–288.
7. Евсиков И.А., Семенов А.А. Обучение компьютерному проектированию на базе программного пакета RHINOCEROS // Сб. трудов V Международной научно-практической конференции "Педагогические параллели". СПб. 2018. С. 197–200.
8. Виктюк Е.Ю., Уморина Ж.Э. Влияние экологического подхода на изменения в архитектурной типологии // Развитие сфер архитектуры, строительства и дизайна в эпоху цифровизации: материалы всероссийской научной конференции с международным участием. Ч.2. Екатеринбург: Уральский государственный архитектурно-художественный ун-т. 2018. С. 6–8.
9. Васильев А.В., Назарова Д.С., Переверзев Н.А., Васильева Н.А. Особенности использования программного комплекса AUTODESK REVIT при реконструкции зданий и сооружений // Материалы Всероссийского форума «ВМ. Проектирование. Строительство. Эксплуатация». Воронеж. Воронежский государственный технический университет. 2018. С. 30–37.
10. Игнатова Е.В., Прокопьева Н.А. Разработка профессионального стандарта «Специалиста по информационному моделированию в сфере строительства». Материалы Всероссийского форума «ВМ. Проектирование. Строительство. Эксплуатация». Воронеж. Воронежский государственный технический университет. 2018. С. 4–9.
11. Козлов А.В., Козлова А.В. Применение ЛИРА-САПР для моделирования жизненного цикла сооружения в расчетах мостовых конструкций // Материалы Всероссийского форума «ВМ. Проектирование. Строительство. Эксплуатация». Воронеж. Воронежский государственный технический университет. 2018. С.10–21.
12. Копытина Е.А., Петрикеева Н.А. Оптимизация стоимости доставки ресурсов при строительстве инженерных коммуникаций // Материалы Всероссийского форума «ВМ. Проектирование. Строительство. Эксплуатация». Воронеж. Воронежский государственный технический университет. 2018. С. 51–55.
13. Лежнина Ю.А., Хоменко Т.В. Разработка модуля «Информационное моделирование зданий» на основе компетентностного подхода // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 2(40). С. 322–330.

14. Умнова О.В., Худяков А.В., Маркин А.А., Маркин И.А. Проектирование многоэтажного офисного здания с элементами BIM-технологий // Материалы Всероссийского форума «BIM. Проектирование. Строительство. Эксплуатация». Воронеж. Воронежский государственный технический университет. 2018. С. 22–29.

15. Чаганов А.Б., Воинский И.И., Шалагинова Е.В. Работа с информационной моделью при обследовании зданий и сооружений // Материалы Всероссийского форума «BIM. Проектирование. Строительство. Эксплуатация». Воронеж. Воронежский государственный технический университет. 2018. С. 69–73.

16. Šijanec Z.M., Stegnar G. Comparison of Simulated and Monitored Energy Performance Indicators on NZEB Case Study Eco Silver House // Procedia Environmental Sciences. 2017. Vol. 38. P. 52–59. DOI: 10.1016/j.proenv.2017.03.074.

### УДК 69.059

*Бачурина Светлана Самуиловна,*  
д-р экон. наук, советник президента  
(Национальное объединение изыскателей  
и проектировщиков НОПРИЗ)

*Владимирова Ирина Львовна,*  
д-р экон. наук, профессор  
*Каллаур Галина Юрьевна,*  
канд. экон. наук, доцент  
(Российский экономический университет  
им. Г. В. Плеханова)

*E-mail: bachurinass@mos.ru,*  
*kaf-stroy@yandex.ru, kallaur\_galina@mail.ru*

*Bachurina Svetlana Samuilovna,*  
Dr. of Sci. Ec., presidential adviser  
(National association of surveyors and  
designers NOPRIS)

*Vladimirova Irina Lvovna,*  
Dr. of Sci. Ec., Professor  
*Kallaur Galina Yurievna,*  
Ph.D. of Sci. Ec., Associate Professor  
(Russian Plekhanov University  
of Economics)

*E-mail: bachurinass@mos.ru,*  
*kaf-stroy@yandex.ru, kallaur\_galina@mail.ru*

DOI: 10.23968/BIMAC.2019.008

## ТРЕБОВАНИЯ К ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ФАЗЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

### THE REQUIREMENTS FOR THE DIGITAL MODEL OF THE BUILDING ON THE OPERATIONAL PHASE OF THE LIFE CYCLE

В условиях перехода строительной отрасли в цифровую среду, активного поиска инновационных и высокотехнологичных путей развития, актуальной задачей становится отбор эффективных цифровых методов и инструментов, соответствующих каждой фазе жизненного цикла капитального объекта. В статье рассмотрены преимущества применения BIM-технологий в управлении объектом капитального строительства на эксплуатационной фазе жизненного цикла. Сформулированы основные задачи внедрения технологий информационного моделирования на этапе эксплуатации, приводится характеристика процессов управления эксплуатацией объекта на основе требований к трансформации информационной модели.

*Ключевые слова:* жизненный цикл объекта капитального строительства, информационное моделирование, управление, недвижимость, эксплуатация.

In conditions of construction industry integration into digital environment and active search for innovative and high-tech ways of development, an urgent issue is to select effective digital methods and tools which correspond to each phase of real estate asset lifecycle. The arti-

cle considers advantages of application of BIM technologies in capital construction management on the operational phase of the life cycle. It reveals the main tasks associated with the introduction of information modeling during the operational phase, provides the characteristic of the processes of the operational management of object based on the requirements for the transformation of the information model.

*Keywords:* life cycle of a capital construction object, information modeling, management, realty, operation.

На современном этапе развития методологии проектного менеджмента, на принципах которого строится инвестиционно-строительная деятельность, в условиях оптимизации затрат и выбора высокотехнологичных решений актуальными становятся подходы к управлению такими ключевыми параметрами, как содержание, сроки и стоимость, на всем жизненном цикле объекта капитального строительства. Так, в мире активно получили развитие такие методологии, как комплексное управление стоимостью (Total Cost Management – TCM), управление жизненным циклом продукта (Product Lifecycle Management – PLM), оценки затрат жизненного цикла (Life Cycle Costing – LCC) [1], которые совместно с BIM формируют общий инновационный подход к информационному моделированию и управлению жизненным циклом здания – Building Lifecycle Management (BLM).

При этом об актуальности и эффективности внедрения технологий информационного моделирования на стадиях проектирования и строительства свидетельствует многолетний опыт зарубежных и отечественных компаний, однако для применения BIM на эксплуатационной стадии в мире еще не накоплено достаточного опыта работы с цифровыми моделями зданий. Длительность фазы эксплуатации капитального объекта в среднем в 10–20 раз превышает срок его возведения, а стоимость жизненного цикла от 5-ти до 7-ми раз выше стоимости исходных инвестиций и в три раза превышает стоимость строительства [2]. В силу этих причин эксплуатационная фаза является самой значимой по длительности и задачам применения информационных моделей для оптимизации затрат жизненного цикла капитального объекта.

Основной целью эксплуатационной фазы является материально-техническое и коммерческое управление объектом недвижимости в интересах собственника. Именно собственник объекта является лицом, объективно заинтересованным в получении комплексной, полной, актуальной и достоверной информации об объекте, аккумулируемой в единой информационной модели (BIM-модели) всеми участниками инвестиционно-строительного проекта.

Основными направлениями, реализуемыми собственником (или управляющими компаниями) объекта недвижимости на эксплуатационной фазе, являются [3]:

– *Facility Management (FM)* – управление инфраструктурой, включая процессы обслуживания и эксплуатации объекта недвижимости, обеспечивающие его физическое сохранение и безаварийное функционирование.

– *Property Management (PM)* – коммерческое и административно-правовое управление объектом недвижимости, направленное на получение собственником максимального дохода при оптимизации затрат.

– *Asset Management (AM)* – управление объектом недвижимости как активом, связанное с реализацией долгосрочных целей его развития и максимизацией стоимости.

В условиях перехода строительной отрасли в цифровую среду, активного поиска инновационных и высокотехнологичных путей развития, перед собственниками объектов недвижимости становится объективной необходимостью применение цифровых методов и инструментов, соответствующих задачам *FM*, *PM* и *AM*. Таким образом, BIM-модель, сформированная на проектной и строительной фазе жизненного цикла капитального объекта, должна отвечать также требованиям эксплуатационной фазы.

Далее в таблице систематизированы основные требования, которым должна отвечать цифровая модель здания для эффективного управления им на эксплуатационной фазе в аспекте комплексного подхода для реализации задач *FM*, *PM* и *AM* [4, 5].

Кроме того, эксплуатационная фаза жизненного цикла капитального объекта преимущественно представляет собой операционную деятельность с периодичным включением инвестиционной для реализации проектов развития, капитального ремонта и реконструкции объекта недвижимости. В этой связи, BIM-модель должна отвечать также требованиям интеграции с основными системами, используемыми собственником в операционном менеджменте на эксплуатационной фазе:

– *CAFM* для управления объектом капитального строительства, которая регулирует процессы передачи проектной информации в объектно-ориентированные системы эксплуатационной документации на основе использования COBie-таблиц;

– *CMMS* для планового техобслуживания и ремонта оборудования;

– *BAS* для централизованного контроля инженерных систем с целью оптимизации энергопотребления и расходов на обслуживание;

– *GIS* для геолокации объекта и его инженерных систем в городской среде;

– *ERP* для управления, планирования и учета денежных и человеческих ресурсов;

– *PM* для эффективной координации проектного менеджмента.

Получаемая в результате цифровая информационная модель здания, полностью отвечающая задачам эксплуатационной фазы, является эффективным управленческим инструментом. Такой «цифровой двойник» всегда несет в себе актуальную информацию о состоянии инженерных систем и оборудования, сроках их замены или обслуживания. Это позволяет планировать и проводить своевременный ремонт, обеспечивать эффективную работу всей

**Задачи управления и требования к цифровой модели объекта недвижимости на эксплуатационной фазе**

Направления и задачи фазы	Требования к цифровой модели	Применяемые цифровые методы
<p><b>Материально-техническое управление – Facility Management:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обеспечение бесперебойного функционирования инженерных систем;</li> <li>– модернизация и развитие инфраструктуры;</li> <li>– обеспечение охраны и безопасности объекта;</li> <li>– организация клининговых служб;</li> <li>– предотвращение и устранение последствий чрезвычайных ситуаций</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– упорядоченное безопасное хранение информации в составе цифровой модели в течение всего жизненного цикла актива;</li> <li>– наличие эксплуатационной документации с информацией о конструкторских, инженерных и материальных элементах объекта для дальнейшего проведения планового и капитального ремонта, профилактических работ;</li> <li>– модель должна быть «очищена» от информации стадии строительства (например, по оборудованию и временным сооружениям)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– автоматизированные системы управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования;</li> <li>– системы мониторинга эксплуатационных характеристик;</li> <li>– имитационное моделирование чрезвычайных ситуаций;</li> <li>– Big-data;</li> <li>– лазерное сканирование (при отсутствии цифровой модели здания);</li> <li>– облачные технологии</li> <li>– «цифровые двойники» здания</li> <li>– «умные» дома;</li> <li>– автоматизированные системы учета потребления энергии и других ресурсов</li> </ul>
<p><b>Коммерческое управление</b></p> <p><b>1. Property Management:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– позиционирование и продвижение объекта на рынке (для коммерческой недвижимости);</li> <li>– операционный менеджмент;</li> <li>– административно-правовое управление объектом;</li> <li>– обеспечение финансового, хозяйственного и юридического документооборота;</li> <li>– управление арендными отношениями, брокеридж (для коммерческой недвижимости);</li> <li>– страхование объекта недвижимости</li> </ul> <p><b>2. Asset Management:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– стратегический финансовый менеджмент и рефинансирование;</li> <li>– стратегическое планирование сохранения и максимизации стоимости объекта недвижимости;</li> <li>– инвентаризация и оценка;</li> <li>– учет износа и амортизации;</li> <li>– экономическое моделирование и прогнозирование.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обеспечение заинтересованных лиц инструментами поиска и анализа требуемых данных и документов;</li> <li>– формирование отчетности по содержанию;</li> <li>– предоставление управляемого доступа заинтересованным лицам к данным в составе цифровой модели;</li> <li>– синхронизация технической и коммерческой информации в единой цифровой модели;</li> <li>– интеграция с бизнес-процессами эксплуатирующей организации.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– электронные торговые площадки;</li> <li>– смарт-контракты;</li> <li>– блокчейн;</li> <li>– «цифровые двойники» здания;</li> <li>– дополненная реальность;</li> <li>– автоматизированные системы документооборота;</li> <li>– имитационное моделирование финансовых потоков;</li> <li>– автоматизированные логистические системы;</li> <li>– автоматизированные системы учета операционных затрат и поступлений.</li> </ul>

*Примечание:* составлено авторами.

инфраструктуры здания в течение всего эксплуатационного периода, а также обеспечивать безопасность в случае природных катаклизмов, пожаров, терактов и пр. В процессе использования цифровой прототип продолжает наполняться новой актуальной информацией, например, при выполнении проектов по реконструкции или капитальному ремонту. Такое применение информационной модели на этапе эксплуатации можно считать её наивысшей точкой развития.

Материал подготовлен при поддержке гранта РФФИ 18-010-01040 «Развитие методов цифровой экономики в инновационной системе управления инвестиционно-строительными проектами».

### Литература

1. Каллаур Г.Ю. Обоснование инвестиций в технологии информационного моделирования // Экономика строительства. 2018. № 1(49). С. 27–38.
2. Селютина Л.Г. Системный подход к решению задач в сфере проектирования и управления строительством // Kant. 2015. № 2(15). С. 71–72.
3. Василенко Ж.А., Пономарева Е.А. Анализ и систематизация методов управления коммерческой недвижимостью // Экономический вестник Дона. 2017. № 2. С. 95.
4. 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: 25.03.2019).
5. ГОСТ Р 57311-2016 Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200142711>. (дата обращения: 25.03.2019).

### УДК 658.5:624.05

*Болотин Сергей Алексеевич,*  
д-р техн. наук, профессор  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: sbolotin@mail.ru*

*Bolotin Sergej Alekseevich,*  
Dr. Sci. Tech., Professor  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: sbolotin@mail.ru*

DOI: 10.23968/VIMAS.2019.009

## ФОРМИРОВАНИЕ ГРАФИКА КОМПЛЕКСНОЙ ЗАСТРОЙКИ ТЕРРИТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ REVIT И MICROSOFT PROJECT

### SCHEDULING OF COMPLEX DEVELOPMENT USING REVIT AND MICROSOFT PROJECT

Современное жилищное строительство РФ нацелено на организацию комплексной застройки территорий. Данная задача может быть решена на основе применения современных инструментальных средств информационного проектирования и актуальных рекомендаций по планированию и организации жилищного строительства территорий гра-

достроительными комплексами. В статье рассматривается вопрос определения оптимальной очередности освоения объектов. Для решения этой задачи предлагается использование оптимизационных алгоритмов, реализованных в программах управления проектами, и нормативной статистики по продолжительностям строительства. С целью практического применения методики предлагается совместное использование программ ВМ-моделирования и управления проектами. Применение конкретных возможностей программ Revit, Project Expert, и Microsoft Project дает возможность проектирования оптимальной последовательности строительства зданий, входящих в градостроительные комплексы.

*Ключевые слова:* ВМ-технологии проектирования, управление проектами, нормативная продолжительность строительства, оптимизация очередности строительства, комплексное освоение территории, календарное планирование строительства.

Modern housing construction in the Russian Federation is aimed at the organization of complex development of territories. This problem can be solved by using modern tools of information design and actual recommendations on planning and the town-planning complexes organization of housing construction of territories. The article deals with the determining the optimal order of object development. To solve this problem, we propose the use of optimization algorithms implemented in project management programs, and regulatory statistics on the duration of construction. For the purpose of practical application of the methodology, the joint use of BIM-modeling and project management programs is proposed. The use of specific features of Revit, Project Expert, and Microsoft Project programs makes it possible to design the optimal sequence of construction of buildings included in urban development complexes.

*Keywords:* BIM-design technologies, project management, normative duration of construction, optimization of construction sequence, complex development of the territory, calendar planning of construction.

Современный прогресс, связанный с использованием ВМ-технологий, позволяет решать задачи, выходящие за рамки чисто проектной области. Примером решения таких задач служит программа Autodesk Navisworks, ориентированная на интегрированное проектирование и управление строительством. Интеграция в данной программе осуществляется посредством объединения проектных данных, сгенерированных в других компьютерных программах, таких как Autodesk Revit, ArchiCAD, Bentley и др. Данная совместимость достигается за счет использования стандарта IFC [1], в результате чего разнородные данные из отдельных файлов объединяются в "мета-файл" и сцепляются в единое целое. Вместе с этим программа Autodesk Navisworks Simulate непосредственно ориентирована на сопровождение всего этапа строительства и с ее помощью можно осуществить стыковку данных, полученных в программе управления проектами Microsoft Project. При этом, сгенерированные в программе управления проектами данные определяют сроки выполнения работ, что позволяет визуализировать весь строительный процесс, от начала создания строительной площадки и до момента окончания строительства.

Однако следует иметь в виду и то, что зарубежные программы, реализующие ВМ-технологии проектирования, привязаны к определенной системе стандартизации и системе нормативного обеспечения проектирования и строительства.



В настоящее время в жилищном строительстве РФ возрождается тенденция комплексной застройки, которая еще в 80-х годах интенсивно внедрялась и получила название застройки градостроительными комплексами [2]. Однако, поставленная ранее задача, может быть решена и сейчас на основе комплексного применения средств информационного проектирования. На рис. 1 представлена блок-схема методики формирования графика комплексной застройки территории с использованием компьютерных программ: Revit, Project Expert и Microsoft Project.

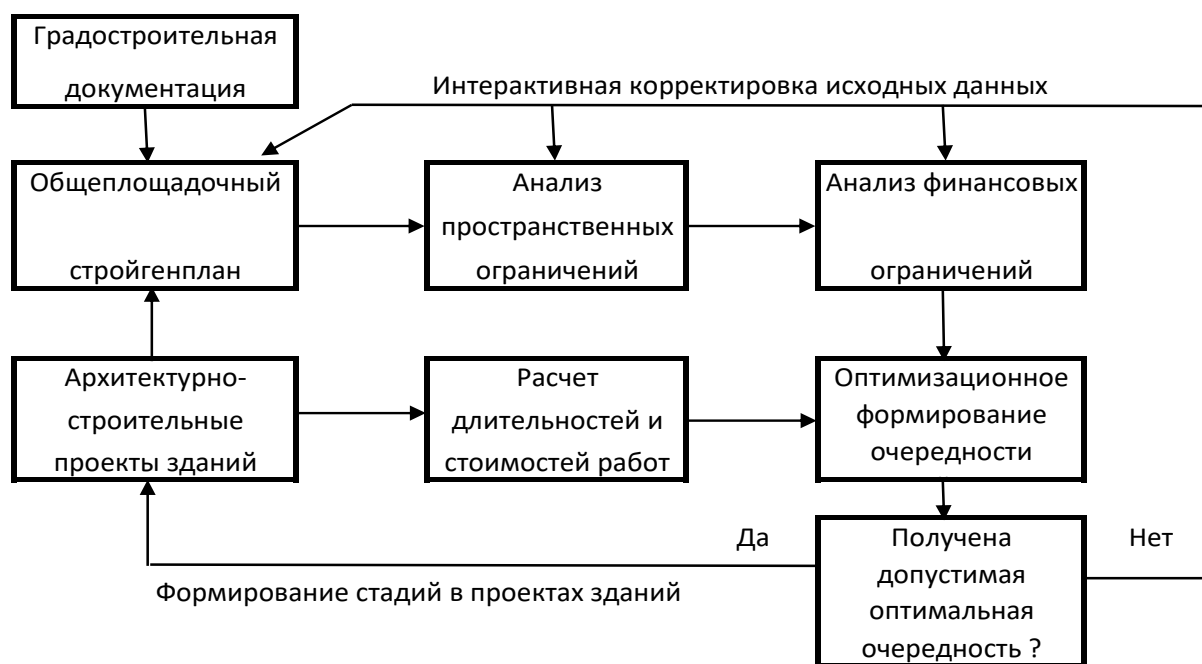


Рис. 1. Блок-схема формирования графика комплексной застройки

График комплексной застройки территории должен определить стадии выполнения основных этапов работ по всем, входящим в комплекс зданиям. Исходными данными для формирования графика комплексной застройки является градостроительная документация, на основе которой возможно архитектурно-строительное проектирование зданий и общеплощадочного стройгенплана, проектирование которого может быть осуществлено в программах BIM-моделирования. Проектирование общеплощадочного стройгенплана дает возможность проведения анализа по выявлению пространственных ограничений на очередность строительства зданий с учетом их дальнейшего ввода в эксплуатацию.

В процессе архитектурно-строительного проектирования зданий можно выделить временные этапы строительства, дифференциация которых определена нормативной документацией [3, 4]. Нормативы по продолжительности строительства разработаны по репрезентативным статистическим данным, и для жилых зданий включают следующие виды циклов работ: подготовки,

подземного, надземного, а также цикла внутренних работ. Параллельно с этим в нормы продолжительности входит процентное распределение капитальных вложений (инвестиций) по месяцам строительства. При этом независимыми аргументами являются тип здания, этажность и общая площадь, значения которых как раз и определяется при архитектурно-строительном проектировании зданий. Передача этих данных из программы типа Revit в программы управления проектами типа Project Expert и Microsoft Project может быть организована через файловый экспорт данных, вошедших в спецификации помещений.

Однако следует учесть, что для календарного планирования строительства нормативной детализации продолжительности выполнения отдельных работ недостаточно, поскольку значения площадей в нормативах представлено дискретно. Поэтому необходима методика регрессионного определения продолжительностей этапов работ, которая представлена в статье [5] в виде квадратичной формы регрессионной зависимости.

$$T_{\text{цикла}} = A + B \cdot F + C \cdot N^2. \quad (1)$$

По результатам обработки статистических массивов кирпичных, монолитных и панельных зданий получены коэффициенты  $A$ ,  $B$  и  $C$ , входящие в регрессионную зависимость (1), которые представлены в табл. 1.

Проверка рассчитанных зависимостей, проведенная в работе [5], показала, что с учетом округления продолжительности до 0,5 месяца, полное совпадение достигнуто: для нулевого цикла в 65 % случаев, для надземной части в 30 % случаев, а для цикла отделочных работ в 85 % случаях. При расхождении в 0,5 месяца и менее достигнуто совпадение в 100 % случаев. Также результаты сравнения, проведенные в работе [5] показали, что вероятность отклонения продолжительности, рассчитанной по полученным регрессионным уравнениям, от данных по нормативной статистике, определенная порогом в 0,5 месяца и менее, составила более 71 %.

*Таблица 1*

**Коэффициенты регрессионных уравнений для расчета продолжительности циклов работ**

Тип здания	Цикл работ	$A$	$B$	$C$	Вер. $P$
Кирпичное	Нулевой цикл	0,885	0,000067	0,00000	1,00
	Надзем. часть	2,622	0,000417	0,00284	1,00
	Цикл отделки	1,505	0,000047	0,00000	1,00
Монолитное	Нулевой цикл	0,570	0,000106	0,00000	0,71
	Надзем. часть	3,041	0,000364	0,00354	0,77
	Цикл отделки	0,837	0,000118	0,00000	0,85
Панельное	Нулевой цикл	0,856	0,000049	0,00000	1,00
	Надзем. часть	2,284	0,000168	0,00265	0,81
	Цикл отделки	0,872	0,000049	0,00000	0,97

При формировании очередности строительства зданий при комплексной застройке территории необходимо учитывать финансовые ограничения. Данная подзадача может быть решена в программе управления проектами типа Project Expert. В данной программе по методике, изложенной в работе [6], можно сформировать адекватное экономическое окружение строительства.

Оптимизация очередности освоения объектов, входящих в комплекс зданий, при их последовательном строительстве рассчитывается в соответствии с факториальной функцией, которая определяет экспоненциальную сложность задачи. Для снижения размерности задачи можно использовать эффект элиминации отдельных вариантов очередностей, связанных с абсолютными, топологическими и временными ограничениями, учет которых для календарного планирования рассмотрен в работе [7]. Элиминирование или, другими словами, исключение из расчета некоторых вариантов очередности освоения объектов связано с определенными практическими ограничениями, примеры учета которых представлены в работе [7] и изложены ниже.

Абсолютные ограничения накладываются на занимаемые места объектов в оптимизируемой очереди и позволяют наиболее существенно элиминировать «непроходные» варианты искомой последовательности.

Относительные ограничения определяют места объектов в оптимизируемой очереди, но в отличие от абсолютных ограничений они показывают бинарные отношения предшествования одних объектов по отношению к другим объектам. Таким образом, эффективность классических алгоритмов направленного поиска оптимальных вариантов в методике, изложенной в работе [7], заменяется на эффективный алгоритм элиминации тех перестановок, которые не соответствуют топологическим ограничениям.

Временные ограничения могут определять в каждом объекте два события – это начало и окончание работы на нем. Считаем, что реальными могут быть ограничения следующих видов: «начать не ранее» и «окончить не позднее». Для того, чтобы система уравнений была решаемой, необходимо, чтобы этим ограничениям удовлетворял исходный вариант очередности освоения объектов, рассчитываемый программе управления проектами типа Microsoft Project. В работе [7] также установлено, что нельзя принять или отвергнуть проверяемую очередность без проведения соответствующего расчета комплексного календарного плана.

Программа управления проектами типа Microsoft Project с помощью специально разработанного макроса, написанного на языке Visual Basic for Application, объединяет отдельные календарные планы в единый комплексный проект и осуществляет поиск оптимальной последовательности освоения объектов градостроительного комплекса. Полученные при формировании оптимальной очередности даты выполнения этапов работ, выполняемых на объектах комплекса, могут быть экспортированы в программу Revit и использованы в ней для формирования временных стадий, которые в последу-

ющем могут быть закреплены за конструктивными элементами в виде параметров.

В результате, представленное в статье научно-практическое обоснование методики совместного использования программ ВМ-моделирования и управления проектами типа Revit, Project Expert, и Microsoft Project, дает возможность проектировать оптимальную по очередности освоения объектов застройку территории градостроительными комплексами. С помощью применения дополнительной параметризации и применения фильтров, для основных конструкций зданий можно осуществить визуализацию планируемого хода застройки градостроительного комплекса, осуществляя тем самым реальное 4-D моделирование.

### **Литература**

1. ГОСТ Р ИСО 10303-21-2002. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. М.: Госстандарт России. 2006. 57 с.
2. Рекомендации по планированию и организации жилищно-гражданского строительства при застройке городов градостроительными комплексами. М.: Стройиздат, 1988. 128 с.
3. СНиП 1.04.03-85\*. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1987. 522 с.
4. СП РК 1.03-102-2014. Продолжительность строительства и задел в строительстве предприятий, зданий и сооружений.
5. Болотин С.А., Дадар А.Х., Птухина И.С. Имитация календарного планирования в программах информационного моделирования зданий и регрессионная детализация норм продолжительности строительства // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 7. С. 82–86.
6. Болотин С.А., Брайла Н.В., Гуринов А.И. и др. Теоретические и практические основы организации и управления в строительстве. СПбГАСУ. СПб., 2014. 140 с.
7. Болотин С.А., Дадар А.Х., Мещанинов И.Ю., Оолакай З.Х. Элиминация последовательности энергоресурсосберегающей реконструкции объектов при учете разнородных ограничений для нахождения оптимума // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 3(28). С. 60–65.

**УДК 69.059**

*Букунов Александр Сергеевич,*  
аспирант  
(Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого)  
*Букунова Ольга Викторовна,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: sasbukunov@yandex.ru,*  
*bukunovaolga@yandex.ru*

*Bukunov Alexander Sergeevich,*  
PostGraduate  
St. Petersburg Polytechnic University  
of Peter the Great  
*Bukunova Olga Victorovna,*  
Ph.D. of Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: sasbukunov@yandex.ru,*  
*bukunovaolga@yandex.ru*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.010**

**ОБМЕН ИНФОРМАЦИЕЙ В ЕДИНОЙ СИСТЕМЕ  
ПРИ СОЗДАНИИ BIM**

**INFORMATION EXCHANGE IN THE COMMON SYSTEM WHEN  
CREATING BUILDING INFORMATION MODEL**

Современные технологии информационного моделирования открывают новые возможности в управлении потоками данных при проектировании и строительстве объекта. В рамках исследования анализируется построение эффективной системы управления информацией в строительстве. В статье раскрываются основные задачи использования информационного моделирования в строительном производстве. Предлагается методика интеграции и схемы взаимодействия потоков данных на основе BIM на этапе проектирования и строительства. Дается характеристика процессам управления проектирования объекта на основе информационной модели.

*Ключевые слова:* информационное моделирование, управление информационными потоками, процессно-ориентированная информационная модель, потоки данных.

Modern information modeling technologies open up new possibilities in managing data flows in the design and construction of an object. The study analyzes the construction of an effective information management system in construction. The article reveals the main objectives of the use of information modeling in the construction industry. A method of integration and interaction schemes of data flows based on BIM at the design and construction stage is proposed. The characteristic is given to the management processes of designing an object on the basis of an information model.

*Keywords:* information modeling, information flow management, functionally oriented information model, data flows.

**Введение.** Современное строительное производство, реализующее несколько этапов жизненного цикла объекта – сложная система, порождающая тысячи финансовых, материальных и информационных потоков (документов), управление которыми требует использования различного инструментария современных информационных технологий [1]. Отставание строительства по интенсивности внедрения информационных систем интеграции мож-

но объяснить его спецификой, связанной с многообразием финансово-хозяйственной деятельности его предприятий и особенностями производственного цикла, в котором значительное количество проектов находится на различных стадиях реализации.

Целью исследования явилась оптимизация управления информационными потоками (ИП) в строительном производстве, позволяющая повысить эффективность менеджмента на основе использования механизмов и инструментов создания единой информационной среды и обеспечивающая основу для многопользовательского доступа к данным и осуществления эффективной коллективной работы. В процессе исследования были сформулированы и решены следующие задачи: внутренний информационный аудит строительного производства; анализ существующих бизнес-процессов и подходов к управлению ИП; определение целей и задач использования информационного моделирования в строительном производстве; анализ ИП в деятельности строительной организации и разработка методики интеграции и схемы взаимодействия потоков данных на основе ВМ.

**Информационный аудит строительной организации.** Для построения эффективной системы управления требуется провести подробное исследование строительного производства как системы потоков: материальных, финансовых, управляющих и информационных. Потоки сопровождают разные процессы строительного производства: документооборот (управляющие и информационные потоки), логистику (материальные потоки и отражающие их финансовые и информационные потоки), технологию (материальные и финансовые и отражающие их информационные потоки), маркетинг (материальные, финансовые, информационные и управляющие). При исследовании ИП формируется общая картина строительного производства.

Для эффективного управления ИП в строительном производстве необходимо, чтобы информация была систематизирована, структурирована, и стандартизована. Большая часть информации, циркулирующей в строительстве, систематизированная, но она требует структурированности (например, в таблицах в *Excel*). В процессе ее передачи требуется определять авторство, проводить анализ того, кто и почему вводит информацию, и напрямую взаимодействовать для получения надежной информации от первоисточника. Исследование ИП включает проверку на внутреннюю и внешнюю информацию. При формировании информационного пространства строительного процесса можно отметить слабое взаимодействие между разными отделами в процессе проектирования, частое дублирование информации, отсутствие совместимости чертежей, выполненных различными проектными компаниями. Поэтому предлагается для создания единой информационной среды строительного производства использовать информационную модель (ИМ), позволяющую связать основные данные, графическое отображение объектов, их описание с позиции основных служб производства и создать объектно-

ориентированный архив документов. Для достижения максимального эффекта от внедрения ИМ необходим охват максимума стадий ЖЦ строительного объекта, более широкое использование информации, выстраивание процессов таким образом, чтобы введенная информация многократно использовалась с разными целями.

**Задачи, решаемые Building Information Modeling (BIM).** Основные принципы информационного подхода в строительстве были сформулированы в 80-х годах прошлого столетия:

- 3D-модель проекта создается архитекторами, инженерами, конструкторами совместно; из модели можно получить чертежи;
- каждый объект обладает своим набором данных и параметрами;
- в модель возможно включение временных зависимостей [2].

При этом минимизируется риск ошибок между разными разделами проектной документации, ускоряется принятие решений, уменьшается количество вводимой информации и появляется возможность избежать ошибок, связанных с человеческим фактором. Для эффективного взаимодействия с бизнес-партнерами необходимо обеспечить поступление и передачу информации в приемлемых форматах, кроме того необходим диалог с организациями по оптимизации обмена информацией, и это бизнес императив.

**Методика интеграции ИП на основе BIM.** Предлагается создать единую систему управления ИП на основе BIM. Как правило, отделы имеют собственную систему автоматизации и управления, оптимизированную для решения конкретных задач. Но локальные системы, неплохо подготавливающие материалы для внешних организаций (отчеты для налоговой инспекции, различные чертежи, инженерные расчеты и пр.), не повышают эффективность процесса управления. Руководители при анализе этих материалов тратят много времени и не всегда получают желаемые результаты для интегрированной оценки производства и оперативного принятия тактических и стратегических решений [3]. Предлагается выделить две основные информационные структуры в строительстве – систему для автоматизации учета и управления и BIM-систему. На рис. 1 показаны наиболее важные информационные потоки строительного производства.

*ERP-система (Enterprise Resource Planning System)* – система планирования ресурсов предприятия. ERP внедряют, чтобы улучшить качество планирования, снизить запасы, увеличить скорость потока и оборачиваемость, повысить прибыльность проектов, производить точно в срок [4]. Применение ERP в строительстве затруднено из-за длительности производственного цикла, в котором задействовано огромное количество документов, заказов, поставок, договоров и т. д.

В единой среде строительного проекта ERP система связана через ИП с составляющими BIM-системы – системой проектирования и расчетов архитектуры, конструкций и инженерных сетей, сметной системой и календарно-

го планирования, а также общей базой данных (рис. 1). База данных – общее хранилище, которое связывает проектные инженерно-технические модели и выступает как передатчик проектных решений в сметные и финансовые решения и аккумулятор данных для аналитического центра принятия решений. Имея базу данных, мы можем выбрать из перечня имеющихся шаблонов то, что необходимо нам с оптимальными показателями по заданным параметрам. И выбрать оптимальный вариант с позиции себестоимости и производственной логистики.

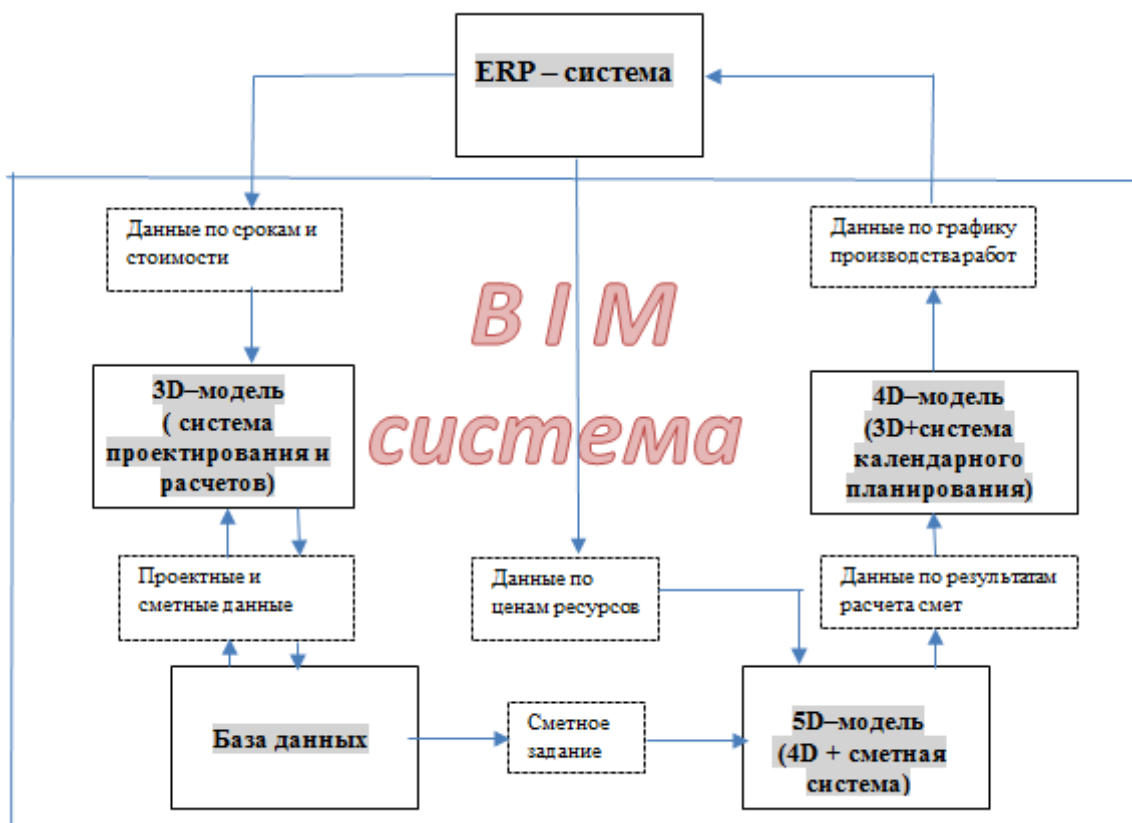


Рис. 1. ВМ-система в структуре единого информационного пространства для автоматизированной системы строительного производства

Стратегия обмена данными в соответствии с программным обеспечением (ПО) позволяет интегрировать расчет конструкций в 3D-модель. Передача параметрической информации геометрии объектов возможна за счет использования интерфейсов прикладного программирования (API), управляемых с помощью языков программирования (VBA, C# и т. д.). Обмен данными между САПР и ПО для конструкций или инженерных сетей, основанный на файлах в открытых форматах IFC, gbXML, пока проблематичен из-за отсутствия унификации разных производителей ПО и разных видов файлов. Преимуществом обладает модель на единой платформе Bentley, Autodesk. Собственный закрытый формат файла позволяет обмениваться данными между приложениями, входящими в единую линейку, что обеспечивает эффективную координацию информации [3].



Система календарного планирования строительства включает в себя выбор технологии строительства, определение рабочих задач, оценку необходимых ресурсов, расчет длительностей задач и определение последовательности этих задач [5]. Когда создаются типовые проекты, то удобно использовать ранее созданные шаблоны, чтобы не дублировать работу. Автоматическая связь компонентов 3D-модели с рассчитанными данными и параметрами работ для создания графика завершают создание 4D-модели. Календарный план строительства можно разрабатывать в *Primavera* и в *Microsoft Project*. Далее необходимо подготовить календарный план для импорта, например, в *Navisworks*, делая его максимально подробным [5].

С помощью плагинов в BIM можно осуществлять расчет смет, используя объединение в ИМ программ проектирования и аудита смет с помощью интерфейсов прикладного программирования API от разных приложений. Посредством программной среды БД осуществляется связь с 3D-моделью по передаче результатов сметных расчетов. Сформированное сметное задание передается в 4D-модель. На выходе сметной системы формируется пакет документов по объекту. Разработка сметного раздела возможна в среде *Nemetschek Allplan*, *Autodesk Revit* или *Renga Architecture*.

**Выводы.** В ходе исследования проведен анализ управления информацией при подготовке строительного производства, определены цели создания BIM и предложена методика взаимодействия ИП на основе BIM. При применении BIM-технологии, специалист обязан знать: как совместно делать проект, каким набором элементов, какой использовать набор свойств и параметров, как ими пользоваться внутри своего информационного пространства САПР (систематизация информации). Кроме того, для успешной совместной командной работы над проектом специалист должен соблюдать правила наименования и хранения файлов проекта, установленные в фирме (стандартизация информации) и создавать и использовать хорошо структурированную информацию.

Главным преимуществом предложенного подхода является возможность многократного повторного использования информации всеми участниками разработки и реализации инвестиционно-строительного проекта без изменений и искажений данных об объекте строительства. Это приведет к сокращению потерь рабочего времени, снижению фонда зарплаты за счет снижения затрат труда на обработку информации, получению экономии благодаря снижению запасов, сокращению сроков строительства и снижению незавершенного производства.

#### Литература

1. Рогозов Ю.И., Свиридов А.С. Концепция построения информационной модели предприятия. М.: Техноцентр, 2004. № 5. С. 25–31.

2. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Second Edition. NJ, Hoboken: Wiley, 2011. 642 p.

3. Букунов А.С., Букунова О.В. Интеграция технологии блокчейн и информационного моделирования объектов недвижимости // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 45–51.

4. Старостова Е.Н. ERP-системы для генподрядчиков // Руководитель строительной организации. 2010. № 4. С. 34–39. URL: <https://www.lawmix.ru/bux/11440> (дата обращения: 05.09.2018).

5. Игнатова Е.В., Эльшейх А.М. Составление 4D графика строительства на основе ВМ // Естественные и технические науки. 2014. № 9–10. С. 268–272.

### **УДК 658.512:69**

*Гайдо Антон Николаевич,*

канд. техн. наук, доцент

*Погода Анна Григорьевна,*

магистрант

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

*E-mail: gaidoan@mail.ru,*

*pogoda.ann@gmail.com*

*Gaido Anton Nikolaevich,*

PhD of Sci. Eng., Associate Professor

*Pogoda Anna Grigorievna,*

master student

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: gaidoan@mail.ru,*

*pogoda.ann@gmail.com*

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019.011**

## **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ НА СТАДИИ СТРОИТЕЛЬСТВА НУЛЕВОГО ЦИКЛА**

### **SPECIFICS OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) WITH ACCOUNT FOR THE ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF ZERO CYCLE WORKS**

Аннотация: в статье анализируются методики информационного моделирования здания (ВМ). Показано, что на различных стадиях проектирования и эксплуатации зданий они достаточно отработаны. Известен положительный опыт применения таких методик в России и за рубежом с разработкой большого объема регламентирующих документов, которые при формировании отечественных нормативов можно принять за основу. Однако при комплексном построении единой цифровой модели здания информация, содержащая сведения о различных технологических показателях производства работ нулевого цикла, практически не используется.

Авторами показано, что включение в общую цифровую модель информационных блоков со значениями технологических показателей имеет существенное практическое значение как на стадии строительства, так и при эксплуатации зданий и сооружений. Получаемая информация будет необходима 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 авторами представлена структурная схема взаимодействия различных участников строительства при сборе и обработке указанной информации для её дальнейшего внедрения в единую систему BIM.

*Ключевые слова:* цифровая модель строительства, сваи, свайные фундаменты, качество.

*Abstract.* The article presents an analysis of building information modeling (BIM) methods. It is shown that such methods are elaborated enough for different stages of building design and operation. These methods are successfully applied in Russia and abroad, accompanied by the development of regulatory documents which can serve as a basis for standards in Russia. However, the information on various technological parameters of production is hardly used upon the integrated development of a unified digital building model.

To solve the problem, the authors analyze various technological parameters typical for various methods of works during construction of pile foundations in terms of their influence on the quality of foundation constructions. The authors give reasons for the particular composition of technical equipment that allows for quick recording, storage and transmission of those parameters in electronic format to the technical customer in the form of information blocks under production conditions for further modeling of the building life cycle.

In the conclusion, the authors present a structural diagram for the interaction of various construction participants during information acquisition and processing for its further implementation in a unified BIM system.

*Keywords:* BIM, piles, piles foundations, quality

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 зависимостями, когда здание и всё, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект [1].

Основными достоинствами BIM моделей является их динамичность, то есть при изменении отдельных элементов модели происходит автоматическое обновление данных, параметров связанных документов [2]. В практике современного строительства система построения цифровых моделей с привлечением различного вида информации достаточно разработана и документирована.

Решением президиума совета при президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию «Об инновационном развитии в сфере строительства» на основании протокола заседания президиума Совета от 4 марта 2014 г № 2 даются поручения Минстрою России по разработке и утверждению плана поэтапного внедрения BIM технологий, с учетом возможности проведения экспертизы проектной документации, разработанной с использованием таких технологий [3]. Уже 3 октября 2017 был издан свод правил СП 301.1325800.2017, который сформировал структуру взаимодействия, а также функции каждого участника строительства при использовании информационного моделирования при строительстве новых, реконструкции и сносе существующих зданий и сооружений.

При этом положений о включения производственных показателей работ нулевого цикла в единую цифровую модель не разработано. Однако потребность в анализе и передачи такой информации существует для решения задач контроля качества работ по устройству свайных фундаментов. На стадии эксплуатации уже возведенного объекта она необходима при анализе причин возникновения различных деформаций конструкций, а также при необходимости проведения ремонтов и реконструкций, связанных с повышением нагрузок на основания и т. п. [4].

Следует отметить, что в настоящее время отлаженной системы передачи исполнительной документации при производстве работ нулевого цикла в виде блоков цифровой модели строительства не существует. Все специальные журналы устройства свай (бурения, бетонирования скважин с погружением арматурных каркасов) ведутся преимущественно в рукописном виде. На основании подписанного договора подряда эти документы передаются в бумажном виде в количестве 3–5 экз. генеральному подрядчику. Если требуется передача документов в электронном виде, то их предоставляют в виде сканированных копий, в форматах, не подлежащих дальнейшей обработке. Единственное что выполнено в части развития идеологии цифровой модели, это передача исполнительных схем планового положения свай с их фактическим расположением относительно проектного в виде координат, получаемых из блока памяти электронных тахеометров.

Для решения поставленной задачи следует выполнить следующие организационно-технологические мероприятия:

1. Оснастить машины системами контроля и датчиками, которые будут фиксировать и сохранять технологические показатели, необходимые для передачи в единую модель.

2. Закрепить в проектно-сметной документации организационные схемы взаимодействия между всеми участниками процесса, как при производстве работ нулевого цикла, так и при последующей передаче исполнительной документации в виде блоков цифровой модели.

3. Ввести в штат подрядной организации должность специалиста по обработке цифровой информации, полученной от заказчика или проектировщиков.

4. Организовать обучение линейных работников по ведению и передаче исполнительной документации в электронном виде. При этом следует утвердить практику применения их электронной подписи для недопущения распространения некорректных их версий исполнительной документации.

В настоящее время подрядные организации, непосредственно осуществляющие производство работ, находятся в определенном «информационном вакууме» с замкнутым доступом обмена данными, замкнутом преимущественно на генподрядчике. Не происходит оперативного контакта с другими участниками строительства, в частности проектной организацией,

что может приводит к потере качества работ при отступлениях от проекта. Для устранения этого недостатка авторами на рис. 1 предлагается структура наполнения информационной модели строительства с учетом функционального распределения обязанностей участников процесса её формирования.

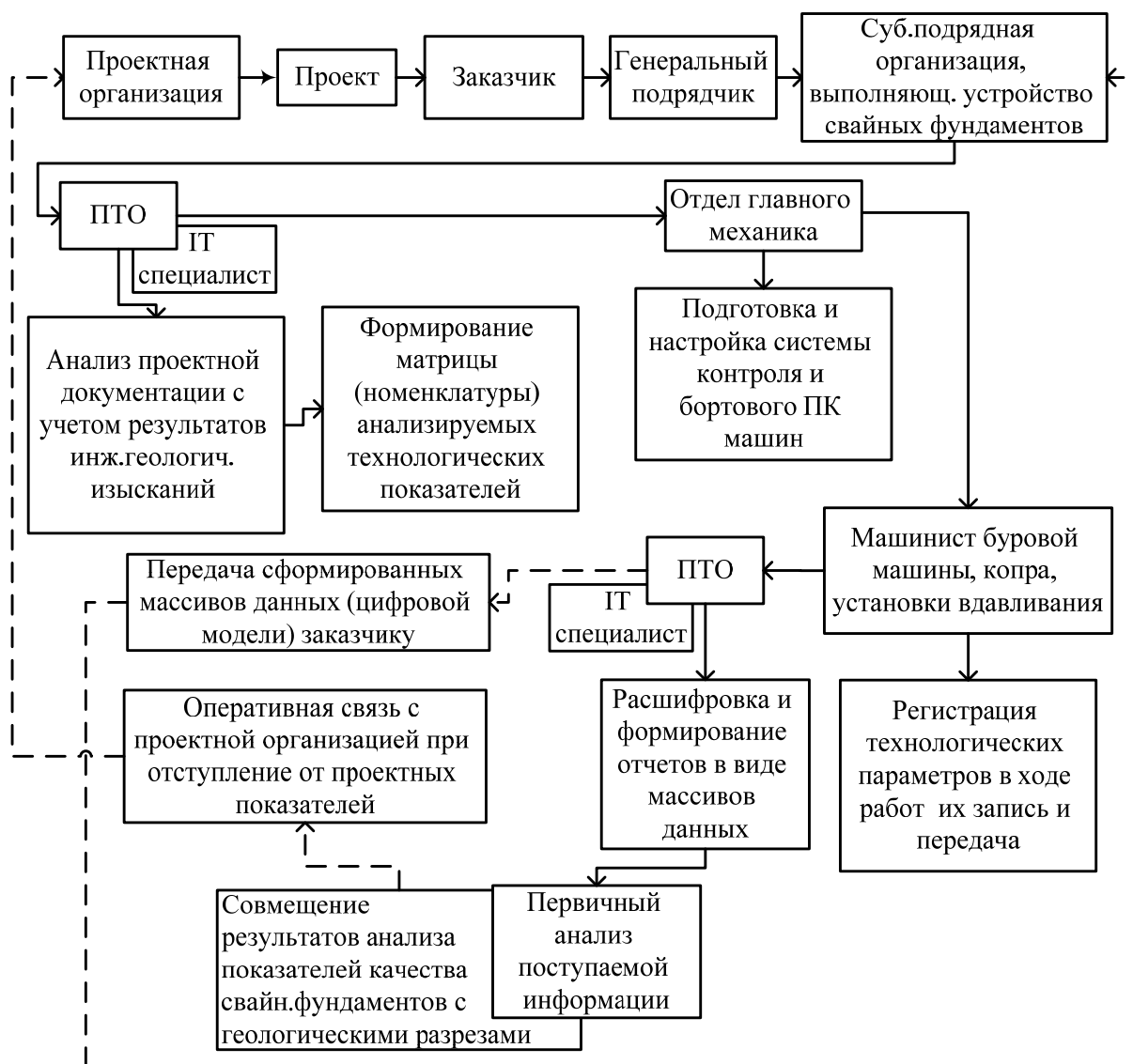


Рис. 1. Этапы жизненного цикла и прохождения цифровых моделей при производстве работ нулевого цикла

Эта схема показывает, что для оперативной обработки входящей информации и формированию передаваемых массивов данных нужно ввести новую должность IT-специалиста в отделе ПТО или провести дополнительное обучение штатного инженера. Он будет выполнять анализ поступающей цифровой модели и формировать массивы данных, содержащие соответствующие технологические показатели с учетом требуемых форматов передачи данных.

Важно уже в рамках специализированных субподрядных организаций проводить первичный анализ входящей информации (в том числе со строительных площадок), отражающей показатели качества работ. И в случае отступления от проекта передавать её непосредственно в проектную организацию минуя большой круг согласований: генеральный подрядчик – заказчик – генеральный проектировщик – подрядная проектная организация – главный инженер проекта (ГИП) – главный конструктор – конструктор.

С учетом представленного материала назовем следующие преимущества внедрения указанных предложений в единой цифровой модели строительства здания на этапе нулевого цикла:

1. Оперативная связь с проектной организацией для учета всех возможных отклонений от проектной документации. Это позволит в режиме «онлайн» корректировать различные технологические показатели в виде глубины погружения свай, значений несущей способности и т. п.

2. Возможность оперативного прогнозирования развития деформаций грунтового массива и существующих конструкций зданий, находящихся вблизи участка строительства.

3. Оперативное принятие решений при производстве работ в части необходимых корректировок конструктивных усилений, вызванных различными отклонениями от проектной документации. На стадии эксплуатации уже возведенного объекта эта информация необходима при анализе причин возникновения различных деформаций конструкций, при необходимости проведения ремонтов и реконструкций, связанных с повышением нагрузок на основания.

В заключении следует отметить следующее, что практика сбора и передачи информации при построении цифровых моделей строительства на этапе устройства свайных фундаментов находится на начальной стадии формирования. Однако, как установлено авторам внедрение такой системы позволит избежать потери качества строительства как на стадии возведения, так и при необходимости ремонта здания во время его эксплуатации.

### **Литература**

1. Баженов А.А. Проблемы применения ВМ-технологий в современной строительной отрасли // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 62–64.

2. Разов И.О., Березнев А.В., Коркишко О.А. Проблемы и перспективы внедрения ВМ технологий при строительстве и проектировании // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 27–30.

3. Четверик Н.П. Поэтапное внедрение технологий информационного моделирования (ВМ) в строительной сфере // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 12. С. 44–47.

4. Верстов В.В., Гайдо А.Н., Иванов Я.В. Технологии устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акваторий. СПб.: Лань, 2014. 368 с.

5. Гайдо А.Н. Пути совершенствования технологических решений устройства свайных фундаментов жилых зданий в условиях городской застройки // Жилищное строительство. 2015. № 9. С. 12–15.

6. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 61–65.

#### УДК 627.03

*Гарибин Павел Андреевич*

д-р техн. наук, профессор

*Шабанов Виктор Иванович*

доцент

*Ольховик Евгений Олегович*

канд. техн. наук, доцент

(ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»)

*E-mail: garibin@mail.ru,*

*kaf\_port@gumrf.ru, olhovikeo@gumrf.ru*

*Garibin Pavel Andreevich,*

Dr. of Tech. Sci., Professor

*Shabanov Victor Ivanovich,*

Associate Professor

*Ol'khovik Evgeniy Olegovich,*

Ph.D. of Sci. Tech., Associate Professor

(Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping)

*E-mail: garibin@mail.ru,*

*kaf\_port@gumrf.ru, olhovikeo@gumrf.ru*

DOI: 10.23968/VIMAC.2019.012

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АРКТИЧЕСКИХ ПОРТОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

### THE USE OF BIM TECHNOLOGIES IN OPERATION ARCTIC PORT HYDRAULIC STRUCTURES

Арктические порты – сложные природно-технические сооружения, одновременно и с переменной интенсивностью подвергающиеся значительному количеству воздействий внешней среды и техногенных факторов. В процессе эксплуатации параметры сооружения могут выйти за пределы нормированных в проектной документации. Особо сложным и малоизученным является вопрос обеспечения технической безопасности арктических причалов на этапе их эксплуатации. Определение действительного технического состояния портовых гидротехнических сооружений является актуальной задачей, решение которой зависит от комплекса мер по инструментальному мониторингу и оценке соответствия текущих характеристик строительной части сооружения проектным параметрам. В работе для оценки уровня надежности арктических портовых сооружений предлагается использование технологий информационного моделирования и эксплуатационной BIM модели, совмещающей данные от технического мониторинга и оценке отклонения наиболее важных параметров сооружения от проектных.

*Ключевые слова:* информационное моделирование, управление, арктические порты, портовые гидротехнические сооружения, эксплуатация сооружений.

The Arctic ports are complex natural-technical constructions, simultaneously and with varying intensity exposed to a significant amount of environmental influences and technical made factors. During operation, the parameters of the facility may exceed the limits normalized

in the project documentation. Particularly difficult and little studied is the issue of ensuring the technical safety of Arctic berths at the stage of their operation. Determining the actual technical condition of port hydraulic structures is an urgent task, the solution of which depends on a set of measures for instrumental monitoring and assessment of the compliance of the current characteristics of the construction part of the structure with the design parameters. In order to assess the level of reliability of the Arctic port facilities, it is proposed to use information modeling technologies and an operational BIM model combining data from technical monitoring and assessment of the deviation of the most important parameters of the structure from the design ones.

*Keywords:* information modeling, management, arctic ports, port hydraulic structures, operation of facilities.

В настоящее время в технической диагностике действует ГОСТ 20911-89 [1], который определяет, что техническая диагностика – это область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов.

Принимаемая практика ВМ в области эксплуатации сооружений [2] рассматривает его уже в качестве актива, что более соответствует принципам информационного моделирования. В этом случае, эксплуатация порта – процесс управления активом, где заложена реализация большинства функций и инструментов для осуществления мониторинга технического состояния, его балансовой стоимости и принятия решений по обслуживанию, ремонту, реконструкции или выводу из эксплуатации. ГОСТ Р 57311–2016 определяет доступность информационной модели для персонала, связанного с эксплуатацией сооружения и бизнес-процессами. Новым требованием, относящимся к задаче эксплуатации, является управление электронной информационной моделью с использованием комплекса программно-технических средств. Для арктических портов, такой подход несомненно является более прагматичным, поскольку в арктических условиях работа персонала ограничена, а переход к автоматизированному мониторингу решает эту задачу.

Для оценки технического состояния и получения достоверной информации о работе сооружения необходимо проведение непрерывного мониторинга и системных периодических обследований. По их результатам можно будет судить о возможности увеличения срока службы причала, об увеличении резервов несущей способности, увеличении эксплуатационных нагрузок, глубины у причальной стенки и т. д. Для портовых гидротехнических сооружений (ГТС) вся информация, связанная с проведением инструментальных осмотров может быть включена в ВМ модель сооружения, как дополнительные свойства элементов.

Традиционно, повышение надежности ГТС основано на постепенном переходе от плановых обследований к обслуживанию и ремонту по выявленному техническому состоянию. Использование такого подхода при эксплуатации портовых ГТС требует оснащения сооружения измерительной аппаратурой для непрерывного автоматизированного мониторинга различных параметров, с дальнейшим анализом данных специалистами.



Приспособленность конструкции объекта (портового ГТС) к техническому диагностированию определяется как контролепригодность [3–5]. В работе [6] статистика показывает, что до 80 % из случаев аварий на портовых ГТС, сопровождающихся разрушением несущих конструкций связаны с ошибками, неточностями при проектировании, строительстве или эксплуатации. Весь набор ошибок, независимо от причин их возникновения можно рассматривать как внутренний риск сооружения, влияющий на жизненный цикл, технический ресурс. Чем выше риски сооружения, тем больше снижается прогнозируемый ресурс работы и увеличивается величина ущерба при полной или частичной потере сооружения. Включение информации о рисках в эксплуатационную BIM модель позволяет вести их постоянную оценку и для длительной эксплуатации связать с балансовой стоимостью, что является дополнительной обосновывающей информацией для выполнения текущего или капитального ремонта.

Для арктических портовых ГТС необходимо учитывать фактическую продолжительность ледового периода с отрицательными температурами, данные по мониторингу мерзлых грунтов основания, периоды ледообразования, паводков и ледохода. Сейчас это отдельная информационная база, но она также может быть интегрирована в эксплуатационную BIM модель порта.

В этой связи представляется логичным все арктические портовые ГТС при проектировании и эксплуатации относить к I-II классам опасности [7, 8], с оснащением всех гидротехнических сооружений автоматизированными системами мониторинга. Ледовая обстановка и гидрометеоусловия эксплуатации арктических ГТС также могут быть включены в эксплуатационную BIM модель сооружения, например, в виде геоинформационной системы.

Для анализа данных мониторинга, прогноза технического состояния и выявления различных эксплуатационных ситуаций на портовых ГТС как правило используются следующие модели:

- статистические;
- детерминистические;
- смешанные.

Статистические модели в настоящее время практически не применяются, поскольку отсутствует релевантный набор данных измерений для прогноза, точнее – результаты единичных обследований сложно сопоставить или транспонировать на другой диапазон силового воздействия, ранее испытанного сооружением. В процессе эксплуатации статистическая модель должна корректироваться с учетом новых данных, которые могут дополнять начальную BIM модель.

Детерминистическая модель рассматривается как совокупность проектных нагрузок на портовое гидротехническое сооружение в следующем виде:

- постоянные – нагрузки от собственного веса элементов сооружения;
- временные длительные – эксплуатационные;
- кратковременные – волновые и ледовые нагрузки.

Детерминистические модели используются на стадии начальной эксплуатации для прогноза при текущих, реальных на момент проверки нагрузках и воздействиях на портовое сооружение. Эти данные могут использоваться в расчетной ВІМ модели как проектные.

Смешанные прогнозные модели для портовых ГТС пока не имеют применения в технологиях информационного моделирования сооружений, поскольку отсутствует такая техническая возможность.

Для арктических портов основным видом безопасности является конструктивная под воздействием ледовых нагрузок, которая характеризуется как способность основного каркаса сопротивляться сквозному или лобовому прохождению ледового поля, с размером не менее 1 км. Здесь также предполагается отсутствие недопустимого риска аварии, по различным расчетным критериям. Все расчетные варианты рассматриваются в ВІМ модели и могут дополняться фактическими данными о размерах льдин в различный период времени.

Уровень конструктивной безопасности сооружения считается достаточным, если вес расчетные риски аварий портовых ГТС находятся в зоне нормативных значений. В существующих нормативных документах оценка рисков выполняется на основе формальных критериев проектной документации и дополняется при наличии выявленных отклонений, стратегия ВІМ моделирования позволяет непрерывно выполнять такие оценки, используя данные от службы эксплуатации.

Как правило рассматриваются три стандартных значения риска:

- нормальное значение риска, являющееся допустимым для новых или строящихся сооружений (определяется по проектной документации на формальных критериях),
- предельно-допустимое значение, при достижении которого сооружение, находящееся в эксплуатации, требует ограничений в нагрузках или ремонтных работ с целью снижения рисков полной или частичной утраты;
- предельное, при достижении которого физический износ портового сооружения становится существенным, вследствие чего несущая способность сооружения критически снижается и на таком объекте необходимо произвести мероприятия по снижению риска аварии [5].

При обследованиях ГТС, как правило осуществляется качественная оценка (работоспособен, неработоспособен и т. п.) и инструментальные измерения, на базе которых возможно выполнить проверку существующих или выявить новые риски. В работе [6] рассмотрены варианты применения ВІМ технологий для оценки и минимизации рисков на различных этапах жизненного цикла сооружения, аналогичные подходы могут применяться и к арктическим портовым сооружениям.

Однако следует отметить, что раздел теории определения эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений к настоящему времени

разработан недостаточно [9]. В силу уникальности гидротехнических сооружений в настоящее время для учета многих факторов возможно применение только детерминистских оценок. В связи с этим наиболее рациональным, позволяющим оперативно компенсировать недостаток информации, является использование при эксплуатации ГТС BIM-технологий.

При возведении и эксплуатации гидротехнических объектов в Арктике ко всему вышесказанному добавляется необходимость учета, и, следовательно, организация мониторинга специальных нагрузок и внешних воздействий, для отдельных конструктивных решений ГТС, такие предложения были сформированы нами в работе [10], а общие задачи эксплуатации с использованием BIM моделей жизненного цикла в работе [11].

Например, в порту Сабетта построены уникальные специализированные сооружения и системы, предназначенные для защиты конструкций гидротехнических сооружений акватории порта и портовых операций от ледовых, волновых и седиментационных внешних воздействий, а именно: Юго-Восточное и Северо-Западное ледозащитное сооружение, система контроля ледообразования, которая предусматривает одновременную подачу теплой воды и пузырьков сжатого воздуха (система барботирования) в акваторию порта.

Обеспечение защиты причалов и берегоукреплений из состава портовых гидротехнических сооружений от действия льда предусматривает реализацию следующих групп мероприятий:

- проведение технического обслуживания сооружений для обеспечения их работоспособного состояния и соблюдение режима эксплуатации сооружений;
- реализацию мероприятий по подготовке акватории причалов к проведению морских операций по подходу и швартовке судов;
- соблюдение требований безопасности мореплавания при движении судов в операционной акватории причалов при швартовых операциях.

Геотехнический мониторинг на территории морского порта в период эксплуатации предусмотрен в виде натурных наблюдений, геодезического мониторинга (планово-высотного положения) верхней поверхности оголовка и щебеночного покрытия территории причалов, фундаментов общепортовых сооружений, а также мониторинга температуры грунтов и уровня подземных вод территории административной и тыловых зон ГТС. В работе [12] мы привели экономическое обоснование для прогноза расходов, связанных с эксплуатацией и мониторингом технического состояния портовых ГТС, что может быть использовано для разработки отдельного блока BIM модели, отвечающего за текущие расходы.

В краткосрочной перспективе, полный переход к эксплуатационной BIM модели как технологии «Facility Management» скорее всего, маловероятен по причине отсутствия подготовленного персонала и исходных BIM мо-

делей сооружений. При этом, уже сейчас возможно внедрение процедур, которые по результатам инструментального обследования технического состояния портового ГТС будут дополнять паспорт объекта или эксплуатационную документацию следующей информацией в цифровом виде:

- отклонения планового и высотного положения марок деформационной сети сооружения;
- фактические угловые отклонения палов, свай, шпунтовых секций;
- результаты замеров толщин элементов металлоконструкций;
- результаты экспресс-испытаний прочности бетона;
- промеры глубин на кордоне сооружения;
- другое.

В составе ВМ модели эти данные оформляются как дополнительные свойства элементов конструкции (семейства элементов) и могут автоматически «загружены» в исходную модель с использованием технологии обмена данными программного обеспечения Dynamo и Revit. Тогда, по результатам каждого обследования, информационная модель сооружения будет дополняться, что позволит объективно оценить динамику изменений технического состояния, экспертно оценить процент износа и изменения балансовой стоимости, уточнить программу будущих обследований и предусмотреть мероприятия по ремонту.

#### **Выводы:**

1. Современные технологии информационного моделирования дают новые ресурсы в эффективном управлении информационными потоками в эксплуатационный период инфраструктуры арктических портов.

2. В обеспечении требуемого уровня качества функционирования и надежности гидротехнических сооружений арктических портов ведущая роль принадлежит методам технического диагностирования на основе автоматизированного мониторинга.

3. Резервом повышения надежности строительных конструкций является переход от планово-предупредительного обслуживания и ремонта к обслуживанию и ремонту на основе оценки рисков и по действительному техническому состоянию.

#### **Литература**

1. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2009. 11 с.
2. ГОСТ Р 57311-2016 Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства. М.: Стандартинформ, 2016. 8 с.
3. Бушуева М.Е., Беляков В.В. Диагностика сложных технических систем // Труды 1-го совещания по проекту НАТО SfP-973799 Semiconductors. Нижний Новгород, 2001. URL: [http://www.rf.unn.ru/NATO/1ws/SfP\\_Belyakov.pdf](http://www.rf.unn.ru/NATO/1ws/SfP_Belyakov.pdf). (дата обращения: 11.04.2019).
4. ГОСТ 26656-85 Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2009. 10 с.

5. ГОСТ Р 27.605-2013 Надежность в технике. Ремонтпригодность оборудования. Диагностическая проверка. М.: Стандартиформ, 2014. 28 с.
6. Шарманов В.В., Симанкина Т.Л., Мамаев А.Е. Контроль рисков строительства на основе BIM-технологий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. №. 12. С. 113–124. DOI: 10.18720/CUBS.63.6.
7. Яковенко В.Г. Строительство причалов. М.: Транспорт, 1981. 256 с.
8. Постановление правительства РФ от 2 ноября 2013 г. № 986 «О классификации гидротехнических сооружений». URL: <http://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-02112013-n-986/>. (дата обращения: 11.04.2019).
9. Шульман С.Г., Стефанишин Д.В. Проблемы надежности гидротехнических сооружений. СПб.: Изд-во ВНИИГ, 1991. 49 с.
10. Garibin P., Ol'khovik E. Development of requirements for the BIM model of the Arctic port facilities exploitation // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 170. P. 03027. DOI: 10.1051/matecconf/201817003027.
11. Olkhovik E., Garibin P., Tsuprik V. Seaport Facilities in Maritime Transport Infrastructure in the Arctic // Handbook of Research on International Collaboration, Economic Development, and Sustainability in the Arctic. IGI Global, 2019. P. 338–369. DOI: 10.4018/978-1-5225-6954-1.ch016.
12. Garibin P., Ol'khovik E., Rastorguev I. Economic justification of costs at inspection of industrial safety of high-rise marine structures // E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 33. P. 03064. DOI: 10.1051/e3sconf/20183303064.

**УДК 721.021.23**

*Звонов Илья Александрович,*  
старший преподаватель  
*Нарежная Тамара Карповна,*  
канд. экон. наук, доцент  
*Корнилова Дарья Леонидовна,* магистр  
(Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный  
университет)  
*E-mail: kafedravs@gmail.com,*  
*narejnaya@mail.ru, dasha\_denisova@bk.ru*

*Zvonov Ilya Aleksandrovich,*  
Senior Lecturer  
*Narezhnaya Tamara Karpovna,*  
Ph.D. of Sci. Ec., Associate Professor  
*Kornilova Daria Leonidovna,*  
master student  
(Moscow State University of Civil  
Engineering)  
*E-mail: kafedravs@gmail.com,*  
*narejnaya@mail.ru, dasha\_denisova@bk.ru*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.013**

**ПРИНЦИПЫ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТИРУЕМЫХ  
МОДУЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ В РАМКАХ МОДЕРНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

**PRINCIPLES ON THE USE OF ADAPTABLE MODULAR PROJECTS  
BASED ON INFORMATION MODELING IN THE FRAMEWORK  
OF MODERNIZATION OF BUILDINGS OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

Статья посвящена вопросам целесообразности, возможности и перспектив применения модульного подхода при разработке проектов модернизации зданий образовательных учреждений в современных условиях. Приведена и проанализирована ситуативная

картина, характеризующая двойственность положения многих школ, когда они должны соответствовать возрастающим требованиям образовательных стандартов, но не могут обеспечить соответствующее состояние имеющегося у них в управлении фонда недвижимости. Дано обоснование применения модульного подхода как способа поэтапной модернизации зданий. Отражены основные параметры и условия применения ВМ-технологий при разработке модульных проектов, осуществленных силами НИУ МГСУ.

*Ключевые слова:* капитальный ремонт, модульное проектирование, модульный подход, пространственный модуль.

The paper focuses on the appropriateness, the possibilities and the prospects of application of the modular approach in the development of projects of modernization of buildings of educational institutions in modern conditions. The authors also present a view regarding the duality of the situation in many schools when they have to meet the growing requirements of educational standards, but are unable to provide appropriate state existing in the management of the housing authority. The rationale for the modular approach as a method of gradual modernization of buildings. The basic parameters and conditions for the use of BIM technologies, the development of modular projects carried out by the MGSU.

*Keywords:* overhaul, modular design, modular approach, spatial module.

## **Введение**

За последние годы в крупных городах нашей страны складывается неоднородная ситуация с размещением возводимых зданий образовательных учреждений. В большинстве случаев новые школы возводятся в новых районах городов, где в рамках городского обременения, параллельно с крупными жилыми комплексами появляются и социальные объекты.

Аналогичная ситуация встречается в некоторых, давно освоенных районах городов, где в результате, например, вывода промышленного и транспортного объекта освобождается значительная территория под жилое строительство с социальным обременением. В остальных случаях, в сложившихся районах городов новые образовательные объекты появляются очень редко. При этом существующий фонд недвижимости с данной функцией быстро устаревает. И если физический износ [1] в большей или меньшей степени устраняют текущими ремонтами, то устранение морального износа остается под вопросом.

## **Сложившиеся тенденции проектирования восстановительных мероприятий в зданиях образовательных учреждений**

Школы – это одни из тех зданий, которые определяют не только внешний облик города, но и свидетельствует об уровне социализации в обществе. При этом здания образовательных учреждений претерпевают очень быстрое устаревание. Конечно же, речь не идет о снижении несущей способности конструкций или о потере устойчивости. Во-первых, практически постоянное пребывание в здании нескольких сотен детей, находящихся без должного присмотра, приводит к быстрому износу отделочных поверхностей, повреждениям инженерного оборудования, окон, дверей и т. д. Во-вторых, значи-

тельная редкость в проведении капитальных ремонтов [2] приводит к снижению общего ресурса зданий.

Даже в Москве часто встречаются школы, простоявшие без капитального ремонта по 45-50 лет. И всё это происходит в условиях постоянного, правда нередко вынужденного, преобразования и совершенствования основной функции этих зданий – образовательной деятельности.

В школах постоянно изменяется организационно-педагогическая структура, появляются новые образовательные стандарты и программы, которые предполагают появление современных, оснащенных и безопасных образовательных пространств. В учебный процесс внедряется не только компьютерное и мультимедийное оборудование, но и сложное научно-исследовательское, испытательное, прототипирующее. И это оснащение не может полноценно и безопасно работать в неподготовленных помещениях, тем более будучи подключенным к существующим изношенным сетям, например, электроснабжения.

Таким образом складывается дилемма – здания школ нуждаются в периодической модернизации, но практически единственный доступный для этого механизм, капитальный ремонт, очень дорог, сложен, требует остановки образовательного процесса минимум на год и другие негативные стороны.

Одним из выходов из данной ситуации может стать проведение модернизации школьных зданий отдельными этапами или отдельными фронтами. Например, замена систем отопления в одном крыле здания или ремонт и оснащение двух-трех комплексных лабораторий. Но подобные примеры осложняются тем, что разработка проектной документации в этих случаях очень мало регламентирована. Действующая нормативно-техническая база определяет разработку отдельных проектных решений по усмотрению заказчика. Но более эффективным, удобным и безопасным решением постепенно становится разработка локализованных проектов, содержащих в себе все необходимые разделы и решения по реализации того или иного модернизационного мероприятия в школьном здании той или иной проектной серии. Такой «мини» проект можно называть модульным проектом, а часть здания, изменяемую в этом проекте, соответственно, «пространственный модуль».

### **Перспективы применения модульного проектирования**

Модульное проектирование давно не является новостью и довольно часто применяется в новом строительстве. При проектировании нового образовательного учреждения модульный подход подразумевает разделение пространства здания на однофункциональные единицы различного объема. Это могут быть отдельные помещения (классы) или несколько технологически связанных между собой помещений (класс – лаборантская – склад) [3]. Модули могут комбинироваться между собой в зависимости от поставленных задач и в соответствии с выявленными ограничениями. Модульный под-

ход имеет ряд преимуществ – это снижение трудозатрат, повышение экономической эффективности проектирования за счет большого числа вариантов компоновки готовых модулей и наращивания темпов разработки [4].

Однако примеров применения модульного подхода при проектировании ремонтов школ, очень и очень мало. И дело не в том, что идеология модулей не работает при ремонтах, а по большей части в том, что модули становятся в значительной мере привязаны к параметрам и объемно-планировочным решениям конкретных зданий конкретных проектных серий. В итоге библиотека ремонтных или реконструкционных модулей должна быть значительно шире, нежели для проектирования нового объекта.

Школы прошлых лет строились в виде тяжелых кирпичных, железобетонных блочных или панельных зданий, проекты и конструкции которых не предусматривали возможности несложного изменения планировок в условиях дальнейшего развития. Поэтому вариант модернизации, связанной с изменением объемно-планировочных решений в этих зданиях, практически никогда не применяется, так как связан с необходимостью проведения длительных дорогостоящих и очень трудоемких работ. В последнее время проектировщики при работе над модернизацией включают в состав проектного модуля только пространства зданий внутри несущих и жесткостных конструкций, допуская перемещение лишь выделяющих перегородок.

По этому пути пошли специалисты проектных подразделений НИУ МГСУ. Ими при решении задач, поставленных Департаментом образования города Москвы, в настоящее время разрабатываются и внедряются проектные решения на основе применения адаптируемых пространственных модулей в привязке к наиболее популярным сериям зданий образовательных учреждений. Разрабатываются не только серии модулей различного функционала, но и концепции их объемно-пространственной организации.

Решение поставленных задач с применением пространственных модулей базируется в первую очередь на особенностях различных образовательных уровней, параметрах различных проектных серий зданий, наличия приоритетных дисциплин, заполненности школ и пр.

Готовые модули содержат в себе данные о материалах отделки помещения, внутренних сетях, размещении технологического оборудования, заполнения проемов и многое другое. Очевидно, что решать эти многокритериальные задачи с применением двухмерного проектирования нецелесообразно и очень трудозатратно. Поэтому с первых шагов вышеозначенные задачи модульного проектирования решались и решаются в НИУ МГСУ с применением ВМ-технологий.

### **«ВМ-модуль» в проектировании**

Revit представляет собой программное обеспечение, основанное на технологии ВМ (building information model).



Процесс наполнения BIM-модели представляет собой следующую последовательность:

1. Создание элементов модели и размещение их в пространстве модели.
2. Заполнение текстовых параметров модели.
3. Создание спецификаций и чертежей.

Именно возможность создания отдельных компонентов с их дальнейшей загрузкой в модель позволит реализовать идею использования модулей при разработке проекта капитального ремонта.

Представим типовое здание в виде разработанной модели с несущими конструкциями (базовая модель), а набор модулей – в виде готовых компонентов-помещений с различными вариантами отделки и учетом необходимых инженерных систем и наполнения. Благодаря тому, что разработка будет проводиться на базе BIM-моделирования, все модули смогут нести в себе всю необходимую информацию: спецификации по всем элементам, их количество и даже стоимость [5].

Такие модули будут разрабатываться отдельно и лишь потом загружаться базовую модель. Выбрав из готовых вариантов те модули, которые несут в себе необходимые данные по ремонту конкретных частей здания в каждом конкретном случае, мы можем получить необходимую комбинацию, из которой потом и будет составлен сам проект.

Благодаря встроенным функциям Autodesk Revit, программа сама оповещает о произошедших коллизиях, например, несоответствии модулей и их частей между собой и между основной несущей моделью. Такие функции позволят избежать допущения ошибок при разработке проектных решений и выведении спецификаций.

Благодаря использованию BIM технологии в процессе разработки проекта капитального ремонта, уменьшаются трудозатраты без потери качества и точности выходных данных.

Для решения различных нестандартных задач, в том числе и выведение определенной информации определенного вида, не всегда может быть достаточно функций, заложенных разработчиками Autodesk Revit, и именно поэтому предлагается использовать его в связи с программой Dynamo.

Dynamo – инструмент, позволяющий проектировщикам в полной мере воплотить в пространстве модели Revit все необходимые задачи, начиная от создания элементов геометрии объекта, и заканчивая оформлением и упрощением процесса работы с моделью. Благодаря данной программе проектировщики, заказчики, подрядчики, смежные специалисты получают возможность максимально эффективно использовать информационную модель, получать не только набор чертежей с ведомостями элементов, но и любую другую информацию, находящуюся в проекте.

## **Заключение**

Подытожив все вышесказанное, можно сказать, что использование модульного проектирования в рамках капитального ремонта типовых зданий на базе программ Autodesk Revit и Dynamo является перспективным направлением, которое может изменить и улучшить подход к проведению капитальных ремонтов и последующей эксплуатации зданий.

## **Литература**

1. Градостроительный Кодекс РФ: офиц. текст (с изм. и доп. от 03.08.2018 г.) // Собр. Законодательства РФ. 2005. № 1. Ст. 16.
2. ВСН 58-88 (р). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. М.: Госстрой России, 2004. 48 с.
3. Сычева Е.Б. Изменяемые дошкольные объекты. Особенности объемно-пространственной организации структурных адаптивных модулей. Екатеринбург: Уральский Орден "Знак Почета" научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт РААСН. 2017. С. 60–64.
4. Кудрявцева С.П., Долотказина Н.С. Модульное строительство образовательных учреждений // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2017. № 1(19). С. 5–17.
5. Литвиненко Н.С., Лучкова В.И. Интеграция принципов систем модулей и пропорций с информационно-пространственной оптимизацией объектов архитектуры // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2015. Т. 1. С. 209–214.

## **УДК 69.001.5**

*Костюнина Татьяна Николаевна,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: tnktn@yandex.ru, gasu-ktn@yandex*

*Kostyunina Tatyana Nikolaevna,*  
Ph.D. of Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: tnktn@yandex.ru, gasu-ktn@yandex*

**DOI: 10.23968/ВМАС.2019.014**

## **ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗАДАЧАХ ВМ**

### **ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN BIM TASKS**

В работе рассматриваются возможности использования технологий искусственного интеллекта (Data Mining) на различных этапах ВМ-моделирования. Рассмотрены основные этапы жизненного цикла проекта, что позволяет на ранних стадиях оценить необходимость применения методов искусственного интеллекта. Информационные системы в строительной сфере можно рассматривать на 3 уровнях. В соответствии с этими уровнями и этапами ВМ-моделирования ставятся задачи анализа данных, разрабатываются соответствующие сценарии обработки информации. Эти задачи очень разнообразны. В работе приводится пример одной из таких задач, а именно, выполняется анализ данных мониторинга угроз сетевой безопасности. Решение представлено в аналитической программе Deductor Studio.

*Ключевые слова:* Искусственный интеллект, ВМ-моделирование, Data Mining, Big Data.

This paper discusses the possibilities of using artificial intelligence technologies (Data Mining) at various stages of BIM-modeling. The main stages of the project life cycle are considered, which makes it possible to estimate the necessity of using artificial intelligence methods at early stages. These are strategic planning and management, tactical (current) planning and management, operational management. In accordance with these levels and stages of BIM-modeling, data analysis tasks are set, appropriate information processing scenarios are developed. These tasks are very diverse. The paper provides an example of one of these tasks, namely, the analysis of monitoring data of network security threats is performed. The solution is presented in the analytical program Deductor Studio.

*Keywords:* Artificial Intelligence, BIM-modeling, Data Mining, Big Data.

Строительная индустрия сегодня является одной из интенсивно развивающихся отраслей народного хозяйства. В большой степени этому способствуют современные инновационные технологии строительства, к которым можно отнести и новые информационные технологии. Примером таких решений является информационное моделирование зданий (BIM, Building Information Modeling). Внедрение BIM-технологий позволяет обеспечить эффективное управление данными по строительному объекту, сократить проектные сроки, упростить обслуживание готового объекта и продлить срок его службы. Другими словами, BIM-технологии позволяют автоматизировать бизнес-процессы на всех стадиях жизненного цикла строительных объектов (рис. 1) [1, 2].



Рис. 1. Информационные процессы жизненного цикла проекта

Рис. 1 дает наглядное представление о больших объемах и многообразии тех данных, которые необходимо собрать и проанализировать для того, чтобы управлять строительным объектом. Такие задачи сегодня можно эффективно решать только с использованием современных технологий Big Data

и Data Mining [3, 4]. В настоящее время Big Data – это современные технологические возможности для анализа больших массивов данных. Основные источники «больших данных»: документы в сети Интернет; социальные сети; блоги, аудио/видео источники; измерительные устройства. В свою очередь, для формирования управленческих решений необходимы технологии, которые позволяют не просто хранить большие массивы данных, но и анализировать.

Анализ и обработка Big Data проводится на основе следующих основных методов:

1. Data Mining. Многочисленная группа методов, которые интегрируют математические методы и информационные технологии.

2. Прогнозная аналитика. Принятие решений на основе разработки сценария будущего поведения подконтрольного объекта.

3. Машинное обучение. Построение алгоритмов самообучения искусственных систем на основе эмпирического анализа информации.

Технологии Data Mining предназначены для решения задач интеллектуального анализа данных, что позволяет повысить эффективность принятия решений. Выделяют пять стандартных типов закономерностей, которые позволяют выявлять методы Data Mining: ассоциация, последовательность, классификация, кластеризация и прогнозирование. Для постановки задачи анализа данных с использованием указанных технологий необходимо сначала структурировать предметную область. Информационные системы в строительной сфере можно представить в виде многоуровневой схемы (рис. 2).



Рис. 2. Типы информационных систем в строительной сфере

На каждом уровне – множество функциональных модулей для решения конкретных задач анализа данных. На тактическом и эксплуатационном

уровнях эти модули соответствуют этапам жизненного цикла объекта. Для каждого модуля «прописывается» свой сценарий работы с данными.

Рассмотрим пример применения технологии Data Mining в строительной сфере. Строительство всегда относилось к наиболее капиталоемким отраслям экономики. В нем задействованы институты инвестирования, применяются дорогостоящие технологии, уникальное оборудование, заключаются крупные договоры поставок. Автоматизация бизнес-процессов на всех стадиях жизненного цикла строительных объектов, безусловно, имеет множество положительных сторон. Однако, развитие компьютерных технологий, помимо положительного эффекта, является и источником новых рисков. В частности, речь идет о так называемых операционных рисках [5].

В строительных компаниях операционный риск возникает вследствие воздействия на компьютерные и информационные системы посредством внедрения вредоносного программного обеспечения либо иных деструктивных воздействий, источники которых – сеть Интернет или другие внешние информационные сети и системы. Цель данного воздействия: получение несанкционированного доступа к информации и/или нарушение функционирования информационной системы.

Для любого предприятия угроза операционного риска опасна двумя категориями последствий: во-первых, это возможный физический ущерб оборудованию или продукции и остановка производства вследствие сбоя. Во-вторых, это потеря информации и, как следствие, ущерб репутационный и финансовый.

Строительные компании хранят много конфиденциальных данных и документов по своим проектам. В понятие эффективных бизнес-процессов в строительстве входит и безопасность всех данных, циркулирующих внутри предприятия. Утечка данных, связанных непосредственно с процессами строительства, может повлиять на непрерывность бизнес-процессов. Утечка сведений об отношениях с субподрядчиками ведет к разрыву партнерских отношений, а утрата данных со стратегическими планами компании дает дополнительные преимущества конкурентам.

Непосредственным проявлением таких рисков может стать недостаточное управление конфиденциальностью информации; ошибки компьютерных программ и ошибки сотрудников при вводе данных; мошеннические действия с использованием информационных систем; сбои программ и оборудования; потеря данных.

В качестве примера рассмотрим возможность анализа данных мониторинга угроз сетевой безопасности в строительной фирме LiSt с главным офисом в Москве и тремя филиалами (Екатеринбург, Новосибирск, Новгород). Предполагается, что в фирме накоплен определенный объем данных для анализа (для самой фирмы и для ее филиалов), а именно: количество компьютеров; количество сотрудников; сбои в информационной сети; отсутствие ре-

зервной копии данных; ошибки при совершении автоматических расчетов; ошибки данных из-за вирусов в макросах; DDoS-атаки; атаки на ДБО; фишинг; шпионаж; финансовые потери.

Эти данные берутся за много месяцев и даже лет. В результате анализа этой информации были, в частности, получены следующие результаты (рис. 3 и 4).

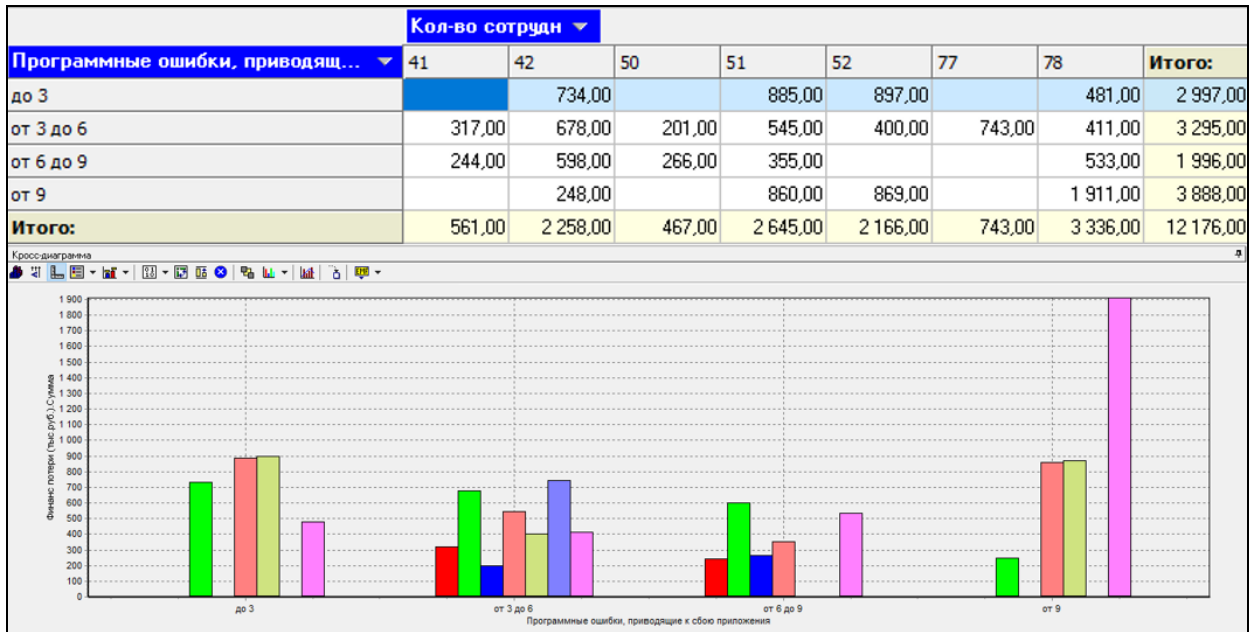


Рис. 3. Финансовые потери компании в зависимости от количества программных ошибок и количества сотрудников

На данной диаграмме, с помощью операции квантования отображены финансовые потери фирмы при возникновении ошибок приложения, в зависимости от количества сотрудников. Очевидно, что финансовые потери максимальны при наибольших обнаруженных программных ошибках.

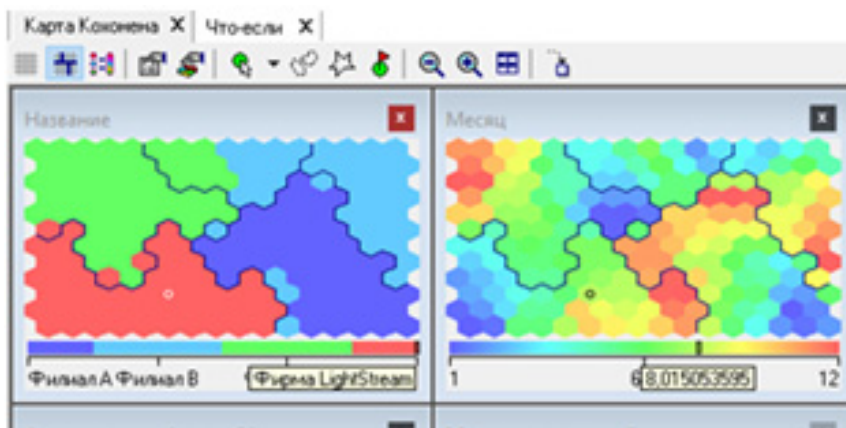


Рис. 4. Карта Кохонена для визуализации различных критических характеристик в филиалах фирмы

В результате построения карты Кохонена можно сделать выводы об отдельных значениях выбранных параметров при различных данных, в частности, что шпионаж распространяется в Новосибирске в наибольшем количестве, а финансовые потери максимальны в московском офисе с наибольшим количеством сотрудников.

Конечно, приведенные примеры показывают только малую часть возможностей анализа финансовой безопасности фирмы LiSt и ее филиалов. Но даже на них видно, что такой анализ нагляден и результативен. В частности, были выявлены зависимости финансовых потерь от различных факторов, влияющих на работу компании с помощью методов квантования и кластеризации (карта Кохонена), взаимосвязь уязвимости DDoS-атак с помощью квантования, и других сбоев работы системы.

Проблема управления рисками в строительной компании занимает одно из главных мест, поскольку неправильный подход в этом вопросе может не просто привести к большим убыткам, но и к потере репутации. Этим обусловлена необходимость и актуальность создания систем анализа рисков.

Рассмотренный в данной работе метод анализа операционных рисков на основе технологий Data Mining показал свою эффективность и наглядность.

#### **Литература**

1. BIM-стандарт организации. URL: [http://www.allbau-software.de/phocadownload/BIM %20- %20standart %201.0.pdf](http://www.allbau-software.de/phocadownload/BIM%20-%20standart%201.0.pdf). (дата обращения 23.03.2019).
2. Завтур А. Информационное моделирование строительного объекта (BIM). URL: <https://www.croc.ru/solution/business-solutions/bim/> (дата обращения 23.03.2019).
3. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 384 с.
4. Аналитический обзор рынка Big Data. URL: <https://habr.com/company/моех/blog/256747/>. (дата обращения 23.03.2019).
5. Kostyunina T.N. Classification of operational risks in construction companies on the basis of big data // MATEC Web of Conferences, 2018. Vol. 193. 05072. DOI: 10.1051/matecconf/201819305072.

**УДК 004.942:658.5**

*Орловская Тамара Николаевна,*  
канд. экон. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: e-tamara@mail.ru*

*Orlovskaya Tamara Nikolaevna,*  
Ph.D. of Sci. Ec., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: e-tamara@mail.ru*

**DOI: 10.23968/ВМАС.2019.015**

**МЕТОДОЛОГИЯ И МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ УМНОГО ГОРОДА:  
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЦИФРОВЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ В ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ**

**METHODOLOGY AND MODELS OF DEVELOPMENT IN A SMART CITY:  
ECONOMIC SAFETY AND DIGITAL TECHNOLOGIES IN INVESTMENT  
AND CONSTRUCTION SPHERE**

Статья посвящена вопросам развития методологии развития умного города в условиях обеспечения экономической безопасности. Рассматриваются наиболее важные для развития умных городов вопросы стандартизации, унификации и цифровизации, приводятся модели и инструменты создания умного города. На основе анализа зарубежного опыта и предложений российских ученых сформулированы приоритетные этапы формирования модели российского умного города. В модели зрелости города предложено учитывать современную российскую цифровую систему 3D-моделирования, разработанную специалистами Санкт-Петербурга. Автором сделан вывод о целесообразности учета в модели умного города особенностей строительной сферы.

*Ключевые слова:* методология умного города, модели, экономическая безопасность, ВМ-моделирование, цифровая система 3D-моделирования, инвестиционно-строительная сфера.

The article is devoted to the development of a smart city development methodology in the context of economic security. The most important for the development of smart cities issues of standardization, unification and digitalization are considered, models and tools for creating a smart city are presented. Based on the analysis of foreign experience and proposals of Russian scientists, the priority stages of the formation of a model of a Russian smart city are formulated. In the model of the maturity of the city, it was proposed to take into account the modern Russian digital 3D-modeling system developed by the specialists of St. Petersburg. The author made a conclusion about the feasibility of accounting in the model of a smart city features of the construction sector.

*Keywords:* smart city methodology, models, economic security, BIM-modeling, digital 3D-modeling system, investment and construction sphere.

Сегодня развитие умных городов рассматривают уже не только в рамках внедрения *ВМ*-технологий в проектно-строительную деятельность. Одним из актуальных направлений современных научно-практических исследований становится изучение российского и зарубежного опыта создания *Smart-City*, методов стандартизации и цифровых моделей, способствующих



их развитию в целом, и отдельных направлений, в частности. В настоящее время изменяется и терминология: «умные города» – это не только глобальные города, но и агломерационные и региональные объединения. По мнению [1] «концепция умного города предполагает модернизацию инфраструктуры города с принципиально новыми возможностями централизованного управления, новым уровнем предоставляемых сервисов и безопасности». Авторы [1] отмечают, что важнейшая роль в этой концепции отводится социальному потенциалу города, в значительной степени определяющего его ресурсный потенциал и конкурентоспособность. Вместе с тем, концепция умного города, учитывающая необходимость цифровизации и унификации экономики и управления, не отвергает сохранения уникальности города, сложившиеся приоритеты его развития и индивидуальные стандарты качества жизнеобеспечения. За рубежом начало активному внедрению методов стандартизации для умных городов было положено в 2014 году с принятием Международной организацией по стандартизации Первого стандарта *ISO 37120:2014*, устанавливающим наиболее значимые для оценки развитости города области (например, образование, здравоохранение, городское планирование и т. д.) и базовые статистические показатели, позволяющие проводить оценку уровню развития города и составлять планы его дальнейшего развития [2].

Зарубежная практика в области создания методических инструментов, обеспечивающих постоянное и устойчивое развитие города, независимо от степени его развитости, размера и местоположения, и, одновременно, описывающих критерии его развития в различных областях жизни, обширна и достаточно интересна. Заслуживает особого внимания опыт европейских ученых по стандартам умных городов при изучении индийских, бразильских, арабских, китайских мегаполисов [3, 4]. Например, *ВИМ*-моделирование в Великобритании строится на основе детальной концептуальной и методической проработки вопросов, связанных с развитием городской инфраструктуры, подготовкой картографических, статистических и текстовых материалов по модели города, а затем уже подготовкой и технической организацией эксплуатации информационных ресурсов, разработкой различных программ и сервисов [5]. Эти детально проработанные вопросы предшествуют переходу к цифровой экономике и внедрению *ВИМ*-технологий в управление умным городом.

Модели и инструменты создания умного города (либо перехода к созданию умного города), в настоящее время также являются актуальной для практиков и исследователей темой. Связано это, в первую очередь, с необходимостью формирования целей и задач *Smart-City*, меняющихся с течением времени и изменением социально-экономической ситуации. Авторы [6], приводя пример модели реализации умного города известного британского архитектора Рика Робинсона [7–8], показывают, как в течение непродолжительного временного периода уточняются и дополняются отдельные позиции в про-

цессе моделирования умного города. Основываясь на модели Рика Робинсона [8] и предложениях [6], автором статьи были выделены приоритетные для формирования модели российского умного города этапы:

- определение понятия умного города, учитывающего уникальные, сформированные исторически, характеристики города и объективные условия специфики российского управления городами;

- формирование в рамках стратегии социального и экономического развития города плана реализации умного города;

- выделение ключевых направлений архитектуры умного города: институты и институции, агенты, общество, городские инфраструктуры – социальная, транспортная, инженерная, жилищное строительство, экосистема;

- установление имеющихся ограничений: нормативных, правовых, строительных, местоположения;

- выявление конфликтных узлов и зон риска в процессе создания и развития *Smart-City*;

- обеспечение финансирования реализации проекта;

- установление стандартов комфортных и безопасных условий жизни населения, принимаемых в качестве критериев *Smart-City*;

- установление на постоянной основе взаимодействий органов власти с населением по вопросам модели умного города с использованием цифровых технологий.

Важным этапом установления развитости города и оценки степени его зрелости в качестве «умного города» является разработка модели зрелости умного города. Предложенная в 2013 году компанией *IDC* модель [9], построенная на основе технологий гибкого проектирования, по мнению автора статьи, может быть адаптирована к российским условиям. Главным достоинством предложенной модели зрелости умного города является возможность на постоянной основе проводить мониторинг состояния города, оценивать проекты его развития, проводить на вариативной основе выбор наиболее оптимальных и обоснованных решений, разрабатывать тактику и стратегию дальнейшего совершенствования и развития. К недостаткам модели автор статьи относит отсутствие этапа анализа потенциальных внутренних и внешних угроз и оценки последствий их воздействия на экономику и инвестиционный потенциал город.

Адаптируя модель к российским условиям, также необходимо особо выделять сферу строительства, как наиболее значимую для формирования комфортной и доступной городской среды, а, следовательно, и для развития умного города. Автор считает, что наиболее интересной и перспективной и для развития строительной отрасли, и для становления и развития умных городов в России является разработанная специалистами Санкт-Петербурга система *3D*-моделирования, позволяющая визуализировать предлагаемые инвестиционно-строительные предложения, оценить степень влияния застро-

ечных процессов на облик города, определить изменение стандартных/нормативных характеристик качества жизни и т. д.

Трудно переоценить влияние внедрения этой цифровой технологии на формирование всех необходимых для *Smart-City* параметров, однако, трудоемкость подготовки платформы для работы этой цифровой технологии сопряжена со значительными финансовыми усилиями по обновлению базы данных точек визуализации.

Успешная практика реализации системы 3D-моделирования в Санкт-Петербурге позволяет сохранять неповторимый исторический облик города, является действенной системой контроля за деятельностью инвестиционно-строительных компаний и органов власти, способствует реализации планов стратегического развития города и обеспечения его экономической безопасности методами цифровизации.

Развитие современных цифровых технологий представляются сегодня обязательным условием развития умных городов. Вместе с тем, без методологического обеспечения, развития системы механизмов и инструментов реализации процесса всесторонней модернизации городов, адаптации их к новым социально-экономическим условиям, без эффективного диалога с общественными аудиториями и населением, внедрение практик *Smart-City* невозможно. Санкт-Петербург принимал участие в Смотрях-конкурсах, и, начиная с 2015 года, лучшие практики мегаполиса были отмечены дипломами.

В табл. 1 приведены отдельные сведения о номинациях, в которых городские практики Санкт-Петербурга получили высшие отметки конкурсной комиссии за период 2015–2018 гг. [10].

Таблица 1

**Перечень номинаций Смотров-конкурсов лучших городских практик**

№ п/п	Название номинации	Наименование лауреата
<b>2015 год</b>		
1	За организацию проекта государственно-частного партнерства о реконструкции и эксплуатации аэропорта «Пулково»	г. Санкт-Петербург
2	За организацию реконструкции и развитие дорожной-транспортной инфраструктуры в городе	г. Санкт-Петербург
3	За реализацию образовательного проекта «Энергоэффективный Санкт-Петербург»	СПб ГБУ «Центр энергосбережения»
4	За реализацию проекта по реконструкции водоочистных сооружений с внедрением технологии глубокого удаления биогенных элементов	ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»
<b>2016 год</b>		
5	За реализацию на условиях государственно-частного партнерства проекта «Западный скоростной диаметр», обеспечивающего решение ключевых транспортных проблем города	г. Санкт-Петербург

Окончание табл. 1

№ п/п	Название номинации	Наименование лауреата
6	За реализацию проекта «Городские причалы Санкт-Петербурга»	г. Санкт-Петербург
7	За реализацию проекта по созданию инфраструктуры для электромобилей в городе	АО «Санкт-Петербургские электрические сети»
<b>2017 год</b>		
8	За создание «Единого окна» для инвесторов	г. Санкт-Петербург
9	За внедрение информационно-аналитической системы по теплоснабжению для исполнительных органов государственной власти города	г. Санкт-Петербург
10	За внедрение энергосберегающего оборудования в садах, парках и скверах города	СПб ГУП «Ленсвет»
11	За внедрение онлайн сервиса передачи информации в реальном времени о разводке/наводке мостов	СПб ГБУ «Мостотрест»
<b>2018 год</b>		
12	За внедрение информационных технологий в управлении потоками пациентов в рамках реализации проекта «Бережливая поликлиника»	СПб ГБУЗ «Детская городская поликлиника № 68»

Составлено авторами по данным [10].

Анализ перечня лучших практик Санкт-Петербурга, отмеченных конкурсной комиссией, показал разнонаправленность предлагаемых решений, большая часть которых носит локальный характер (что, однако, не снижает их значимости), в основе которых лежит цифровизация – вызов современной цивилизации, и, одновременно, условие, без которого невозможно дальнейшее поступательное движение. В этом плане прорыв обеспечивают передовые российские цифровые технологии, к числу которых можно отнести систему 3D-моделирования в Санкт-Петербурге, оцененную российскими и зарубежными специалистами в области городского планирования, позволяющая реализовать эффективные инвестиционные проекты и обеспечить дальнейшее развитие строительной сфере.

В целом, развитие умных городов, цифровизация, способствуют обеспечению экономической безопасности, создавая условия для формирования устойчивой и качественной среды жизнедеятельности.

### Литература

1. Куприяновский В.П., Буланча С.А., Кононов В.В., Черных К.Ю., Намиот Д.Е., Добрынин А.П. Умные города как «столицы» цифровой экономики // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4, № 2. С. 41–52.

2. ISO 37120:2014 Sustainable development of communities – Indicators for city services and quality of life. URL: [http://www.iso.org/iso/ru/catalogue\\_detail?csnumber=62436](http://www.iso.org/iso/ru/catalogue_detail?csnumber=62436). (дата обращения: 01.03.2018).

3. Moir E., Moonen T., Clark G. What are Future cities? Origin, meaning and uses. Catapult Future Cities, Foresight, 2014. URL: <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/>

uploads/system/uploads/attachment\_data/file/337549/14-820-what-are-future-cities.pdf. (дата обращения: 01.03.2018).

4. Smart cities. German high technology for the cities of the future. Tasks and opportunities. ACATECH 2014. URL: [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Smart\\_Cities\\_engl.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Smart_Cities_engl.pdf). (дата обращения: 01.03.2018).

5. Batty M. Model Cities // Working Papers Series. 2007. No. 113. URL: <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/casa/case-studies/2007/feb/casa-working-paper-113>. (дата обращения: 01.03.2018).

6. Дрожжинов В.И., Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., Синягов С.А., Харитонов А.А. Умные города: модели, инструменты, рэнкинги и стандарты // International Journal of Open Information Technologies. 2017. Т. 5, № 3. С. 19–48.

7. Пять шагов к более умному городу и философский императив сделать их. 11 сентября 2012 г. URL: <http://theurbantechnologist.com/2012/09/11/five-steps-to-a-smartercity-and-the-philosophical-imperative-for-taking-them/> (дата обращения: 01.03.2018).

8. Семь шагов к более умному городу и императив предпринять их. 8 сентября 2013 г. URL: <https://theurbantechnologist.com/sevensteps-to-a-smarter-city/> (дата обращения: 01.03.2018).

9. IDC MaturityScope: Smart City 2.0. – IDC, Dec 2015 (Doc # US40814315), 15 p., <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US40814315> (дата обращения: 01.03.2018).

10. Международная Ассамблея столиц и крупных городов [Офиц. сайт]. Выписки из протоколов заседания Конкурсной комиссии международного смотра-конкурса городских практик городов СНГ и ЕАЭС «Город, где хочется жить» за 2015-2018 гг. URL: [www.e-gorod.ru](http://www.e-gorod.ru). (Сохраненная копия от 31.12.2018 г. через портал [web.archive.org](http://web.archive.org)) (дата обращения: 26.02.2018).

#### УДК 331.4, 624.9

*Субботина Надежда Андреевна,*  
аспирант

*Нам Галина Евгеньевна,*  
аспирант

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

*E-mail: yamibum@gmail.com,*  
*subbota\_91@mail.ru,*  
*vgeorgiadi@yandex.ru*

*Subbotina Nadezhda Andreevna,*  
postgraduate student

*Nam Galina Evgenievna,*  
postgraduate student

*Georgiadi Valerii Vazgenovich,*  
PhD of Mil. Sci., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: yamibum@gmail.com,*  
*subbota\_91@mail.ru,*  
*vgeorgiadi@yandex.ru*

DOI: 10.23968/VIMAC.2019.016

### **ВИМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ВНЕДРЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ОН&S В СТРОИТЕЛЬСТВО**

### **BIM-MODELING AS A TOOL FOR THE IMPLEMENTATION OF OH&S PRINCIPLES IN CONSTRUCTION**

В статье рассматриваются вопросы интегрирования безопасности труда и охраны здоровья в практику применения BIM-моделирования в современном строительстве.

Внедрение вопросов безопасности является актуальной задачей при применении программ ВМ-моделирования. Программное обеспечение, необходимое для этой цели, должно учитывать возможность расчета рисков с учетом рекомендаций руководящих документов. Чтобы информационная ВМ-модель работала как единая система, следует рассматривать безопасность как связующее звено между всеми этапами «жизненного» цикла объекта. Информационная модель позволяет объективно оценивать произошедшие несчастные случаи и давать о них достоверную информацию (моделировать возможные причины несчастного случая)

*Ключевые слова:* ВМ технологии, охрана труда и здоровье, алгоритм, программное обеспечение

The article deals with the issues of integrating occupational safety and health protection into the practice of applying BIM modeling in modern construction. The introduction of security issues is an urgent task when applying the BIM-modeling software. The software required for this purpose should take into account the possibility of calculating risks, taking into account the recommendations of the guidance documents. In order for the informational BIM model to work as a single system, security should be considered as a link between all stages of an object's "life cycle". The information model makes it possible to objectively evaluate the accidents that have occurred and give reliable information about them (simulate the possible causes of the accident)

*Keywords:* BIM technology, health and safety, algorithm, software.

Согласно расчетам Международной организации труда (МОТ) за 2017 год, ежегодно на производстве происходит 2,78 миллиона несчастных случаев со смертельным исходом. Это означает, что ежедневно около 7700 человек умирают от связанных с работой заболеваний или травм. Кроме того, каждый год насчитывается 374 миллиона несчастных случаев и болезней, не связанных со смертельным исходом, многие из которых приводят к длительному отсутствию на рабочем месте [1].

В любой стране охрана труда основывается на стандартизированных правилах и инструментах. В РФ проводится аккредитация по европейским нормам, в частности, 12 марта 2018 г. был опубликован ISO 45001:2018(E) «Occupational health and safety management systems. Requirement with guidance for use», который автоматически означает отмену стандарта OHSAS 18001 [2]. 90 000 организаций, сертифицированных по всему миру на соответствие этому, теперь уже выведенному из употребления стандарту, должны будут за несколько лет перейти с требований OHSAS 18001 на требования ISO 45001 и пройти ресертификацию. Организация ISO в данном случае установила свой стандартный переходный период в три года.

Безопасность труда и охрана здоровья (OH&S) (occupational health and safety – OH&S) – это «условия и факторы, которые влияют или могут повлиять на состояние здоровья и безопасность сотрудников или других работников (включая временных работников и персонал подрядчика), посетителей или других лиц на месте выполнения работ» [2]. В то же время нормативы по безопасности труда выпускаются Министерством труда и Министерством здравоохранения.

Использование BIM-технологий на данный момент набирает обороты в современном строительстве. BIM-моделирование активно используется на стадии проектирования зданий и начинает делать первые шаги при эксплуатации зданий и сооружений, в части архитектурных, конструктивных решений, в вопросах проектирования инженерных систем. Актуальной задачей, при применении программ BIM-моделирования, является внедрение вопросов безопасности, при обеспечении ОН&S.

При формировании шестого раздела проектной документации и в ходе дальнейшего жизненного цикла зданий и сооружений, рассматривать вопросы ОН&S в строительстве и эксплуатации целесообразно на основе информационной пространственно-временной модели, которая позволит прогнозировать, проверять и подтверждать решения по обеспечению охраны труда в процессе строительства, а также прогнозировать, анализировать, понимать и реагировать на непредвиденные ситуации. Учет этапов жизненного цикла здания (сооружения), выполнения графика в ходе строительства, выполнения работ по эксплуатации, текущему и капитальному ремонту, а также при сносе и утилизации, на стадии и этапы имеет огромное значение. Этапы и их стадии формируют четко определенные контрольные точки формирования требований ОН&S, с учетом которых проводится сравнительный анализ показателей и нормативных требований, позволяющий оценить изменение во времени и пространстве информационной модели безопасности. Этим обеспечивается безусловное выполнение требований ISO-45001 по мониторингу изменений и доведения их до сведений персонала и высшего руководства [3].

Использование BIM-модели строительной площадки позволяет проводить инструктажи по технике безопасности не только в административно-бытовых комплексах или при входе на площадку, перед непосредственным началом работ, но и информировать удаленным образом на каждом отдельном участке производства работ персонал в любой момент времени. Кроме того, постоянные изменения ситуаций на площадке будут находить немедленное отражение в планах движения спецтехники и персонала по площадке, планах эвакуации, а также формировать график тестовых и испытательных мероприятий, при которых присутствие посторонних лиц на площадке не допускается.

По мере строительства конкретных объектов или переходов от одного этапа строительства (эксплуатации) к другому, появляется необходимость постоянно информировать работников об изменениях в конструктиве здания или сооружения и наличии новых опасностей в зоне работ. Работа такого вида должна выражаться в том, что на рабочем месте производителя работ на мониторе выводится текущее изменение создаваемого конструктива и соответствующая информация о необходимости ввести определенные атрибуты по технике безопасности. Перед началом работ, рабочая смена застройщика, а также все подрядчики, обязаны ознакомиться с произошедшими изменениями и принимать меры по снижению рисков из-за неосведомленности [3].

Чтобы информационная ВМ-модель работала как единая система, следует рассматривать безопасность как связующее звено между всеми этапами «жизненного» цикла объекта. Формируемая в процессе проектирования и строительства динамическая 3D-модель объекта – это не только система пожарной, механической или иной безопасности, но и непрерывное управление и формирование у персонала навыков ОН&S, управление эффективностью мероприятий по безопасности, действиями персонала в аварийных ситуациях, а также моделирование возможных опасных ситуаций и режимов.

Программное обеспечение, как ресурс, необходимый для обеспечения работоспособности системы ОН&S, должно учитывать возможность расчета рисков с учетом рекомендаций новых руководящих документов [4]. Математическое описание графа, с учетом проведенного анализа, является основой алгоритма «ОН&S», который должен лечь в основу прикладного программного обеспечения, совместимого с программами, реализующими ВМ технологии, например, «Revit», что позволит преодолеть факторы, сдерживающие распространение этих технологий (рис. 1).



Рис. 1. Формирование ВМ-модели ОН&S



В результате работы прототипа будет создаваться файл, содержащий все конструктивные элементы с привязанными нормами и требованиями по охране труда. При его сопряжении с программой BIM, формируется статическая модель для 6 раздела проектной документации, и динамические информационные модели по управлению ОН&S в ходе строительства и других этапов жизненного цикла. Информационное моделирование позволяет получать и формировать различные модели с учетом фактических пространственных и временных изменений объекта.

Также, информационная модель позволяет объективно оценивать произошедшие несчастные случаи и давать о них достоверную информацию (моделировать возможные причины несчастного случая). Кроме того, позволит определять требования ОН&S при моделировании чрезвычайных ситуаций, при формировании цифровых информационных моделей, создаваемых для имитационного моделирования чрезвычайных ситуаций [5]. Это позволяет прогнозировать возможные опасные ситуации с целью предупреждения несчастных случаев в дальнейшем.

Применение, информационного BIM-моделирования на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений, в том числе и в ЧС, – основа обеспечения безопасности труда и охраны здоровья (ОН&S) персонала.

#### **Литература**

1. Опубликован новый стандарт ISO 45001. URL: <https://www.iso.org/ru/news/ref2272.html> (дата обращения 25.02.2019).
2. ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования. М.: Стандартинформ, 2012. 21 с.
3. Почему Минстрой предпочел BIM-технологии. URL: <http://rcmm.ru/tehnika-i-tehnologii/22401-pochemu-minstroy-predpochel-bim-tehnologii.html> (дата обращения 20.02.2019).
4. ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html> (дата обращения 15.03.2019).
5. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. М.: Минстрой России, 2017. 40 с.

**УДК 721.021.23 + 343.35**

*Табакон Александр Владимирович*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: tabakov@mail.ru*

*Tabakov Alexander Vladimirovich*  
Ph.D. of Law Science, Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: tabakov@mail.ru*

**DOI: 10.23968/ВМАС.2019.017**

**АНТИКРИМИНОГЕННЫЙ ЭФФЕКТ  
ВНЕДРЕНИЯ ВМ-ТЕХНОЛОГИЙ: ПОВЫШЕНИЕ КОНТРОЛЯ  
И СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЙ  
В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**AN ANTI-CRIME EFFECT OF BIM-TECHNOLOGIES:  
INCREASE IN CONTROL AND DECREASE IN ABUSE LEVEL  
IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY**

В статье рассматриваются инициативы, связанные с внедрением ВМ-технологий (Building Information Modeling) в строительную отрасль России. Автор показал значение компьютерной оптимизации процессов проектирования, строительства и эксплуатации объектов капитального строительства на современном этапе развития экономики и информационного общества. Особое внимание автор уделил антикриминогенному эффекту внедрения ВМ-технологий. По мнению автора, повышение прозрачности и подконтрольности принятия управленческих решений в строительной сфере, обусловленное использованием информационного моделирования, будет способствовать снижению уровня должностных злоупотреблений и коррупции в данной сфере.

*Ключевые слова:* ВМ-технологии; строительство; коррупция; должностные правонарушения; антикриминогенный эффект.

The article deals with the initiatives related to the implementation of BIM-technologies (Building Information Modeling) in the construction industry in Russia. The author showed the importance of computer optimization of building design, construction and operation at the present stage of the economy and the information society development. The author paid special attention to the anti-crime effect of the BIM-technologies using. In the author's opinion, increasing the transparency and control over the managerial decisions in the construction sector, due to the use of the information modeling, will help reduce the level of abuse and corruption in this sphere.

*Keywords:* BIM-technology; building; corruption; official offenses; anti-crime effect.

В настоящее время происходит цифровая трансформация российской экономики. Векторы такого развития заданы Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы, утверждённой Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 года № 203, Программой «Цифровая экономика Российской Федерации», утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 года № 1632-р, стратегическими целями и задачами по направлению

«Цифровая экономика», поставленными Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (подпунктом «б» пункта 2) и другими нормативными актами. В связи с участием России в международных, в первую очередь, евразийских интеграционных проектах и в силу трансграничного характера самой «цифровизации» вопросы внедрения современных компьютерно-информационных технологий в социально-экономическую сферу поднимаются не только на национальном, но и на наднациональном уровне. Регулированию этого процесса на едином экономическом пространстве Евразийского экономического союза посвящено, в частности, Решение Высшего Евразийского экономического совета от 11 октября 2017 года № 12 «Об Основных направлениях реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 года».

На фоне всеобщей «цифровизации» российской экономики осуществляется внедрение цифровых технологий и в строительную сферу. Следует отметить, что данная сфера является публично (социально и государственно) значимой и потому постоянно находится в фокусе внимания как со стороны государства и муниципалитета, так и со стороны негосударственных структур – бизнес-сообщества, некоммерческих организаций, граждан. Уделяется внимание строительной отрасли и в плане стимулирования её компьютерно-информационной модернизации.

Президент России в своём Послании Федеральному Собранию 1 марта 2018 года заявил, что «обновление городской среды должно базироваться на широком внедрении передовых технологий и материалов в строительстве, современных архитектурных решениях, на использовании цифровых технологий в работе социальных объектов...». Достижение «весьма амбициозной, но абсолютно реалистичной» цели увеличения объёмов строительства до 120 миллионов квадратных метров в год глава государства обуславливает, в числе прочих факторов, внедрением новых технологий [1]. В Послании Федеральному Собранию 20 февраля 2019 года Президент также поднимал проблематику инноваций в строительной сфере, развития цифровой экономики и «настройки» на новую технологическую реальность [2].

В упомянутом выше Указе Президента России от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» был обозначен этот же целевой показатель объёмов строительства (подпункт «а» пункта 6 Указа) и поставлены соответствующие задачи для достижения такой цели: модернизация строительной отрасли, в том числе посредством установления ограничений на использование устаревших технологий и стимулирования внедрения передовых технологий в проектировании и строительстве (подпункт «б» пункта 6 Указа); преобразование строительной отрасли посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений (подпункт «б» пункта 11 Указа).

Следует признать, что акценты расставлены правильно. Компьютерная оптимизация процессов проектирования, строительства и эксплуатации объектов недвижимости – закономерный в условиях современного информационного общества тренд развития строительной сферы. Одним из направлений такой оптимизации является информационное моделирование зданий (сооружений), или, в англоязычном написании – Building Information Modeling (сокращённо: BIM). Результат такого моделирования – информационная модель здания (сооружения), – Building Information Model. Данный вид информационной модели служит основой принятия решений на протяжении всего жизненного цикла строительного объекта – от первоначальных концепций создания до рабочего проектирования, строительства, эксплуатации и сноса.

Информационное моделирование реализует современный подход к возведению строительных объектов и управлению ими, в рамках которого данные объекты рассматриваются в качестве единых сложных систем, интегрированных во внешнюю социальную и инфраструктурную среду. Информационные модели зданий и сооружений содержат инструменты управления стоимостью и рисками, сроками выполнения работ, вариативностью исполнения проектов. Технология информационного моделирования позволяет не только визуализировать в 3D-формате любые элементы и системы здания (сооружения), но и рассчитывать различные варианты их компоновки, производить анализ эксплуатационных характеристик будущих объектов, упрощая выбор оптимального решения. В итоге появляется возможность избежать перепроектирования и переделок, сэкономить время, существенно сократить расходы строительства и дальнейшей эксплуатации объектов. Внедрение информационного моделирования позволяет уменьшить сметную стоимость создаваемых объектов, повысить эффективность капитальных вложений, снизить эксплуатационные расходы [3].

То, что BIM-технологии позволяют минимизировать материальные и временные ресурсы в сфере строительства, не осталось незамеченными в строительной отрасли. Вопросы внедрения инновационных цифровых технологий в данной отрасли поднимались давно, и разработка «дорожной карты» по BIM в рамках рабочей группы велась, начиная с 2012 года [4].

Ещё за два года до постановки Президентом России целей и задач, процитированных выше, а именно 17 мая 2016 года состоялось заседание Государственного совета по вопросам развития строительного комплекса и совершенствования градостроительной деятельности, на котором Министр строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации сообщил следующее: «С целью повышения эффективности капитальных вложений и учёта при планировании бюджетных инвестиций не только стоимости строительства, но и затрат на дальнейшее содержание объекта на протяжении всего жизненного цикла ведётся работа по внедрению технологий информационного моделирования в строительстве, позволяющих управ-

лать реализацией проекта от стадии инвестиционного замысла до стадии эксплуатации» [5]. По итогам этого заседания Президент России поручил до 1 декабря 2016 года разработать и утвердить план мероприятий по внедрению технологий информационного моделирования в сфере строительства [6].

Во исполнение данного поручения Минстроем России подготовлена «дорожная карта» по внедрению технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства. 12 апреля 2017 года на итоговом совещании Общественного совета при Минстрое России об этом сообщил глава ведомства, прокомментировав следующим образом: «Мы, как регулятор строительной отрасли, должны создать условия для применения технологий информационного моделирования на практике. Хочу подчеркнуть, что применение BIM-технологий – это новая эра в строительстве и эксплуатации зданий. И это не только 3D-моделирование, это также расчёт полного жизненного цикла сооружения вплоть до его утилизации. В BIM-модель будущего здания можно «защитить» не только характеристики материалов и процессов, но и информацию по закупкам, поставкам и срокам будущего ремонта. Технологии позволяют в режиме виртуальной реальности отслеживать работу инженерных систем и многое другое... По оценкам экспертов, – добавил министр, – применение технологий информационного моделирования только в процессе проектирования и строительства позволит достичь экономии до 20 % средств на возведение объекта. Кроме того, использование BIM позволит снизить административные барьеры и сократить сроки возведения объекта» [3, 4].

Упомянутая «дорожная карта» предусматривает разработку национальных стандартов информационного моделирования в процессах проектирования, строительства (реконструкции, капитального ремонта), эксплуатации и сноса объектов капитального строительства, приведение нормативно-технических документов и сметных нормативов, применяемых в строительстве, в соответствие с классификатором строительных ресурсов. Кроме того, в плане прописано расширение функционального назначения федеральной государственной информационной системы ценообразования в строительстве в направлении эксплуатации и сноса объектов капитального строительства.

Таким образом, внедрение BIM-технологий в строительную отрасль оценивается как позитивный фактор, способствующий оптимизации (повышению качества, ускорению, удешевлению) процессов проектирования, возведения и эксплуатации зданий и сооружений. Вместе с тем мы считаем необходимым рассматривать этот фактор и в другом аспекте – как способствующий снижению уровня правонарушений, в том числе преступлений коррупционного характера. Такой положительный эффект особо важен в строительстве, которое осуществляется за счёт бюджетных средств.

Криминологическими исследованиями и уголовно-правовой статистикой подтверждается, что строительная сфера является особо уязвимой в от-

ношении преступных и иных противоправных посягательств, направленных на незаконное обогащение. Как известно, строительство является весьма затратной деятельностью, и в данную сферу традиционно «вливаются» значительные финансовые средства, в том числе средства государственного и муниципального бюджетов. Аккумуляция финансов в строительстве и ненадлежащий уровень контроля над их использованием являются криминальными детерминантами, обуславливающими достаточно высокий уровень упомянутых выше злоупотреблений. Случаи возбуждения уголовных дел по статье 285 УК РФ «Злоупотребление должностными полномочиями», статье 285.1 УК РФ «Нецелевое расходование бюджетных средств», статье 286 УК РФ «Превышение должностных полномочий», статье 293 УК РФ «Халатность», статье 159 УК РФ «Мошенничество», статье 160 УК РФ «Присвоение и растрата» в отношении должностных лиц, выполняющих контрольные, организационно-распорядительные и административно-хозяйственные функции в строительной сфере, далеко не редки. Ущерб от таких преступных посягательств действительно огромный.

Внедрение ВМ-технологий позволит не только, как отмечалось, минимизировать издержки строительства и обслуживания зданий и сооружений, но и в определённой мере обеспечит прозрачность и подконтрольность реализации строительных проектов и дальнейшей эксплуатации созданных строительных объектов. Именно этот позитивный эффект компьютерно-информационной модернизации – достижение прозрачности и подконтрольности принятия управленческих решений, по нашему мнению, будет являться антикриминальным фактором, снижающим уровень правонарушений коррупционного характера и иных злоупотреблений в сфере строительства.

Прозрачность и подконтрольность – условия, обеспечивающие надлежащую превенцию рассматриваемого делинквентного поведения. В таких условиях, с одной стороны, повышается выявляемость и раскрываемость коррупционных правонарушений, соответственно, уменьшается их латентность. Коррупционное поведение становится более рисковым. С другой стороны, прозрачность побуждает строительный бизнес к достижению большей эффективности своей деятельности. В результате коррупционные риски уменьшаются.

Образно говоря, если «мутной воды» станет меньше, то и возможности «рыбаков» поубавятся. Не случайно самое известное и самое представительное антикоррупционное движение и одноимённая международная неправительственная организация по борьбе с коррупцией и исследованию уровня коррупции по всему миру – Transparency International (<https://www.transparency.org>) – в своём названии содержит слово «прозрачность» (англ.: «transparency»).

Ввиду изложенного следует приветствовать исходящие от правительственных кругов и бизнеса инициативы по внедрению ВМ-технологий в такую стратегически важную отрасль как строительство. Снижение уровня

должностных злоупотреблений – ожидаемый «побочный», но не менее значимый эффект компьютерно-информационной модернизации строительной индустрии.

### Литература

1. Послание Президента Федеральному Собранию // Официальный сайт Президента Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/56957> (дата обращения: 01.04.2019).

2. Послание Президента Федеральному Собранию // Официальный сайт Президента Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/59863> (дата обращения: 01.04.2019).

3. Утверждена «дорожная карта» по внедрению BIM-технологий в строительстве // Официальный сайт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.minstroyrf.ru/press/utverzhdena-dorozhnaya-karta-po-vnedreniyu-bim-tehnologiy-v-stroitelstve/> (дата обращения: 01.04.2019).

4. Утверждена «дорожная карта» по внедрению BIM-технологий в строительстве // Сайт BIMLIB (ООО «Библиотека информационных моделей»). URL: <https://bimlib.ru/articles/utverzhdena-dorozhnaya-karta-po-vnedreniyu-bim-tehnologiy-v-stroitelstve-32/> (дата обращения: 01.04.2019).

5. Заседание Госсовета по вопросам развития строительного комплекса и совершенствования градостроительной деятельности // Официальный сайт Президента России [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/51926> (дата обращения: 01.04.2019).

6. Перечень поручений Президента России по итогам заседания Государственного совета 17 мая 2016 года // Официальный сайт Президента России [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/52154> (дата обращения: 01.04.2019).

### УДК 728.772:72.01

*Черетович Даниил Викторович,*  
аспирант, ассистент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: daniiltu154@gmail.com*

*Charatovich Daniil Victorovich,*  
post-graduate student, Assistant Teacher  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: daniiltu154@gmail.com*

DOI: 10.23968/BIMAC.2019.018

## РОЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В КОНЦЕПЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА

### THE ROLE OF ENERGY MODEL IN THE CONCEPT OF DESIGN AND CONSTRUCTION OF ENERGY EFFICIENT HOUSE

В данной статье рассматриваются проблемы энергоэффективного строительства зданий в Европе и странах СНГ, среди которых высокие стартовые инвестиции в проект, недостаточная информированность населения, неготовность строительного сектора в пол-

ной мере перейти на новые стандарты с почти нулевым балансом энергопотребления (по системе активного и пассивного дома). Пассивный дом вряд ли сможет заменить массовое строительство, но благодаря новым игрокам на рынке он сможет стать более конкурентным и доступным для населения. Ключевое значение приобретают дома, сертифицированные по стандарту LEED и BREEAM. Ввиду активного развития данного сектора особую важность приобретают BIM-технологии, создание энергетических моделей зданий на основе информационных моделей, что помогает предотвратить множество ошибок уже на стадии проектирования.

*Ключевые слова:* энергоэффективность, энергия, пассивный дом, активный дом, нулевой баланс, энергопотребление, стратегия, BENG, BIM, BEM, ArchiCAD, Revit, GIS, Multicomfort designer.

This article examines the problems of energy-efficient building construction in Europe and the CIS countries, including high initial investment in the project, insufficient public awareness, the unpreparedness of the construction sector to fully switch to new standards with an almost zero balance of energy consumption (in the active and passive house system). Passive house is unlikely to be able to replace mass construction, but thanks to new players in the market it can become more competitive and affordable for the population. Building certification according to the LEED and BREEAM standards is very important. In view of the development of this sector, the development of BIM technologies and the creation of energy models of buildings based on information models are of particular importance, which will help prevent many mistakes at the design stage, save heat and money.

*Keywords:* energy efficiency, energy, passive house, active house, zero balance, power consumption, strategy, BENG, BIM, BEM, ArchiCAD, Revit, GIS, Multicomfort designer.

Устойчивость европейского и мирового сообщества во многом основана на возобновляемых источниках энергии, а также высокой эффективности использования ресурсов. В строительной отрасли это выражается в широком применении зданий с низким энергопотреблением или так называемых зданий с практически нулевым балансом энергопотребления (пассивный дом). В странах СНГ энергоэффективное строительство только начинает развиваться и занимать свою нишу. Европейское законодательство устанавливает стандарт BENG (голл. *Vijna-Energie neutrale Gebouwen* – здания с практически нулевым балансом энергопотребления) до 2020 года. В свою очередь консорциум проекта ZEBRA 2020 (англ. *Nearly zero-energy building strategy 2020* [1]. Стратегия строительства с практически нулевым потреблением энергии до 2020 года) располагает обширными данными в области энергоэффективного строительства, включая расположение и климатическую зону, год постройки, метод строительства, функцию здания, энергетические показатели, свойства оболочки здания, а также стратегию пассивного охлаждения, отопления и вентиляции, использование возобновляемых источников энергии.

В некоторых странах Европы сегодня официально существует понятие энергетической бедности. Обычно затраты на энергию растут быстрее, чем доход семьи. Следовательно, энергетические субсидии и прямая финансовая поддержка для отопления домашних хозяйств (в странах, где они присутствуют) не могут обеспечить устойчивое решение данной проблемы – это лишь поддерживает статус-кво.



К мерам, которые могли бы способствовать популяризации и поэтапному переходу к энергоэффективному строительству относятся программы финансовой и фискальной поддержки, увеличение доли строительства пассивных зданий, как следствие – увеличение конкуренции в данном сегменте строительства и удешевление конечной стоимости продукта. Контрмерами, применяемыми к застройщикам, могли бы стать обязательства установки устойчивых систем отопления и рекуперации воздуха, санкции за несоответствие нормативным требованиям, рост цен на энергоносители. Нужно отметить, что строительный сектор сегодня вступает в переходную фазу. Сегодня важно строить не просто здания, отвечающие параметрам энергоэффективности, но и конкурентные с экологической, социальной и экономической точек зрения. Переход к стандарту пассивного дома невозможен без вовлечения всех заинтересованных сторон, долгосрочной стратегии, постоянной оценки воздействия, экономической и энергетической эффективности проекта и местных компетенций. Так, например, LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) была разработана как рейтинговая система – стандарт измерения энергоэффективных, экологически чистых и устойчивых зданий. До введения системы LEED в строительной индустрии не было установленного стандарта для определения энергоэффективного и экологически чистого дома. Эффективно реализует систему защиты окружающей среды от человеческой деятельности и метод оценки экологической эффективности зданий BREEAM (BRE Environmental Assessment Method). Застройщики и проектировщики заинтересованы в повышении эксплуатационных характеристик зданий, инвесторы и городская администрация – в сокращении временных и финансовых издержек, агентства недвижимости обеспечивают себе дополнительную рекламу, а заказчик уверен в высоком качестве конечной продукции. Энергоэффективный дом сегодня можно построить с использованием различных технологий, включая даже панельное домостроение. Так, например, КУП Брестжилстрой наладил производство домов повышенной комфортности с системой поквартирной рекуперации, включающей кондиционирование и очистку воздуха. Подобные эксперименты устраивает и минский МАПИД, и многие российские производители. Однако нужно отметить, что в многоэтажных домах с учётом климатических особенностей региона, лучшие расчетные показатели в области сохранения тепла составляют 40 кВтч/м<sup>2</sup> в год. Для сравнения, первый мультикомфортный дом в белорусском Дзержинске потребляет уже 29 кВтч/м<sup>2</sup> в год. Установление четких целей, закрепление новых строительных стандартов и реформирование, а также честные и прозрачные процессы государственных закупок, ориентированные на требования энергоэффективности, могут вывести стратегию почти нулевого баланса энергопотребления на качественно новый уровень. Основным препятствием служат высокие первоначальные инвестиции. Поэтому экономические меры являются важным инструментом для увеличения инвестиций

в подобные проекты. Потребители в свою очередь должны иметь открытый доступ к информации и уметь просчитывать свои инвестиционные риски.

Необходимо осознавать, что под пассивным домом (англ. Ecohouse, Passive house) понимается сооружение с ультранизким потреблением электроэнергии на отопление – в среднем около 10 % от удельной энергии на единицу объёма, потребляемой большинством современных зданий, но никак не нулевое энергопотребление. Потребление энергии на отопление дома в этом случае будет колебаться от 10 до 15 кВтч/м<sup>2</sup> в год. К 5 основным принципам пассивного дома можно отнести надёжную теплоизоляцию, энергоэффективные окна, уменьшение тепловых мостов, минимизацию воздухопроницаемости и герметичность контура. В большинстве развитых стран существуют собственные требования к стандартам пассивного дома.

Активный дом (англ. Active House) это здание, которое получает энергию из окружающей среды с помощью альтернативных источников, в количестве, превышающем собственные нужды. Другим не менее важным аспектом является создание благоприятного микроклимата в помещениях, вентиляция и поддержание оптимального температурно-влажностного режима. В концепции мультикомфортного дома помимо энергоэффективности важное значение уделяется тепловому, акустическому комфорту, естественному освещению здания и качеству воздуха в помещении. Европейский Союз принял 18.05.2010 директиву 2010/31/EU, согласно которой с 2019 года новые здания госучреждений, а с 2021 года и другие типы сооружений, должны соответствовать высоким стандартам энергосбережения и использовать большей частью возобновляемую энергию.

Для просчёта энергетической эффективности сегодня используются программы информационного моделирования зданий ВМ, позволяющие просчитывать энергоэффективность отдельно взятых конструкций и всего здания целиком. Так, например, ArchiCAD позволяет произвести наглядную демонстрацию энергетической эффективности любой конструкции, присутствует возможность обнаружения мостиков холода областей здания, имеющих более высокую теплопроводность, чем окружающие материалы, создавая при этом путь наименьшего сопротивления для теплопередачи. Всё это позволяет выявлять проблемные узлы и вносить изменения ещё на этапе проектирования, предостерегая от незапланированных финансовых потерь в будущем. Оценка энергетической эффективности здания – один из важнейших аспектов создания модели информационного проектирования ВМ. Для этих целей компанией Graphisoft был выпущен мощный инструмент EcoDesigner Star [2] (рис. 1), о начале продаж которого российское представительство компании заявило в марте 2018 г. Расширение EcoDesigner Star позволяет существенно повысить энергоэффективность проектируемых зданий путем преобразования информационной модели здания ArchiCAD (ВМ) в энергетическую модель здания (ВЕМ), представляющую собой наборы термобло-

ков. В результате, архитекторы могут использовать все преимущества энергетического моделирования и получать точные отчеты прямо в среде ArchiCAD. Процесс проектирования пассивных зданий и объектов с пониженным потреблением энергии стал значительно проще [3].

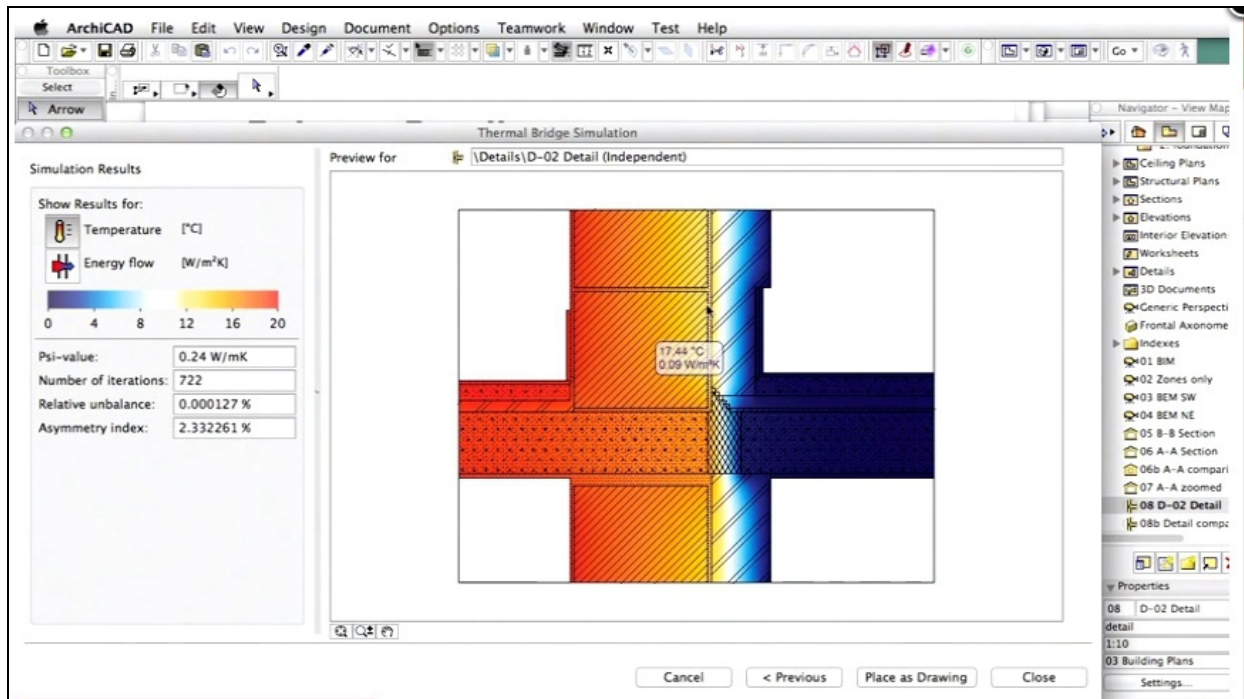


Рис. 1. Энергетическая модель узла примыкания балконной плиты и перекрытия к стене, выполненная в программе Graphisoft ArchiCAD (EcoDesigner Star)

Для выполнения моделирования энергопотребления в модели Autodesk Revit используется надстройка Energy Analysis. Она объединяет в себе возможности программы Revit в области проектирования с аналитическими возможностями Autodesk Green Building Studio. В свою очередь Green Building Studio является основным средством Autodesk для выполнения моделирования энергопотребления для всего здания [4]. С помощью моделирования энергопотребления можно проанализировать количество подаваемой и потребляемой электроэнергии по всем помещениям и объемам модели здания.

Широкие возможности для расчёта энергоэффективности здания представляет также программа Multi Comfort Designer, являющаяся продуктом французской корпорации Saint-Gobain. Программа учитывает все основные параметры здания, такие как строительный объём, этажность, площадь этажа, оконных и дверных проёмов (для каждого из фасадов), поворот относительно сторон света, затенение конструкций, применяемые узлы и детали, системы рекуперации и т. д. Программа имеет доступ к строительной базе данных Isover Multi-Comfort, что облегчает процесс поиска и выбора необходимых конструкций и узлов. База данных содержит более 200 деталей конструкций,

разработанных компанией Isover специально для достижения высоких стандартов концепции мультикомфортного дома Saint-Gobain. Кроме того, большинство деталей этой конструкции были сертифицированы Институтом Пассивного Дома в Дармштадте (Германия).

Широкими возможностями в области хранения и обработки информации обладает GIS-моделирование. Информация передается в географическую информационную систему (GIS), которая предоставляет информацию об энергетических показателях по всему городу, а также создает городские энергетические карты для достижения устойчивого городского планирования [5].

Ирландская энергетическая компания в свою очередь разработала инструмент картирования в сотрудничестве с проектом Episcopy ЕС, где на интерактивной карте Дублина показаны различные характеристики зданий (например, показатели энергетической эффективности и бедности различных районов). Это помогает принимать верные решения на местном уровне и разрабатывать стратегии развития энергетической эффективности кварталов.

Необходимо отметить большой интерес к теме энергоэффективного строительства со стороны как отдельных слоев населения, так и широкой общественности. Однако, при недостатке информации, жители могут относиться скептически к подобным капиталовложениям. Для стимулирования потребительского спроса необходимы эффективные информационные кампании, предназначенные для всех заинтересованных сторон (домовладельцы, строительные компании, правительственные органы), а также разработка энергетических моделей зданий на основе ВМ-моделирования, которые позволяют просчитать оптимальные показатели для каждого отдельного случая и избежать излишних финансовых потерь в будущем. Эти меры устраняют и приводят к снижению затрат на электроэнергию и повышению теплового комфорта в домах.

### **Литература**

1. Официальная страница Nearly zero-energy building strategy 2020. Стратегия строительства с практически нулевым потреблением энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://zebra2020.eu/>. (дата обращения 29.03.2019).
2. Официальная страница Graphisoft EcoDesigner Star. Информация о программе [Электронный ресурс]. URL: [https://www.graphisoft.com/archicad/ecodesigner\\_star/](https://www.graphisoft.com/archicad/ecodesigner_star/). (дата обращения 31.03.2019).
3. Описание работы механизма программы Graphisoft EcoDesigner Star [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/324032/graphisofts-ecodesigner-star>. (дата обращения 31.03.2019).
4. Stumpf A.L., Kim H., Jenicek E.M. Early Design Energy Analysis Using Building Information Modeling Technology. Arlington: Office of the Assistant Chief of Staff for Installation Management, 2011. 93 p.
5. Митчелл Э. Руководство ESRI по ГИС анализу. Том 1: Географические закономерности и взаимодействия. / Пер. с англ. М: МГУ, 2001. 190 с.

---

---

## **ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM**

### **УДК 330.04**

*Беляков Владимир Александрович,*  
канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой  
(Уральский Федеральный Университет  
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина)  
*Сальников Виктор Борисович,*  
канд. техн. наук, директор  
(ООО «Институт проектирования,  
архитектуры и дизайна»)  
*Галиахметов Роман Тимурович,*  
студент  
(Уральский государственный аграрный  
университет)  
*E-mail: 9222283482@mail.ru,*  
*vbs@inpad.ru, gaym1111@mail.ru*

*Belyakov Vladimir Aleksandrovich,*  
Ph.D. in Tech. Sci., Associate Professor,  
Head of Chair  
(Ural Federal University named after  
the first President of Russia B.N. Yeltsin)  
*Salnikov Viktor Borisovich,*  
Ph.D. in Tech. Sci., Director  
(LLC "Institute of design,  
architecture and design")  
*Galiakhmetov Roman Timurovich,*  
student  
(Ural State Agrarian University)  
*E-mail: 9222283482@mail.ru,*  
*vbs@inpad.ru, gaym1111@mail.ru*

**DOI: 10.23968/VIMAC.2019.019**

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТА ПРИ ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ BIM**

### **THE FEATURES OF DESIGN AND CALCULATION OF THE COST OF CONSTRUCTION OF THE FACILITY IN THE IMPLEMENTATION OF BIM TECHNOLOGY**

В научной статье авторами обобщены результаты теоретических исследований и практического внедрения технологии BIM – информационного моделирования зданий и применения средств цифрового моделирования, позволяющих вести контроль финансовых расходов на всех стадиях реализации проекта в строительстве. Рассмотрен вопрос гармонизации технологии BIM с программным комплексом COMSOL Multiphysics. Проведен обзор выполненных исследований по данному вопросу в странах Европы, Азии, США и в России. Предложен подход, обеспечивающий повышение эффективности определения сметной стоимости работ по возведению объекта строительства базирующийся на нескольких обобщенных принципах. Данный инновационный подход апробирован при проектировании нескольких крупных объектов строительства в Уральском регионе России, реализованных в 2017–2018 годах. При участии авторов статьи разработан набор специализированных семейств для системы Autodesk Revit, которые позволяют выполнить комплексную предварительную проработку участка застройки жилыми домами.

*Ключевые слова:* моделирование, объект, здание, жизненный цикл, программный комплекс, планирование, жилищное строительство

In the scientific article the authors summarize the results of theoretical research and practical implementation of BIM – information modeling of buildings and the use of digital modeling tools to monitor financial costs at all stages of the project in construction. The issue of harmonization of BIM technology with the software package COMSOL Multiphysics is considered. A review of the research on this issue in Europe, Asia, USA and Russia is done. The approach providing increase of efficiency of determination of estimated cost of works on construction of object of construction based on several generalized principles is offered. This innovative approach was tested in the design of several large construction projects in the Ural region of Russia, implemented in 2017–2018. With the participation of the authors of the article developed a set of specialized families for the system Autodesk Revit, which allow you to perform a comprehensive preliminary study of the construction site of residential buildings.

*Keywords:* modeling, object, building, life cycle, software package, planning, housing construction

Технология ВІМ (Building Information Modeling – информационное моделирование зданий) предполагает построение одной или нескольких виртуальных моделей здания в цифровом виде.

Благодаря технологическому прогрессу и распространению технологии информационного моделирования зданий (ВІМ) появляются новые возможности для совершенствования процессов проектирования. Из-за сложного взаимодействия между традиционным программным обеспечением для планирования и программными комплексами ВІМ многие преимущества ВІМ технологии, описанные в научной литературе, остаются невостребованными. Использование данных, хранящихся в информационной модели здания (ВІМ), их интеграция с данными уже реализованных проектов, использование программного обеспечения планирования, дальнейшее продвижение в области развития алгоритмов автоматизации позволит сократить время, повысить качество процесса создания календарного плана ППР [1–3].

В России вопросам исследования технологии ВІМ применительно к строительству и расчету стоимости строительных работ и материалов в проекте занимались такие ученые и специалисты проектировщики как В.В. Талапов, М.С. Пантелеева, В.В. Аленьков, А.М. Шахраманьян, В.В. Шарманов и другие [4–7].

В мире наибольшее развитие вопросов изучения информационного моделирования ВІМ в настоящее время отмечается на базе технологического университета г. Брисбен в Австралии, технологического университета MARA в Малайзии, а также в ряде высших учебных заведениях Новой Зеландии и Южной Кореи [8–10].

Специалисты ООО «Институт проектирования, архитектуры и дизайна» (ООО «ИнПАД») совместно со ФГАОУ ВО «УрФУ имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина» разработали цифровую модель объекта «Многофункциональное здание Конгресс-центра в составе международного выставочного центра «Екатеринбург-ЭКСПО», с использованием ВІМ.

Ранее на основании результатов расчетов с использованием средств BIM была разработана инновационная модель усиления грунтового основания для пяти девятиэтажных жилых домов в городе Березники. На площадке строительства выполнено создание грунтового массива с помощью грунтоцементных элементов, что ранее не применялось при проектировании и возведении зданий в данном регионе [1].

В 2018 году были подготовлены BIM модели объектов «Апарт-отель «Белореченский» в Екатеринбурге, техно-торгового центра JCB, шоурума «Mitsubishi Motors Corporation».

Для проектирования жилых домов авторами с участием специалистов ООО «ИнПАД» разработан набор специализированных семейств для системы Autodesk Revit, которые позволяют выполнить комплексную предварительную проработку участка застройки [2]:

1. Определить инсоляционный вычет по участку застройки – объем, размещение объектов внутри которого не нарушит инсоляцию сложившейся застройки.

2. Разместить в границах земельного участка жилые секции различной конфигурации, основные параметры которых (этажность, площадь этажа, тип коммерческой недвижимости) могут динамически меняться.

3. Получить полный набор основных технико-экономических показателей планируемой застройки, в том числе площади необходимых площадок, парковок, расчет количества мест в ДДУ и школах.

В процессе работы авторами исследован вопрос гармонизации технологии BIM с программным комплексом COMSOL Multiphysics, активно применяемым при проектировании энергосберегающих конструкций [3].

Элементы цифровой модели Конгресс-центра в составе здания международного выставочного центра – вид в разрезе с внутренними инженерными сетями отопления и вентиляции показаны на рис. 1.

Задача определения экономической эффективности проекта на самой ранней стадии работ являлась приоритетной при планировании. Не менее важной задачей является планирование и контроль расходов на стадии реализации проекта. Применение средств BIM, а именно, семейств, включающих данные, классифицируемые в соответствии с требованиями заказчика, позволяет вести контроль объёма используемых строительных материалов и расходов с высокой точностью в онлайн режиме, при этом, данная работа – составление смет и контроль финансовых трат – осуществляются специалистами заказчика либо привлеченных организаций.

Один из вариантов реализации данной возможности для будущего подсчета сметы является применение классификаторов.

Классификатор – это совместно принятый подход к систематизации информации о материалах и изделиях для строительства объекта.

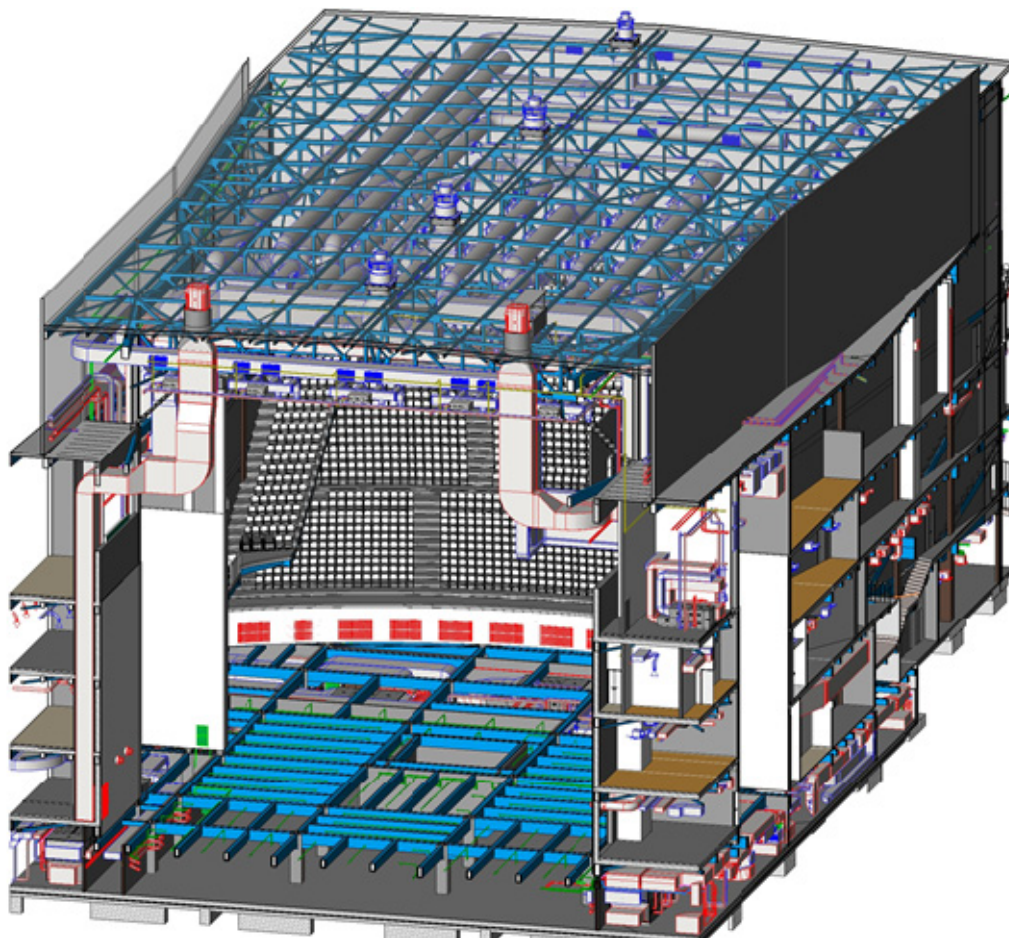


Рис. 1. Общая модель здания МВЦ

Формулировка классификатора, в том виде как сейчас предлагает заказчик, сводится к кодированию информации для конкретной методики подсчета (сметный метод, ресурсный, за единицу объема т. д.). Далее обработка – создание ведомостей с кодами в чертежах и присвоение информации конкретному элементу, например (условно):

- стена;
- кирпичная;
- толщина конструкции 250 мм;
- армирование сеткой из проволоки;
- на цементно-песчаном растворе М100;
- огнестойкость EI60.

Заказчик располагает возможностью дальнейшего использования данной информации. При этом необходимо учесть, что у проектировщика появляется дополнительный объем работ, связанный с правильным распределением разных строительных материалов в рамках классификатора.

Проектировщик чаще всего не обладает, и не должен обладать квалификацией инженера-сметчика. Порядок определения тех или иных парамет-



ров материалов, работ и элементов для определения стоимости работ согласно действующих сметных нормативов зачастую неочевиден. Также стоит учитывать, что на разных этапах проекта, как правило, у каждого своя методика подсчета стоимости, базирующаяся на его предыдущем опыте.

В итоге проектировщики, заполняют параметры заказчиков, пытаясь их совместить с внутренними стандартами организации. Также им необходимо учитывать стандарты обозначений, оформления и использовать ресурсы программы для частичной автоматизации. Вследствие этого получается чрезмерное переполнение информацией, зачастую дублирующей друг друга. Происходит увеличение объема дополнительной, не оплачиваемой работы сотрудника, теряется качество, или нарушаются сроки.

Для того чтобы быстро и эффективно проверять строительные сметы, специалисты предлагают создать общегосударственную программу по созданию новых нормативных баз и их ежеквартальному обновлению. В США, например, таким образом, обновляется нормативная база RSMeans [4].

В России проводимая в 2015-2018 годах реформа системы ценообразования и сметного нормирования в сфере строительства, несмотря на длительный временной период и значительный объем затраченных средств, не достигла цели – перехода на новую модель ценообразования.

Авторами статьи предложен и опробован на практике новый стадийный подход расчета стоимости возведения объекта с использованием BIM на всех стадиях проектирования:

1. Подсчет стоимости объектов на стадии концепции и эскизного проекта проводится по укрупненным показателям эффективности на основе аналогов.

2. Исключение изменения типа применяемых материалов после стадии «Эскизный проект». При этом уже на стадии Проект, при правильном использовании технологий построения BIM возможно получить объемы применяемых материалов, на основании которых возможна подготовка укрупненного сметного расчета.

3. Подготовка смет на основании объемов, полученных из BIM модели, силами специализированных организаций.

4. Контроль расхода средств при проведении строительных работ возможен по согласованию выполненных объемов, которые заносятся в BIM модель средствами автоматизированного контроля, либо сотрудниками проектной организации в ручном режиме.

Таким образом, технология BIM обеспечивает достижение высокой скорости, объема и качества проектирования и строительства, а также значительную экономию финансовых средств.

#### Литература

1. Сальников В.Б., Беляков В.А., Бернгардт К.В. Расширение возможностей оптимизации проектных решений с внедрением BIM // II Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критических инфраструктур». 2016. С. 210–213.

2. Сальников В., Романова Е., Федоров А. Опыт внедрения ВІМ-технологии // Стройкомплекс Среднего Урала. 2016. № 10(202). С. 76.

3. Сальников В.Б. Беляков В.А. Теплотехнические расчеты строительных конструкций с применением программного комплекса COMSOL Multiphysics. УрФУ. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2016. 48 с.

4. Талапов В.В. Технология ВІМ: единая модель и связанные с этим заблуждения // Технологии строительства. 2016. № 1–2(111–112). С. 74–80.

5. Аленков В.В., Чупрыновский В.П., Шаклеин А.Г., Овсянников М.Л., Чеботарев Е.М., Ярцев Д.И., Колесников А.Н. Использование структурированной информации bim для охраны здоровья и безопасности, работающих в строительстве // International Journal of Open Information Technologies. 2018. Т.6, № 5. С. 39–50.

6. Шахраманьян А.М., Яременко А.В., Блохин Ю.М. Опыт применения технологий информационного моделирования зданий при строительстве олимпийских объектов Сочи-2014 и стадионов Чемпионата мира по футболу 2018 года // Строительство: Наука и образование. 2016. № 2. Ст. 2.

7. Panteleeva M.S., Unosheva A.V. BIM-technology and peculiarities of strategic management construction enterprise // Materials of the XI International research and practice conference «Science, Technology, and Higher Education. Strategic Studies Institute». 2016. P. 52–56.

8. Bryde D., Broquetas M., Volm J.M. The project benefits of Building Information Modelling (BIM) // International Journal of Project Management. 2013. Vol. 31. P. 971–980.

9. Kalinichuk S., Tomek A. Construction Industry Products Diversification by Implementation of BIM // International Journal of Engineering and Technology Innovation. 2013. Vol. 3, No. 4. P. 251–258.

10. Abbasnejad B., Moud H.I. BIM and Basic Challenges Associated with its Definitions, Interpretations and Expectations // International Journal of Engineering Research and Applications. 2013. Vol. 3, No. 2. P. 287–294.

#### **УДК 004.9+72**

*Захарова Галина Борисовна,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Уральский государственный архитектурно-художественный университет)  
*E-mail: zgb555@gmail.com*

*Zakharova Galina Borisovna,*  
Ph.D. of Sci. Tech., Associate Professor  
(Ural State University of  
Architecture and Art)  
*E-mail: zgb555@gmail.com*

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019.020**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВІМ В РЕСТАВРАЦИИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ**

### **APPLICATION OF BIM IN RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS**

В статье приведен краткий обзор применения ВІМ в реставрации памятников культурно-исторического наследия. Отмечена взаимосвязь ВІМ со всем комплексом научно-проектной документации, производимом в процессе реставрации. Показано применение ВІМ при реставрации некоторых исторических зданий в Екатеринбурге: М.П. Малахов, Дом горного начальника, Малая усадьба Рязанова.

*Ключевые слова:* BIM-технологии, реставрация, памятник архитектуры, М.П. Малахов.

The article provides a brief overview of the use of BIM in the restoration of objects of cultural and historical heritage. The interrelationship of BIM with the whole complex of research and design documentation produced in the process of restoration is noted. The application of BIM in the restoration of some historical buildings in Ekaterinburg (M.P. Malakhov: House of the Chief of mining plants, Ryazanov's Small Manor) is shown.

*Keywords:* BIM technologies, restoration, object of architectural heritage, M.P. Malakhov.

За последние несколько лет благодаря государственной политике в архитектурно-строительной отрасли BIM-технологии начинают внедряться интенсивно и повсеместно. Комплексная информационная модель рассматривается не только как источник всех видов проектно-конструкторской документации, но и как средство управления информацией об объекте на последующих этапах жизненного цикла, в том числе этапах эксплуатации, мониторинга и реконструкции.

В статье [1] были обобщены и показаны возможности BIM в информационном и техническом сопровождении культурно-исторических объектов, такие как компьютерная паспортизация, проведение комплексного анализа и проверка научных гипотез, возможность мониторинга состояния, применение библиотечных элементов в современном проектировании для связи с традициями исторического наследия.

В реставрационно-проектной деятельности, несмотря на уникальность и сложность объектов, BIM-технологии также находят всё более широкое применение с учетом специфики процесса. Информационный поиск по научной электронной библиотеке Elibrary.ru с ключевыми словами «BIM, реставрация» показал несколько десятков статей, посвященных данной тематике. Первыми были работы Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета под руководством В.В. Талапова [2–4], где, в частности, представлен теперь уже хорошо известный проект реставрации новосибирского дома композиторов, типичного примера краснокирпичной архитектуры Сибирского региона начала XX века. Сейчас география авторов по данной теме очень обширна, к примеру [5–6], и др.

В соответствии с действующим законодательством по сохранению объектов культурного наследия [7] научно-проектная документация реставрационных работ формируется по 4 крупным разделам:

- предварительные работы (исходно-разрешительная документация);
- комплексные научные исследования (историко-архивные и библиографические, историко-архитектурные натурные, инженерно-технические, инженерные изыскания);
- проект реставрации и приспособления (стадии: эскизный проект, проект, рабочая проектно-сметная документация);
- научно-реставрационный отчет.

Реставрационная деятельность имеет ряд специфических особенностей. Это огромный комплекс мероприятий, эффективность которого может быть повышена за счет автоматизации на основе информационного моделирования. Анализ процессов и опыт применения ВМ показывает, что каждый раздел может быть поддержан информацией из ВМ-модели. Это исторические справки, иллюстрации, 3D-модели всего объекта и отдельных элементов, все виды чертежей.

Особенность ВМ-модели состоит [2] в возможности одновременно получить цельную форму всего здания и детально проработать элементы декора. Благодаря целостному подходу к проектированию исключается необходимость отдельных вспомогательных работ и рутинных операций.

В ходе реставрации часто производится остановка работы для фиксации раскрытых частей памятника, иногда для разработки нового реставрационного решения, если в процессе раскрытия памятника всплывают новые обстоятельства. В такой ситуации технология ВМ позволяет быстро и оптимально производить корректировки в проектной документации, которые незамедлительно учитываются во всей модели, а также облегчает выполнение исполнительных чертежей.

Если историческое здание в процессе реставрации и реконструкции наделяется практической функцией, предусматривающей насыщение необходимым инженерным оборудованием, технология ВМ позволяет моделировать и анализировать конструкции на основе расчетов по ВМ-модели после выполнения геометрических построений. Модель позволяет быстро и качественно подготовить проектную документацию, выполнить прогноз эксплуатационных характеристик, обеспечить эффективное взаимодействие специалистов различного профиля.

Кафедра прикладной информатики УрГАХУ, выпустившая порядка 500 информатиков-архитекторов и информатиков в социальных коммуникациях с 2005 по 2018 годы, постоянно уделяла внимание разным аспектам применения ИТ для сохранения культурно-исторической памяти. Это ВМ проектирование, визуализация, виртуальная реконструкция утраченных объектов, проекционные техники и др. Некоторые дипломные проекты относятся к реставрации исторических зданий. Покажем далее примеры таких работ.

Дипломный проект Татьяны Пикаловой применялся в части информационного обеспечения при реставрации таких памятников архитектуры как Дом главного начальника горных заводов (1818 г., ул. Набережная рабочей молодёжи, 3) и Малая усадьба Рязанова (I пол. XIX века, ул. Куйбышева, 63), которые являются яркими примерами творчества архитектора М.П. Малахова. Будучи главным архитектором Уральского горного правления, он построил и реконструировал на Урале многие жилые, заводские и культовые здания. Под руководством М.П. Малахова в Екатеринбурге построены наиболее ценные памятники архитектуры в стиле классицизма первой половины XIX века [8].

Информационные модели включают наборы объемных представлений памятников архитектуры и их элементов, общую информацию об объектах: текстовое описание, изображения, рабочую проектно-сметную документацию. Для составления исторической справки была проведена работа в фондах Государственного архива Свердловской области (ГАСО, Екатеринбург), Государственного объединенного краеведческого музея (СГОИКМ, Екатеринбург), областной публичной библиотеки им. Белинского (Екатеринбург), архива Бюро технической информации (БТИ, Екатеринбург), архива НПЦ по охране и использованию памятников истории и культуры Свердловской области.

Дом горного начальника находится в историческом ядре города, постройка этой резиденции для М.П. Малахова была одним из самых масштабных заказов. Здание представляет собой двухэтажный с мезонином каменный объем, сложный в плане. Главный восточный фасад обращен на Набережную и городской пруд, имеет симметричную трехчастную композицию (рис. 1).



Рис. 1. Дом главного горного начальника (фото 1928 г., слева); Малая усадьба Рязанова, вид с юго-запада на южный фасад (фото начала XX века)

Еще одними яркими образцами классической архитектуры Малахова являются «большая» и «малая» (как их принято называть) усадьбы Рязановых, представителей богатого купечества того времени. На классическую стилистическую принадлежность особняков указывают ясность и сдержанность фасадов, четырехколонные портики с ионическими и коринфскими колоннами по центру фасадов. Здесь речь идет о Малой усадьбе, сохранилась ее часть: дом (кирпичный двухэтажный оштукатуренный особняк с мезонином), ворота, каменные устои ограды, небольшой участок сада.

На рис. 2 показан макет страницы для просмотра моделей и отображенные в ней разные аспекты комплексной модели здания Малой усадьбы Рязанова.

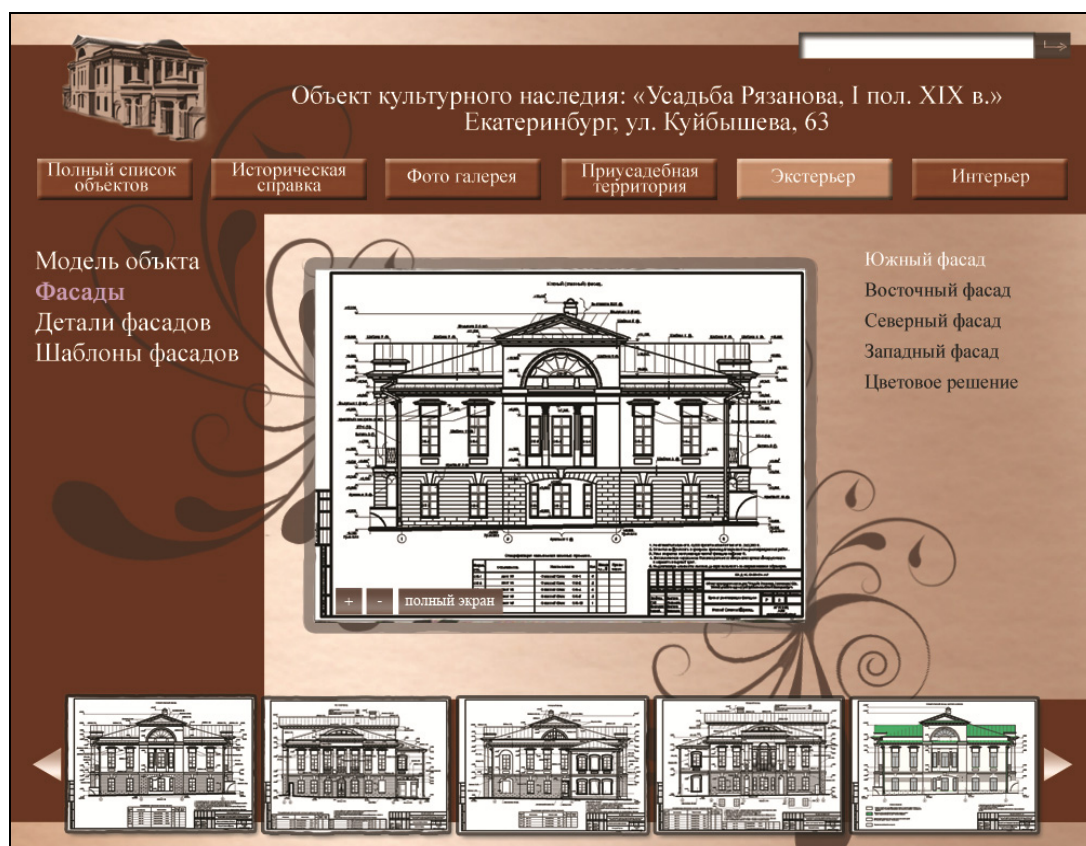
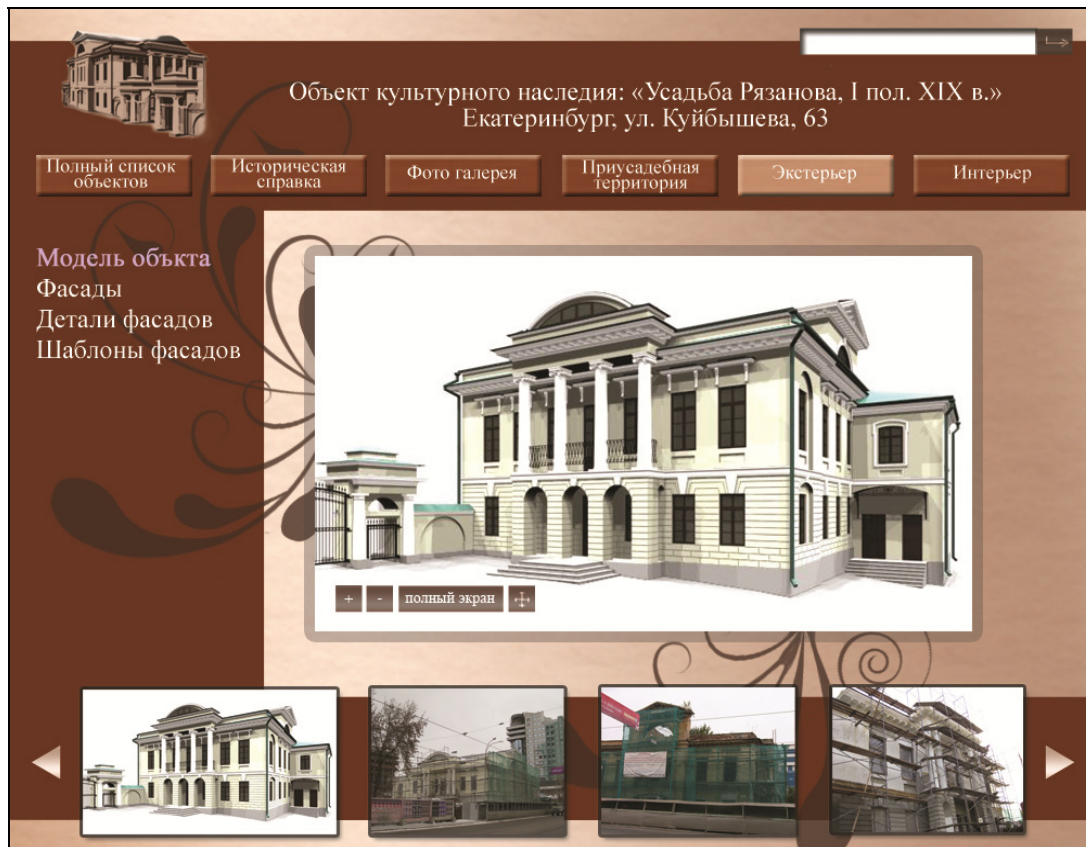


Рис. 2. Отображение компонентов проекта в веб-интерфейсе

Построение модели осложняло то, что все архитектурные элементы усадьбы являются уникальными. Поэтому были созданы самостоятельные элементы окон, профилей, колонн, сандриков и др.

В результате получилась детально проработанная информационная модель, которая может использоваться на любой стадии проектирования.

Для Дома горного начальника показана разработанная модель интерьера (рис. 3).

Все проекции здания и интерьеров, а также их трехмерные модели взаимосвязаны, необходимую для производства работ чертежную документацию со спецификациями можно автоматически формировать на основе единой модели.

В состав рабочей документации входят чертежи планов, фасадов, разрезов здания, архитектурных деталей и шаблонов, планы полов и потолков, развертки стен, детали и шаблоны лепного декора интерьеров.

Таким образом, приведённые примеры информационного моделирования исторических зданий, объектов культурного наследия, показывают возможности BIM при проведении реставрационных работ.

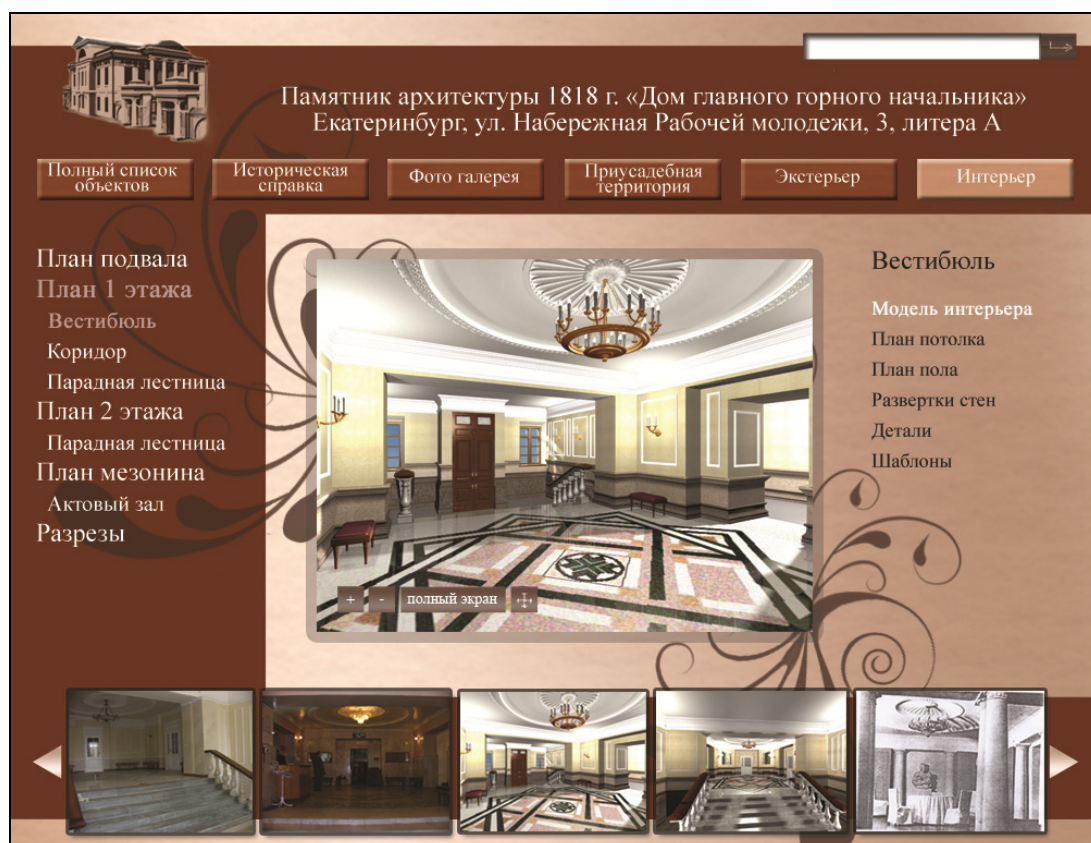


Рис. 3. Модели интерьера вестибюля Дома горного начальника

### **Литература**

1. Захарова Г.Б. Информационное моделирование исторических зданий // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 83–88.
2. 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 6.04.2019)
3. Чжан Гуаньин (Zhang Guanying). Технология ВМ и моделирование системы догун для памятников архитектуры Древнего Китая // Вестник ТГУ. Культурология и искусствоведение. 2014. № 1(13). С. 44–55.
4. Козлова Т.И., Куликова С.О., Талапов В.В., Чжан Гуаньин Технология ВМ: уникальная возможность работы с памятниками деревянной архитектуры // Строительный Эксперт. URL: <https://ardexpert.ru/article/6134> (дата обращения: 01.03.2018).
5. Оленьков В.Д., Попов Д.С., Пронина А.А., Самарина Е.А. Применение технологии ВМ в области реставрации памятников истории и культуры // Дизайн. Искусство. Промышленность. 2012. № 1. С. 93–98.
6. Мельникова О.Г., Олейников П.П. Информационное моделирование зданий: опыт реконструкции памятников культурного наследия // Социология города. 2013. № 4. С. 72–80.
7. ГОСТ Р 55528-2013 Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования (с поправкой) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200104243> (дата обращения: 07.04.2019).
8. Раскин А.М. Творчество М.П. Малахова в Екатеринбурге / В сб.: Архитектурное наследие, вып. 38 (Проблема стиля и метода в русской архитектуре) / Под ред. докт. арх., проф. Н.Ф. Гуляницкого. М.: Стройиздат, 1995.

### **УДК 004.946+72**

*Згода Юрий Николаевич*, студент-магистр  
*Шумилов Константин Августович*,  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: yurii.zgoda@mail.ru, shkas@mail.ru*

*Zgoda Iurii Nikolaevich*, master-student  
*Shumilov Konstantin Avgustovich*,  
PhD Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: yurii.zgoda@mail.ru, shkas@mail.ru*

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019.021**

## **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ AUTODESK REVIT И RENGA**

**PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF AUTOMATED INTERACTIVE  
VISUALIZATION GENERATION FOR INFORMATION BUILDING MODELS  
OF AUTODESK REVIT AND RENGA**

ВМ-модель может включать в себя большие объемы информации различного вида, связанные с деятельностью архитекторов, конструкторов, инженеров и других участников проекта.



В данной работе рассматриваются различные вопросы, связанные с автоматическим построением интерактивной визуализации BIM-модели – эффективного и наглядного средства представления хранящейся в BIM-модели информации. Рассматриваются особенности API BIM-систем Autodesk Revit и Renga, на основе чего определяются их схожие черты (которые можно представить в виде универсальных абстракций), а также уникальные характеристики, требующие реализации конкретной программной логики для каждого из BIM-пакетов.

Рассматриваются различные вопросы реализации модуля интерактивной визуализации, такие как реалистичность и быстродействие интерактивной визуализации, наличие интерактивных компонентов визуализации (анимированные модели с искусственным интеллектом, настройки освещения, управление временем суток и т. д.), а также включение в модуль интерактивной визуализации технологий виртуальной и дополненной реальности. Рассматриваются возможные решения для визуализации метаданных BIM-модели.

*Ключевые слова:* BIM, виртуальная реальность, дополненная реальность, интерактивная визуализация, метаданные, Revit, Renga.

BIM-model may include large amounts of information, related to the activity of architects, constructors, engineers and other project participants.

In this work different problems related to generating BIM-model interactive visualization (as an effective and demonstrative tool for visualizing of the information inside BIM-model) are discussed. APIs of Autodesk Revit and Renga BIM-packages are discussed. Similar components of the API stand out and were transformed into universal abstractions. Unique characteristics are detected for realization in a form of program logic for specific BIM-package.

Different problems of implementing interactive visualization module such as increasing the realism and frame rate of visualization, implementation of various interactive visualization components (animated characters, lighting settings, time of day controls, etc.), and the inclusion of virtual and augmented reality technologies in the visualization module are considered. Possible solutions for visualization of BIM-model metadata are considered.

*Keywords:* BIM, virtual reality, augmented reality, interactive visualization, metadata, Revit, Renga.

*BIM* – это наиболее актуальная и эффективная технология в сфере строительства. Информационное моделирование позволяет автоматизировать большие объемы рутинных операций и обеспечить эффективное взаимодействие между различными участниками проекта (архитекторами, конструкторами, инженерами и др.).

Благодаря использованию *BIM*-технологий, появляется возможность централизованного хранения в одном проекте всей информации о проекте, подготовленной специалистами различных областей. Таким образом, информационная модель включает в себя не только геометрическое представление модели, но и большой объем метаданных, описывающих конструктивные, инженерные или экономические решения в рамках данного проекта.

Эффективным средством представления информации, хранимой в информационной модели, является интерактивная визуализация. В отличие от традиционных визуализаций на основе трассировки лучей, интерактивная визуализация требует значительно меньшего количества вычислений для построения одного кадра, при этом реалистичность визуализации остается

близкой к уровню визуализации на основе трассировки лучей. В этом плане стоит отметить также появление графических ускорителей с аппаратной поддержкой трассировки лучей от компании *NVIDIA*, позволяющих использовать технологию трассировки лучей в реальном времени [1]. При этом речь идет не о построении кадра целиком на основе трассировки лучей, а о ее использовании для таких составляющих изображения, как отражения и непрямоое освещение. С другой стороны, относительно недавно были продемонстрированы решения, позволяющие выполнять визуализацию с использованием трассировки лучей без какого-либо аппаратного ускорения [2]. Таким образом, интерактивная визуализация с течением времени становится все более реалистичной и достоверной.

Максимально раскрыть возможности интерактивной визуализации позволяют технологии виртуальной [3] и дополненной реальности [4]. Виртуальная реальность позволяет архитектору осмотреть проектируемое здание еще до того, как оно возведено, с тем чтобы изучить особенности освещения, оценить восприятие объема, скорректировать возможные решения интерьера. Возможным сценарием использования виртуальной реальности для конструкторов может быть визуализация напряжений внутри конструктивных элементов.

Дополненная реальность позволяет значительно повысить информационную наполненность различных печатных материалов: буклетов, чертежей, схем [4]. На данный момент существуют технологии дополненной реальности, позволяющие проецировать виртуальные объекты не только на заранее определенные напечатанные метки, но и без привязки к какому-либо заранее заданному объекту. В этом случае вычислительное устройство (в большинстве случаев – смартфон) по видеоряду выполняет поиск плоскостей на изображении и привязывает все виртуальные модели к этим плоскостям.

Для архитекторов данная технология может быть использована как эффективный аналог картонным моделям различных зданий и сооружений. Технологии дополненной реальности позволяют значительно ускорить прототипирование различных решений в области интерьера и планировки здания. Инженеры и конструкторы получают инструменты для визуализации интересующих их конструктивных элементов, вентиляции и трубопроводов поверх стен, тем самым значительно упрощая работу со строительными объектами в процессе обслуживания.

Однако, построение интерактивной визуализации представляет собой нетривиальный и ресурсоемкий процесс, зачастую требующий глубоких знаний не только в сфере *ВМ*-моделирования, но и в области *3D*-моделирования и программирования. Как было показано в [5], подготовка интерактивной визуализации для виртуальной и дополненной реальности требует значительных временных затрат и представляет собой кропотливый ручной процесс оптимизации геометрии модели. Очевидно, что подобный процесс построе-

ния интерактивных визуализаций не дает архитектору возможностей для регулярного обновления интерактивной визуализации в виртуальной и дополненной реальности.

Целью данной работы является рассмотрение различных аспектов разработки программно-аппаратного комплекса, позволяющего полностью автоматизировать процесс построения интерактивной визуализации в различных BIM-пакетах, таких как *Autodesk Revit* и *Renga*, с использованием технологии виртуальной и дополненной реальности.

Программная составляющая включает в себя два модуля. Первый модуль предназначен для экспорта BIM-пакетов *Revit* и *Renga*, и обеспечивает перенос информации о BIM-модели в формат, независимый от используемого BIM-пакета. Второй модуль используется для интерактивной визуализации, и реализует импорт экспортированной модели, ее реалистичную визуализацию и различные интерактивные составляющие, такие как управление временем суток и атмосферными условиями, назначение материалов элементам модели и отображение метаданных (таких как физические параметры материалов и размеры конструктивных элементов).

Аппаратная составляющая включает в себя высокопроизводительный компьютер и шлем виртуальной реальности, а также смартфон для демонстрации возможностей дополненной реальности. Структурная схема программно-аппаратного комплекса представлена на рис. 1.

В рамках работы над модулем экспорта, были решены такие задачи, как автоматизация сбора геометрии и метаданных BIM-модели средствами API (англ. *Application Programming Interface* – интерфейс прикладного программирования) *Autodesk Revit* и *Renga*. Были выделены абстракции, общие для каждого из BIM-пакетов (материалы, геометрия, метаданные). Были рассмотрены различные средства оптимизации, такие как использование параллельных вычислений в ходе экспорта данных и сжатие данных экспортированной модели.

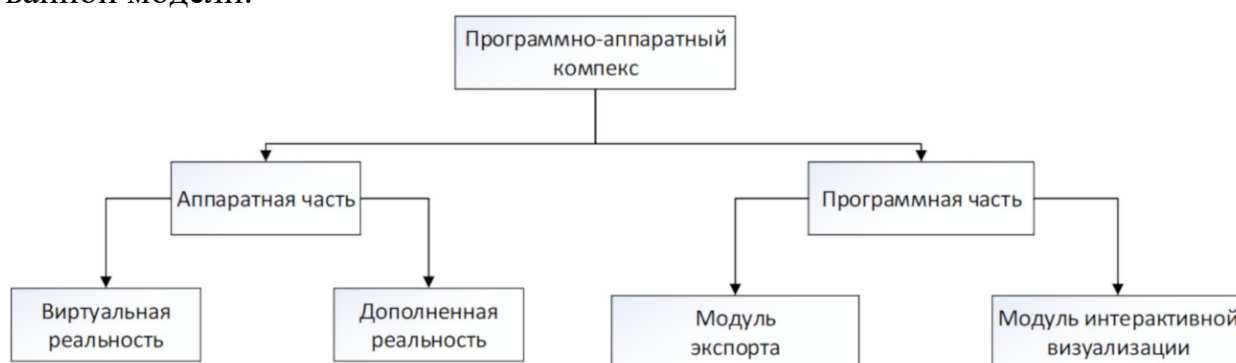


Рис. 1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса

При реализации модуля интерактивной визуализации были рассмотрены различные способы импорта данных, полученных в ходе работы модуля

экспорта, вопросы повышения реалистичности визуализации, реализация различных интерактивных составляющих визуализации и отображение метаданных.

В результате данной работы были разработаны расширения для *ВМ*-пакетов *Revit* и *Renga*, реализующие описанный выше модуль экспорта. Благодаря особенностям архитектуры модуль экспорта может быть в кратчайшие сроки реализован для любого другого *ВМ*-пакета, *API* которого позволяет извлечь информацию о геометрии и соответствующие метаданные.

Модуль визуализации был апробирован как в случае обычной интерактивной визуализации, так и с использованием технологии виртуальной реальности.

Производительность обоих модулей находится на достаточно высоком уровне. Модуль экспорта был апробирован на *ВМ*-моделях различной сложности. Приведенная на рис. 2 (слева) *ВМ*-модель экспортируется в среднем за 2550 мс, импорт модели в модуль интерактивной визуализации осуществляется менее чем за 1000 мс.



Рис. 2. Сравнение встроенных средств визуализации *Renga* (слева) и результата работы модуля интерактивной визуализации (справа)

Частота кадров в модуле интерактивной визуализации стабильна и составляет около 100 FPS на компьютере с *Intel core i7*, *NVIDIA Geforce GTX 980* и 16 ГБ ОЗУ. Демонстрация результата работы модуля интерактивной визуализации в сравнении с визуализацией внутри BIM-пакета Renga приведена на рис. 3. Результат визуализации BIM-модели *Autodesk Advanced Sample*, подробно описанной в [5], приведен на рис. 3.

Таким образом, поставленные цели были достигнуты, был разработан программно-аппаратный комплекс, реализующий полностью автоматизированное построение интерактивных визуализаций BIM-моделей из BIM-пакетов *Renga* и *Revit*. Модуль экспорта обладает достаточным быстродействием для регулярного прототипирования архитектурных решений с помощью интерактивной визуализации. Модуль интерактивной визуализации обеспечивает стабильно высокую частоту обновления кадров и оптимальное качество визуализации.



Рис. 3. Сравнение встроенных средств визуализации *Revit* (слева) и результатов работы модуля интерактивной визуализации (справа)

### Литература

1. Видеокарты серии Geforce RTX 20 | NVIDIA Geforce. URL: <https://www.nvidia.com/ru-ru/geforce/20-series/> (дата обращения: 26.03.2019).
2. Crytek Releases Neon Noir, A Real-Time Ray Tracing Demonstration For CRYENGINE. URL: <https://www.cryengine.com/news/crytek-releases-neon-noir-a-real-time-ray-tracing-demonstration-for-cryengine> (дата обращения: 26.03.19).
3. Чистяков А.В. Интерактивное виртуальное прототипирование в архитектурном проектировании // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2017. Т. 17, № 4. С. 74–78. DOI: 10.14529/build170411.
4. Linowes J., Babilinski K. Augmented Reality for Developers: Build practical augmented reality applications with Unity, ARCore, ARKit, and Vuforia. Packt Publishing, 2017. 548 p.
5. Згода Ю.Н. Особенности создания интерактивной визуализации BIM-модели в виртуальной и дополненной реальности // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции, 2018. С. 139–144.

**УДК 625.7/.8**

*Знобищев Сергей Викторович,*  
директор департамента  
автоматизации строительства  
(ООО «Гексагон Геосистемс Рус», Москва)  
*Шамраева Виктория Викторовна,*  
канд. физ.-мат. наук, доцент  
(ФГОБУ ВО «Финансовый университет при  
правительстве Российской Федерации»)  
*E-mail: sergey.znobishchev@geosystems.ru,*  
*shamraeva@mail.ru*

*Znobishchev Sergey Viktorovich,*  
the Director of the Department  
of automation of road-construction,  
(LLC “Hexagon Geosystems Rus”, Moscow)  
*Shamraeva Victoria Victorovna,*  
PhD of Phys. and Math., Associate professor  
(Financial University under the Government of  
the Russian Federation)  
*E-mail: sergey.znobishchev@geosystems.ru,*  
*shamraeva@mail.ru*

**DOI: 10.23968/ВМАС.2019.022**

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ  
ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ВМ-МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**NEW APPROACHES TO CONSTRUCTION OF LINEAR SECTIONS  
OF THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE WITH  
THE USE OF BIM-MODELING**

Описаны новые подходы к построению линейных участков транспортной инфраструктуры, используя методы информационного моделирования (ВМ). Геоинформационные системы (ГИС) автомобильных дорог являются средой общих данных (СОД) этапа эксплуатации и ВМ-моделью одновременно, что позволяет сформировать информационную основу для управления автомобильными дорогами на всех стадиях функционирования. Рассмотрен опыт реализации проектов на основе ВМ-технологий рядом крупных компаний, занимающихся строительным контролем с помощью технологий информационного моделирования и разработкой программных решений, сервисов и оборудования. Применение информационного моделирования в дорожной отрасли позволяет сформировать единый подход к структуре и отраслевой библиотеке элементов цифровой модели автомобильной дороги.

*Ключевые слова:* ВМ-моделирование, транспортная инфраструктура, информационная модель дороги, геоинформационная система, цифровая трансформация дорог.

New approaches to the construction of linear sections of transport infrastructure using information modeling (BIM) methods are described. Geographic information systems (GIS) of roads are a common data environment (CDE) of the operation stage and a BIM model at the same time, which allows to form an information basis for the management of roads at all stages of operation. The experience of implementing projects based on BIM-technologies by a number of large companies engaged in construction control using information modeling technologies and the development of software solutions, services and equipment. The use of information modeling in the road industry allows to form a unified approach to the structure and industry library of elements of the digital model of roads.

*Keywords:* BIM-modeling, transport infrastructure, road information model, geographic information system, digital transformation of roads.

При формировании проектных информационных 3D-моделей объектов автомобильных дорог используются системы информационного моделирования (САПР-BIM), Геоинформационные системы (ГИС), Информационная система управления проектами (ИСУП), автоматизированная система сметных расчетов (АССР) и системы автоматизированного управления дорожно-строительной машинами (САУ ДСМ). Инструментом для управления состоянием линейно-протяженных объектов служат ГИС транспортной инфраструктуры [1]. Отметим, ГИС для управления состоянием автомобильных дорог и различных объектов на них использовались с начала 90-х годов прошлого века. На данный момент известны различные зарубежные ГИС (ArcGIS компании ESRI, MapInfo компании MapInfo Corp., свободно-распространяемая QGIS) и российские ГИС (IndorRoad компании IndorSoft [2], ДорГИС компании Интелнова и другие), имеется уже некоторый российский опыт (ОАО «Стройпроект» и «Горкапстрой»). Однако нормативная база до сих пор разрабатывается и крайне необходима для успешного внедрения Building Information Modeling (BIM) в нашей стране [3]. Среди крупных заказчиков в разработке нормативной и технической документации по комплексному применению цифровых технологий и их реализации на объектах строительства, реконструкции, капитального ремонта, ремонта и комплексного обустройства автомобильных дорог, лидером является Государственная компания «Российские автомобильные дороги».

В рамках этой статьи будут рассмотрены новые подходы по выполнению Программы комплексного развития транспортной инфраструктуры. Выделим основные направления при формировании единого информационного пространства автомобильных дорог:

- проведение предпроектного аудита инфраструктуры Заказчика;
- диагностика состояния автомобильных дорог;
- внедрение программного обеспечения в целях цифровой трансформации;
- обеспечение непрерывной актуализации базы данных с использованием нейросетевого анализа;
- формирование проектных информационных 3D-моделей объектов;
- разработка каталогизированных расчетных моделей несущей способности и долговечности, шумовых, тепловых и других воздействий;
- применение систем фото- и видеофиксации этапов реализации государственных договоров на выполнение работ по строительству, реконструкции, ремонтам дорог и объектов, в том числе с использованием беспилотных летательных аппаратов;
- использование автоматизированных систем подготовки и осуществления строительства, управления строительным контролем и авторским надзором, дорожно-строительной техникой;
- формирование геопространственных баз данных и геоинформационных систем управления автомобильными дорогами;

- создание систем автоматизированного дистанционного мониторинга накопления остаточных деформаций и тепло-влажностного режима в элементах дорожных конструкций.

Реализация проекта осуществляется в целях исполнения:

- Распоряжения Президента РФ от 18.05.2017 г. № 163 – РП о развитии отечественных геоинформационных технологий, программного обеспечения и баз данных.

- Постановления Правительства РФ от 13.02.2018 г. № 153 об обязательном оснащении транспортных средств категории М2, М3 и категории N, используемых для перевозки опасных грузов и пассажиров аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS.

- Постановления Правительства РФ № 1632-Р от 28.07.2017 г. «Об утверждении программы «Цифровая экономика РФ».

- Плана мероприятий по направлениям «Формирование исследовательских компетенций и технологических заделов», а также «Информационная инфраструктура», утвержденные Правительственной комиссией по использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности от 18.12.2017 г.

Цифровая трансформация автодорог включает в себя информационное моделирование транспортной инфраструктуры и создание единого координатного пространства для перехода к «умной дороге». Это предполагает мобильность (повышение скорости перевозок, объемов перевозок и их эффективность, развитие пользовательских сервисов, интеграция в транснациональные и национальные транспортные коридоры), безопасность (безопасность дорожного движения, транспортная и общественная безопасность, антитеррористическая защищённость) и эффективность многих элементов такой инфраструктуры (цифровизация государственных услуг, повышение мобильности граждан, ликвидация цифрового неравенства, расширение информативности дорожной обстановки за счёт навигационных услуг).

Для своевременного определения проблемных участков и анализа текущего состояния сети автомобильных дорог Государственной компанией «Российские автомобильные дороги» принят инновационный подход к управлению состоянием дорог, основанный на анализе их остаточного рабочего ресурса, включающего постоянный мониторинг транспортных потоков, и оценку фактического состояния дорожных конструкций на этапе эксплуатации с использованием современного высокопроизводительного оборудования. Все технологические процессы нормированы комплектом стандартов компании и осуществляются комплексом собственных современных передвижных лабораторий, оснащенных системами машинного зрения и лазерными сканерами. В 2018 году на ряде объектов применялось воздушное сканирование при помощи лазерных и интерферометрических сканеров. Развитие подходов на основе ВМ-технологий при выполнении строитель-



ства требует наличия на объекте единой системы координат, которая объединит 3D проект и 3D системы автоматизированного управления дорожно-строительной техникой (САУ ДСТ). Развитие ВОГС вдоль автомобильных дорог и сети референтных базовых станций ГЛОНАСС/GPS позволяет обеспечить координатную привязку в единой системе координат и обеспечить точность позиционирования, как 3D систем на машинах, так и отдельного транспорта (до 1 см для высотных отметок). На объектах Государственной компании «Автодор» при строительстве этапов а.д. М-11 «Москва-Санкт-Петербург», ЦКАД используются 3D системы управления машинами компаний Leica-Geosystems – геодезического подразделения Hexagon. При этом изыскатели, проектировщики и строители работают на объекте в единой системе координат. Региональный центр Hexagon Geosystems в России, занимается поставкой высокоточного измерительного оборудования и систем 3D САУ ДСТ на основе роботизированных тахеометров и точного спутниковых систем.

Подрядчики, которые используют подобные автоматизированные системы управления техникой на объекте, обеспечивают точную реализацию проектных решений и автоматизированное формирование накопительных ведомостей объемов работ.

Использование технологии спутникового позиционирования на основе систем ГЛОНАСС/GPS/BeiDou обеспечивает качественно новый уровень автоматизации работы строительной техники ведения практически всех видов дорожных и дорожной строительных работ, без трудоемкого процесса разбивочных работ, обеспечивая проектную точность и качество работ в любой точке проекта. Отметим, что на текущий момент установлено законодательно требование по использованию 3D САУ ДСТ на всех этапах строительства цементобетонных дорог. Оперативный контроль за отметками уровня земполотна позволяет начальникам участка организовать поставку материала в необходимом объеме, а также оптимизировать транспортную логистику. В индивидуальном порядке подрядчики внедрили на объекте BIM-системы, в которых оперативно обрабатываются данные о текущих стадиях строительства и ведётся рабочая исполнительная документация. При работе техники подрядчики оперативно получают информацию от непосредственных исполнителей на объекте используя технологии Leica ConX по сбору данных со строительных машин и геодезической службы в реальном времени. При необходимости корректировки проектного решения для оптимизации – они оперативно обновляют данные на всех машинах.

С 2018 года Государственной компанией «Российские автомобильные дороги» осуществлен переход на формирование комплексных цифровых дефектных ведомостей и разработку сметных расчетов для всех объектов ремонта ее автомобильных дорог. Реализует эту систему технология мобильного лазерного сканирования с автоматизированной подготовкой данных, необ-

ходимых для реализации проектных решений механизмами, оборудованными 3D САУ ДСТ.

Данная технология позволяет вдвое снизить объём проектной документации и кратно сократить время ее подготовки при не сопоставимо более высоком уровне достоверности. Основным преимуществом применения комплексных цифровых дефектных ведомостей является возможность выполнения строительно-монтажных работ с использованием системы автоматизированного управления дорожно-строительной техникой.

После камеральной обработки данных составляется сводная ведомость объемов работ, выполняется сметный расчет и формируются проектная поверхность дорожного покрытия и данные, необходимые для реализации проектных решений посредством механизмов, оборудованных 3D-системами автоматического управления дорожно-строительной техникой.

**Заключение.** Новые подходы к построению линейных участков транспортной инфраструктуры позволяют строить ВМ-модели автомобильных дорог, в которых учтены основные современные информационные технологии (сочетание спутниковой системы навигации, современной радиосвязи и электронной картографии и т. п.) [4]. Эффективность и успешность ВМ-модели автомобильных дорог в том, что на протяжении всего эксплуатационного периода она обрабатывает данные обо всех элементах транспортной инфраструктуры в едином пространстве, при этом проста и удобна в эксплуатации и обслуживании для пользователей [5]. При этом системы дистанционного автоматизированного «online» мониторинга всех параметров транспортно-эксплуатационного состояния дорожных конструкций в течение всего их жизненного цикла являются самым эффективным инновационным инструментом контроля и управления эксплуатационным состоянием. Положительный опыт реализации проектов на основе ВМ-технологий позволяет сделать вывод о возможности расширения их применения в целом в дорожной отрасли и формировании единого подхода к структуре и отраслевой библиотеке элементов цифровой модели автомобильной дороги.

### **Литература**

1. Бойков В.Н., Кузовлев Е.Г., Баранник С.В. ГИС автомобильных дорог в контексте парадигмы информационного моделирования (ВМ) [Электронный ресурс] // Дорожники. 2017. № 3(11). С. 66–69. URL: <http://dorogniki.com/wp-content/uploads/2017/09/web-%E2%84%96-3-11-2017-1.pdf>. (дата обращения 29.03.2019).
2. Росавтодор использует технологии «ИндорСофт» для работы с данными диагностики [Электронный ресурс]. URL: [http://indorsoft.ru/about/news/53944/?sphrase\\_id=384242](http://indorsoft.ru/about/news/53944/?sphrase_id=384242). (дата обращения 29.03.2019).
3. Баранник С.В. Обзор практических документов национального ВМ-стандарта США NBIMS-US V3 // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2017. № 1(8). С. 4–8. DOI: 10.17273/CADGIS.2017.1.1.
4. Шамраева В.В., Кузовлев Е.Г., Баранник С.В. Реализация геоинформационных систем в дорожной области как одного из направлений информационного моделирования //

Вестник компьютерных и информационных технологий. 2018. № 6(168). С. 20–26. DOI: 10.14489/vkit.2018.06.pp.020-026.

5. Шамраева В.В., Кузовлев Е.Г., Баранник С.В. Информационное моделирование и геоинформационные системы в дорожной области // Информационные технологии в науке, образовании и производстве: материалы международной научно-практической конференции / под ред. Ю.С. Руденко, Р.М. Кубовой, В.В. Шамраевой [Электронное издание]. М.: ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте». 2018. С. 437–444.

#### УДК 69.003.12

*Зусик Валентина Владимировна,*  
магистр архитектуры, BIM-менеджер  
*Кушнир Алексей Александрович,* рук. отдела  
информационного моделирования  
(ООО «СЕМРЕН И МОНССОН МОС»)  
*E-mail: Valentina.Zusik@semren-mansson.se,*  
*Alexey.Kushnir@semren-mansson.se*

*Zusik Valentina Vladimirovna,*  
Master of Architecture, BIM-manager  
*Kushnir Aleksey Alekandrovich,*  
Head of information modelling department  
(LLC SEMRÉN & MÅNSSON)  
*E-mail: Valentina.Zusik@semren-mansson.se,*  
*Alexey.Kushnir@semren-mansson.se*

DOI: 10.23968/BIMAC.2019.023

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ НА ЭТАПЕ КОНЦЕПЦИИ

### BUILDING INFORMATION MODELS DATA VISUALIZATION AND INTERPRETATION ON THE CONCEPT DESIGN STAGE

Лучшие примеры архитектуры создаются благодаря целостному мышлению и инновациям. Одной из прорывных технологий этого десятилетия стало информационное моделирование зданий, суть которого в использовании информации, ассоциированной с трехмерной моделью здания на всех стадиях жизненного цикла здания. Одной из самых важных стадий является стадия концепции (предпроекта), на основании данных которой закладывается фундамент будущей финансовой модели объекта, принимаются инвестиционные решения, происходит оценка вариантов, рисков и осуществимости проекта. Исходя из этого, критичной становится полнота и точность данных, на основании которых инвестор примет решение о переходе к планированию и реализации замысла. Работа описывает подход к управлению жизненным циклом здания (BLM – Building Lifecycle Management) с применением информационных моделей, реализованный в виде онлайн платформы BLM-Portal®, который в данный момент применяется в разработке проектов компании Semrén & Månsson на стадии концепции и проектирования.

*Ключевые слова:* BIM, BLM, информационное моделирование зданий, концепция, строительство, инвестиционные решения, управление стоимостью.

The best examples of architecture are created through holistic thinking and innovation. One of the breakthrough technologies of this decade is Building Information Modeling, as information associated with the three-dimensional model of the building at all stages of its lifecycle. One of the most important is the concept stage, which builds the base for the future financial model, investment decisions, assessment of the options, risks and feasibility of the project. In

this case, the completeness and accuracy of the data becomes critical. This article describes the approach to managing a lifecycle of the buildings (BLM – Building Lifecycle Management) with the use of information models implemented in the online platform of BLM-Portal. This solution is currently applied by Semrén & Månsson in the development projects at concept and design stages.

*Keywords:* BIM, BLM, concept, costs management, construction, investment decisions.

Общемировая тенденция в архитектуре – создание устойчивых решений, которые выдерживают испытание временем в экономическом, социальном и экологическом аспектах. Достичь этого невозможно без тесного сотрудничества с техническим заказчиком, опыта и постоянного стремления к инновациям. Именно так, благодаря целостному мышлению, создаются лучшие примеры архитектуры.

Одной из прорывных технологий этого десятилетия стало информационное моделирование зданий. В основе этой технологии лежат процессы, оперирующие массивом данных, ассоциированных с трёхмерной моделью здания.

Определение ВМ британского Комитета информации о строительных проектах (СРІс) является следующим: «...Цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта недвижимости, создающее общую базу знаний для получения информации о нем, образующую надежную основу для принятия решений в течение жизненного цикла, от самой ранней концепции до демонтажа» [1].

В России использование технологии ВМ как правило начинается со стадии «Проектная документация», когда ряд принципиальных решений уже принят. Опыт Швеции показывает, что применение ВМ на стадии концепции дает дополнительные возможности оценки параметров эффективности проекта для заказчика [2]. На стадии концепции (предпроекта) закладывается фундамент будущей финансовой модели объекта, принимаются инвестиционные решения, происходит оценка вариантов и осуществимости проекта. Исходя из этого, критичной становится полнота и точность данных, на основании которых инвестор примет решение о переходе к планированию и реализации замысла.

Статья описывает подход к управлению жизненным циклом здания (BLM – Building Lifecycle Management) с применением информационных моделей. Подход реализован в виде онлайн платформы BLM-Portal® и в данный момент применяется в разработке проектов компании Semrén & Månsson на стадии концепции.

Как уже было сказано, ВМ создает общую базу знаний в течении всего жизненного цикла объекта недвижимости. Однако это не единственная технология, которая может принимать участие в управлении объектом. В самом общем смысле для принятия решений нужны данные и их качественный анализ, и наряду с ВМ-моделью как объектно-ориентированной базой данных

можно использовать ГИС-системы [3], открытые источники муниципальных данных, базы данных типовых решений, базы производителей, системы управления строительством и эксплуатацией, данные корпоративных систем CRM [4] и ERP [5].

Поэтому разработанный подход базируется на понятии BLM и реализован в виде платформы, объединяющей данные BIM с системой бизнес-аналитики, а в перспективе и другими видами данных.

BLM (Building Lifecycle Management, Управление жизненным циклом зданий) – определенный подход ряд мероприятий, направленных на контроль, планирование, осуществление и корректировку действий, связанных с реализацией инвестиционно-строительного проекта на всех этапах жизненного цикла объектов строительства.

BLM реализует BIM уровня 3 согласно британскому стандарту PAS 1192-5:2015 [6] и предполагает использование интегрированных WEB-сервисов (рис. 1).

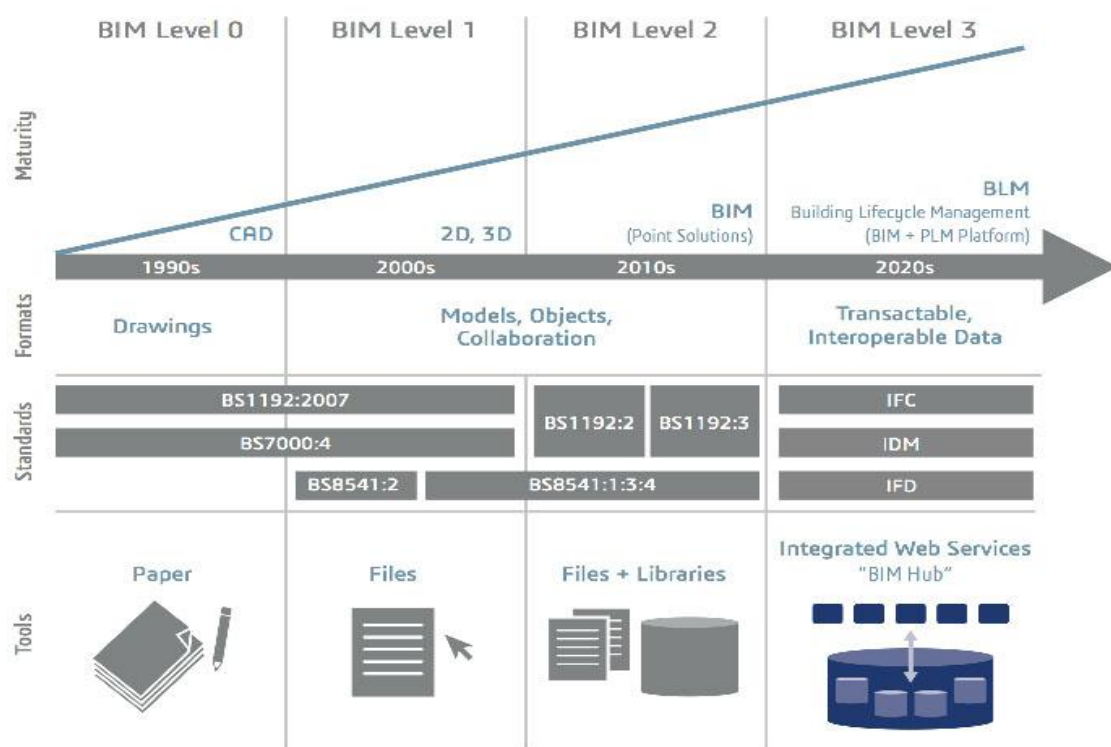


Рис. 1. Уровни развития BIM согласно PAS 1192-5:2015

В отрасли уже появляются примеры таких интегрированных решений – платформы управления жизненным циклом объекта разрабатываются компаниями Ecodomus, Symetri [7] и другими. Однако эти сервисы чаще всего охватывают только отдельную стадию жизненного цикла здания, например, эксплуатацию (Facility management).

В рамках рассмотрения жизненного цикла здания мы разработали целостный подход и используем следующую модель для описания использования информации на различных этапах ВЛМ:

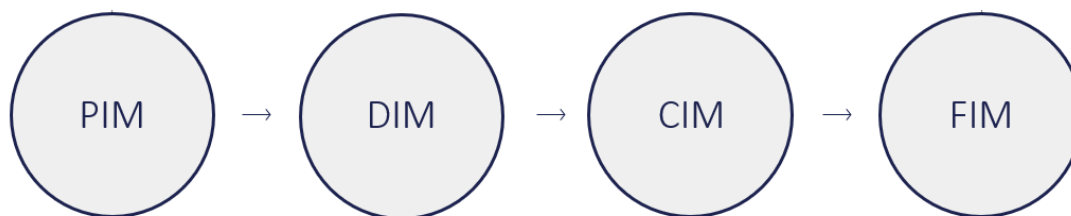


Рис. 2. Этапы Информационных моделей в жизненном цикле объекта

Представление здания на самой ранней стадии разработки проекта включает в себя **РІМ-модель (Program Information Model – Программно-информационная модель)**. РІМ-модель – информационная предпроектная модель, содержащая основную объемную концепцию здания в структуре застройки с необходимой информацией, с показателями, на которых будут основаны наиболее важные бизнес-решения.

На стадии РІМ происходят следующие процессы:

- анализ территории;
- анализ окружающей застройки;
- анализ пространств здания;
- анализ доступности среды;
- анализ ТЭП вариантов здания;
- визуальная коммуникация (визуализация, AR, VR);
- формирование инвестиционной модели.

**ДИМ-модель (Design Information Model – проектная информационная модель)** содержит соответствующий уровень представления информации и объектов, адаптированный к текущему этапу процесса проектирования. ДИМ-модель – продолжение РІМ-модели на уровне проекта стадии П или Р в соответствии с Техническими требованиями к передаче проектных данных (экспертизы, заказчика). Из модели заказчик получает чертежи и остальные данные, которые могут использоваться на строительной площадке.

На стадии ДИМ происходят следующие процессы:

- моделирование и разработка проектной и рабочей документации;
- устранение пространственных коллизий;
- детальный анализ ТЭП и стоимости;
- конструктивный и инженерный анализ;
- анализ соответствия нормам и правилам;
- планирование строительства;
- контроль изменений модели;
- анализ проектных ошибок;
- формирование библиотеки решений и компонентов;
- визуальная коммуникация (визуализация, AR, VR).

**CIM-модель (Construction Information Model – Информационная Модель Строительства)** является адаптированной моделью для строительных целей, используется на строительной площадке или как информационная модель для планирования строительства, получения объемов материалов, анализа и т. д.

На стадии CIM происходят следующие процессы:

- управление документацией;
- планирование строительства;
- моделирование процессов строительства;
- мониторинг процесса строительства и строительный контроль;
- оперативное управление и координация работ;
- оперативная отчетность;
- управление логистикой;
- финансовый контроль;
- назначение поставщиков и подрядчиков.

**FIM-модель (Facility Information Model – Эксплуатационная информационная модель)** представляет собой модель строительного объекта «как построено» (цифровой двойник), содержащую достаточную информацию и активы для эффективного и экономичного управления. FIM-модель должна быть легко доступна службе эксплуатации и часто обновляется, в соответствии с реконструкцией объекта и изменением информации по управлению активами.

На стадии FIM происходят следующие процессы:

- обращение к единому источнику документации;
- автоматизированное управление системами здания и мониторинг датчиков;
- планирование эксплуатационных работ;
- контроль эксплуатационных затрат;
- инвестиционный контроль.

Каждый из процессов определенного этапа в используемой модели жизненного цикла (PIM, DIM, CIM, FIM) связан с определенным массивом данных и их анализом для принятия текущих решений. Суть разработанной Semrén & Månsson онлайн платформы BLM-Portal<sup>®</sup> заключается в едином хранилище этих данных и интерфейсе для доступа к ним заказчика и других участников процесса управления проектом (рис. 3).

Начиная с этапа концепции, когда появляется образ будущего инвестиционного проекта, мы создаем информационную модель, содержащую технико-экономические параметры, необходимые для принятия инвестиционных решений и настраиваем личный кабинет. На портале объединяются данные информационных моделей, маркетинговых и технических свойств объектов, экономических и финансовых расчетов. Каждый этап мы рассматриваем в трех аспектах: техническом, маркетинговом и экономическом (рис. 4).

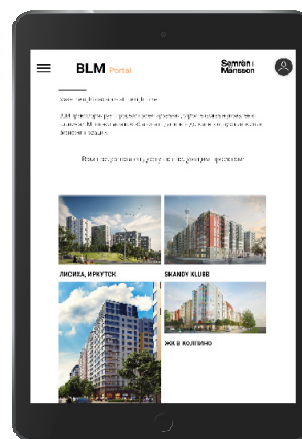
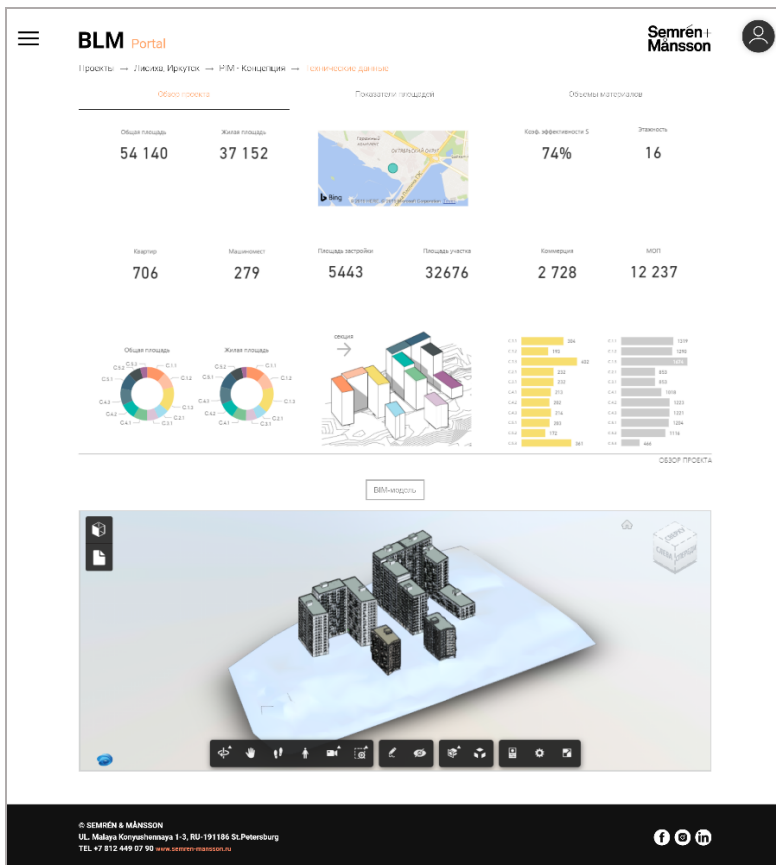


Рис. 3. BLM-Portal®

Проекты → Лисиха, Иркутск → PIM - Концепция



Технические данные



Маркетинг



Финансы



Проект Жилого комплекса Лисиха-3 в городе Иркутске уникален своим расположением на Верхней набережной реки Ангара. Одной из главных составляющих нашей работы с этим проектом являлась концепция благоустройства квартала и усиление преимуществ территории. Отправной точкой стало расположение жилого комплекса на стыке городской и природной среды. Проект содержит в себе лучшее от обеих зон. Мы привнесли ценности городской жизни: кафе, наземные парковки, магазины, открытые рыночные площадки. Со стороны реки благоустройство имеет уже парковый характер с длинными пешеходными маршрутами, выходящими к воде, местами отдыха и зонами для активных занятий. Пространства внутренних дворов раскрываются к реке для обеспечения прекрасного вида, но за счет грамотного зонирования сохраняется их приватный характер.

Дополняя существующий жилой дом, мы предложили градостроительное решение, сохраняя баланс застроенных и природных территорий, и при этом обеспечивая максимальную инсоляцию новых квартир и апартаментов. В планировочных решениях мы исходим из традиционного для нашей компании подхода – полуоткрытая гибкая функциональная структура, правильные формы комнат, обилие дневного света и большие семейные зоны. Дизайн фасадов – строгий и благородный с отделкой природных оттенков.

Рис. 4. BLM-Portal®



Технические данные включают в себя основные параметры: площади, коэффициенты, а также BIM-модель (рис. 5).

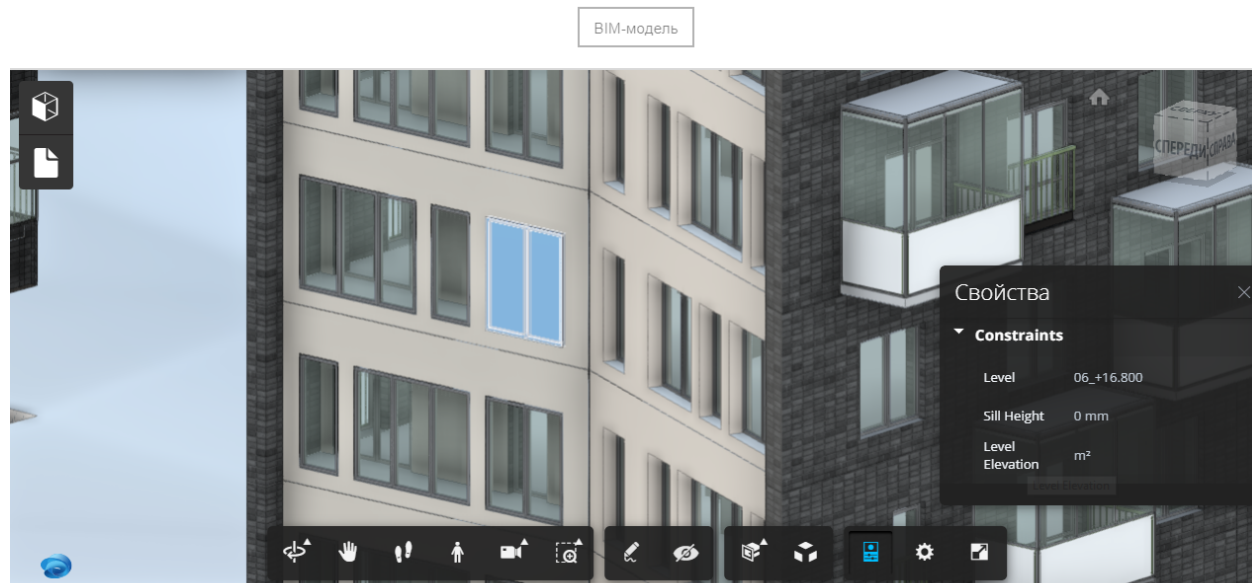


Рис. 5. BLM-Portal®

С точки зрения маркетинговых свойств жилой недвижимости, вводя различные параметры в BIM-модель, можно делить квартирографию, к примеру, посекционно или по сторонам света.

Все диаграммы на портале интерактивны и при взаимодействии с ними происходит фильтрация данных в разных проекциях, например, по секции жилого комплекса (рис. 6).

Проекты → Лисиха, Иркутск → РИМ - Концепция → Маркетинг

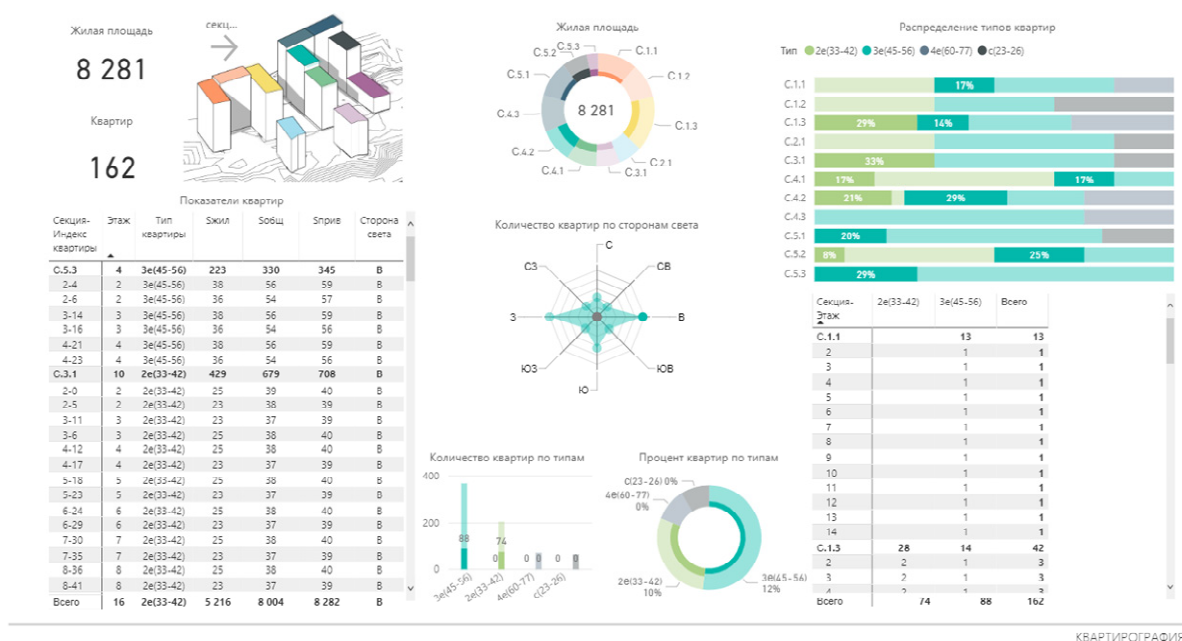


Рис. 6. BLM-Portal®

Отражаемые данные и представление могут варьироваться от проекта к проекту. Уже на этапе концепции мы можем получить объемы материалов для дальнейших расчетов (рис. 7).

Проекты → Лисиха, Иркутск → ПИМ-Концепция → Технические данные

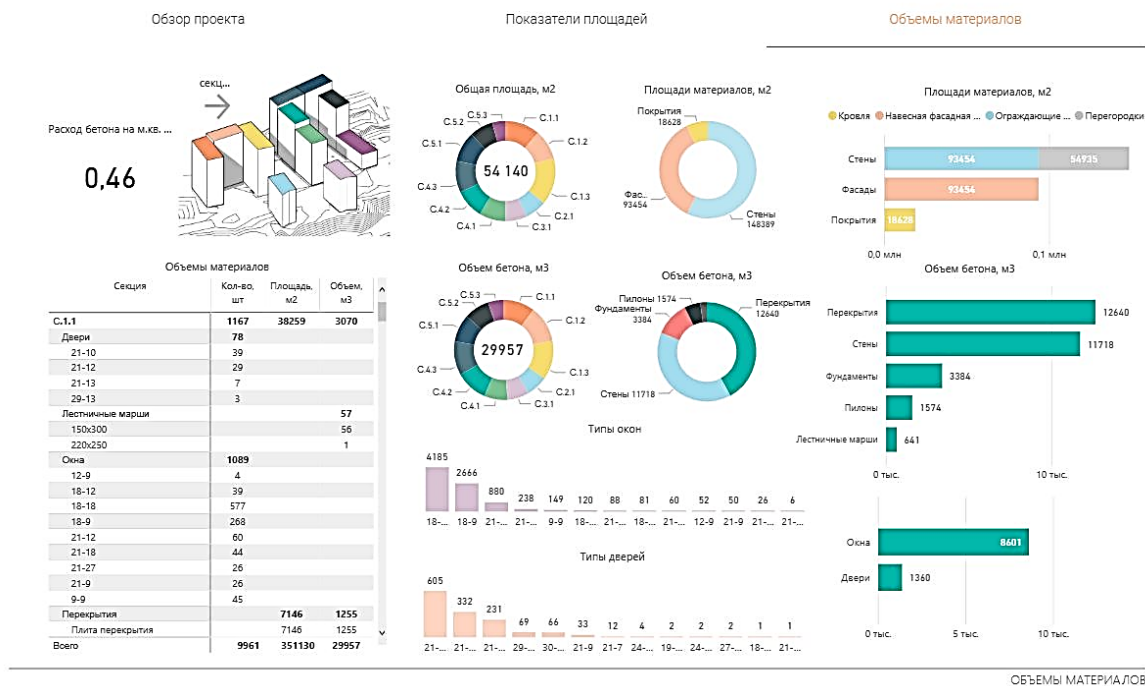


Рис. 7. BLM-Portal®

В финансовом блоке можно на ранних этапах рассчитать стоимость строительства, исходя из укрупненных расценок заказчика (рис. 8).

Проекты → Лисиха, Иркутск → ПИМ-Концепция → Финансы

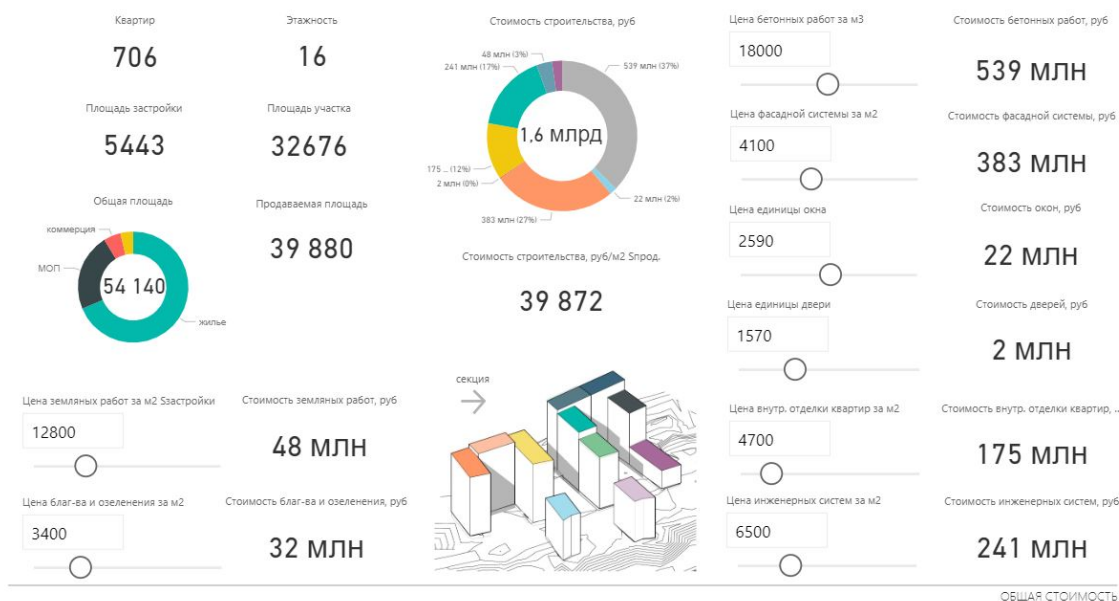
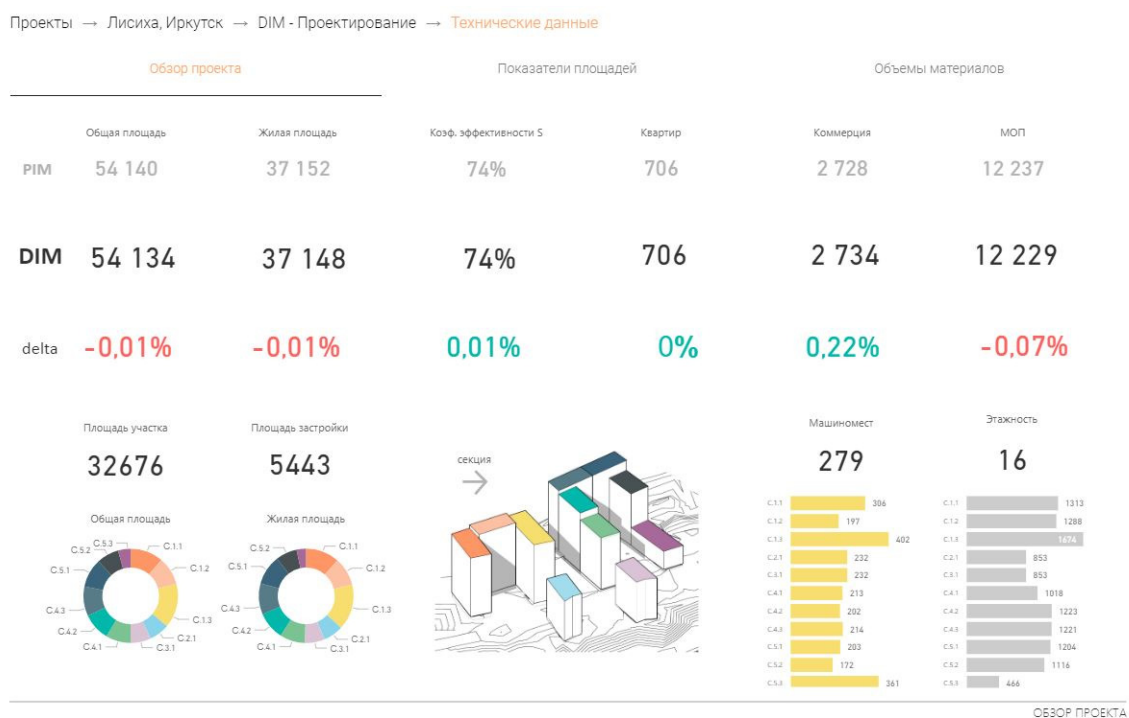


Рис. 8. BLM-Portal®

На следующих этапах развития объекта, дополняя портал данными проектной, строительной и эксплуатационной моделей, можно получить динамический анализ развития инвестиционно-строительного проекта. На основании этих данных выявляются критичные отклонения текущего состояния проекта от исходной инвестиционной модели (рис. 9).



Разработанная онлайн-платформа BLM-Portal® позволяет интерпретировать и визуализировать данные информационных моделей для лучшего понимания инвестором технико-экономических параметров инвестиционно-строительных проектов, а также предоставляет возможность отслеживать динамику развития объектов и контролировать отклонения, возникающие при переходе между различными этапами реализации проектов.

Перспективой развития подобных решений является накопление большого массива данных об объектах строительства и изменении этих данных в течении всего жизненного цикла. В будущем это дает возможность разработки на базе платформы систем предиктивной аналитики и даже автоматизации отдельных проектных задач средствами машинного обучения.

### Литература

1. Snook K. BRE. Drawing Is Dead – Long Live Modelling. URL: <https://www.cpic.org.uk/publications/drawing-is-dead/>. (дата обращения 21.02.2019).
2. Hungu C.F. Utilization of BIM from Early Design Stage to facilitate efficient FM Operations. URL: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/183268/183268.pdf>. (дата обращения 21.02.2019).

3. Andrews C. GIS and BIM Integration Leads to Smart Communities. URL: <https://www.esri.com/esri-news/arcuser/spring-2018/gis-and-bim-integration-leads-to-smart-communities>. (дата обращения 21.02.2019).

4. Preece Ch., Chong H.Y., Golizadeh H., Rogers J. A review of customer relationship (CRM) implications: benefits and challenges in construction organizations // International Journal of Civil Engineering. 2015. Vol. 13, No. 3. P. 362–371. DOI: 10.22068/IJCE.13.3.362.

5. Chen Y.-R.H., Tserng P. An Integrated Methodology for Construction BIM & ERP by Using UML Tool // 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 2017. URL: <https://www.iaarc.org/publications/fulltext/ISARC2017-Paper110.pdf>. (дата обращения 21.02.2019).

6. PAS 1192-5:2015 Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management. The British Standards Institution, 2015. URL: [http://www.bimireland.ie/wp-content/uploads/2015/08/BSI\\_PAS\\_1192\\_2\\_2013.pdf](http://www.bimireland.ie/wp-content/uploads/2015/08/BSI_PAS_1192_2_2013.pdf). (дата обращения 21.02.2019).

7. Symetry Addnode Group. <https://www.symetri.com/about-symetri/about-symetri/> (Дата обращения 21.02.2019)

#### **УДК 69.07**

*Корсун Наталья Дмитриевна,*  
канд. техн. наук, доцент  
*Простакишина Дарья Анатольевна,*  
аспирант  
(Тюменский индустриальный университет)  
*E-mail: korusnnd@tyuiu.ru,*  
*prostakishinada@tyuiu.ru*

*Korsun Natalia Dmitrievna,*  
PhD of Technology, Associate Professor  
*Prostakishina Daria Anatoliyevna,*  
post-graduate student  
(Industrial University of Tyumen)  
*E-mail: korusnnd@tyuiu.ru,*  
*prostakishinada@tyuiu.ru*

**DOI: 10.23968/ВМАС.2019.024**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ КОМПОНЕНТОВ**

### **SIMULATION OF THIN-WALLED PROFILES USING USER COMPONENTS**

Использование технологии ВМ-моделирования позволяет сделать процесс проектирования и управления проектом более эффективным. Одним из преимуществ использования данной технологии является упрощение процесса изменения параметров элемента. В частности, информация об элементах строительной конструкции автоматически выводится в спецификации, таким образом, ошибки пользователей при проектировании и внесении изменений в проектную документацию сводятся к минимуму. Однако, для корректной работы и эффективного использования функциональных возможностей системы необходимо создание базы пользовательских компонентов. Кроме этого, разработка пользовательских семейств элементов позволяет решать множество прикладных задач при их расчете. В данной статье рассмотрена возможность применения системы информационного моделирования при проектировании и расчете элементов из тонкостенных холодногну-тых профилей, используя программный комплекс Autodesk Revit. Целью работы является создание базы пользовательских компонентов, параметры которых содержат алгоритм расчета эффективных характеристик профилей в соответствии с методом, представленным в нормативной литературе по расчету тонкостенных профилей.

*Ключевые слова:* информационное моделирование, Autodesk Revit, пользовательские семейства, BIM-моделирование, тонкостенные профили, характеристики эффективного сечения.

The use of BIM-modeling technology makes the design process and project management more efficient. One of the advantages of using this technology is to simplify the process of changing the parameters of the element. In particular, information about the elements of the building structure is automatically displayed in the specification, thus, user errors in the design and changes to the project documentation are minimized. However, for correct operation and efficient use of system functionality, it is necessary to create a database of user components. In addition, the development of user element families allows us to solve many applied problems when calculating them. This article discusses the possibility of using an information modeling system for designing and calculating elements from thin-walled cold-formed profiles using the Autodesk Revit software package. The aim of the work is to create a database of custom components, the parameters of which contain an algorithm for calculating the effective characteristics of profiles in accordance with the method presented in the normative literature for calculating thin-walled profiles.

*Keywords:* information modeling, Autodesk Revit, user families, BIM-modeling, thin-walled profiles, effective section characteristics.

Технология BIM представляет собой создание информационной модели здания или сооружения, то есть представление объекта капитального строительства и каждого его элемента через совокупность, присвоенных ему характеристик и свойств [1].

Вопрос использования информационных систем на протяжении всего жизненного цикла объектов капитального строительства получил свое развитие в 2014 году на основании предписания о необходимости разработки и внедрения плана поэтапного внедрения систем информационного моделирования в строительство с возможностью последующей экспертизы проектных решений, реализованных с использованием данных технологий [2, 3]. Последующее введение нормативных документов, регламентирующих формирование информационной модели и систему работы специалистов [4, 5], а также Поручение президента Российской Федерации о переходе к системе управления жизненным циклом объектов капитального строительства, используя системы информационного моделирования, срок исполнения которого датируется 1 июля 2019 года, является подтверждением актуальности данного вопроса.

Множество программных комплексов, разработанных для BIM-проектирования, можно разделить на две категории: работающих по принципу закрытых и открытых BIM-систем. Так, открытая BIM-система реализована подходом OPEN BIM, инициированным компаниями GRAPHISOFT и Tekla, совместная работа специалистов, согласно данному подходу, осуществляется в различных программных комплексах через формат данных с открытой спецификацией – industry foundation classes (IFC). Примером закрытой системы является программный продукт Revit, разработанный компанией Autodesk

и реализующий в себе разработку всех разделов проектной документации, включая инженерные системы.

Одной из основных проблем при внедрении систем информационного моделирования является разработка базы пользовательских компонентов – шаблонов элементов, проектов, спецификаций и др., необходимых для эффективного функционирования процесса проектирования [6]. Данная проблема связана с тем, что системная база компонентов является весьма условной и не несет в себе необходимого количества информации.

Возможность создания графических и параметрических вариаций на основе одного объекта реализована в программном комплексе Autodesk Revit, данный вид компонентов называется пользовательским семейством. Создание пользовательских семейств в программном комплексе Revit реализовано через шаблоны типовых моделей, которые регламентируют связь данного семейства и уже существующих в данном проекте – системных, контекстных или пользовательских. Язык программирования и синтаксис формул позволяет решить большинство вопросов, связанных с динамическим изменением геометрических параметров и алгоритмизировать расчетные инженерные задачи.

В качестве объекта исследования принимается тонкостенный сигма-профиль, высотой сечения 300 мм, работающий на осевое сжатие. Выбор объекта исследования обоснован сложностью алгоритмизации расчета эффективных геометрических характеристик согласно нормативным документам [7].

Геометрия профиля осуществляется при помощи стандартной формы – выдавливание, первым этапом которой пользователем создается профиль элемента на выбранном виде, вторым – расстояние, на которое выдавливается данный профиль в перпендикулярной плоскости. Создание профиля и траекторий осуществляется при помощи простейших плоских форм. Такой подход целесообразен при необходимости аналитической модели элемента для дальнейшего использования его в проекте. В ином случае можно воспользоваться шаблоном семейства «Элементы узлов».

Для более корректной работы элемента создаются опорные плоскости, к которым блокировано привязываются части форм профиля, а сами плоскости параметрически связываются между собой.

Привязки к опорным плоскостям осуществляются при помощи линейных размеров, которым впоследствии присваивается параметр. Параметр может быть заблокированной величиной или заданной пользователем зависимостью, присвоен, как экземпляру, так и типу элементов в целом (рис. 1).

Параллельно создается ряд вложенных плоских семейств – заливки, необходимых для дальнейшего отражения эффективной ширины или толщины пластины. Размеры данных областей заливки назначаются с учетом эффективных характеристик сечения, то есть путем приравнивания эффективной ширины пластины к ширине цветовой области (рис. 2).

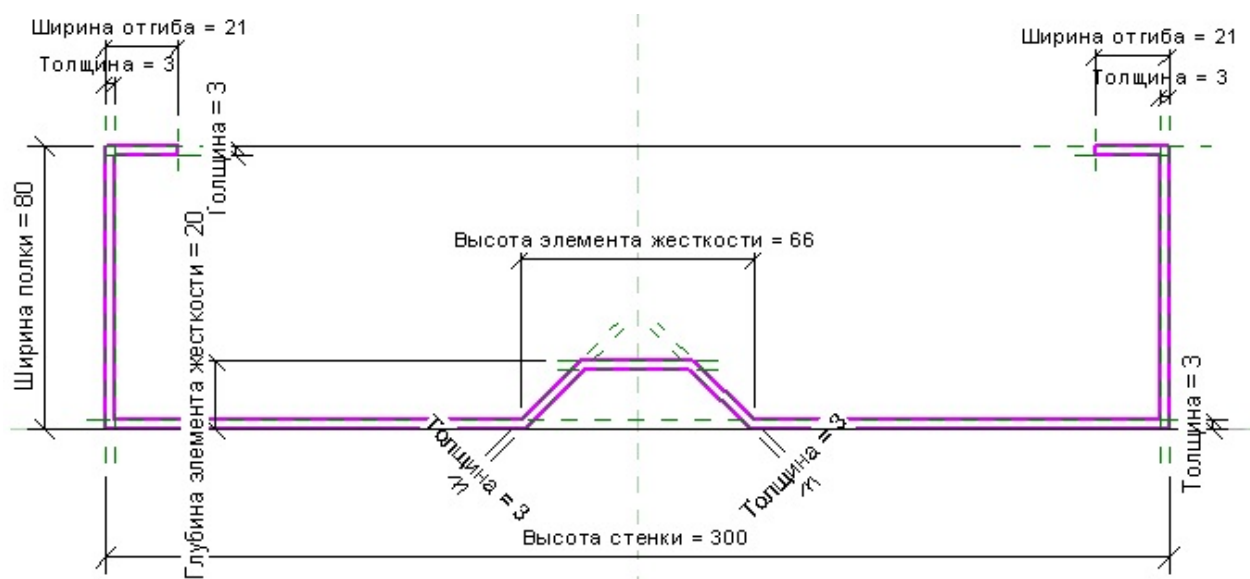


Рис. 1. Создание геометрической схемы профиля

Размеры	
Толщина	2.5
Эффективная ширина	36.9

Рис. 2. Определение параметров вложенного семейства заливки

Расчетные параметры определяются зависимостями согласно нормативной литературе для каждой из пластин сечения (рис. 3).

Таким образом, в основном семействе графически можно наблюдать эффективное сечение, геометрические характеристики которого определяются аналогично – путем введения дополнительных параметров (рис. 4).

Можно сделать вывод, что среда информационного моделирования, в частности использование пользовательских компонентов, позволяет решать не только общие инженерные задачи, но и содержащие алгоритмы расчетов элементов строительных конструкций.

Параметр	Значение	Формула
<b>Материалы и отделка</b>		
Материал несущих конструкций (по у	=	
Предел текучести стали	320.0	=
<b>Размеры</b>		
Высота стенки	300.0	=
Высота элемента жесткости	66.1	=
Глубина элемента жесткости	19.5	=
Длина (по умолчанию)	3000.0	=
Толщина	2.5	=
Ширина полки	80.0	=
Ширина свеса	29.8	= ((Высота стенки - Высота элемента жесткости) / 2 мм
Эффективная ширина полки	36.9	= Ширина полки * Коэффициент редукции для полки /
Эффективная ширина свеса	7.5	= Ширина свеса * Коэффициент редукции для свеса / 1
<b>Общие</b>		
Реальные напряжения сжатия в полке	280.0	=
Реальные напряжения сжатия в свесе	280.0	=
Реальные напряжения сжатия в стенке	280.0	=
<b>Прочее</b>		
Коэффициент k для полки	4.0	=
Отношение напряжений в полке	1.0	=
Коэффициент k для свеса	0.5	=
Коэффициент k для стенки	4.0	=
Отношение напряжений в стенке	1.0	=
Коэффициент редукции для полки	0.5	= (Условная гибкость пластины полки - 0.055 * (3 мм +
Коэффициент редукции для свеса	0.3	= ((Условная гибкость пластины свеса - 0.2 мм) / Услов
Коэффициент редукции для стенки	0.3	= (Условная гибкость пластины стенки - 0.055 * (3 мм +
Критическое напряжение для полки	59.3	= (Коэффициент k для полки * ((3.14 ^ (2)) * 210000 * (То
Критическое напряжение для свеса	19.9	= (Коэффициент k для свеса * ((3.14 ^ (2)) * 210000 * (Тол
Критическое напряжение для стенки	15.8	= (Коэффициент k для стенки * ((3.14 ^ (2)) * 210000 * (То
Условная гибкость пластины полки	2.3	= (Предел текучести стали / Критическое напряжение д
Условная гибкость пластины свеса	4.0	= (Предел текучести стали / Критическое напряжение д
Условная гибкость пластины стенки	4.5	= (Предел текучести стали / Критическое напряжение д
Условная гибкость сжатия полки	2.2	= (Реальные напряжения сжатия в полке / Критическое
Условная гибкость сжатия свеса	3.8	= (Реальные напряжения сжатия в свесе / Критическое
Условная гибкость сжатия стенки	4.2	= (Реальные напряжения сжатия в стенке / Критическо

Рис. 3. Определение расчетных параметров основного семейства

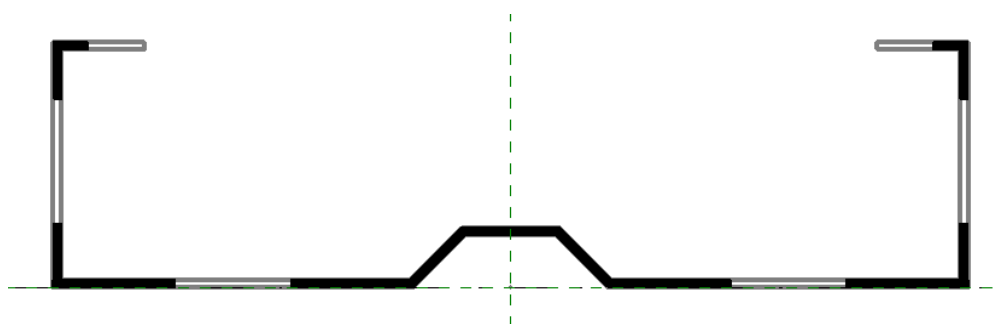


Рис. 4. Эффективное сечение элемента



## Литература

1. Шарманов В.В., Мамаев А.Е., Болейко А.С., Золотова Ю.С. Трудности поэтапного внедрения BIM // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 10(37). С. 108–120.
2. 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).
3. О внесении изменений в план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства, утвержденный приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации №926/пр от 29 декабря 2014 г.: приказ Минстроя России от 04 марта 2015 г. №151/пр. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=649560#0738077401196451>. (дата обращения: 05.04.2019).
4. СП 333.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2017. 33 с.
5. СП 301.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2017. 35 с.
6. Ожигин Д.А. Работа с параметрическими компонентами Autodesk Revit // САПР и графика. 2006. № 4. С. 86–90.
7. СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2016. 124 с.

**УДК 62-503.55:624.05:004.01**

*Крылов Алексей Дмитриевич,*  
инженер-экономист  
(АО «ЮИТ Санкт-Петербург»)  
*E-mail: Alexey.krylov@yit.ru*

*Krylov Aleksey Dmitrievich*  
Engineer  
(LLC “YIT Saint-Petersburg”)  
*E-mail: Alexey.krylov@yit.ru*

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019.025**

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ BIM В «ЮИТ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ»**

### **EXPERIENCE OF USING BIM IN LLC “YIT ST. PETERSBURG”**

Опыт «ЮИТ Санкт-Петербург» насчитывает более десяти лет внедрения BIM технологий. За это время был проделан путь от простого наложения чертежей с целью поиска пересечений до построения 5D моделей с отслеживанием всего цикла строительства до момента ввода в эксплуатацию. В статье кратко изложен поэтапный опыт внедрения BIM в деятельность компании, раскрыты простые приемы построения ПОС в 3D с привязкой к графику, описаны применяемые программы и некоторые «лайф-хаки» для ускорения работы.

*Ключевые слова:* ЮИТ, BIM, 5D моделирование, ПОС в 3D, ITWO, POS-клавиатура.

YIT St. Petersburg has more than ten years' experience of BIM implementation. During this time, the company has passed the way from a simple overlay of drawings in order to find intersections to building of 5D models with control of the whole construction cycle to the point of commissioning. The article briefly outlines the phased experience of introducing BIM into the company's activities, discloses simple techniques for preparing Construction management plan in 3D with reference to a progress schedule, describes the programs used and some "life-hacks" to speed up the work.

*Keywords:* YIT, BIM, 5D modeling, Construction management plan in 3D, iTWO, POS-keyboard.

Дигитализация [1] – мировой тренд развития бизнес-процессов, не обходящий и строительную сферу по средствам BIM технологий. Основными требованиями, предъявляемыми к ведению строительства, являются повышение качества, сокращение стоимости и сроков реализации проектов. Внедрение 4D и 5D моделирования в деятельность строительной компании – ключ к достижению экономии денежных средств, рационализации использования трудовых ресурсов и повышению прозрачности документооборота.

Концерн ЮИТ является международной компанией с более чем столетним опытом строительства. Сегодня ЮИТ работает в 11 странах (Финляндия, Россия, Норвегия, Дания, Швеция, Эстония, Чехия, Словакия, Польша, Литва и Латвия). В России ЮИТ работает в 7 регионах (Москва и Московский регион, Санкт-Петербург, Дон, Екатеринбург, Тюмень, Ростов-на-Дону). Наши направления деятельности включают в себя девелопмент и строительство жилья, коммерческих помещений, осуществление комплексной застройки территорий, возведение сложных объектов инфраструктуры и устройство дорожных покрытий.

История внедрения BIM в деятельность концерна ЮИТ насчитывает уже более 10 лет.

В 2000-х анализ отклонений стоимости реализованных проектов от планового бюджета строительства выявил необходимость снижения рисков в части проектирования, и инновации в сфере BIM проектирования подсказывали решение данной проблемы. Но на строительном рынке России на тот момент BIM проектирование не было представлено достаточно хорошо. В результате было проведено обучение сотрудников по подсчету объемов работ с помощью построения 3D моделей зданий.

В 2008 году внедрение BIM в ЮИТ представляло следующую модель:

- проектирование 2D силами подрядных организаций;
- построение 3D модели в ArchiCAD силами инженеров-сметчиков;
- подсчет объемов и стоимости работ;
- строительство объекта и сдача объекта в эксплуатацию.

Сопряжение ArchiCAD с сметными программами происходило по средствам модулей Constructor и Estimator (Vico Soft).

Построение моделей собственными силами компании подняло требования к технической грамотности персонала. Инженер-сметчик стал специа-

листом-смежником, так как помимо вопросов ценообразования специалистам пришлось решать задачи организационного и проектного характера [2].

Данная модель не предусматривала использование 3D на этапе строительства, так как теряла актуальность сразу после выхода рабочей документации (то есть сразу в момент начала производства работ). Тем не менее, это было началом внедрения связи «3D-объемы – деньги». Данный подход практикуется и сейчас в подрядном строительстве для расчета стоимости коммерческих предложений. Исключение возникновения ошибок в расчете объемов работ посредством BIM, несомненно, является конкурентным преимуществом ЮИТ.

С появлением большего числа проектировщиков, способных проектировать в 3D, в разных подразделениях ЮИТ появлялись новые и новые пилотные проекты в области внедрения BIM. Одним из таких проектов был жилой комплекс «Тапиола».

Особенности BIM-модели 2012–2013 года:

- проектирование AP в ArchiCAD и AutoCAD;
- конструктивные разделы в Tekla;
- инженерные разделы в MagiCAD;
- проверка пересечений в Solibri Model Checker.

На данном проекте была реализована привязка модели к графику строительства и визуализации раздела ПОС, что помогло существенно оптимизировать решения и сократить сроки строительства. С помощью 3D-ПОС были пересмотрены решения по расстановке и срокам начала/окончания монтажа башенных кранов, реализации временных дорог и складских площадок, пересмотрены сроки выполнения наружных сетей и шпунтового ограждения котлована. Также визуализация процесса строительства была использована и в маркетинге, путем публикации на сайте интерактивной слайд-презентации (рис. 1).

По мере развития BIM в разных подразделениях компании были внедрены элементы различных программных комплексов (Vikasoft, Tokoman, 1С и другие). В связи с системными различиями программ, сопоставление и сравнение эффективности проектов отнимало существенное количество трудовых ресурсов. Перед концерном встала задача объединения всего информационного потока в одной программе. Сравнительный анализ различных программных продуктов, с которым сталкиваются любые организации в момент выбора пути развития [3], показал самый эффективный выбор в пользу ITWO (рис. 2).

В данной программе реализована динамическая связь между объемами, графиком, реальными договорами и выполнениями субподрядных и генподрядных организаций.

BIM-модель ЮИТ с 2015 года:

- 3D проектирование силами проектных организаций;

- расчет объемов работ в ITWO;
- расчет стоимости строительства в ITWO;
- отслеживание графика строительства в ITWO;
- отслеживание физического выполнения в ITWO;
- отслеживание и прогнозирование затрат в ITWO.



Рис. 1. Визуализация реализации проекта с шагом 5 месяцев  
(ЖК «Тапиола», Санкт-Петербург)

Связь 3D-модели с графиком и сметой происходит посредством заданных шаблонных атрибутов. В ArchiCAD таким атрибутом становится слой, а в Revit – семейство материалов и свободно задаваемые атрибуты конструкций.

5D-моделирование поставило прозрачность документооборота компании на новый уровень, так как все документы – сметы к договорам, акты выполненных работ, ведомости материалов, наряд задания для рабочих имеют прямую связь с проектной 3D-документацией. Также любое изменение в графике отражается на финансовых показателях проекта (рис. 3).

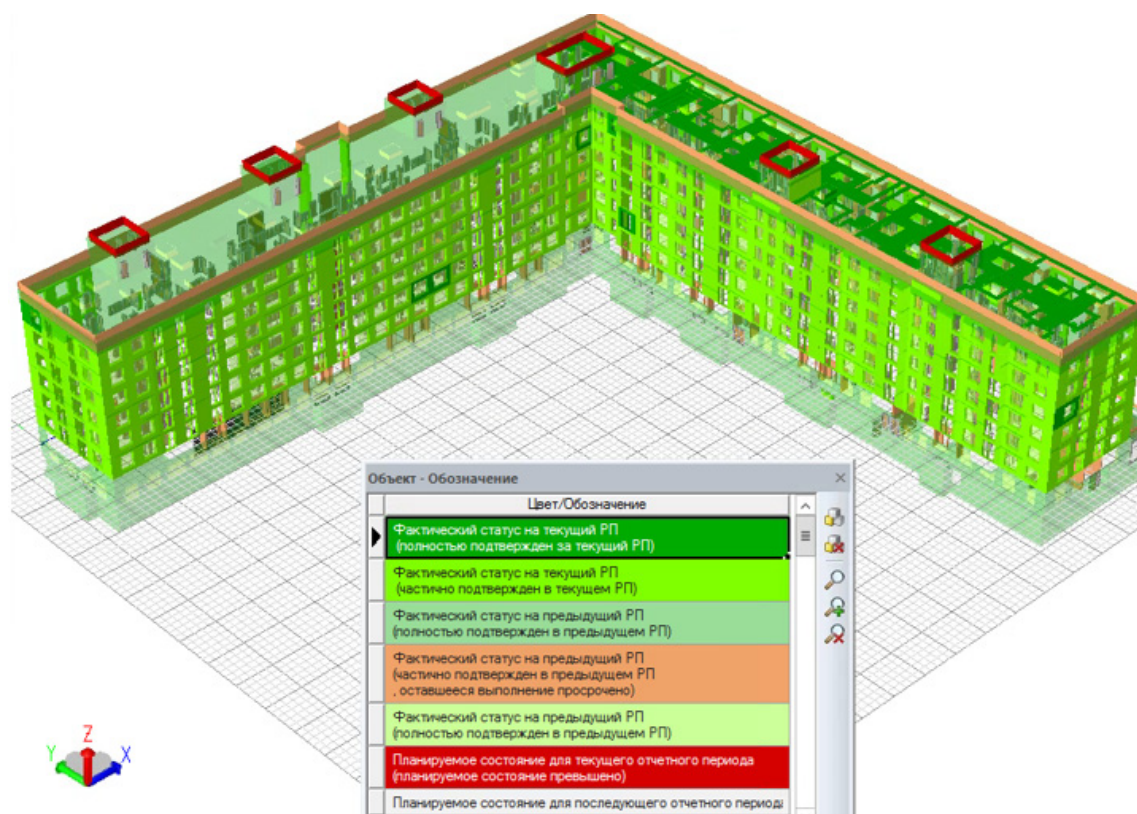


Рис. 2. Индикация выполненных работ на 3D-модели в ITWO (проект «Инкери», г. Пушкин)

В настоящий момент все проекты ЮИТ строятся с применением 5D-моделирования, и работа над внедрением и модернизацией инструментов никогда не прекращается. Типизация проектных решений и бизнес-процессов – ключ к автоматизации, а, следовательно, к сокращению трудозатрат и экономии времени персонала. Использование накопленных знаний о стоимости и сроках строительства для расчета новых проектов позволяют «замкнуть» цикл BIM моделирования в части поиска эффективных и финансово обоснованных решений.

№	Краткое описание	Ед	Кол-во AQ	BQ в BP	BQ за BP	IQ в RP	IQ за RP	SQ в RP	SQ за RP
3.	Локальная смета №2 (ДСЗ) Монолитные работы нулевого цикла								
3.1	Устройство фундаментной плиты (работа, материалы для опалубки)	м3	2 135,000	0,000	2 135,000	0,000	2 134,999	0,000	2 135,000
3.2	Устройство фундаментной плиты (бетон В30)	м3	2 220,000	0,000	2 220,000	0,000	2 219,999	0,000	2 220,000
3.3	Устройство фундаментной плиты (арматура)	т	355,520	0,000	355,520	0,000	355,516	0,000	355,520
3.4	Устройство стен подземного этажа (работа, материалы опалубки)	м3	630,000	100,000	469,760	310,000	483,000	271,668	630,000
3.5	Устройство стен подземного этажа (бетон В30)	м3	655,200	104,000	488,540	322,720	502,640	282,535	655,200
3.6	Устройство стен подземного этажа (арматура)	т	47,160	10,530	34,270	26,264	36,810	20,336	47,160
3.7	Устройство стен подземного этажа (армирующие каркасы)	т	48,980	18,128	46,220	35,320	48,968	21,121	48,980
3.8	Устройство плиты перекрытия подвала (работа, материалы опалубки)	м3	704,000	100,000	360,000	286,080	366,080	480,422	704,000
3.9	Устройство плиты перекрытия подвала (бетон В25)	м3	732,000	104,000	374,400	297,440	380,640	499,530	732,000

Рис. 3. Сопоставление планируемого, физического и подписанного выполнения

Последние изменения в 214 ФЗ [4], ограничивающие использование денежных средств дольщиков для финансирования строительства, диктуют требования к более детальной проработке проекта до начала финансирования строительно-монтажных работ. Модель, к которой стремится ЮИТ – заблаговременное и последовательное проектирование ПД и РД до начала строительства.

В нынешних реалиях, сокращение времени проектирования становится вдвойне актуальным. Данную цель можно достигнуть также с применением простых технических решений – применением трэк-болов, графических планшетов и POS-клавиатур [5]. Запись макрокоманд на клавиши POS-клавиатуры существенно увеличила производительность при построении 3D-модели, а также нашла применение в использовании сторонних программ.

### **Литература**

1. Татаринев Т. Цифровизация строительной отрасли: Место России в мировых тенденциях на примере контроля строительства. URL: <https://sapr.ru/article/25580> (дата обращения: 18.03.2019).

2. Бахарева О.В., Кордончик Д.М. Исследование интеграционных процессов ВМ-инновационной среды в реальном секторе экономики региона // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 97–102.

3. Давыдов Н.С., Придвижкин С.В., Белькевич А.В. Внедрение ВМ-технологий в части ценообразования посредством использования систем автоматизации выпуска сметной документации // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 8–13.

4. Законопроект № 581453-7 О внесении изменений в Федеральный закон «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации, 2018. №53, ч. 1. ст. 8404. URL: <http://vote.duma.gov.ru/vote/106368>. (дата обращения: 18.03.2019).

5. Использование программируемых POS-клавиатур в AutoCAD, NanoCAD и т. д. URL: <https://dwg.ru/pub/23> (дата обращения: 18.03.2019).

### **УДК 69.04, 004.942**

*Мальцев Владимир Львович,*  
старший преподаватель  
(Тюменский индустриальный университет)  
*E-mail: maltsev\_vl@inbox.ru*

*Maltsev Vladimir Lvovich,*  
Senior Lecturer  
(Industrial University of Tyumen)  
*E-mail: maltsev\_vl@inbox.ru*

**DOI: 10.23968/VIMAC.2019.026**

## **ОПЫТ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ВНЕДРЕНИЯ ВМ-ТЕХНОЛОГИЙ**

### **EXPERIENCE OF THE PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF BIM TECHNOLOGIES**

В статье раскрыта одна из причин задержки внедрения ВМ-технологий в строительную отрасль. Она заключается в неверной трактовке понятия «Умный город». Это тормозит программу цифровизации России. Изложен опыт разработки программных

и программно-аппаратных комплексов для автоматизации создания модели города. Опыт такой работы проводится в ходе реализации стратегического проекта «Smart City» в Тюменском индустриальном университете, а также в ходе проектного обучения. Отмечается, как важнейший момент, привлечение к данной разработке крупнейших игроков строительного рынка города.

*Ключевые слова:* информационное моделирование зданий, BIM-технологии, проектирование, возведение зданий, эксплуатация зданий, умный город, BIM-модель.

The article reveals one of the reasons for the delay in the implementation of BIM-technologies in the construction industry. It lies in the wrong understanding of the concept of "Smart city". This hinders the program of digitalization of Russia. The experience of development of software and hardware-software complexes for automation of creation of city model is stated. The experience of such work is carried out during the implementation of the strategic project "Smart City" at the Tyumen industrial University, as well as during the project training. It is marked as the most important moment, attraction to this development of the largest players of the construction market of the city.

*Keywords:* building information modeling, BIM-technologies, design, construction of buildings, operation of buildings, smart city, BIM-model.

Указом президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 “О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы” [1] и утвержденной программы цифровой экономики [2] были обозначены основные направления цифровизации РФ. Одно из важнейших направлений – это цифровизация управления городским хозяйством. Сама по себе парадигма этого направления давно известна и кратко называется «Умный город». Большинство людей под умным городом понимает некое масштабированное понятие «Умный дом», но это далеко не так. К сожалению, понятие «Умный город» во много раз сложнее, чем понятие «Умный дом». Это объясняется прежде всего тем, что задачи, решаемые на уровне «Умный город» на порядки сложнее задач «Умного дома». Тем не менее, бытует устойчивое мнение, что умный город – это еще больше, чем в умном доме, датчиков, видеокамер, сигнальных систем, которые за всем следят.

Получается примерно так: больному поставили датчик температуры, который связан с системой инъекции жаропонижающего. Как только повышается температура, система срабатывает и происходит впрыск инъекции. Это борьба с симптомами, а не с причинами.

Проблемы управления городом возможно решать только одним путем. Этот путь – создание подробной модели, сбора информации, анализа проблем и поиска технологий по их решению согласно требованиям [3]. Этот вопрос уже поднимался автором в [4]. На сегодняшний день, для создания полноценной модели города не существует никаких других инструментов, кроме BIM-технологий. Однако план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства, анонсированный Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства [5], предусматривает в основном внедрение BIM-технологий в так называемое новое строительство. На рис. 1 приведена

упрощенная схема создания умного города. По ней видно, что моделирование нового строительства – это только часть работы.

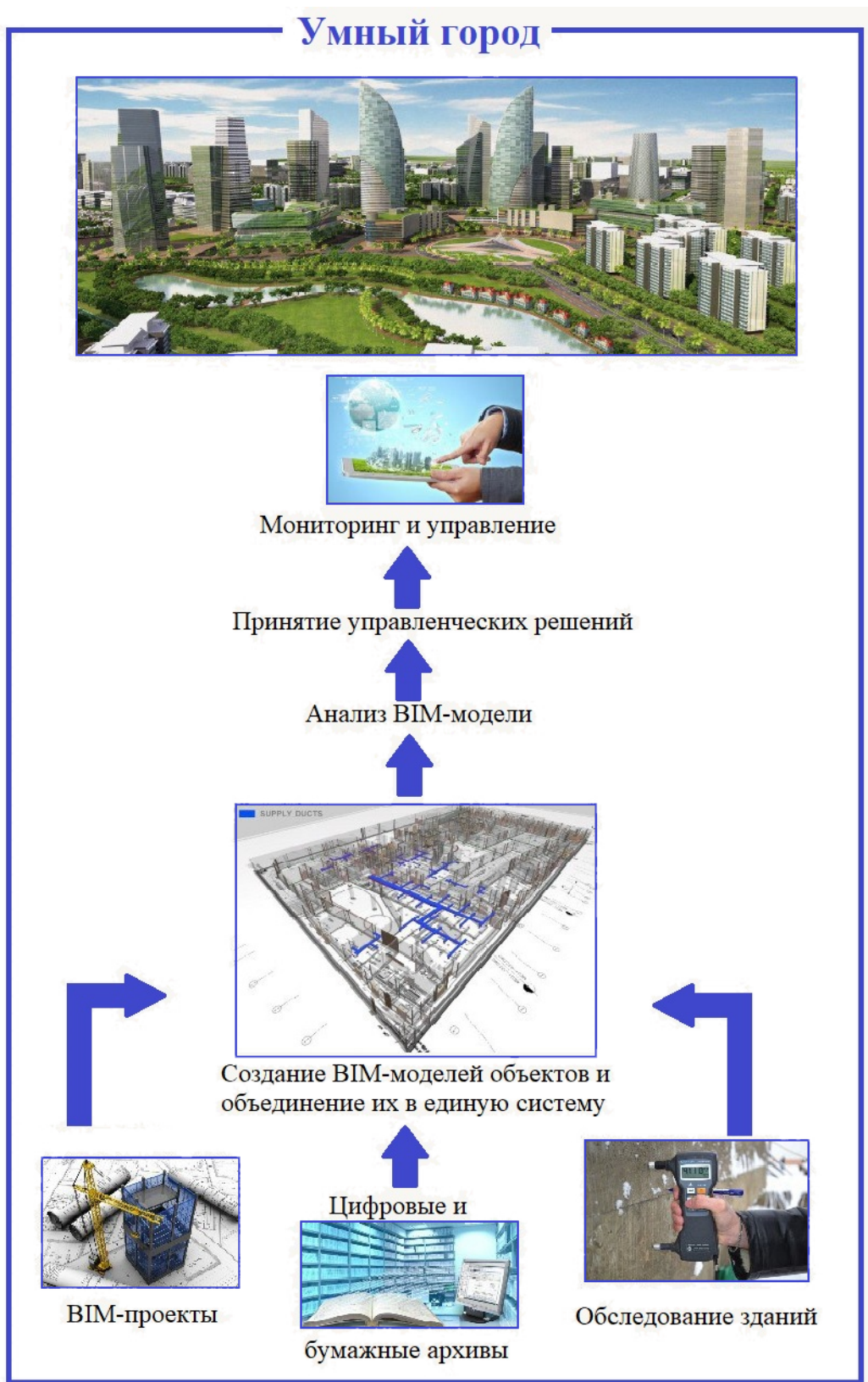


Рис. 1. Упрощенное представление схемы «Умный город»



В рамках стратегического проекта «Smart city» Тюменский индустриальный университет занимается решением проблем цифровизации управления муниципальным хозяйством. Для внедрения BIM-технологий в процесс моделирования города в рамках проектного обучения созданы студенческие творческие коллективы. Два из них работают над внедрением BIM-технологий в моделирование городского хозяйства.

Первый коллектив работает над программно-аппаратным комплексом по обмерам зданий. Создаваемый комплекс отличается от зарубежных аналогов не только более низкой стоимостью. Основная идея комплекса – создать образ, который можно будет потом конвертировать в BIM – модель наиболее популярных систем проектирования, таких как Autodesk Revit, Tekla Structures, ArchiCAD и др.

Второй коллектив занимается разработкой модуля конвертирования 3d модели, полученной в результате работы программно-аппаратного комплекса, описанного выше в среду разработки BIM-модели здания. Кроме того, программный комплекс предназначен для создания приложений для конечного пользователя, т. е. представляет из себя инструментальное средство. Результат работы – BIM-модель существующего здания. Будучи помещенной в мобильное приложение, модель станет настольной информационной базой данных эксплуатационника. Она позволит составлять и контролировать график ремонтов, составлять дефектные ведомости и многое другое. Набор функций системы разрабатывается в тесном контакте с крупнейшими застройщиками и эксплуатационными компаниями города.

Для этого в рамках проекта SmartCity проводятся круглые столы и консультации с отдельными застройщиками.

Следует отметить, что продвижение проекта представляет известные трудности. Идея оказалась настолько инновационной, что для нее еще не сформировался рынок. Казалось бы, самыми заинтересованными в создании кадастровой и технической документации на объекты недвижимости должны быть работники Росреестра, но это не так. На словах работники Росреестра поддерживают любые инновации, но реально Росреестр не заинтересован в развитии института технических и кадастровых паспортов. И это не смотря на то, что государство активно занимается правовым регулированием в области объектов недвижимости [6]. Дело все в том, что вся документация достается Росреестру бесплатно, и используется, по сути, только для определения текущей стоимости объекта для целей налогообложения или купли-продажи. Возникла новая задача – продвижение продукта на рынке. Таким образом, задача кристаллизовалась в двух составляющих: программно-аппаратный комплекс по созданию информационных моделей зданий и продвижение проекта на рынке. Для продвижения проекта на рынке было решено привлечь стейкхолдеров, т. е. предприятия, заинтересованные в продвижении на рынок новых товаров и услуг. Всего привлечено 2 стейкхолдера: первый предоставляет оборудование, второй – ведет переговоры с застройщиками и организует

подряды. Ведутся переговоры с третьим стейкхолдером для работ по подготовке студентов к выполнению подрядов.

Таким образом, нам удалось не только найти решения по внедрению ВІМ-технологий в строительную отрасль, но и принять участие в формировании новой ниши строительного рынка, а именно создание новых кадастровых паспортов, которые будут не только документом в архиве, но и настольным документом эксплуатационных организаций.

### **Литература**

1. 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.

2. 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).

3. СП.301.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. М.: ФГУП ЦПП, 2017. 32 с.

4. Мальцев В.Л. Из опыта внедрения ВІМ-технологий // ВІМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 35–40.

5. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 декабря 2014 года N 926/пр «Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» URL: <http://www.minstroyrf.ru/docs/2663/> (дата обращения: 27.02.2018).

6. Федеральный закон от 24.07.2007 N 221-ФЗ (ред. от 06.03.2019) «О кадастровой деятельности» // СЗ РФ. 2019. № 10. ст. 892. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_70088/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_70088/). (дата обращения: 27.02.2018).

### **УДК 72.02**

*Мустафин Айнур Мунирович*, студент  
*Ахтямов Ильнар Ингельевич*, доцент  
(Казанский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: [mustafinainur@gmail.com](mailto:mustafinainur@gmail.com),  
[e.achti@gmail.com](mailto:e.achti@gmail.com)

*Mustafin Ainur Munirovich*, student  
*Akhtiamov Inar Ingelevich*, Associate Professor  
(Kazan State University of  
Architecture and Engineering)  
E-mail: [mustafinainur@gmail.com](mailto:mustafinainur@gmail.com),  
[e.achti@gmail.com](mailto:e.achti@gmail.com)

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019.027**

## **СТРАТЕГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЛОКОВ В ПРОГРАММЕ RHINOCEROS В СВЯЗКЕ С GRASSHOPPER ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ФАСАДНЫХ РЕШЕНИЙ**

## **BLOCK STRATEGIES IN RHINOCEROS WITH GRASSHOPPER PLUGIN FOR OPTIMIZATION OF FACADE STUDIES**

Данная статья раскрывает разные цифровые стратегии использования блоков в программной среде Rhinoceros в связке с плагином Grasshopper, которым пользуются многие известные мировые архитектурные бюро, такие как Zaha Hadid, UNStudio, 3XN,

Coop Himmelblau. Так же данная статья раскрывает понятие блока в 3D моделировании, достоинства данной технологии, почему она до сих пор занимает лидирующие позиции на рынке программных обеспечений в 3D моделировании и ее недостатки. В статье так же описывается спектр применения данной технологии.

Как данные возможности этой технологии отражаются на всей индустрии, и как меняется качество архитектуры в целом и фасадных решений в частности.

*Ключевые слова:* геометрический блок, Rhinoceros, Grasshopper, замена блока, матрица, скрипт.

This article provides with different digital strategies how blocks can be used in Rhinoceros software with Grasshopper plugin and which right now are being used by well-known architecture firms such as Zaha Hadid Architects, UNStudio, 3XN Architects, Coop Himmelblau. This article also gives an introduction to block definition in 3D modeling, its advantages, why it is still one of the most popular tools in architects' arsenal on a wide 3D market and its disadvantages.

This article also gives an explanation how this technology changes the industry and the quality of architecture in the world, and the quality of facade variations in particular.

*Keywords:* geometry block, Rhinoceros software, Grasshopper, block replacement, matrix, script.

Появление новых программных обеспечений на рынке 3d моделирования и проектирования ознаменовало новую эру для архитекторов. Но в то же время оно поставило сложную, иногда не до конца осознаваемую проблему управления комплексной моделью перед самими архитекторами.

Эта проблема остается актуальной на уровне любых этапов проектирования здания: этап создания первоначального прототипа, этап создания планировки, этап создания и тестирования фасадов, этап анализа модели со смежными специалистами, этап подготовки модели для визуального сопровождения проекта.

Неверные технологические решения приводят к значительному падению производительности таких программ, делая невозможной его работу в более сложных проектах.

Такая ситуация порождает вторую проблему: дублирование обработки информации на нескольких этапах проектирования, а также избыточное использование оперативной памяти рабочей станции.

В статье предложены методы увеличения производительности на примере использования технологии блоков в программной среде Rhinoceros в целом и оптимизация фасадных решений в частности в связке с плагином Grasshopper.

Геометрический блок не является чем-то новым в 3D-моделировании, благодаря широкому спектру различных плагинов и программ данная технология продолжает обеспечивать высокой эффективностью контролирование большого количество элементов [1]. В то время как на рынке появляются новые способы кастомизации массивов, эффективные стратегии использования блоков по-прежнему уменьшают стоимость большинства проектов обеспечивая фабрикацию однотипных элементов для стадии строительства.

«Блок» – это образец цифровой геометрии, который подгружается в файл, все копии данного блока сохраняют информацию первоначальной геометрии, и при необходимости полностью меняются с изменением оригинальной геометрии. При создании высоко-детализированных моделей, диапазон и сложность отдельных элементов может быть чрезвычайно высокой, организация и изменение такого диапазона элементов может быть трудной и потребует огромного количества времени. Для упрощения таких моментов, в проект могут внедряться блоки. Блоки обеспечивают smart регулирование повторяющихся объектов в файле [1].

Двумя главными преимуществами блоков являются способность изменять неограниченное количество копий объекта, а также организовывать большое количество повторяющихся геометрических элементов в продвинутые системы гораздо проще и быстрее чем использовать геометрические элементы по отдельности.

Для внедрения и организации блока, могут использоваться полностью «ручные» способы, или же обычно их называют мануальные. Блоки могут быть внедрены в Rhino файл по отдельности в данном случае. Как альтернатива данному способу блоки могут быть организованы с помощью таблицы Excel или же могут быть созданы полностью процедурно в среде Grasshopper как скрипты и аттракторы. Каждый метод несет как преимущества, так и недостатки.

Использование Excel матриц позволяет точное управление и легкий обзор всей системы, но в тоже время сковывают развитие кластера в более продвинутую систему. Например, в совместном проекте Light House в городе Архуз (Дания) архитектурного офиса UNStudio и 3XN Architects множество различных элементов фасада таких как балконы, окна, балюстрады были созданы и определены как Rhino-блоки (рис. 1) [3]. Чтобы контролировать распределение этих самых элементов, был создан небольшой скрипт, позволяющий работать в связке с Excel матрицей. В специально созданной таблице Excel каждая ячейка показывала отдельные зоны фасада (рис. 2) [2].

С помощью параметрических методов, огромные объёмы данных могут быть использованы для контроля процесса моделирования. Одним из самых часто применяемых параметрических методов является анализ траектории солнца, который в последствии может быть использован для оптимизации фасадной структуры, нахождение теневых участков, увеличение инсоляции, но тщательный контроль деталей может быть утерян. Поэтому на практике различные методы могут комбинироваться для достижения наиболее высоких результатов благодаря сильным сторонам отдельных методов.

При использовании блоков для создания фасада, который содержит множество различных элементов, вариации блоков могут быть трансформированы в визуальные эффекты.

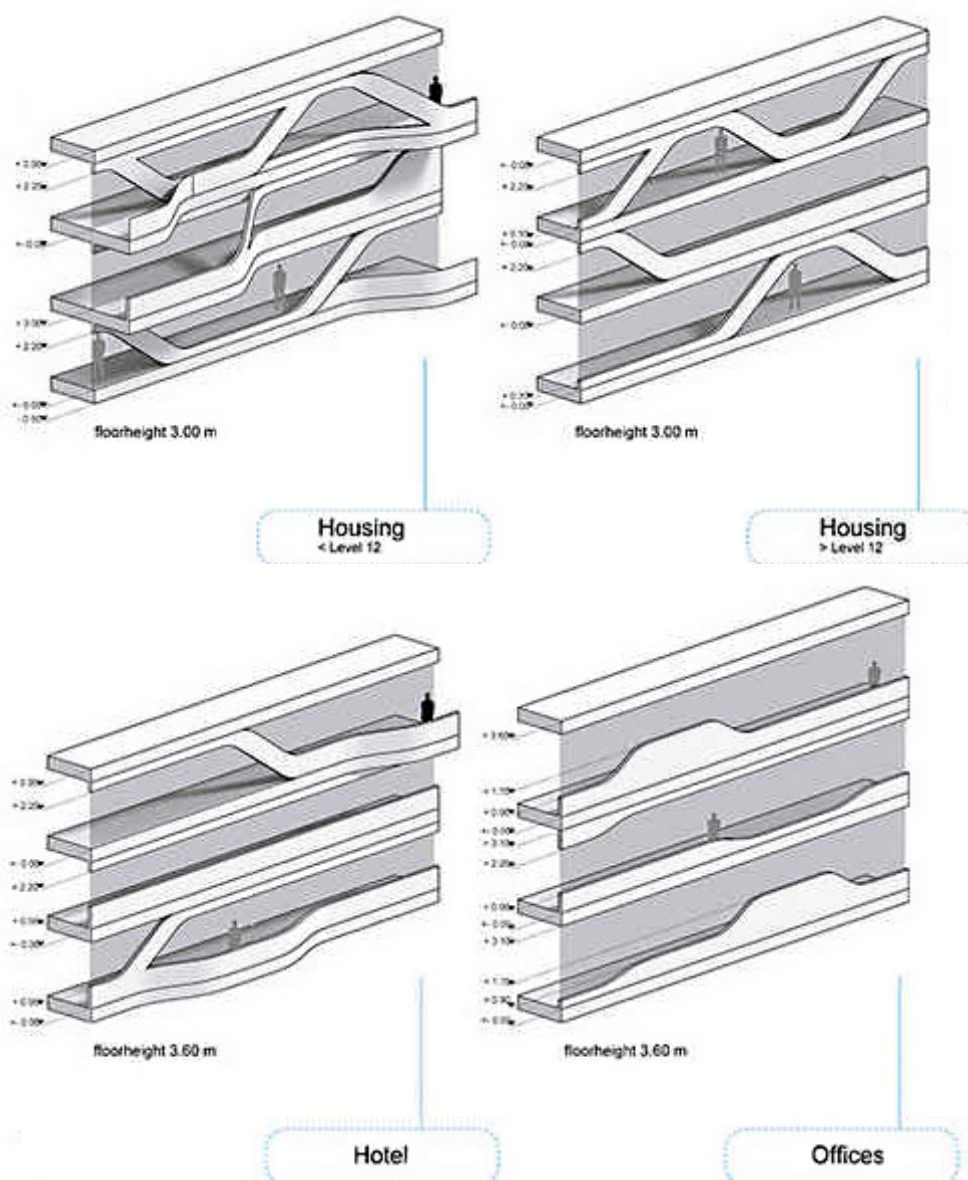


Рис. 1. Rhino-блоки

Данные возможности можно увидеть в проектах голландского архитектурного офиса UNStudio. Для проекта общественного здания в Токио они использовали кластеры блоков, которые были организованы в сложную визуальную систему (рис. 3).

Благодаря плагину Grasshopper появляется возможность создания различных паттернов для фасадов и возможность автономного распределения блоков по поверхности фасадной геометрии. При создании блока непосредственно в Grasshopper можно подчинить диапазон вариации блоков траектории движения солнца, или же распределить с помощью компонента Image sampler подгружая заранее подготовленный рисунок в графическом редакторе в среду Grasshopper (рис. 4) [4].



Рис. 2. Проект Light House

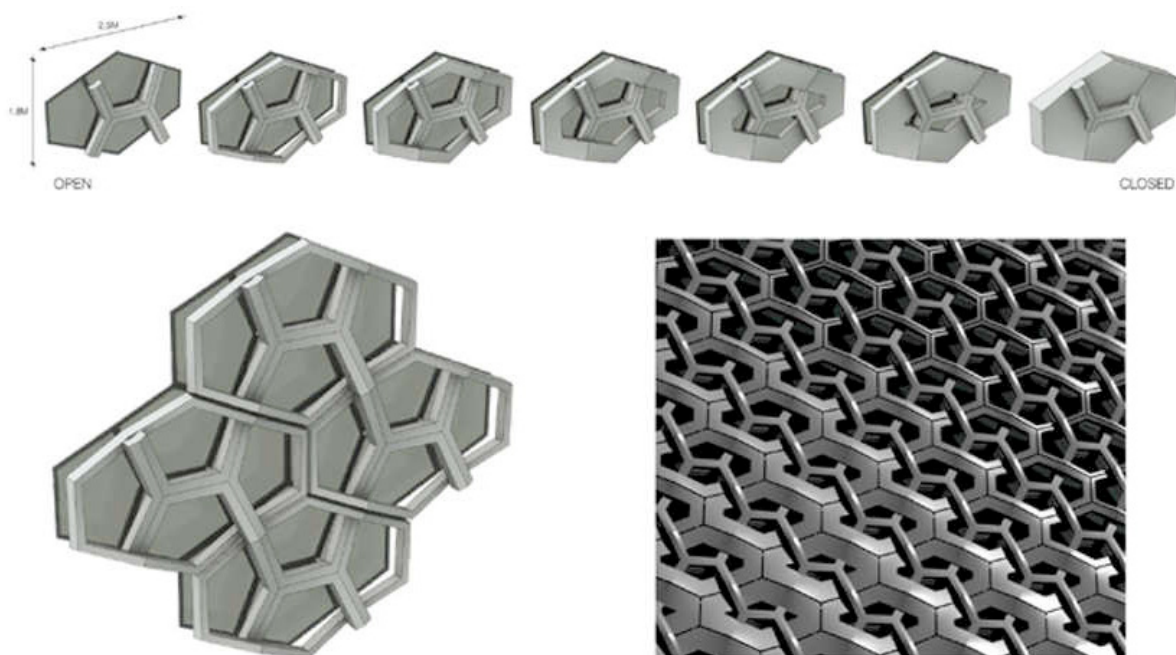


Рис. 3. Rhino-блоки для проекта Omotesando в Токио

Но стоит заметить, что распределение блоков согласно Grasshopper для Rhinoceros идет строго в прямоугольнике, который окружает блок. Если целевая геометрия будет искажена, это приведёт к искажению блока на месте, поэтому при использовании данных стратегий на криволинейных поверхностях, нужно убедиться, что поверхность перепараметризована в сетку, где вариативность элементов составляет не больше 10 процентов [4].

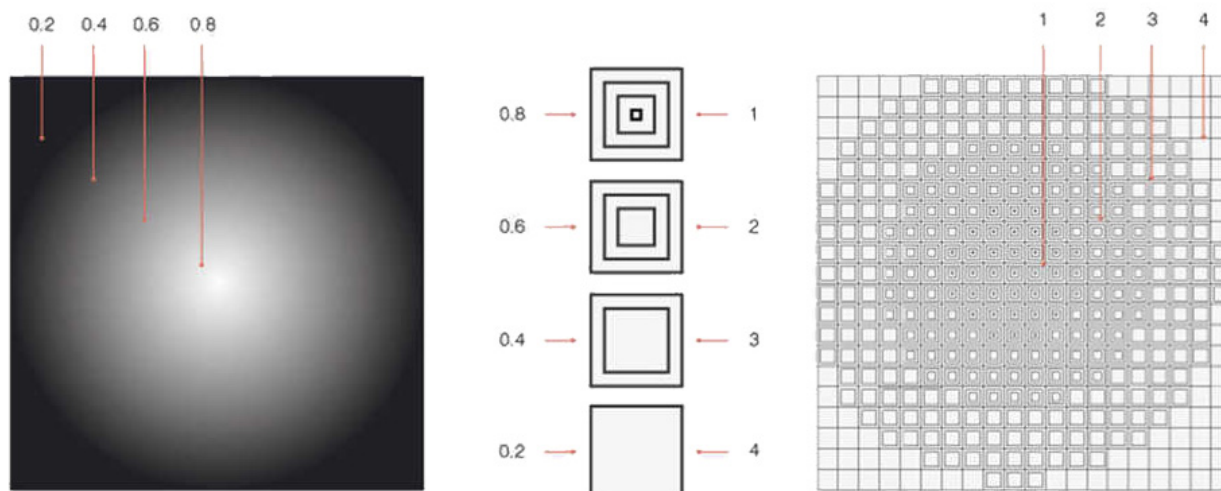


Рис. 4. Image Sampler. Распределение элементов согласно цифровому изображению

Так же стоит отметить что на рынке программных обеспечений сейчас одно из лидирующих позиций занимает Revit, но тем не менее многие успешные архитектурные фирмы, такие как UNStudio, Morphosis, 3XN, Coop Himmelblau, Zaha Hadid на стадии эскизного проектирования используют программное обеспечение Rhinoceros. И подготавливают все свои модели в данной среде. Особенно это касается стадии создания фасадных прототипов. Благодаря гибкости и возможности деконструкции любой геометрии на любой стадии его создания в среде Rhinoceros, а также связке с плагином Grasshopper, который позволяет создавать не только вариативность и автоматическое управление, но также открывает возможности создания симуляций и адаптивного изменения элементов согласно заданным параметрам [5].

Все данные стратегии использования блоков многократно повышают эффективность работы в данных программах, а также уменьшают затраты при производстве элементов для этапа строительства.

Благодаря данным методам использование комплексной модели не сопровождается потерей информации, а также позволяет упорядочить вариации согласно этапам изменения проекта и фазам строительства.

### Литература

1. Rhinoceros Level 2 Training Manual v5.0. Robert McNeel & Associates. 2014. 184 p.
2. Tedeschi A., AAD\_Algorithms-Aided Design, Parametric Strategies using Grasshopper. 2014. 495 p.
3. The Light House Project. URL: <https://www.unstudio.com/en/page/3221/light-house> (дата обращения: 05.03.2019).
4. The Grasshopper Primer. Third Edition. Robert McNeel & Associates. 2013. 242 p.
5. Coop Himmelblau Projects. URL: <http://www.coop-himmelblau.at> (дата обращения: 05.03.2019).

**УДК 624.05**

*Наумов Андрей Евгеньевич,*  
канд. техн. наук, доцент  
*Долженко Александр Валериевич,*  
старший преподаватель  
*Крутилова Мария Олеговна,*  
старший преподаватель  
(Белгородский государственный  
технологический университет  
им. В.Г. Шухова)  
*E-mail: naumov.ae@bstu.ru,*  
*da7182@mail.ru, marykrutilova@gmail.com*

*Naumov Andrey Evgnievich,*  
PhD of Sci. Tech., Associate Professor  
*Dolzhenko Alexander Valerievich,*  
Senior Lecturer  
*Ktutilova Maria Olegovna,*  
Senior Lecturer  
(Belgorod State Technological University  
named after V.G. Shukhov)  
*E-mail: naumov.ae@bstu.ru,*  
*da7182@mail.ru,*  
*marykrutilova@gmail.com*

**DOI: 10.23968/ВІМАС.2019.028**

**ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕЧАТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЖС**

**BIM IN PRINTED STRUCTURES FOR RESIDENTIAL HOUSING**

Строительная печать как технология строительного производства становится все более популярной и востребованной в современной строительной практике за счет широкого перечня возможностей рационализации строительства, открываемых его максимальной цифровизацией. Информационно-строительное моделирование строительных печатных конструкций зданий и сооружений становится основной технологической платформой, объединяющей стадии жизненного цикла строительного объекта, наиболее показательными и требующими такой отраслевой актуализации из которых являются индивидуальные жилые здания. Ключевыми задачами рассматриваемого в работе ВМ-проекта являются создание цифровой аддитивно-модульной технологии информационного моделирования, интегрированной с аппаратно-программными роботизированными комплексами прямого производства и контроля качества строительной печатной продукции в ИЖС, совершенствование технических регламентов, регулирующих качество продукции и организацию печатно-строительного производства, опережающая подготовка кадров для перспективных направлений развития отрасли.

*Ключевые слова:* информационно-строительное моделирование, аддитивно-модульное строительство, строительная печать, индивидуальное жилищное строительство, аппаратно-программные комплексы.

Construction printing as a technology of building production is becoming increasingly popular and in demand in modern construction practice due to the numerous of opportunities for construction rationalization opened up by its maximum digitization. BIM in construction printing becomes the main technological platform that unites the stages of the building life cycle, the mostly required updating of which are individual residential houses. The key tasks of the BIM project considered at the paper are a digital additive-modular information modeling technology, integrated with hardware-software robotic complexes of direct production and quality control of construction printing, improvement of technical regulations for product quality and organization of construction printing, advanced education for prospective areas of the industry.



*Keywords:* building information modeling, additive-modular construction, construction printing, individual housing construction, hardware-software complexes.

Современное строительство все более совершенствуется как в традиционных, так и инновационных реализуемых технологиях производства строительных изделий и конструкций, строительной продукции в виде завершенных зданий и сооружений. При этом ключевыми проблемами отрасли по-прежнему являются высокая ресурсоемкость строительства, низкий уровень автоматизации и обеспеченности качества строительных изделий, увеличивающийся отрыв между архитектурными потребностями современного градостроительства и предложением на рынке строительных товаров и услуг, низкая доступность строительной продукции для конечного потребителя и существенное влияние на стоимость строительной продукции технологии ее производства и дисбаланса региональных строительных рынков [1].

Особую актуальность в вопросах совершенствования строительства приобретает как ускорение процессов проектирования и изготовления элементов зданий и сооружений, так и производство технологической оснастки для их построеночного изготовления. Решение подобных задач осуществляется созданием и продвижением прогрессивных аддитивно-модульных технологий строительства, совмещенных с достоинствами BIM-проектирования, современного материаловедения и пространственной строительной печати.

Информационное моделирование является неотъемлемой частью современной проектно-исследовательской деятельности в области строительства любого масштаба и значимости. Технологии информационного моделирования помимо интеграции различных проектных разделов в традиционном строительном проектировании все активнее применяются при создании роботизированных комплексов строительной печати, реализующих сквозные технологии прямого цифрового аддитивно-модульного строительства – создание трехмерных моделей зданий и сооружений с автоматизированной декомпозицией их на отдельные модульные элементы с последующим переносом получаемых конфигураций в реальные конструкции, минуя длительные и трудоемкие этапы изготовления традиционными способами [2].

Обладая возможностью максимальной цифровой интеграции процессов моделирования, структурного анализа и изготовления строительных конструкций, строительная печать все больше реализует свое главное достоинство – независимость себестоимости от уникальности изготавливаемых конструкций, что открывает огромный потенциал использования устройств строительной печати в индивидуальном жилищном строительстве – области строительного производства, традиционно требующей широчайшей архитектурной гибкости объемно-планировочных решений вместе с высокими требованиями к рациональности расходования строительного материала.

Наибольшее распространение в настоящий момент имеют сборные и монолитные стеновые строительные печатные конструкции, на долю кото-

рых приходится более 80 % всего объема мировой строительной печати [3]. В массе своей это вполне оправдано – объемы стен в большинстве индивидуальных жилых зданий составляют более половины всей ресурсоемкости основного материала, а формат изготовления стеновой конструкции печатью в наибольшей мере соответствует ее гравитационному нагружению в процессе эксплуатации.

Принятые подходы к формированию сечения стеновых печатных конструкций на текущий момент достаточно универсальны и примитивны – конструкция создается в виде основного контура по периметру будущей стены с заполнением оставшегося объема регулярной решеткой некоторой априорной типовой топологии (рис. 1). Осуществляемые в последние годы рядом производителей печатного оборудования (в частности, WinSun (Китай), рис. 2, слева) разработки в области расширения сферы применения строительной печати на конструкции перекрытий и покрытий, составляющие другую ощутимую статью расходов в ИЖС, заключаются, главным образом, в создании полносборных рам, реализующих все ту же стандартную топологию решетки, приобретая большой вес и сложность монтажа, но не получая необходимой архитектурной гибкости и выразительности.



Рис. 1. Стеновые печатные конструкции ИЖС: слева – керамические, справа – бетонные

Строительная печать, являясь актуальной строительной технологией на сегодня так и не реализовала своего колоссального потенциала в преодолении ключевых технологических барьеров аддитивно-модульного строительства, к числу которых относится высокая стоимость развертывания и эксплуатации механизированных комплексов строительной печати, высокая стоимость и ресурсоемкость печатного строительства, слабая масштабируемость аддитивно-модульных технологий в строительстве, несовместимость аддитивно-модульных и традиционных технологий строительства, отсутствие прогрессивных инженерных сетей и систем зданий, адаптированных под технологии строительной печати, недостаточная компетентность кадров [4].

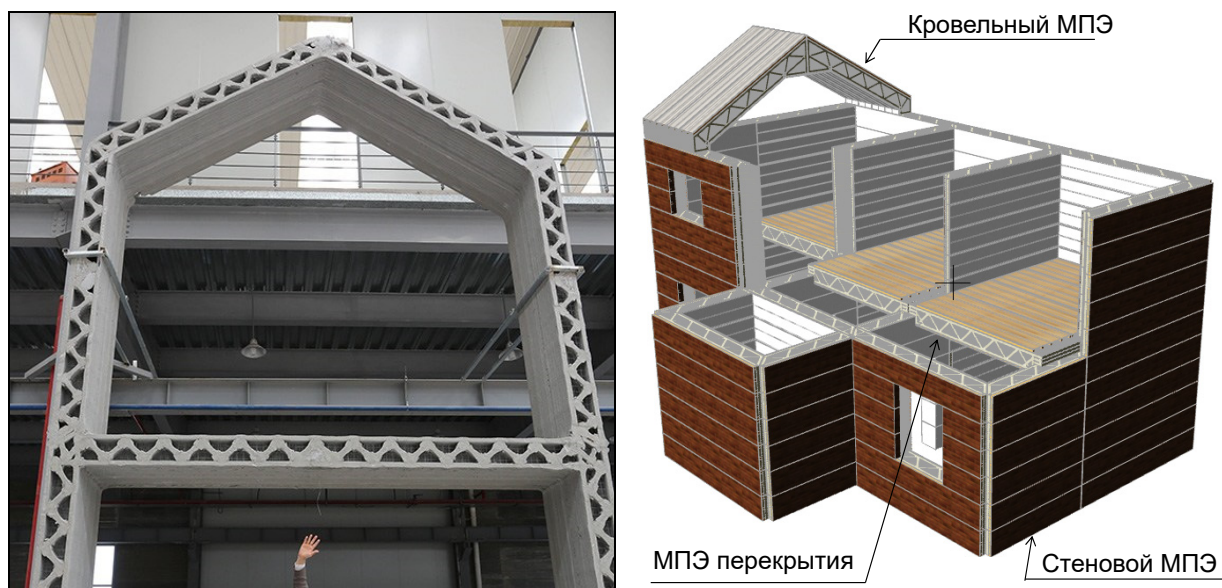


Рис. 2. Передовые технологии строительной печати в ИЖС: слева – рамные печатные конструкции (WinSun, Китай), справа – комплексный исследовательский проект «Цифровая технология аддитивно-модульного индивидуального жилищного строительства» (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород)

Частичному решению отмеченных задач отрасли посвящен комплексный исследовательский проект «Цифровая технология аддитивно-модульного индивидуального жилищного строительства» межведомственной рабочей группы «Новые технологии и материалы в строительной отрасли» научно-технического совета при Губернаторе Белгородской области, осуществляемый в тесной координации с лабораторией цифрового моделирования в строительстве и инженерно-экспериментальным центром БГТУ им. В.Г. Шухова (рис. 2, справа). Проектом предусмотрено научно-теоретическое сопровождение и информационно-строительное обеспечение технологии, включающее цифровое проектирование; автоматизированное создание и рациональную топологическую унификацию модульных печатных элементов (МПЭ) основных конструктивных элементов здания; формирование МПЭ высокой степени заводской готовности с предустановленной отделкой и элементами инженерных сетей; автоматизированное изготовление МПЭ на робототехническом конвейере с маркировкой и упаковкой; доставку МПЭ, сборка объекта на площадке, построение доведения отделкой и инженерными сетями до эксплуатационной готовности. Рассчитанный на 2019–2021 гг. успешно реализованный проект позволит сократить ресурсоемкость и стоимость индивидуального жилищного строительства в 2 раза, полностью сохранив традиционное для ИЖС широкое разнообразие архитектурных и объемно-планировочных решений, что делает результаты проекта потенциально привлекательными как для частного застройщика, так и для комплексного девелопмента территорий крупными инвесторами [5].

Несмотря на достаточную уже распространенность строительной печати и ее очевидный перспективный рост до сих пор в строительной практике отсутствуют отраслевые стандарты и технические регламенты строительной печати. Эффективная строительная печать обеспечивается комплексом научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выявляющих, развивающих и совершенствующих формы, методы и инструментарий смежных отраслей: роботизированных индустриальных и полевых комплексов строительной печати; протоколов информационного взаимодействия оборудования и потребителя строительной продукции; направленного синтеза ресурсоэффективных материалов, изделий, конструкций и инженерных сетей для зданий и сооружений в строительной печати [6]. В этой связи методической основой рационализации технологии и комплексного преодоления указанных барьеров может стать техническая регламентация строительной печати в целом и печати для ИЖС в частности, заключающаяся в стандартизации и унификации нормативных и организационных процедур, сопутствующих производству, оценке качества, эксплуатации и рыночному обороту объектов недвижимости, выполняемых в технологиях строительной печати.

Реализуемый в БГТУ им. В.Г. Шухова проект входит составной частью в комплексное масштабное исследование, ставящее целями проведение анализа текущего состояния технического регулирования в строительной печати и выработку предложений к проектам отраслевых технологических регламентов по следующим направлениям:

- Унификация и стандартизация протоколов хранения, передачи и обработки данных, технических требований к оборудованию для производства зданий и сооружений в технологиях строительной печати; технические регламенты «Строительная печать. Термины и определения», «Технические средства строительной печати. Основные параметры. Методы измерения. Контроль качества».

- Унификация и типизация объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, проектируемых и реализуемых по технологиям строительной печати, каталогизация типовых строительных конструкций и технологических решений строительной печати; технические регламенты «Каталог типовых строительных конструкций, изделий и узлов. Строительные конструкции печатные», серии каталогов «Типовой проект Серия X-XXX. Изделия строительные печатные к зданиям серии типовых проектов X-XXXX».

- Аппаратно-программное и инженерное обеспечение печатных зданий и сооружений; технические регламенты «Конструкции строительные печатные. Общие технические условия», «Строительные конструкции печатные. Правила обследования и мониторинга технического состояния», «Верификация и валидация программного обеспечения проектирования строительных конструкций печатных», «Инженерные сети зданий и сооружений пе-

чатных. Общие технические требования. Правила организации и производства работ, контроль выполнения и требования к результатам работ».

– Типовые решения организации строительства зданий и сооружений, проектируемых и реализуемых строительной печатью; технические регламенты «Здания и сооружения, изготавливаемые по технологиям строительной печати. Организация строительства».

Обогащая инновационными разработками актуальную практику строительной печати целесообразно интенсифицировать образовательную кадровую подготовку в рассматриваемой и смежных отраслях, в том числе опережающую для развивая перспективных технологий отрасли. В этой связи технологии информационного моделирования являются основой методической и дидактической базы, типовых образовательных программ профессиональной подготовки по профилям бакалавриата, программам магистратуры, повышения квалификации и переподготовки специалистов строительной отрасли по направлениям технического регулирования, стандартизации, оценки качества зданий и сооружений, возводимых в технологиях строительной печати; архитектурно-строительного, инженерно-технического проектирования зданий и сооружений, проектируемых и реализуемых в технологиях строительной печати; наладки, эксплуатации, ремонта и технического обслуживания оборудования строительной печати.

Представленные в работе ключевые направления информационно-строительного моделирования и организации строительной печати ИЖС позволит не только реализовать экономический и ресурсный потенциал строительной печати как отрасли строительного производства, но и создать межрегиональный инжиниринговый кластер цифрового аддитивно-модульного строительства, формирующий устойчивый технологический и образовательный заказ в сферах аппаратно-программных комплексов, инженерного оборудования, строительных и сопутствующих материалов, организационно-логистических разработок, повышающий эффективность, технологичность и отраслевую устойчивость отечественного строительства в целом.

#### Литература

1. Abakumov R.G., Naumov A.E. Building information model: advantages, tools and adoption efficiency // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 327. P. 022001. DOI: 10.1088/1757-899X/327/2/022001.
2. Абакумов Р.Г., Наумов А.Е., Зобова А.Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 171–181. DOI: 10.12737/article\_590878fb8be5f0.72456616.
3. Оболенская Ю.В., Абакумов Р.Г., Наумов А.Е. Мировой рынок 3D-технологий как основа инновационного развития экономики страны // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2018. № 7(33), Т. 2. С. 90–95.
4. Разумная Е.А., Абакумов Р.Г., Наумов А.Е. Анализ рынка и комфортности жилой недвижимости в городе Белгороде // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2018. № 4(30). С. 106–112.

5. Наумов А.Е., Абакумов Р.Г., Разумная Е.А. Анализ экономических тенденции и особенностей развития индивидуального жилищного строительства в России и Белгородской области // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2018. № 4(30). С. 81–87.

6. Ожигин Д. Анализ текущей ситуации на российском ВМ-рынке в области гражданского строительства // *САПР и графика*. 2016. № 2(232). С. 6–16.

**УДК 72+004.946**

*Ожиганова Мария Евгеньевна*,  
мл. науч. сотрудник  
*Ремпель Анна Викторовна*, студент  
(Уральский государственный  
архитектурно-художественный университет)  
*E-mail: ozhiganovamary@gmail.com,*  
*ann.rempel@ya.ru*

*Ozhiganova Maria Evgenevna*,  
Junior Researcher,  
*Rempel Anna Victorovna*, student  
(Ural State University  
of Architecture and Art)  
*E-mail: ozhiganovamary@gmail.com,*  
*ann.rempel@ya.ru*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.029**

## **КОНСОЛИДАЦИЯ ВМ И VR**

### **CONSOLIDATION OF BIM AND VR**

В данной статье на примере двух VR приложений, созданных разными способами, рассматриваются преимущества консолидации ВМ технологий и виртуальной реальности. Оба приложения дают пользователю возможность свободно перемещаться в трехмерном пространстве по всему зданию с помощью VR шлема в целях демонстрации еще не построенного объекта.

Приложение с традиционной компьютерной моделью на данный момент времени визуально выглядит реалистичнее, тогда как приложение с ВМ моделью имеет ряд преимуществ, таких как быстрая отладка ошибок, контроль соблюдения эргономических аспектов проектирования, контроль соблюдения норм инсоляции путем смены естественного освещения с дневного на ночное, проверкой источников света в здании, а также сменой времени года. Кроме того, приложение с ВМ моделью имеет десктопную версию, что позволяет демонстрировать проект даже без доступа к VR технологиям.

*Ключевые слова:* консолидация, ВМ модель, виртуальная реальность, Autodesk Live.

In this article on the example of two VR applications created in the different ways advantages of consolidation of BIM technologies and virtual reality are considered. Both applications give to a user the chance to move freely in three-dimensional space on all building by means of VR helmet for the purpose of demonstration of yet not constructed object.

The application with traditional computer model at the moment of time visually looks more realistic whereas the application with BIM model has a number of advantages, such as fast debugging of errors, control of respect for ergonomic aspects of design, control of respect for standards of insolation by change of natural lighting from day to night, check of light sources in the building and also change of season. Besides, the application with BIM model has the desktop version that allows to show the project even without access to VR technologies.

*Keywords:* consolidation, BIM model, virtual reality, Autodesk Live.

BIM технологии становятся обязательным атрибутом качественного проектирования объектов. На сегодняшний день, все нестандартные и государственные проекты выполняются с их помощью.

BIM означает такой подход к проектированию, строительству и эксплуатации зданий, который предполагает создание цифровой информационной модели будущего здания или сооружения [1]. Модель позволяет планировать будущий объект и выполнять анализ его характеристик на ранних стадиях, когда есть возможность вносить изменения и оптимизировать различные параметры без ущерба для бюджета. Создание модели в цифровом виртуальном пространстве позволяет выявить множество ошибок, определить лучший способ производства тех или иных конструкций, способствует более тесному сотрудничеству между архитектором, строителем и заказчиком [2].

Наряду с этим, стремительно растет интерес к технологиям виртуальной реальности. Область применения становится все шире, технология постоянно развивается, оптимизируется и становится все доступней [3]. Мы начинаем все яснее видеть, как использовать виртуальную реальность, и какие могут быть перспективы в отношении экономической отдачи.

Целью данной работы является демонстрация реальной пользы консолидации BIM и VR на примере приложений с прямым экспортом из Autodesk Revit и поднятием модели с 2D чертежей.

Взаимодействие технологий информационного моделирования и виртуальной реальности было неизбежно, они хорошо дополняют друг друга. Преимуществом VR является его наглядность и удобство перемещения в модели, тогда как BIM отвечает за параметризацию и информационную наполненность модели.

Виртуальная реальность – это, прежде всего, захватывающий опыт. А также возможность доступа к данным из BIM модели позволяет анализировать множество факторов, таких как типы материалов, эргономичность архитектуры и ее элементов [4]. По сравнению с традиционными средствами вывода графической информации, будь то обычные “плоские” мониторы или устройства, отображающие стереоизображения, современные VR-технологии предлагают пользователям качественно новый уровень восприятия цифровых моделей. Никогда ранее человек не мог настолько полно воспринять то, что еще не воплощено в реальности и существует только “внутри” компьютера [5]. Теперь VR является частью разработки BIM.

Если говорить о применении виртуальной реальности в маркетинге, в первую очередь, надо отметить, что эта технология позволяет увидеть будущее здание таким, каким оно будет в реальном окружении, и “испытать” его внутри и снаружи. Главным преимуществом виртуальной реальности по сравнению с просмотром модели на экране обычного ПК является возможность увидеть все в реальном масштабе, походить по виртуальной сцене, погрузиться в ее пространство и воспринять все так, как это будет выглядеть

в реальности [6]. Кроме того, объединение VR с BIM позволяет разработчикам начать продажи и маркетинговый процесс как можно раньше. Так, в сфере девелопмента начинают использовать VR туры по объектам недвижимости, которые находятся еще на стадии проектирования или строительства. Технологии виртуальной реальности позволяют погрузиться в виртуальное пространство объекта, представить его планировку и даже будущий интерьер. Застройщики получают возможность контролировать риски, связанные со спросом на объекты жилой и коммерческой недвижимости.

Еще одним преимуществом консолидации этих двух технологий является упрощение коллективной работы. Различные исследования показывают, что от 50 до 90 % рабочего времени современный работник тратит на обмен информацией, происходящий в процессе совещаний, собраний, встреч, бесед, переговоров и т. д. Опыт использования технологий VR показывает, что совещание в любом формате, в том числе видеоконференции, которые сегодня используются практически всеми компаниями, занятыми в строительстве, проходит наиболее эффективно, если участники имеют дело с созданным средствами VR виртуальным прототипом или макетом, дающим максимально реалистичное представление объекта. По результатам таких совещаний все стороны – инвестор, генподрядчик, проектировщик, эксплуатант намного быстрее приходят к пониманию взаимных ожиданий и требований, отчетливо видят все огрехи проекта и пути их устранения и т. д. Таким образом, банально уменьшается количество итераций и совещаний в рамках жизненного цикла проекта.

Поскольку все еще существуют проекты, в которых не применяются BIM технологии, способом создания виртуальных туров по таким объектам является поднятие моделей с 2D чертежей, создание оптимизированной модели, пригодной для VR (рис. 1), с использованием ряда программ, таких как 3Ds Max, Unity и др.

Однако данный способ не предусматривает информационной наполненности модели, а также сложен процесс обновления устаревших данных, включая изменения в чертежах, вследствие чего необходима переработка существующей модели, что влечет за собой новые этапы работ. Это может повлиять на возникновение множества ошибок и несоответствие спроектированного на чертежах здания и поднятой по этим чертежам модели, так как человеческий фактор в данном случае играет огромную роль.

Программы же для консолидации BIM и VR можно разделить на два типа: с постобработкой в программе (Lumion, LumenRT, Twinmotion и др.) и без постобработки (Enscape, Autodesk Live, Fuzor и др.). Различие в том, что в первом случае пользователь дополнительно назначает материалы, может добавлять объекты в проект, менять что-либо по своему усмотрению, без сохранения изменений непосредственно в самой BIM модели, а во втором случае проект экспортируется с материалами и освещением «как есть», и в про-



грамме осуществляется лишь осмотр, а не проводится серьезной работы по моделированию, все изменения в данном случае производятся непосредственно в программе Autodesk Revit и сохраняются в BIM модели (рис. 2).



Рис. 1. Пример приложения с моделью, поднятой с 2D чертежей



Рис. 2. Пример приложения с BIM моделью, созданного с помощью Autodesk Live

Преимуществом таких моделей является сохранение информационного наполнения модели и ее составляющих, наличие всех разделов проектной документации, имеющихся в ВМ модели, в том числе конструкции, водопровод, отопление и пр. (рис. 3).



Рис. 3. Наличие информации обо всех разделах проектной документации данного проекта

Еще одним преимуществом создания приложения с использованием ВМ модели является возможность без дополнительных временных и денежных затрат продемонстрировать этот же проект не только в виртуальной реальности, но и в привычной нам десктопной версии, при этом сохраняя весь функционал, что без дополнительной разработки не может нам дать приложение с традиционной моделью.

Одним из самых важных преимуществ второго способа является сокращение сроков создания такого приложения, поскольку на поднятие модели с чертежей и последующие переделки с постобработкой требуется около четырех месяцев и команда разработчиков, а для создания VR приложения с помощью Autodesk Live – нажатие одной кнопки и около часа для компиляции.

Экспортированная модель из Autodesk Revit пока уступает в реалистичности поднятой с 2D чертежа модели, однако эта проблема решается путем более детальной проработки материалов, а также с помощью программ с постобработкой. Помимо этого, тема создания интерьеров непосредственно в Autodesk Revit сейчас набирает популярность, что говорит о скором появлении библиотек с более реалистичными материалами в открытом доступе.

В заключение можно сказать, что объединение технологий ВМ и VR имеет большой потенциал и хорошие перспективы. Союз точности и нагляд-

ности позволит архитекторам, конструкторам и застройщикам более эффективно использовать свои ресурсы и создавать действительно хорошую среду для человека, а представляемый продукт можно подать не только точно и красиво, а еще и эффектно.

### Литература

1. Вигер И.Н. Роль и значение технологий VR в BIM-подходе // Рациональное управление предприятием. Информационно-аналитический журнал. 2018. № 1. С. 68–70.
2. Использование BIM уже требуют сами заказчики. URL: <https://asinfo.ru/analytics/654-ispolzovaniya-bim-uzhe-trebuyut-sami-zakazchiki>. (дата обращения: 19.03.19).
3. Программы для виртуальной прогулки по проекту, созданному в Revit. Виртуальная реальность в Revit. URL: <http://int-lines.ru/programmy-dlya-virtualnoj-progulki-po-proektu-sozdannomu-v-revit-virtualnaya-realnost-v-revit/>. (дата обращения: 21.03.19).
4. 9 сфер применения виртуальной реальности: размеры рынка и перспективы. URL: <https://vc.ru/flood/13837-vr-use>. (дата обращения: 21.03.19).
5. Ксенофонов П. T-FLEX VR – возможности, применение и перспективы // Рациональное управление предприятием. Информационно-аналитический журнал. 2018. № 3-4. С. 20–23.
6. Интерактивные архитектурные макеты. Urban planning. URL: <http://ve-group.ru/3dvr-resheniya/stroitelstvo/>. (дата обращения: 20.03.19).

### УДК 69.05

*Петроченко Марина Вячеславовна*,  
канд. техн. наук, доцент  
*Красильникова Галина Владимировна*,  
Руководитель направления по  
взаимодействию с вузами ООО «Мобильные  
решения для строительства»  
*Шерстобитова Полина Андреевна*, студент  
*Макаров Алексей Игоревич*, студент  
(Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого)  
*E-mail: mpetrochenko@mail.ru,*  
*gkrasilnikova@mrspro.ru*  
*pol2sher@gmail.com, almak17@yandex.ru*

*Petrochenko Marina Vyacheslavovna*,  
PhD, Associate Professor  
*Krasil'nikova Galina Vladimirovna*,  
Head of Department for cooperation with  
universities of LLC  
"Mobile solutions for construction"  
*Sherstobitova Polina Andreevna*, student,  
*Makarov Aleksey Igorevich*, student  
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic  
University)  
*E-mail: mpetrochenko@mail.ru,*  
*gkrasilnikova@mrspro.ru*  
*pol2sher@gmail.com, almak17@yandex.ru*

DOI: 10.23968/BIMAC.2019.030

## ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «MPC СТРОЙКОНТРОЛЬ» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

## EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM COMPLEX "MRS STROYKONTROL" FOR AUTOMATION OF THE BUILDING CONTROL PROCESS

Частичная или полная утрата данных об отклонениях, допущенных при строительстве, возникшая из-за наличия бумажного документооборота, является основной проблемой

специалистов строительного контроля. В настоящее время, в связи с развитием информационных технологий возникла возможность решить данную проблему с помощью создания автоматизированного программного комплекса, который позволяет упростить процесс строительного контроля, наладить удобную работу с подрядчиками, перевести всю информацию в цифровую среду, и дать возможность всем участникам строительного процесса в любой момент получать достоверную актуальную информацию о строительстве. В статье автор описывает возможности данного программного комплекса.

*Ключевые слова:* строительный контроль, автоматизация строительства, информационная модель здания, система управления качеством, цифровая среда.

Partial or complete loss of data on deviations arising during the construction process is the main problem of construction control specialists. Currently, it is possible to solve the problem by using an automated software package that allows controlling construction progress from any devices, keeping an electronic register of instructions, interacting with contractors and giving analytics to management in a single digital space. Thanks to the solution, the communication of customers and contractors is accelerated by several times, and the detected defects are promptly eliminated. In the article, the author provides the capabilities of this software package.

*Keywords:* construction control, construction automation, building information model, quality management system, digital environment.

Не секрет, что основная проблема, с которой приходится сталкиваться специалистам строительного контроля – это частичная или полная утрата данных об отклонениях, допущенных при строительстве вне зависимости от уровня сложности объектов. И даже в том случае если документация сохранилась, ее анализ требует колоссального времени и ресурсов.

Время развития информационных технологий всё активнее подталкивает к отказу от бумажного документооборота и переводу всей сопровождающей строительство информации в цифровое пространство.

Согласно СП 48.13330.2011 «Организация строительства»: участники строительства должны осуществлять строительный контроль для проверки соответствия строительно-монтажных работ, возводимых конструкций, строительных материалов и изделий, от которых зависит качество готовой строительной продукции, требованиям технических регламентов, стандартов, СНиПов, а также проектной документации [1].

В работе [2] автор рассказывает про необходимость создания комплексной системы управления качеством строительной продукции, одним из принципов которой также является принцип автоматизации строительного контроля.

Несмотря на большое количество исследований посвященных строительному контролю повышение качества строительной продукции продолжает являться актуальной проблемой строительного комплекса в России [3–4]. Средства, расходуемые на устранение брака, составляют 3–5 % от стоимости строительно-монтажных работ (СМР), а эксплуатационные затраты составляют 6–8 % [5–7].

В настоящее время в РФ начинают появляться автоматизированные программные комплексы для контроля качества строительства, что поможет России достичь успехов в строительстве высококачественных зданий и сооружений [8–9].

Целью данной работы является рассмотреть процесс контроля качества за счет применения системы автоматизированного контроля качества на примере программного комплекса «МРС СтройКонтроль».

По данным официального сайта компании МРС продукты платформы использованы на стройплощадках 20 регионов. Ниже представлены некоторые из них:

- 1) ЖК «Лидер на Волгоградском» – г. Москва;
- 2) ЖК «Академический» – г. Екатеринбург;
- 3) ЖК «Гулливер» – г. Пермь;
- 4) «Леруа Мерлен» – Косино г. Москва;
- 5) Kindzania г. – Москва;
- 6) Перинатальный центр – Республика Карелия.

Опыт данных компаний говорит о том, что применение продукта «СтройКонтроль» позволило в онлайн режиме контролировать ход строительства, получать информацию по работе с предписаниями, по их количеству, по времени исправления и закрытия предписаний, успешно и удобно взаимодействовать с подрядчиками и давать актуальную и точную аналитику руководству. Таким образом благодаря решению коммуникация заказчиков и подрядчиков ускоряется в разы и обнаруженные дефекты оперативно устраняются.

Инженеры строительного контроля и подрядчики объединены в единое цифровое пространство. Инженер на стройплощадке выполняет свою работу по обычному сценарию, но результаты контроля объектов он заносит в планшет, где имеется синхронизированная с главной моделью информационная модель обследуемого объекта строительства. Это дает возможность избежать лишнего документооборота и связанных с ним ошибок.

Алгоритм работы в программе представлен на рис. 1.

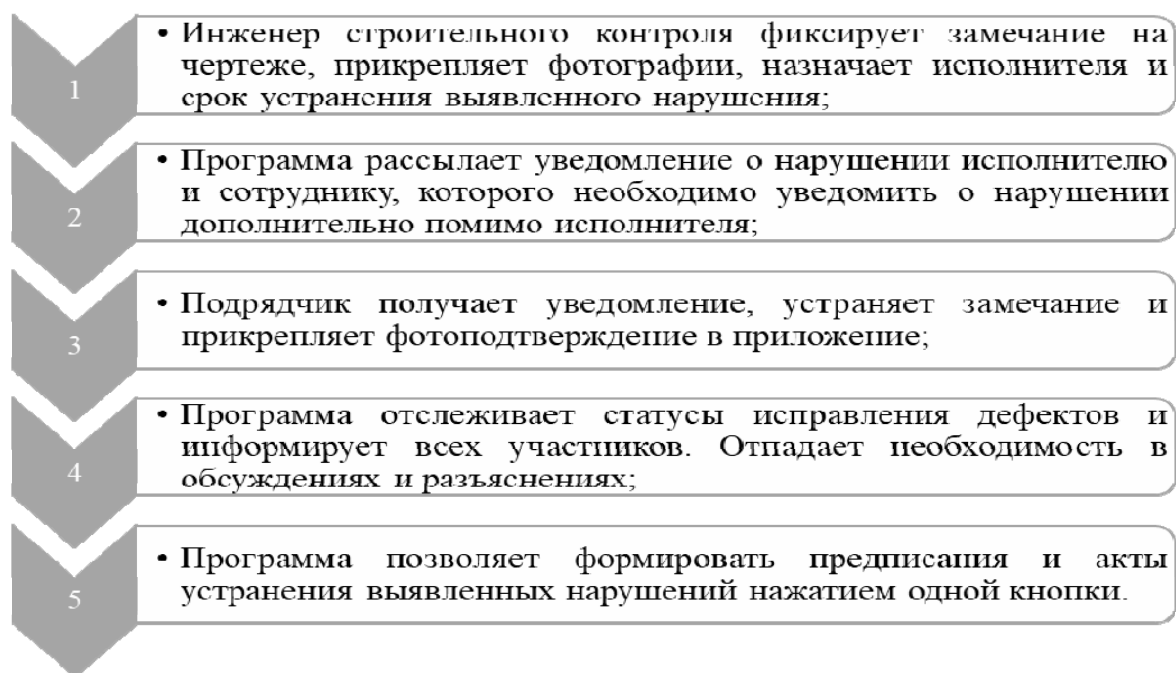


Рис. 1. Алгоритм работы в программе

Возможности программного комплекса представлены в табл. 1.

Таким образом, можно выделить существенные преимущества использования автоматизированного контроля качества:

1. Возможность получать доступ к чертежам в любое время и в любом месте.
2. Уход от бумажного документооборота.

*Таблица 1*

**Возможности программного комплекса «МРС Стройконтроль»**

Интеграция с BIM (Autodesk Revit)
<p>Управляющие элементы работы с чертежами и объектами BIM позволяют наполнять информационную модель ценными данными о ходе строительных работ и качестве возводимых элементов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Переключаться между листами.</li> <li>2. Делать отметки и замечания на чертежах.</li> <li>3. Замечание содержит: описание, фотографии, приложения, указание нарушенного стандарта, автора, исполнителя, переписку.</li> </ol>
Интеграция с PDM – системой (Pilot ICE, Autodesk Vault)
<p>PDM-системы интегрируют информацию любых форматов и типов, предоставляя её пользователям уже в структурированном виде. С помощью PDM-систем осуществляется отслеживание огромных массивов инженерно-технической информации и данных, необходимых на этапах производства, проектирования или строительства:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Актуальная версия чертежа отслеживается самостоятельно и добавляется как новый чертеж.</li> <li>2. Уведомление о выходе новой версии чертежа, версионность чертежей.</li> <li>3. Самостоятельный выбор чертежа в структуре PDM-системы, загрузка в раздел документация платформы МРС.</li> </ol>
Интеграция с бухгалтерской системой (1С)
<p>Обеспечивает двусторонний обмен информацией по объектам, контрагентам, договорам:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Единообразие оформления контрагентов.</li> <li>2. Актуальная информация по сметам подрядчиков.</li> <li>3. Фиксация замечания по объекту с привязкой к сметной строке по договору.</li> <li>4. Статус устранения замечания.</li> <li>5. В режиме онлайн полная информация о количестве замечаний в различных статусах.</li> </ol>
Интеграция с программами для управления проектами (Microsoft Project)
<p>Позволяет соблюдать календарные графики строительства, автоматизируя взаимодействие и за счет этого сокращая сроки устранения замечаний.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Единообразная структура проекта.</li> <li>2. Статусы выполнения задач.</li> <li>3. Замечания, найденные на объекте во всех статусах по каждой задаче.</li> </ol>
Интероперабельность
<p>Решения на платформе МРС полностью удовлетворяют принципам интероперабельности по прикладным программным интерфейсам API и через импорт/экспорт открытого формата информационной модели IFC.</p>

3. Автоматическое формирование и опрвление предписаний подрядчику.

4. Отсутствие необходимости вести журналы, так как вся необходимая информация находится в цифровом пространстве.

5. Наглядная видимость для бухгалтерии в 1С сколько замечаний не закрыто у конкретного подрядчика на объекте.

6. Заинтересованность подрядчика в своевременном исправлении замечаний для получения расчета по выполненным работам.

7. Модуль просмотра САД чертежей позволяет работать с файлами форматов: DWF, SVG, PDF, XPS, JPG, JPEG, BMP, TIFF, PNG.

8. Возможность повысить эффективность управления проектами на этапе выполнения строительных работ.

Опыт применения данного продукта говорит о том, что время на подготовку предписания и исправления замечания подрядчиком в среднем сократилось с 2-3 дней до 15 минут.

В будущем важно продолжить изучать процесс автоматизации строительства для более глубокого внедрения в BIM – моделирование. Также нужно разработать на государственном уровне стандарты применения автоматизированных систем контроля качества, подготовить нормативную базу.

#### Литература

1. СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 (с Изменением N 1). М.: Минрегион России, 2010. 38 с.

2. Четверик Н.П. Совершенствование порядка проведения строительного контроля // Предотвращение аварий и разрушений: сборник научных трудов. 2010. №. 9. С. 129–140.

3. Челнокова В.М., Балберова Н.В. Управление качеством. СПб: СПбГАСУ, 2010. 135 с.

4. Гродзенский С.Я. Менеджмент качества. М.: ООО «Проспект», 2015. 200 с.

5. İlal S.M., Günaydın H.M. Computer representation of building codes for automated compliance checking // Automation in Construction. 2017. Vol. 82. P. 43–58. DOI: 10.1016/j.autcon.2017.06.018.

6. Кузьмина ТАК КАК, Славин А.М. Моделирование деятельности технического заказчика на этапе технического надзора // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 4. С. 62–66.

7. Мамаев А.Е., Шарманов В.В., Золотова Ю.С., Свинцицкий В.А., Городнюк Г.С. Прикладное применение BIM-модели здания для контроля инвестиционно-строительного проекта // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 1-3. С. 83–87.

8. Дронов Д.С., Киметова Н.Р., Ткаченко В.П. Проблемы внедрения BIM-технологий в России // Синергия Наук. 2017. № 10. С. 529–549.

9. Рахматуллина Е.С. BIM-моделирование как элемент современного строительства // Российское предпринимательство. 2017. Т. 18, № 19. С. 2849–2866.

**УДК 004.9**

*Поддорогина Евгения Александровна,*  
магистрант  
*Шумилов Константин Августович,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: Lace.96@mail.ru, shkas@mail.ru*

*Poddorogina Evgeniya Alexandrovna,*  
master student,  
*Shumilov Konstantin Avgustovich,*  
PhD in Tech. Sci., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: Lace.96@mail.ru, shkas@mail.ru*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.031**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ  
В AUTODESK 3DS MAX С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MAXSCRIPT**

**MODELING BUILDING OBJECTS IN AUTODESK 3DS MAX USING  
MAXSCRIPT**

Информационное моделирование зданий (*BIM*) является новым и инновационный инструментом для различных и многочисленных потребностей в строительстве и архитектуре. Данная технология обладает большим количеством возможностей, например, сокращение документации, повышение эффективности совместной работы, уменьшение коллизий (проектных ошибок), хранение большого объема информации о всех объектах, входящих в проект.

В работе предлагается использование функциональных возможностей программы *Autodesk 3ds Max*, частично (геометрия и размеры объектов) реализующий принцип *Building Information Modeling (BIM)* для моделирования различных строительных объектов.

Целью данной работы является упрощение построения конструкций, при помощи написания скриптов на языке *MaxScript*. Данный язык программирования позволит моделировать различные конструкции в несколько кликов.

*Ключевые слова:* *BIM*, информационное моделирование, *Autodesk 3ds Max*, *MaxScript*, скрипты.

Building Information Modeling (*BIM*) is a new and radical tool for various and numerous needs in construction and architecture. This technology has a lot of possibilities, for example, reducing documentation, increasing the efficiency of collaboration, reducing collisions, storing a large amount of information about an object.

The paper proposes the use of the functionality of the Autodesk 3ds Max program, in part (geometry and dimensions of objects) implementing the principle of Building Information Modeling (*BIM*) for modeling various construction objects.

The purpose of this work is to simplify the construction of structures, using writing scripts in the *MaxScript* language. This program will allow you to simulate various designs in a few clicks.

*Keywords:* *BIM*, Information modeling, Autodesk 3ds Max, *MaxScript*, Python Script, Scripts.

*BIM*-проектирование активно внедряется и используется во всех странах мира. Результатом этого является высокое качество создаваемой проектной документации, снижение затрат, удобный обмен данными и хранение информации в едином месте, а также упрощение взаимодействия всех участ-



ников, работающих над проектом. Благодаря этому происходит снижение себестоимости на строительные объекты.

Существует множество различных определений *BIM* (от англ. *Building Information Modeling*, или *Building Information Model* – информационное моделирование зданий и сооружений), которые в основной своей смысловой части совпадают между собой. *BIM* является процессом создания и управления информацией на всех стадиях жизненного цикла объекта строительства [1]. Главным преимуществом *BIM*-технологий является динамическая модель объекта, в которой при любом изменении происходит автоматическое обновление всех данных, параметров и документации.

На данный момент существуют различные программы для 3D-моделирования. В данной статье рассматривается конкретный пример, а именно программа *3ds Max*.

**Роль программного обеспечения Autodesk 3ds Max и надстройки MaxScript в информационном моделировании.** *Autodesk Revit* является одним из наиболее распространенных решений в сфере *BIM*-технологий [2]. Однако он может быть недостаточно эффективным в процессе подготовки архитектурной модели здания.

Программный комплекс *3ds Max* является одним из наиболее распространенных решений в области 3D-моделирования. Эффективные инструменты работы с геометрией, встроенные в *3ds Max*, значительно расширяют возможности моделирования в процессе подготовки архитектурной модели, благодаря чему *3ds Max* является эффективным инструментом в процессе подготовки архитектурной модели здания [3].

Плагин – внешний встраиваемый модуль, который упрощает выполнение различных задач (например, *Glue Utility* – плагин, который легко располагает объект по любой поверхности, например, создать стену или забор на неровном ландшафте, *Spray* – вариант эффекта водяных брызг). Плагины распространяются отдельно от пакета *3ds Max*, как на платной основе, так и бесплатно в интернете [4].

*MaxScript* – это специальный скриптовый язык для трехмерного моделирования *Autodesk 3ds Max*, который позволяет расширить возможности программы, например, построить сложную геометрию, обновить свойства [5] (рис. 1).

Также одним из плюсов в написании скрипта является возможность выбора языка программирования (рис. 2).

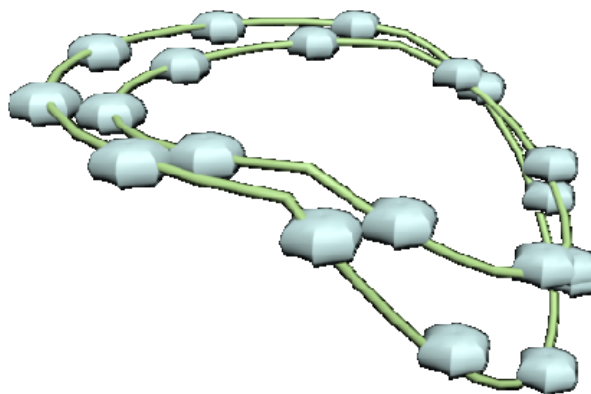


Рис. 1. Создание эллипса с изгибами

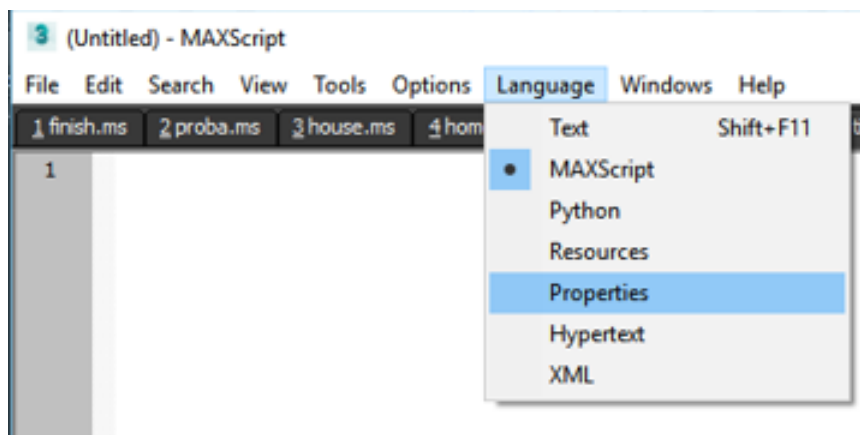


Рис. 2. Языки программирования

В данной работе был использован язык программирования *MaxScript*. С помощью данного языка программирования создаем программу, в которой пользователь может создавать сооружения с различными видами основания, а также может изменять размеры самого здания (длину, ширину, этажность) и окон, которые находятся в нем (рис. 3).

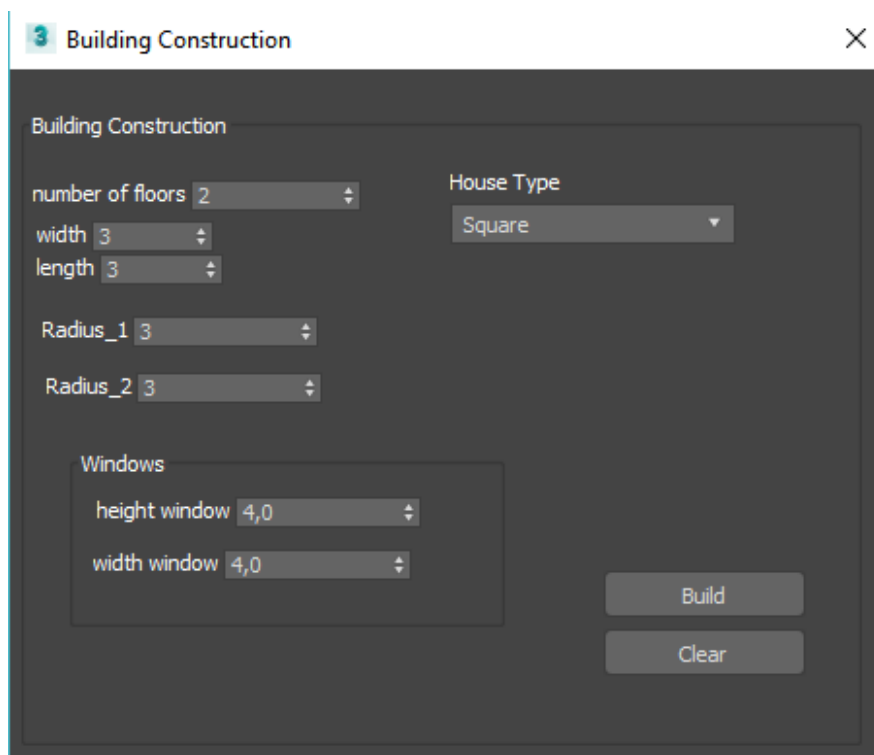


Рис. 3. Интерфейс программы

Представленный пример использования скрипта *MaxScript* позволяет автоматически проектировать здание с несколькими видами оснований (рис. 4).



При построении окон внутри здания с типом основания «Конус» в стене образуется неправильный срез, причиной которой является криволинейность поверхности стены. В связи с этим удобно выполнять построение окон в полярной системе координат. В итоге размещенные в строении окна корректно визуализируются при любом ракурсе (рис. 5).

По результатам выполненной работы, можно сделать вывод, что в *3ds Max* есть возможность создавать и моделировать пространственные объекты при помощи программирования и на языке программирования *MaxScript*. С помощью него нам удалось создать универсальный скрипт для моделирования зданий с различной геометрией.

Применение скрипта на *MaxScript* освобождает нас от необходимости циклично повторять одни и те же действия, что позволяет значительно сократить время, требуемое для моделирования строительных объектов.

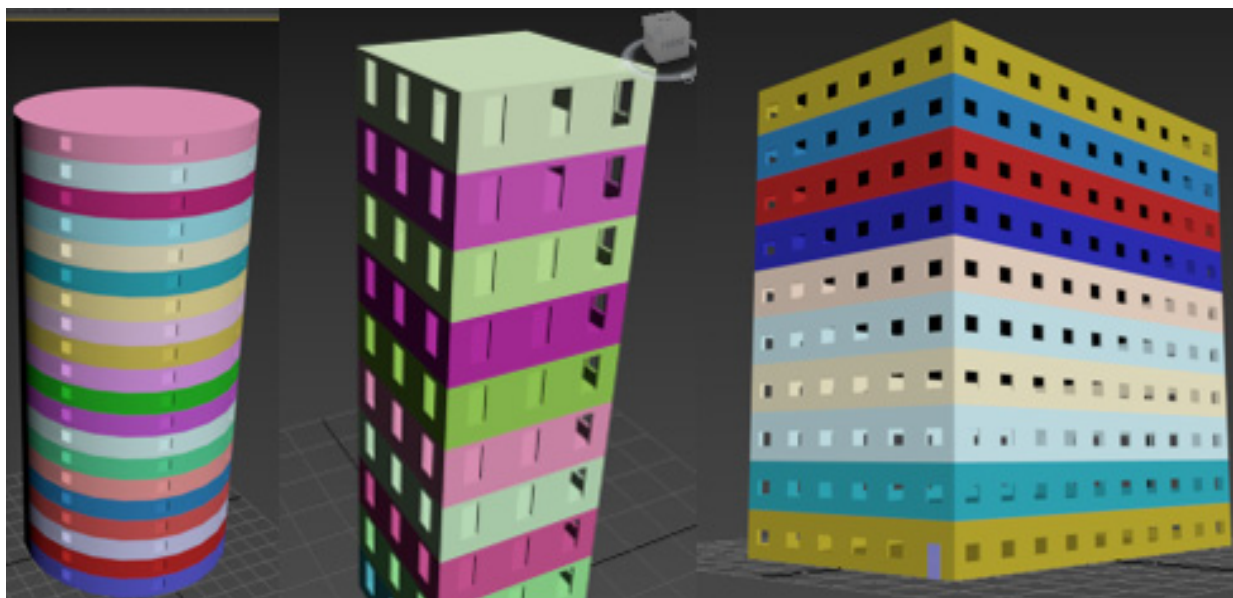


Рис. 5. Результат работы программы

### **Литература**

1. Талапов В.В. Основы ВМ: введение в информационное моделирование зданий. М., 2011. 392 с.
2. Скалярова Е. Autodesk Revit Architecture и Autodesk 3ds Max: совместное использование // САПР и графика. 2014. № 2. С. 34–38.
3. Беккель Л.С., Сломинская Е.Н. Анализ возможностей 3ds Max в компьютерном моделировании // Инновационная наука. 2015. № 5. С. 17–21.
4. Возможности 3ds Max. URL: <http://www.kogorta.ru/3dsmax/>. (дата обращения 22.02.19).
5. Introduction to MaxScript in 3ds Max. URL: <https://area.autodesk.com/tutorials/series/3ds-max-introduction-to-maxscript-series/>. (дата обращения 10.02.19).

УДК 519.7+004.4

Поляков Илья Сергеевич,  
программист  
(ООО “ЭталонПроект”)  
E-mail: ke7053@yandex.ru

Polyakov Ilya Sergeevich,  
programmer  
(LLC “EtalonProject”)  
E-mail: ke7053@yandex.ru

DOI: 10.23968/BIMAC.2019.032

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ПОМЕЩЕНИЯМИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В СРЕДЕ AUTODESK REVIT

### OPTIMIZATION OF WORK WITH PREMISES OF MULTI-APARTMENT RESIDENTIAL BUILDINGS IN AUTODESK REVIT ENVIRONMENT

В статье рассмотрены основные проблемы отсутствия стандартного функционала для создания, обновления и оформления квартирографии или офисографии в Autodesk Revit. А также исследован способ оптимизации этого процесса, разработан принципиально новый алгоритм для возможности объединения разных этапов реализации данного раздела и их полная автоматизация в рамках разработанного программного комплекса. Проведен анализ применения особенностей данного алгоритма в других разделах проектирования с использованием основных принципов BIM для более эффективной и полномасштабной оптимизации процесса проектирования.

*Ключевые слова:* BIM, API, Revit, квартирография, оптимизация процесса проектирования.

The article describes the main problems of the lack of standard functionality for creating, updating and formatting design of housing in Autodesk Revit. A method for optimizing this process has also been investigated, a fundamentally new algorithm has been developed for the possibility of combining the different stages of the implementation of this section and their full automation within the framework of the developed software package. The analysis of the application features of this algorithm in other sections of the design using the basic principles of BIM for a more efficient and full-scale optimization of the design process.

*Keywords:* BIM, API, Revit, apartment kart, optimization of the design process.

На сегодняшний день актуальность проблемы создания и обновления квартирографии/офисографии обосновывается отсутствием в Revit стандартного функционала и, соответственно, необходимых инструментов для работы с ним. Существуют программные реализации решения данной проблемы, созданные с помощью Dynamo или Revit API [1–4]. Они включают в себя инструменты заполнения и редактирования определенных дополнительных параметров помещений, тем самым разделяя их на группы-квартиры, в которых выполняется подсчет и обновление необходимой информации, такой как:

- общая площадь;
- жилая площадь;
- площадь квартиры;
- количество жилых помещений;
- номер квартиры;

- номер секции;
- индекс квартиры;
- площадь с коэффициентом для балконов/лоджий [5].

Параметров такого типа достаточно много. Более того, необходимо обновлять значение тех или иных параметров при изменении, как помещений, так и связанных с ними элементов в модели.

Однако обработка элементов при таком подходе осуществляется вручную и поквартирно (т. е. небольшими группами помещений).

Для оптимизации и ускорения решения данной задачи был разработан аналогичный программный комплекс (рис. 1) с доработками и добавлением принципиально нового алгоритма для решения этих задач.

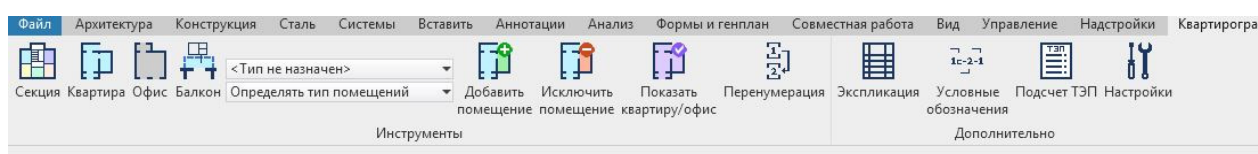


Рис. 1. Разработанный комплекс

Основным преимуществом нового алгоритма является то, что присутствует возможность программного сопоставления типа/назначения помещения в зависимости от его взаимодействия с моделью (т. е. в зависимости от элементов, формирующих границы помещения, элементов, лежащих в помещении и т. п.), давая возможность сократить ручную работу. Это является важным звеном в цепочке создания квартирографии и позволяет начать компоновку групп помещений в рамках программного комплекса, оставляя пользователю только контроль и редактирование конечного результата.

Из недостатков такого подхода можно отметить необходимость настройки соответствия в зависимости от типа проектируемого здания и требований проектировщика.

Первым шагом оптимизации процесса является автоматическое присвоение типа/имени (рис. 2) помещения, при его размещении в модели, при условии, что выполняется ряд необходимых условий [3]:

1. Помещение должно размещаться в замкнутом контуре элементов, ограничивающих его геометрию (к примеру, окружено стенами).

2. Расстановка помещений должна происходить на конечном этапе, когда будут расставлены элементы внутри помещений (сантехническое оборудование, санузлы и т. п.).

При соблюдении этих условий определяется тип помещения, который вносится в определенный параметр.

В остальных случаях, при расстановке помещений, отслеживается наличие определённых семейств, лежащих в объёме этого помещения, и на их основе выполняется определение типа.

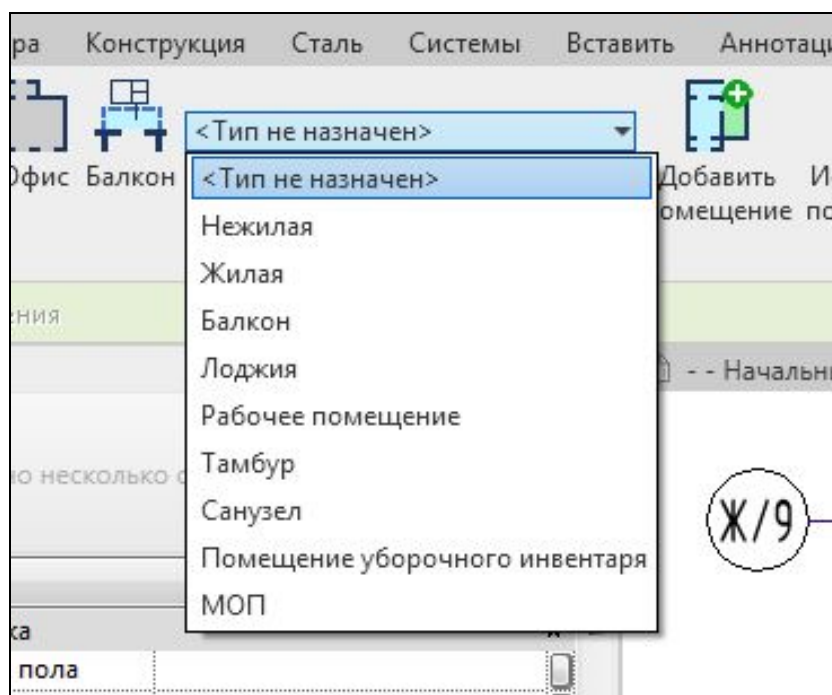


Рис. 2. Типы помещений

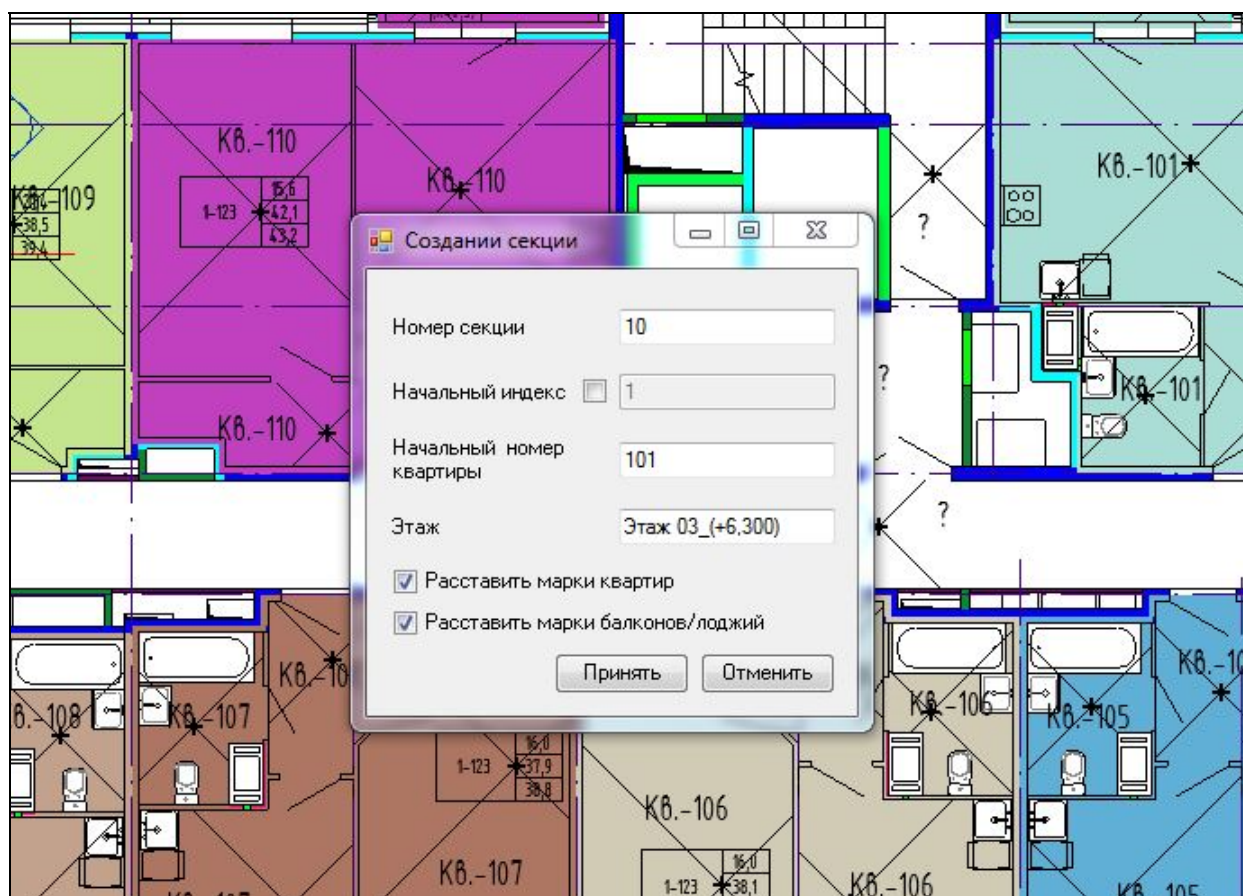


Рис. 3. Окно для группировки помещений по секции

По окончании расстановки помещений в модели возникает необходимость компоновки их в квартиры (рис. 3), при этом должна учитываться правильная нумерация (по часовой стрелке на каждом этаже), индексация и принадлежность к секции.

Для этого необходимо выделить помещения лестничной площадки одной из секций, желательно на первом этаже. Далее алгоритм программы соберет все помещения, в которые можно попасть через дверь/окно/разделитель помещений, и начнет группировать их в квартиры, после чего произойдет сортировка и перенумерация.

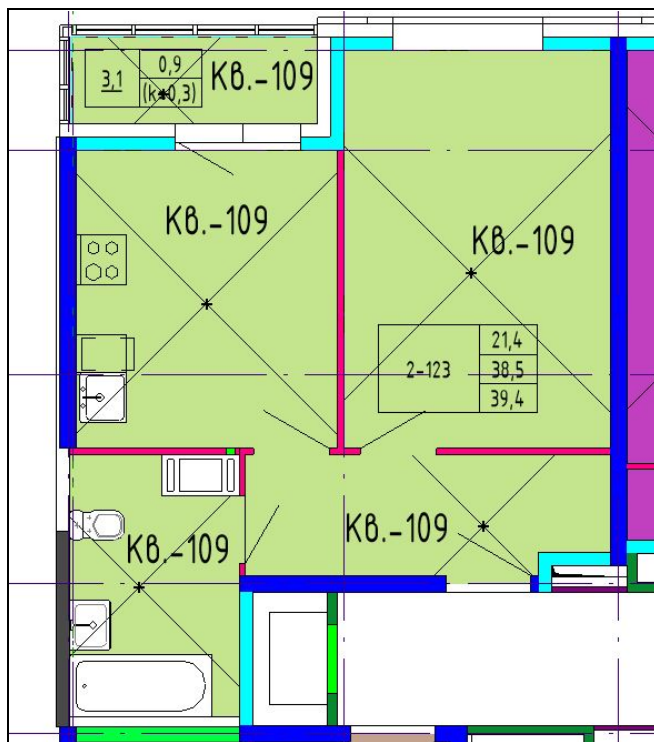


Рис. 4. Группа помещений, объединенных в квартиру

Необходимо отметить, что при компоновке помещений в группы (рис. 4) идет обновление параметров, исходя из особенностей квартиры (например, наличие лоджии или балкона). После окончания компоновки помещений на текущем этаже алгоритм начинает исследовать следующий этаж. Исходя из этого, меняется индексация и идет компоновка помещений на следующем этаже. Переход от этажа к этажу идет до конца здания. Если секции входят в состав одного здания, то лишние секции скрываются на виде, в результате чего, при генерации групп помещений, они будут проигнорированы.

В результате формируются объединённые группы помещений, выступающие в роли квартир (рис. 5) и служащие источником для создания документации:

- экспликация помещений квартиры;
- условные обозначения квартиры.

Впоследствии группы можно редактировать обычным способом (вручную) или, сбросив объединение помещений, повторить автоматическую генерацию, в случае, когда изменений очень много.

При редактировании элементов, непосредственно затрагивающих геометрию помещений, идет автоматическое обновление и исправление зависимостей. Необходимо отметить, что для независимости от шаблона проектирования, необходимо добавить инструмент для смены параметров и элемент управления зависимостями типа помещений от находящихся в них элементах.



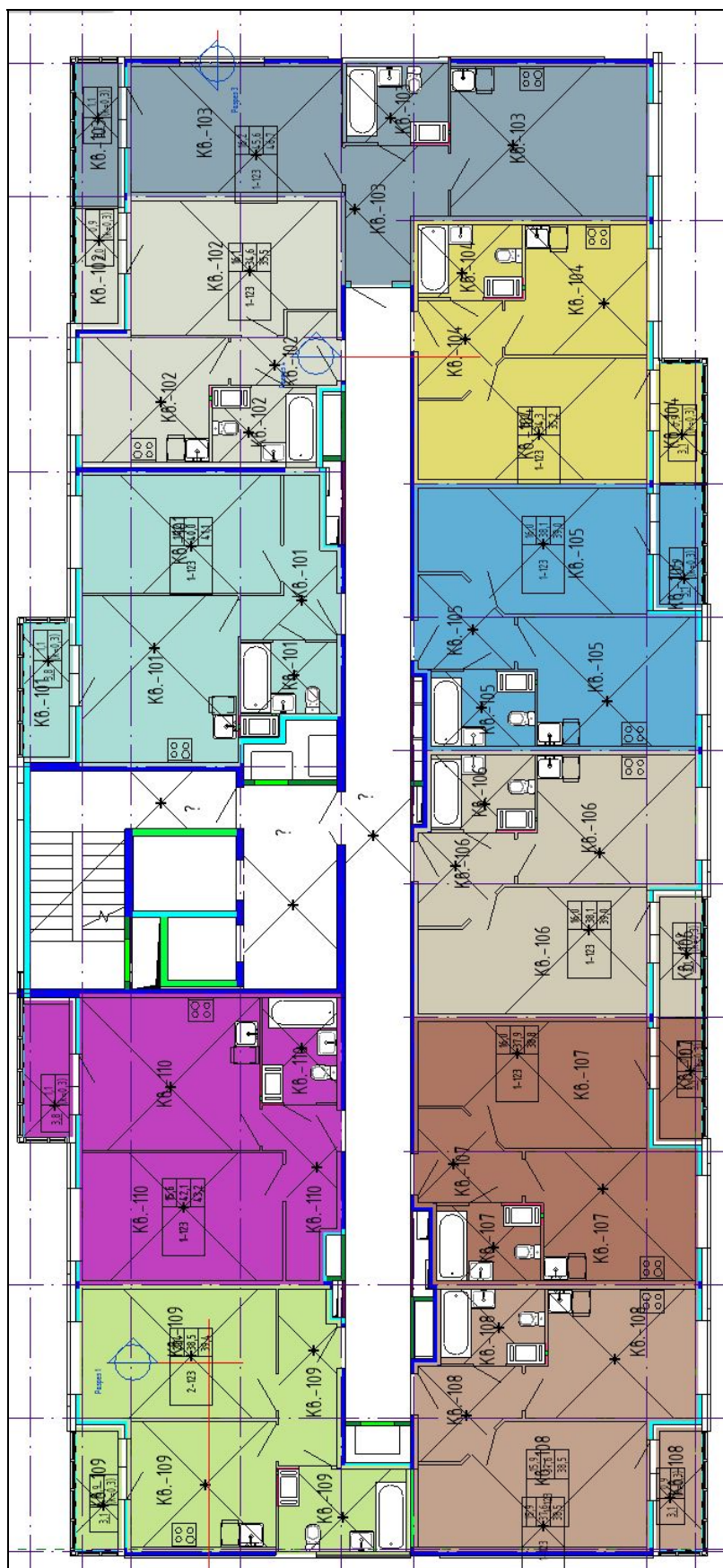


Рис. 5. Объединённые группы помещений, выступающие в роли квартир

Все это поможет сделать программный комплекс универсальным и применять его в любом проекте, независимо от используемого шаблона проектирования и параметров, которые используют проектировщики.

Такой подход полностью раскрывает преимущества ВМ моделирования и данный принцип работы, который можно применить в оптимизации похожих этапов моделирования других разделов проектирования (например, для инженерных сетей).

#### **Литература**

1. Revit SDK 2017. URL: [https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-Customize/files/GUID-D7E8694D-7DB3-41CA-A0F3-AF64DC2DA015-htm.html?st=Revit %20sdk](https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-Customize/files/GUID-D7E8694D-7DB3-41CA-A0F3-AF64DC2DA015-htm.html?st=Revit%20sdk). (дата обращения: 11.04.2019).

2. Талапов В.В. Технологии ВМ: расходы на внедрение и доходы от пользования, [Электронный ресурс]. URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=16748](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16748). (дата обращения: 11.04.2019).

3. Prorubim Scripts — Квартирография. URL: <http://prorubim.com/ru/2017/09/script-kvart/>. (дата обращения: 11.04.2019).

4. Высоцкий А. Квартирография в Autodesk Revit. URL: <http://www.avisotskiy.com/2012/07/Kvartirografia.html>. (дата обращения: 11.04.2019).

5. ГОСТ 21.501–2011 Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений. М.: Стандартинформ, 2013. 46 с.

#### **УДК 004.9+697.1**

*Суханов Кирилл Олегович*, аспирант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*Самолетов Михаил Владимирович*,  
исполнительный директор  
(ООО «ММ-Технологии»)

*E-mail: [sukhanov.kirill1993@mail.ru](mailto:sukhanov.kirill1993@mail.ru),  
[Samoletov@mm-technologies.ru](mailto:Samoletov@mm-technologies.ru)*

*Sukhanov Kirill Olegovich*, graduate student  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)

*Samoletov Mikhail Vladimirovich*,  
Chief Visionary Officer  
(LLC “MM-Technologies”)

*E-mail: [sukhanov.kirill1993@mail.ru](mailto:sukhanov.kirill1993@mail.ru),  
[Samoletov@mm-technologies.ru](mailto:Samoletov@mm-technologies.ru)*

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019.033**

## **ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ С ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛЬЮ ЗДАНИЯ**

### **PROBLEMS OF INTERACTION OF PROGRAM COMPLEXES IN THE PROCESS OF WORKING WITH THE INFORMATION MODEL OF BUILDING**

Для определения энергетической эффективности зданий в строительстве активно применяется энергетическое моделирование (BEM – Building Energy Modeling). Для достижения этих целей применяется программа IES Virtual Environment. Так как модель здания часто выполняется в Autodesk Revit, логично именно ее использовать для оценки

энергоэффективности. При взаимодействии этих программных комплексов иногда возникают сложности. На примере офисного здания рассмотрены проблемы, возникающие при импорте модели из Autodesk Revit в IES Virtual Environment. Предложены варианты размещения объемов помещений. Выявлены основные причины возникновения этих проблем, внесены корректировки в архитектурную модель здания.

*Ключевые слова:* BIM-технологии, энергетическое моделирование, IES Virtual Environment, Autodesk Revit, импорт модели.

To determine the energy efficiency of buildings in construction, energy modeling (BEM – Building Energy Modeling) is actively used. To achieve these goals, IES Virtual Environment is used. Since the building model is often performed in Autodesk Revit, it is logical to use it to assess energy efficiency. In the interaction of these software systems, sometimes there are difficulties. By the example of an office building, problems arising from importing a model from Autodesk Revit into the IES Virtual Environment are discussed. The proposed placement of space volumes. Identified the main causes of these problems, made adjustments to the architectural model of the building.

*Keywords:* BIM-technologies, Building Energy Modeling, IES Virtual Environment, Autodesk Revit, import of model.

На сегодняшний день в строительстве большое внимание уделяется энергоэффективности зданий. Она является важнейшим показателем для определения стоимости обслуживания здания.

На энергоэффективность влияют множество факторов: архитектурные особенности, географическое расположение, ориентация, климатические особенности местности, функционал здания, тип оборудования, расписания и профили нагрузок [1]. Влияние всех этих факторов оценивается при помощи энергомоделирования зданий (BEM – Building Energy Modeling).

Энергетическое моделирование здания – составная часть информационной модели здания, входящая в раздел «BIM-Анализ» [2]. Данный метод активно используется в мировом проектировании [3–5].

BEM способно оценить жизненный энергетический цикл здания в течение года. Модель учитывает функционал объекта, расписания работы людей и оборудования, профили нагрузок, типы и алгоритмы работы инженерных систем. Это позволяет выбрать более эффективное проектное решение и срок его окупаемости.

Одной из самых популярных программ в сфере энергомоделирования зданий является IES VE [6].

Зачастую в BIM моделировании в качестве основной программы используется Autodesk Revit. В таком случае для расчета энергетических нагрузок удобнее использовать уже готовую модель здания, выполненную в Revit, чем заново строить геометрию в IES VE. Но при импорте модели можно столкнуться с различными трудностями. В частности, с проблемами определения объемов помещений.

Для расчета нагрузок была взята архитектурная модель офисного здания, выполненная в программе Revit (рис. 1).

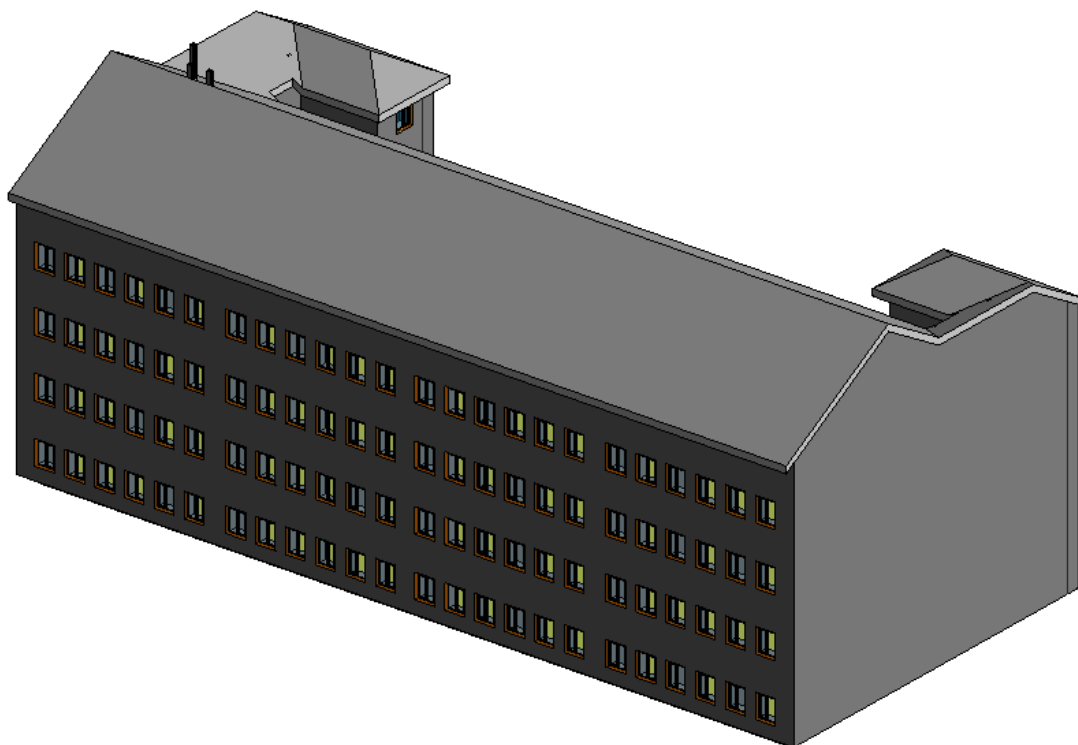


Рис. 1. Архитектурная модель здания

Для выполнения импорта в IES VE необходимо, чтобы в здании были проставлены все помещения. При их размещении важно, чтобы был заполнен весь объем помещения. Нужно отменить команду «Граница помещения» для подвесных потолков (рис. 2).

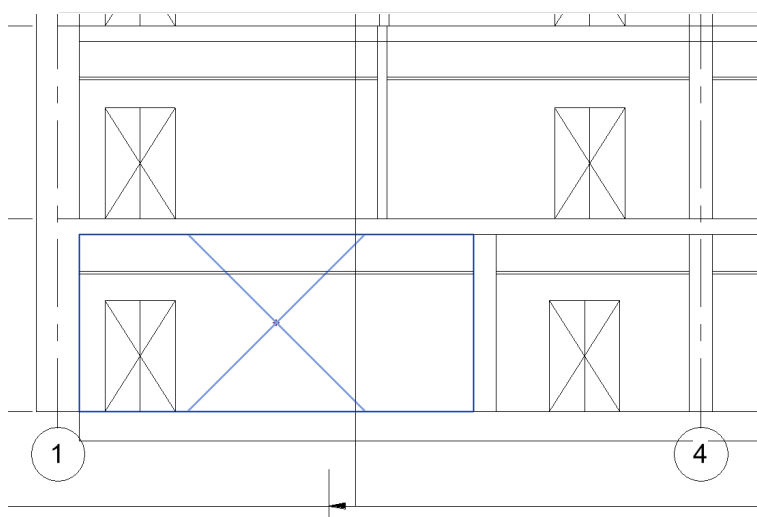


Рис. 2. Вид помещения на разрезе

Но в данном варианте при импорте модели этажи встают на отметки, не соответствующие действительности.

Чтобы отметки при импорте соблюдались, можно убрать границу помещения не только с подвесных потолков, но и с перекрытий. Затем увеличить высоту помещения до пола следующего этажа. Недостатком данного метода является то, что в этом случае программа не видит перекрытий и в IES VE вместо них остаются отверстия, которые необходимо удалить вручную (рис. 3).

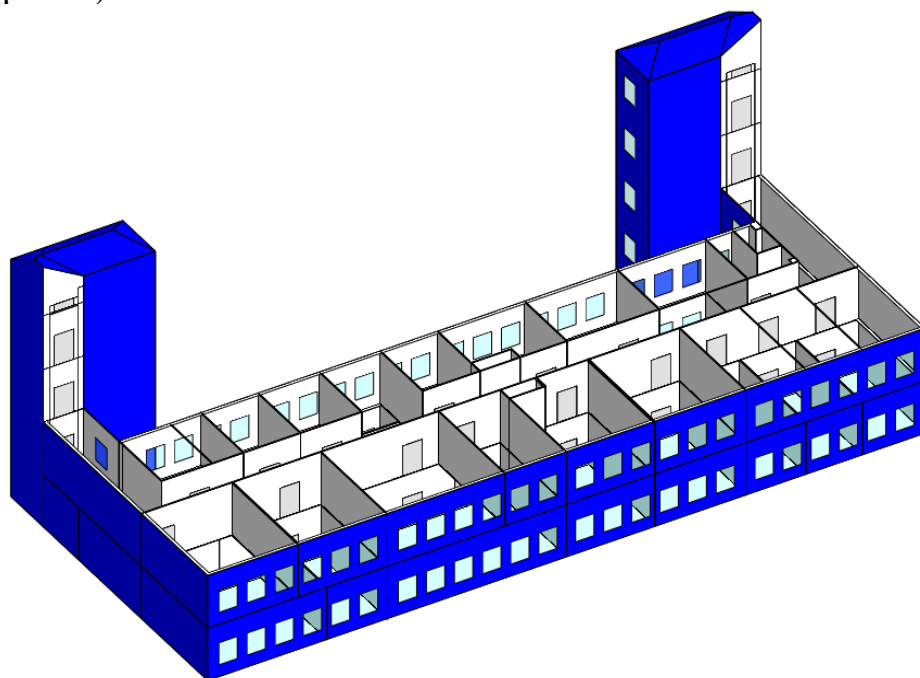


Рис. 3. Этаж с отверстиями (без перекрытий)

Чтобы уйти от этой проблемы, можно импортировать каждый этаж отдельно. Но для этого помещения в Revit должны быть размещены только на импортируемом этаже (рис. 4).

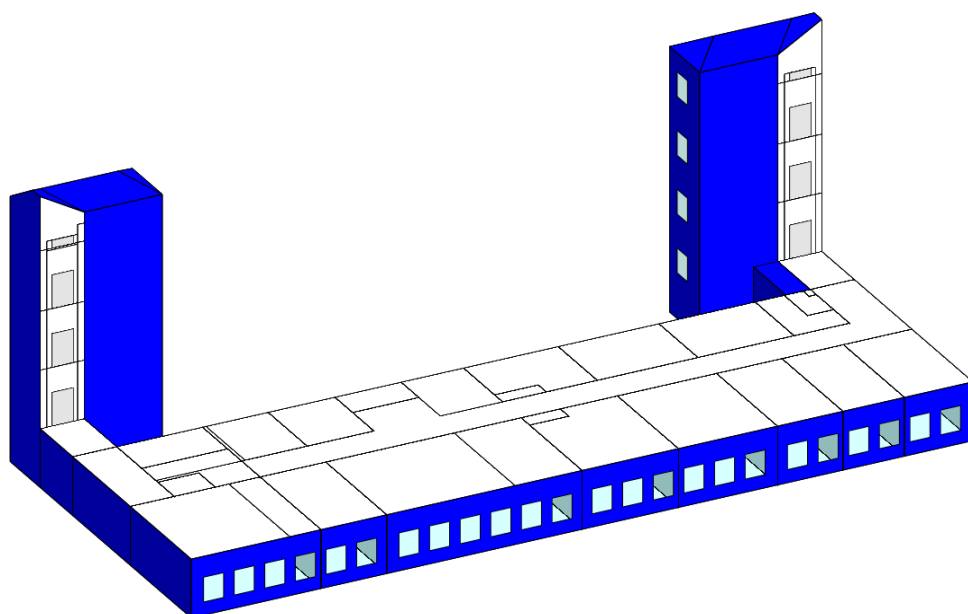


Рис. 4. Правильный этаж

После удаления отверстий или импорта по этажам, здание готово к дальнейшей работе (рис. 5).

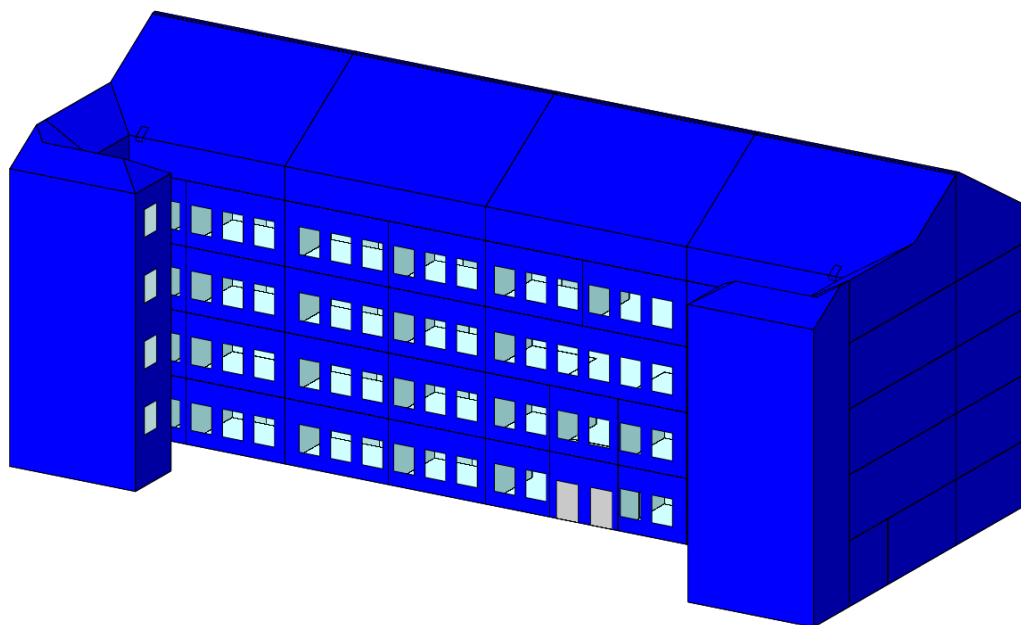


Рис. 5. Модель здания после импорта

В заключение стоит отметить, что перед импортом модели в IES VE необходимо внимательно проверить геометрию здания и правильность размещения помещений. При выполнении этих условий серьезных проблем при импорте не будет, что существенно облегчит дальнейшую работу.

### **Литература**

1. ММ-Технологии. URL: <http://mm-technologies.ru/energomodelirovanie-zdaniy> (дата обращения: 12.03.2019).
2. Гримитлин А.М., Денисихина Д.М. Энергетическое моделирование – инструмент повышения энергоэффективности зданий // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции; СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 93–97.
3. 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.
4. 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.
5. 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](https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/140_2007_b.pdf). (дата обращения: 12.03.2019).
6. Integrated Environmental Solutions, Ltd. «VE 2017». <http://www.ieseve.com>. (дата обращения: 12.03.2019).

УДК 004.92

Шакшак Омар Мохаммедович, студент  
Евсиков Игорь Александрович,  
ст. преподаватель  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: omar.shakshak@mail.ru,  
ievsikov@lan.spbgasu.ru

Shakshak Omar Mohammedovich, student  
Evsikov Igor Aleksandrovich,  
Senior Lecturer  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: omar.shakshak@mail.ru,  
ievsikov@lan.spbgasu.ru

DOI: 10.23968/BIMAC.2019.034

## VR-ПРИЛОЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ BIM-ПРОЕКТА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЯ

### VR APPLICATION BASED ON THE BIM WITH POSSIBILITY OF MANAGING BUILDING ENERGY EFFICIENCY PARAMETERS

В данной статье рассматривается разработка VR приложения на базе BIM-проекта строительного объекта. Пользователю такого приложения дана возможность выбора средней температуры в своем будущем жилом доме. Приложение производит расчет теплового баланса и находит необходимое количество энергии на отопление, с учетом коэффициента теплопередачи стен и окон, взятого из BIM модели, и средней температуры воздуха снаружи. При этом пользователю необязательно обладать какими-либо специальными знаниями, благодаря простому и интуитивно-понятному интерфейсу. 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.

В приложении у пользователя есть возможность в режиме реального времени свободно перемещаться в трехмерном пространстве, оценить решение энергоэффективности здания, производить манипуляции с заданным набором источников энергии, а также, с помощью средств VR, менять интерьер по своему желанию и взаимодействовать с источниками света.

*Ключевые слова:* BIM технологии, энергоэффективность здания, VR, Unreal Engine, рендеринг в режиме реального времени.

This article describes the process of BIM project based VR app development applied for a real construction project. The user of the App is given with the ability of an average temperature pre-adjustment inside his future house. Taking into account the heat transfer coefficient of the walls and windows, taken from the BIM model, and the average air temperature outside, we have calculated the heat balance and have managed to determine the required amount of energy for the heating. In this case, the user does not have to have any special knowledge, since the application has a simple and intuitive interface. Besides that, the application allows to calculate the usage efficiency of alternative energy sources, such as solar panels and wind turbines. The program offers the optimal number of sources of electricity, taking into account their cost and average annual energy generation volumes in a given climatic region.

Inside the app, the user has the opportunity of moving around the home space, real time in 3D, learning the energy allocation solution and its efficiency, manipulating with a given set of energy sources, using VR tools for changing the interior and interacting with the lighting.

*Keywords:* BIM technology, building energy efficiency, VR, Unreal Engine, real-time rendering.

Цель работы – разработка полноценного приложения на базе игрового движка *Unreal Engine*. Такое приложение позволит пользователям оценить эффективность использования альтернативных источников энергии с учетом их потребностей, а также подобрать лучший вариант интерьера в индивидуальном жилом доме.

В современном проектировании широко распространено использование *BIM*. Концепция *BIM* подразумевает наличие атрибутов на всех элементах проекта. Для реализации нашего проекта имеется возможность экспорта 3d-модели проекта из *Autodesk Revit* в *Unreal Engine* со всеми атрибутами и материалами. Такой экспорт осуществляется с помощью дополнительного плагина *Datasmith*. С помощью этого плагина в *Unreal Engine* можно управлять атрибутами модели на уровне визуального языка программирования *Blueprint*.

В данном проекте *Blueprint* используется для ограничения движения персонажа, его взаимодействия с предметами интерьера, позволяет реализовать поставленную математическую модель. Визуальный сценарий *Blueprint* – это система, которая используется во всех версиях *Unreal Engine* и всегда выполняет одну и ту же ключевую задачу. *Blueprint* позволяет создавать и редактировать мощные визуальные сценарии для управления различными аспектами проекта [1].

Для постановки математической модели энергоэффективности здания необходимы следующие параметры:

- 1) площади всех ограждающих конструкций;
- 2) коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций;
- 3) данные о температуре снаружи и внутри здания.

Первый и второй пункты берутся из атрибутов *BIM* модели. Температуру внутри здания пользователь выбирает сам с учетом собственного предпочтения по тепловому комфорту. В качестве примера было решено взять температуру 23°C. Температуру снаружи можно найти в СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [2]. В рассмотренном примере (табл. 1) берутся данные для Санкт-Петербурга.

*Таблица 1*

**Среднемесячная и среднегодовая температура в Санкт-Петербурге**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Санкт-Петербург	-6,6	-6,3	-1,5	4,5	10,9	15,7	18,3	16,7	11,4	5,7	0,2	-3,9	5,4



Зная все эти параметры, можно найти теплотери через наружные ограждения с помощью следующей формулы:

$$T_i = K_i(\tau - t_{cp,i})F_i, \quad (1)$$

где  $K_i$  – коэффициент теплопередачи от внутренней поверхности ограждения до внешней среды, температура которой равна  $t_{cp,i}$ ;  $F_i$  – площадь поверхности ограждения,  $m^2$ ;  $\tau$  – температура внутри здания.

Воздух помещения, соприкасаясь с нагретыми или охлажденными поверхностями, нагревается или охлаждается. Кроме того, он получает или отдает тепло в процессе теплообмена. Уравнение теплового баланса воздуха в помещении имеет вид:

$$\sum T_i \pm Q_B = 0, \quad (2)$$

где  $Q_B$  – количество конвективной теплоты, которое непосредственно передается воздуху помещения или забирается из него [3].

В программе автоматически определяется площадь ограждающих конструкций, затем из атрибутов BIM-модели берутся необходимые коэффициенты и находятся суммарные теплотери за год. В математическую модель программы заложен расчет оптимального количества альтернативных источников энергии, полностью покрывающих затраты на отопление. Для этого используется симплекс-метод: в качестве переменных используется количество источников энергии, а минимизируемая целевая функция – это их суммарная стоимость. Ограничения задаются равенством между суммарной средней вырабатываемой энергией и всеми теплотериями.

Таблица 2

**Исходные данные**

	Кол-во, шт.	Ср. мощность, кВт/год	Стоимость, тыс. руб.
Солнечные батареи	$x$	$Q_x$	$S_x$
Ветрогенераторы	$y$	$Q_y$	$S_y$

Таблица 3

**Постановка задачи оптимизации**

Целевая функция	$x \cdot S_x + y \cdot S_y$	$\rightarrow \min$
Ограничение	$x \cdot Q_x + y \cdot Q_y$	$= \sum T_i$

Также, в данном приложении у пользователя есть возможность поменять оптимальное решение и задать свое количество генераторов, исходя из доступного бюджета.

Следующим рассматриваемым вопросом является вопрос окупаемости использования альтернативных источников энергии. В расчет берется суммарная стоимость солнечных батарей и ветрогенераторов, указанная ранее. Рассчитывается стоимость затрат на отопление электричеством за год без использования собственных генераторов (тариф по Ленинградской области 3,46 руб./кВт·ч, включая НДС) [4]. С использованием полученных данных производится расчет окупаемости генераторов. Результат расчета математической модели изображен на рис. 1.

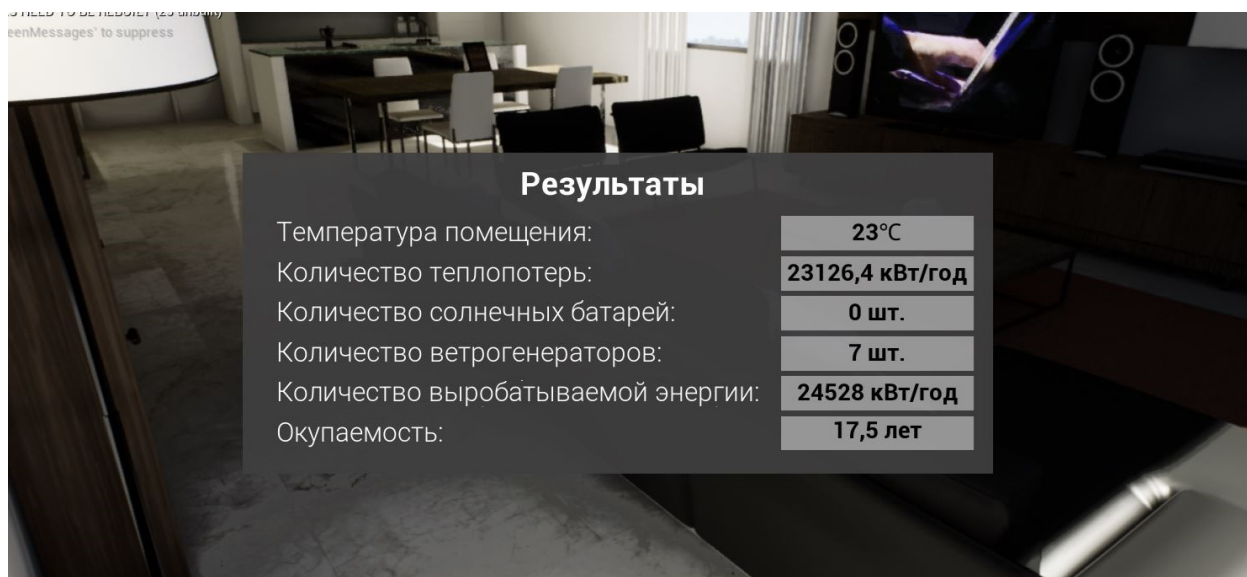


Рис. 1. Информационное окно приложения с результатами расчетов

Еще одной целью данного проекта является «погружение» человека в строительный объект, где он может не просто увидеть завершённый процесс строительства, но и пройтись по виртуальной модели ещё строящегося объекта, а также изменить интерьер в режиме реального времени [5]. В данном проекте создан максимально реалистичный жилой дом, в котором можно менять внешний вид интерьера и взаимодействовать с источниками освещения. В проекте реализована смена времени суток. По фотореалистичности приложение не уступает таким рендер-плагином, как *V-Ray* или *Corona*, часто используемых архитекторами и дизайнерами.

В приложении нет сложного интерфейса. Смена элементов интерьера происходит, когда пользователь в виртуальном пространстве квартиры подходит к цветным «кубикам управления» и выбирает понравившийся вариант с помощью устройств ввода информации (клавиатура, манипулятор мышь или джойстик) (рис. 2).

*VR* в строительстве помогает раскрыть нюансы освещения и движения, значительно улучшить архитектурные «проходки». Кроме того, рендеринг в режиме реального времени, даёт возможность продемонстрировать все детали проекта прежде, чем он будет построен.

Результатом работы является полноценный программный продукт, который может запустить любой пользователь. Приложение позволяет оценить еще не построенный объект, как изнутри, так и снаружи, и не требует специальных навыков или знания программ для трехмерного моделирования. Также данный программный продукт предназначен для компаний, специализирующихся на продаже и строительстве частных жилых домов. Приложение позволяет на высоком уровне проводить презентации строительного объекта для потенциальных покупателей и предоставляет возможности для самостоятельного планирования интерьера и решения вопросов, связанных с энергоэффективностью здания.



Рис. 2. Смена внешнего вида элементов интерьера здания

Еще одним важным сценарием использования полученного приложения является возможность обучения будущих BIM-специалистов. Для этого достаточно добавить в виртуальную среду интерактивные информационные ресурсы. Данная мера обеспечит возможность совместного обучения специалистов в сфере расчетов энергоэффективности, процессов проектирования, строительства и визуализации проектов в режиме реального времени. Особенно удобен такой способ для совместного обучения специалистов, территориально удаленных друг от друга и от места строительства.

#### Литература

1. Шакшак О.М., Евсиков И.А. Использование виртуальной реальности (VR) как средства архитектурной визуализации // Архитектон: известия вузов. 2018. № 4(64). С. 352–360.

2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с изменениями № 1, 2). М.: ФГУП ЦПП, 2012. 113 с.
3. Бодров В.И., Бодров М.В., Бодрова В.Ф., Кузин В.Ю. Строительная теплофизика. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2015. 156 с.
4. Тарифы на электроэнергию по Санкт-Петербургу. URL: [https://www.pes.spb.ru/for\\_customers/electricity\\_tariffs/electricity\\_tariffs\\_for\\_st\\_petersburg/](https://www.pes.spb.ru/for_customers/electricity_tariffs/electricity_tariffs_for_st_petersburg/) (дата обращения: 02.03.2019).
5. Unreal Engine 4 for Design Visualization: Developing Stunning Interactive Visualizations, Animations and Renderings / ed. T. Shannon. Addison-Wesley Professional, 2017. 384 p.

**УДК 004.94:692.000**

*Шшина Дарья Львовна,*

ВМ-координатор

*Сергеев Филипп Вячеславович,*

ВМ-менеджер

(ООО «ИНПИ»)

*E-mail: shishina@i-npi.ru, sergeev@i-npi.ru*

*Shishina Daria Lvovna,*

BIM-coordinator

*Sergeev Philipp Vyacheslavovich,*

BIM-manager

(LLC “INPI”)

*E-mail: shishina@i-npi.ru, sergeev@i-npi.ru*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.035**

## **REVIT | DYNAMO: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНЫХ ФОРМ**

### **REVIT | DYNAMO: DESIGNING BUILDINGS OF COMPLEX SHAPES**

Потребность в проектировании объектов сложных форм (непрямолинейных, округлых, динамичных в своей геометрии) на сегодняшний момент вызывает некоторые сложности при построении. В работе представлены зарекомендовавшие себя подходы в моделировании сложных форм. Рассматривается инструментарий программы *Autodesk Revit* (формообразующие, модель в контексте) в совокупности со скриптами, созданными с помощью дополнения для визуального программирования – *Dynamo*. Сформулированы методы работы со сложной геометрией в *Revit*, позволяющие корректно смоделировать объекты сложных форм. Приведены примеры использования стандартных инструментов программы в нетипичной для них логике применения. Так как стандартные инструменты имеют ограниченный функционал, показан способ использования скрипта на базе *Dynamo*, который автоматизирует и ускоряет процесс создания геометрических форм.

*Ключевые слова:* формообразующие, модель в контексте, автоматизация, сложность форм, адаптивность.

The need to design buildings of complex shapes (non-straight, rounded, dynamic in their geometry) at the moment, cause some difficulties in the construction. We present proven approaches in modeling complex shapes. We consider the tools of the program Autodesk Revit (mass, unique components) in conjunction with the scripts created using the add-on for visual programming – Dynamo. Formulated methods for working with complex geometry in Revit, allowing to correctly model objects of complex shapes. Examples of using standard software tools in an atypical application logic are given. Since standard tools have limited functionality, a method for using a Dynamo-based script that automates and speeds up the process of creating geometric shapes is shown.

*Keywords:* mass, unique components, automation, complexity of shapes, adaptability.

## Введение

Архитектура и конструктив уходят от простых прямолинейных форм. Такая тенденция очевидна в современном строительном комплексе. Все чаще применяется генеративное проектирование, аналитическое описание конструкции, математический подход к моделированию фасадов. Все эти подходы объединяют в себе одну очень важную мысль: происходит переход от конструкций простой формы, которые просто изготовить, сконструировать и графически оформить, к конструкциям, чья форма диктуется не простотой, а содержанием. Требования к современным зданиям становятся все технологичнее, экономика заставляет разрабатывать конструкции с минимальным количеством материала, но максимальной площадью. Раньше это было доступно только великим архитекторам с большими сроками и бюджетами.

При использовании в работе технологии информационного моделирования, важным этапом планирования является формирование требований к модели. От требований будут зависеть подходы к моделированию и наполнению информацией элементов. Анализ требований должен происходить на самом старте работы, чтобы не потребовалось переделывать огромные блоки геометрии на стадии рабочей документации [1].

Ниже описаны способы работы со сложной геометрией в *Revit*. Основными инструментами являются: формообразующие элементы и модель в контексте, которые являются основной заменой системным семействам в случае построения сложной геометрии. Так как стандартные инструменты дают ограниченный функционал, реализован скрипт на базе *Dynamo*, который автоматизирует и ускоряет процесс создания формы. В свою очередь, данные формы служат основой для размещения нескольких категорий элементов: подсистем фасадов, монолитных конструкций, отделки лестниц.

## Формообразующие элементы

Располагаются в *Revit* на панели «Формы и генплан». Рассмотрим три основных применения формообразующих элементов в проектировании объектов:

1. Формообразующие как инструмент концептуального проектирования.
2. Основной инструмент проектирования на «сложных» архитектурных формах.
3. Инструмент автоматизации через визуальное программирование.

Руководств по построению форм для эскизного проектирования достаточно много, обучающие материалы развернуты и помогут применять формы в стадии концепции по своему назначению [2].

Зачастую, например, при жилом строительстве, которое занимает сейчас очень большую нишу в общем объеме строительного бизнеса, формы используются в концептуальном проектировании, для извлечения определенных объемов: объемов этажа, различных типов площадей (с использованием

расчетных формул), площадей остекления фасадов и примерного расчета основных цифр по энергоэффективности (нужно иметь в виду, что *Revit* работает по данным таблиц *ASHRAE*) [3].

Возможности такого инструментария имеют множество плюсов для застройщиков: в основном таким плюсом является получение множества необходимых статей исходных данных для строительства. При помощи вариации использования данного инструмента, существует возможность составить каталог существующих используемых планировок фирмы – застройщика, тем самым унифицировать его подход к формированию застройки участков, получая представление о будущем объекта на стадии концепции и возможности вариативного подхода [4].

Если рассматривать формы как основу для построения различных элементов проекта, то, как правило, это следующие категории: монолитные конструкции (в основном, изгибающиеся в 3 плоскостях), сложные параметрические фасады (оболочки, сетки наружного остекления с различным заполнением, бионика), лестницы и ограждения.

Монолитные конструкции. При построении монолитных конструкций различной сложности, важно иметь в виду основные требования по оформлению документации. Например, на разрезах и планах графика должна быть единой, без дополнительных разделителей (рис. 1) и быть пригодной для использования в дальнейшем конструкторами (если учитывать копирование элементов из модели архитектора).

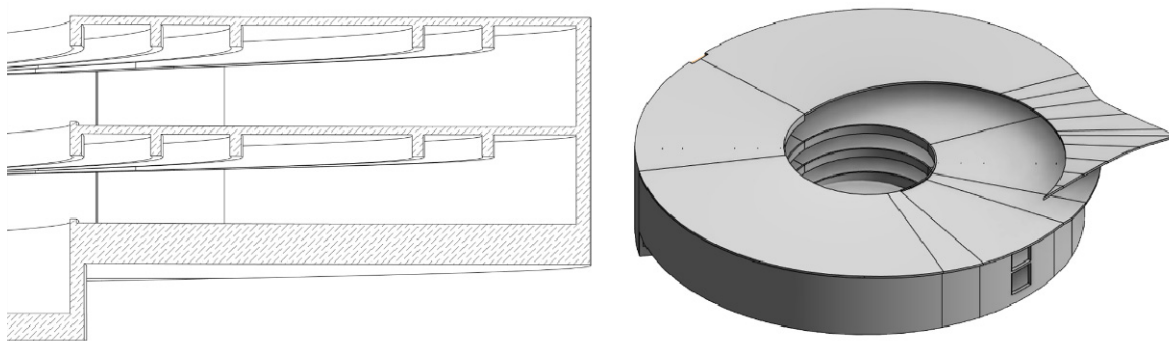


Рис. 1. Пример представления разреза ramпы парковки

При проектировании объектов нестандартных форм приходится уходить от системных инструментов моделирования и прибегать к инструменту «модель в контексте» или к моделированию с помощью формообразующих элементов. Для данного примера ramпы паркинга использовалась именно «модель в контексте», а точнее «переход по траектории», с использованием профилей, описывающих начальную и конечную отметку конструкции.

Подобные криволинейные конструкции возможно воспроизвести и с помощью форм. При этом одна форма может служить и основой для монолитных стен, и для конструкции подсистемы фасадов (рис. 2).

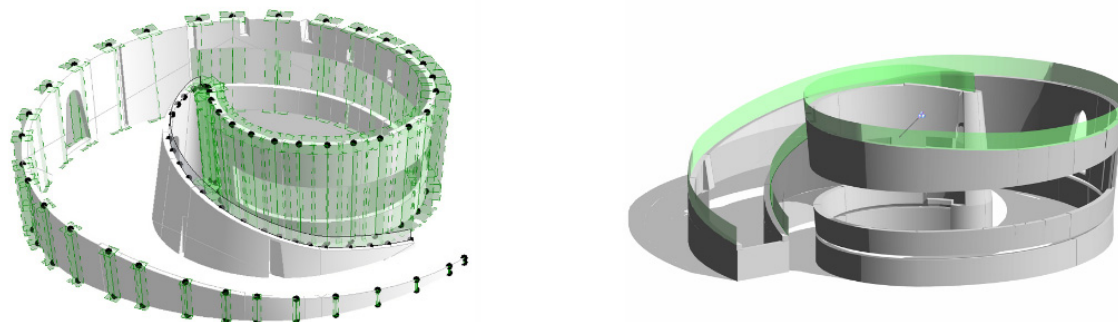


Рис. 2. Построение формы

На данном объекте стены в каждой точке имеют определенный уклон и определенную высоту относительно плоскости уровня, для того, чтобы прийти в необходимую высоту и форму, потребовались дополнительные построения в виде сплайнов-прямых для дальнейшей фиксации уклона точек парапета.

### **Дунамо и формообразующие элементы**

Для автоматизации процессов на данном объекте использовался скрипт *Дунамо* (рис. 3). Данный скрипт формирует геометрию формы на основе конструкции, воспроизведённой ранее. Для разбора логики работы скрипта рассмотрим несколько примеров взаимодействия элементов-основ и форм.

Фасады и их металлические подсистемы. В исходных данных – стена по грани, соединенная с перекрытием под уклоном, именно на ее основе будет создаваться элемент формы. После запуска скрипта на стену наслаивается семейство формы, повторяющее геометрию стены. В свою очередь на форму выстраивается настроенная витражная система с профилями металлических направляющих. Металлические направляющие моделируются через профиль импоста системы. Моделировать формы можно каждый раз, когда элемент основы меняет свою геометрию, при этом новая форма полностью заменяет прежнюю, так как имеет в своем названии следующую структуру: «Категория выбранного объекта\_ID». Ручному моделированию подвергается лишь первоочередной элемент-основа, поэтому самым главным плюсом такой связки является быстрота внесения изменений, так как константой любого объекта является постоянное преобразование [5].

Необходимо помнить, что *Дунамо* по-разному считывает геометрию элементов, все зависит от сложности геометрии выбираемых объектов. В зависимости от того, насколько сложный исходный элемент существует в проекте, используются либо стандартные ноды по извлечению геометрии *Element.Solids*, либо *python script*.

Лестницы. Существует необходимость считывать отделку лестниц, а также, отобразить графику пирога на разрезах и сечениях. Для этого необходимо использовать готовую системную лестницу, на основе которой через скрипт создается форма, повторяющая форму лестницы. На основе этой формы

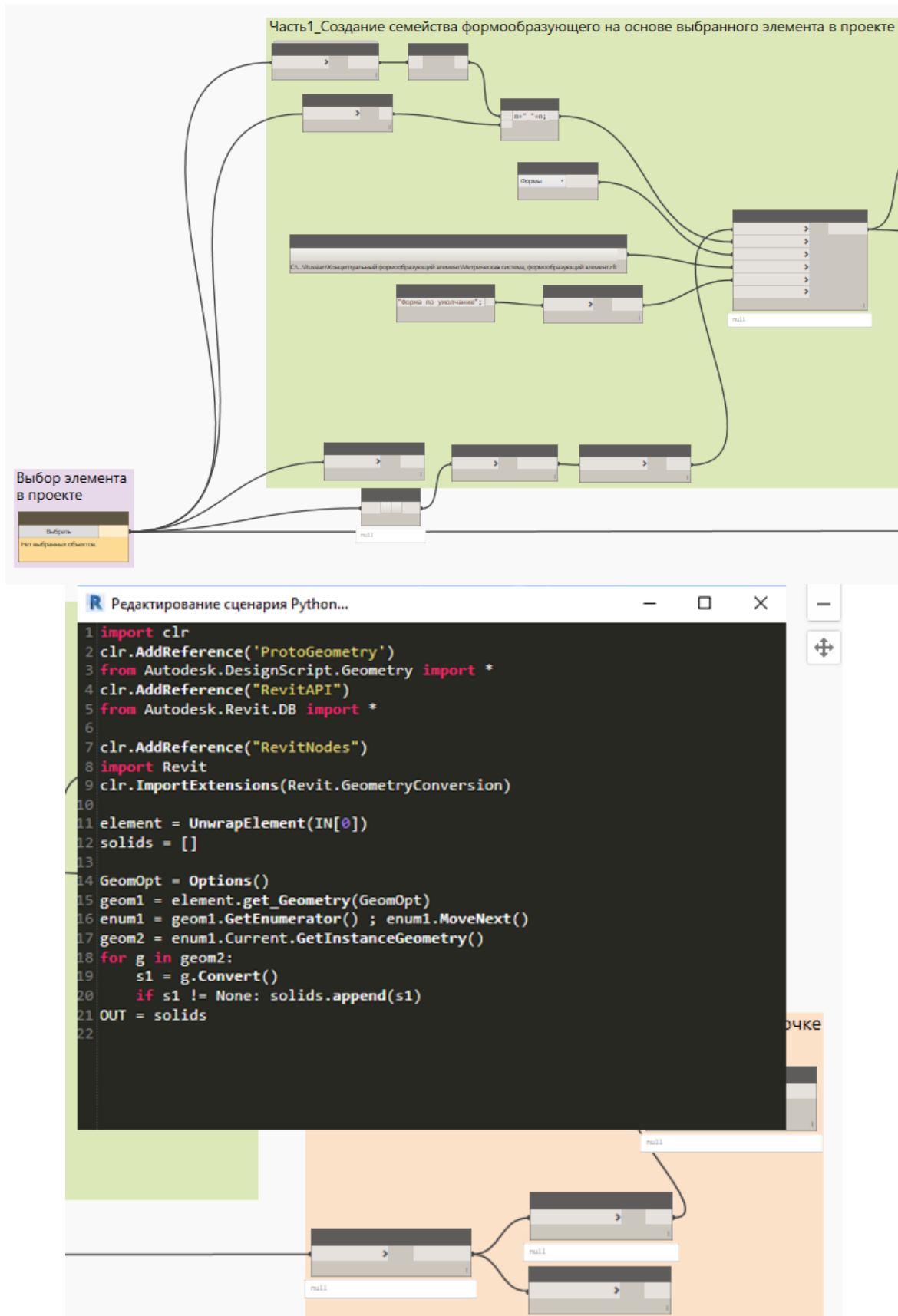


Рис. 3. Тело скрипта и сценарий *python* для выбора сложной геометрии



используется инструмент «крыша по грани», которая и воспроизводит многослойный пирог конструкции. С помощью такого способа отделки лестниц не требует большой трудоемкости в проекте (рис. 4).

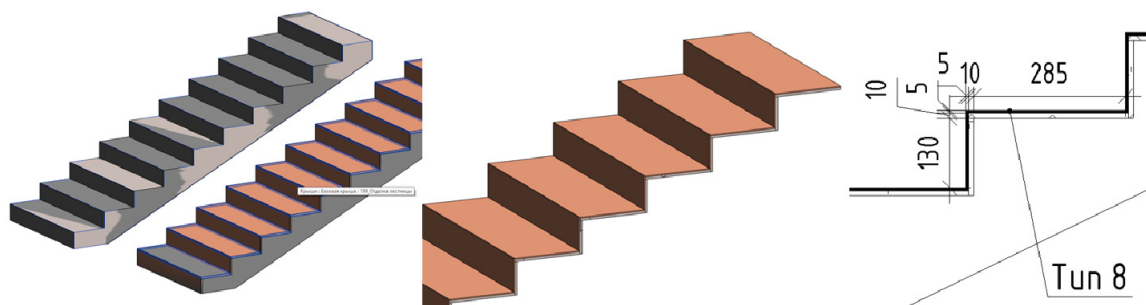


Рис. 4. Моделирование отделки лестницы

Необходимо добавить, что торцевые части отделки моделируются лобовыми досками, в дальнейшем, при изменении ширины кровли по грани, лобовая доска подтягивается за своей основой. Подсчеты ведутся через сборки, из лобовых досок создаются части, в итоге формируются ведомости материалов.

Ограждения. По такому же принципу действия связки формы + витражные системы существует большая вариативность создания ограждений. При этом значительно упрощается процесс подсчета балясин, поручней и направляющих в дальнейшем, так как все элементы таких ограждений являются импосты витражей. Как правило, для подсчета элементов ограждений, созданных витражной системой, используются сборки.

### Вывод

При помощи четкого формирования структуры проекта, логики моделирования каждого аспекта общего объема геометрии и применения методов автоматизации, проектирование геометрически сложных объектов происходит без потери дополнительного времени на редактирование и внесение изменений, а также оптимизирует общий объем временных ресурсов на моделирование объемов сложных форм.

### Литература

1. Kensek K., Noble D. Building Information Modeling. John Wiley & Sons, Inc. 2014. 12.4.4 BIM + Knowledge. P. 162.
2. Вандезанд Д., Кригел Э., Рид Ф. Autodesk Revit Architecture 2013–2014. М.: ДМК Пресс, 2013. С. 65–76.
3. Shariq A. Analysis of procedures and workflow for conducting energy analysis using Autodesk Revit, GBXML and Trace 700. Fourth National Conference of IBPSA-USA New York City, New York August 11–13, 2010. P. 56.
4. Ланцов А.Л. Autodesk Revit 2015. Компьютерное проектирование зданий. М.: Consistent Software Distribution. РИОР. 2014. С. 548–555.
5. Hardin B., McCool D. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. John Wiley & Sons, Inc. 2015. P. 35.

---

---

## **ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ, ВЛАДЕЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯМИ BIM**

**УДК 378.147**

*Гаврилова Алена Всеволодовна, студент  
Князева Любовь Леонидовна, студент  
Койков Вадим Вячеславович, студент  
Фёдоров Олег Павлович, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: gavrilova\_alevs@mail.ru,  
luss98@mail.ru, vkoikov2011@gmail.com,  
oleg\_proart@mail.ru*

*Gavrilova Alena Vsevolodovna, student  
Kniazeva Liubov Leonidovna, student  
Koykov Vadim Viacheslavovich, student  
Fyodorov Oleg Pavlovich, Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: gavrilova\_alevs@mail.ru,  
luss98@mail.ru, vkoikov2011@gmail.com,  
oleg\_proart@mail.ru*

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019.036**

### **МЕЖКАФЕДРАЛЬНЫЙ BIM-ФАКУЛЬТАТИВ ВУЗА КАК ОСНОВА ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС**

#### **INTERDEPARTMENTAL BIM-ELECTIVE OF THE UNIVERSITY AS A BASIS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE NEW TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS**

В данной работе поднимается вопрос об актуальности дополнительного образования в сфере информационных технологий в университете. Описывается процесс организации, структура, цели и задачи межкафедрального факультатива по информационному моделированию зданий (BIM), проведенного среди студентов третьего курса Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ) кафедрой информационных технологий. Описываются состав и задачи членов команды, принципы их отбора, инструменты и программное обеспечение, используемые в рамках занятий. Отмечаются преимущества и выявленные в процессе прохождения недостатки составленной программы и формата её проведения. Формулируются проблемы, возникшие в ходе факультатива и касающиеся компетенций участников, организации совместной работы, программного обеспечения и проверки выполненного задания. Выдвигаются предложения по решению заявленных проблем. Рассматриваются перспективы введения подобных практик в учебную программу.

*Ключевые слова:* BIM, информационное моделирование, учебный процесс, информационные технологии, командная работа.

This paper raises the question of the relevance of additional education in the field of information technology at the university. It describes the organization process, the structure, the goals and the objectives of the interdepartmental building information modeling (BIM) elective conducted by Department of Computer Science among third-year students of the St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU). The composition and duties of the team members, tools and used software are considered in the article. The advantages and the disadvantages identified during the span of the program, as well as the format of its implementation, are noted throughout this study. The problems arising during an elective such as the competencies of the participants, the organization of collaboration, software and verification of

the completed task are formulated. The suggestions are made to solve the problems mentioned above. The prospects for introducing such practices into the curriculum are considered.

*Keywords:* BIM, information modelling, educational process, information technology, team-work.

В настоящее время крайне актуальна задача подготовки кадров с новым полноценным BIM-мышлением при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов. Подобный опыт необходимо получать уже на этапе обучения в вузе. На данный момент достаточно широко распространены дополнительные программы повышения квалификации в сфере BIM, чемпионаты по моделированию или курсы, уже добавленные в учебный процесс [1–3], но многие из них вовсе не подразумевают совместной работы над проектами. Опыт командной работы в условиях информационного моделирования объекта имеет некоторую специфику, к которой нужно подготовить будущего специалиста. В связи с этим, кафедрой информационных технологий СПбГАСУ был предложен факультативный курс. Он нацелен на демонстрацию механизмов моделирования здания в условиях сотрудничества.

Факультативный курс «Информационное моделирование в профессиональной сфере (BIM)» разработан кафедрой информационных технологий СПбГАСУ для студентов архитектурного и строительного факультетов, факультета инженерной экологии и городского хозяйства, рассчитан на 72 академических часа (две зачётные единицы).

Проведение факультатива нацелено на освоение студентами СПбГАСУ механизмов и приёмов технологии информационного моделирования (BIM) в учебном процессе. Также демонстрируется важность взаимодействия между смежными дисциплинами на всех этапах работы над проектом, объясняются особенности (трудности) и важность внедрения современных инженерных инструментов в проектный процесс. Сегодня уже точно можно говорить, что изучение процессов и особенностей информационного моделирования является необходимым дополнением к образованию, получаемому в высшем учебном заведении [4–7].

Для достижения поставленных целей на факультативе ставятся задачи междисциплинарного взаимодействия в ходе работы над проектом, разработки информационной модели здания с сопутствующими расчётами, изготовления макета посредством 3D-печати и лазерной резки<sup>1,2</sup>.

Курс условно делится на две части: подготовительная работа и совместная работа. В рамках первой студентами архитектурного факультета выполнялось моделирование секционного жилого дома согласно разработанному ранее регламенту (один участник – одна модель, за основу взяты проекты,

---

<sup>1</sup> Семенов А.А., Антонов А.А. ФТД.1 Информационное моделирование в профессиональной сфере (BIM): Рабочая программа дисциплины. Материалы кафедры информационных технологий / СПб.: СПбГАСУ, 2018.

<sup>2</sup> Семенов А.А., Антонов А.А. ФТД.1 Информационное моделирование в строительстве (BIM): Рабочая программа дисциплины. Материалы кафедры информационных технологий / СПб.: СПбГАСУ, 2018.

выполненные в рамках курсовой работы на кафедре архитектурного проектирования), а студенты инженерных направлений тренировали навыки, необходимые для совместной работы в среде изучаемого программного обеспечения. Совместная работа заключалась в разделении прошедших отбор слушателей факультатива на рабочие группы, которые продолжали разрабатывать и детализировать модель.

С целью разработки ВМ-модели участники были распределены на 6 команд. Каждая команда состояла из студентов архитектурного факультета («архитектора»), строительного факультета («конструктора» и «координатора») и факультета инженерной экологии и городского хозяйства («инженеров» ТГВ и ВВ, от 1 до 3 человек). Количество команд определялось в соответствии с наименьшим набором по направлению, таковыми оказались «координаторы».

Отбор студентов архитектурного направления для участия в факультативе проводился на конкурсной основе, а также предполагал вторичный отсев в связи с ограниченным количеством рабочих групп (следовательно, и разрабатываемых моделей). Для прохождения первичного отбора необходимо было продемонстрировать навыки владения *Revit Architecture*, прикрепив в заявке выполненную в данной среде модель.

В течение факультатива студенты приобретали навыки работы в программном обеспечении, соответствующем роли в команде: *Revit Architecture* (моделирование архитектуры), *Revit MEP* (проектирование инженерных сетей), *Dynamo* (визуальное программирование), *Enscape* (создание визуализаций), *Tekla Structures* (моделирование и расчет конструкций), *AutoCAD* (оформление чертежей), *liNear GmbH* (расчет систем ОВ и ВК). Также все участники ознакомились с сервисом *Autodesk BIM360 Design* (организация совместной работы).

Для создания единых критериев моделирования преподавателями факультатива был написан регламент<sup>3</sup>, включавший в себя правила создания моделей и семейств, их наименования и другие важные аспекты. Требования данного регламента распространялись только на подготовку компьютерной модели «архитекторами».

Для совместного моделирования использовался сервис *Autodesk BIM360 Design*. Он имеет множество плюсов: удалённый доступ к модели из любой точки, простой интерфейс, средства для просмотра моделей непроектировщиками (в нашем случае – преподавателями). «Координатор» каждой команды создавал профиль проекта, добавлял всех участников, определял их права на редактирование и просмотр файлов, загружал задания для каждого из «специалистов» и следил за процессом работы, поясняя как правильно синхронизировать, публиковать и принимать модель.

Заключительным этапом работы являлись подготовка и оформление документации. По итогам факультатива состоялась выставка выполненных проектов (рис. 1). Презентационные материалы включали в себя чертежи и схемы по каждому из направлений, а также макет здания (рис. 2).

---

<sup>3</sup> Антонов А.А., Койков В.В. ВМ-Стандарт для выполнения модели раздела АР. Материалы кафедры информационных технологий / СПб.: СПбГАСУ, 2018.



Рис. 1. Участники факультатива на открытии выставки



Рис. 2. Макет здания

В ходе факультативного курса участники столкнулись с рядом трудностей, повлиявших на организацию работ в процессе практических занятий и качество выполненной работы.

Студенты-«инженеры» и «координаторы» попадали на факультатив без предварительного отбора и конкурса, что впоследствии привело к снижению мотивации отдельных студентов и сложностям выхода на окончательный результат.

Так как в факультативе принимали участие студенты третьего курса, имеющих у «архитекторов» знаний и компетенций не хватало для выполнения всех возложенных на них задач по контролю и организации процесса совместной работы. Более того, отсутствие такой роли, как «главный инженер» проекта («ГИП»), не позволяло качественно проверить выполненную работу по проектированию инженерных систем.

Стоит также отметить нехватку необходимых для участия в факультативе компетенций у «конструкторов». По заданному кафедрой плану в их задачи входило армирование перекрытий и лестниц, но данный раздел не был выполнен в связи с недостатком знаний третьекурсников по данной теме.

У «инженеров» и «конструкторов» отсутствовал регламент по моделированию, необходимый для организации грамотной совместной работы [8]. Так, например, смежники не создавали рабочие наборы, что впоследствии привело к затруднениям при работе с файлом у других участников команды.

Дополнительным препятствием для работы стало отсутствие полноценной лицензии на *BIM360 Design*. В связи с этим приходилось пересоздавать учётные записи раз в 30 дней и перемещать модели из одного хранилища в другое. Также стоит отметить, что в процессе работы студенты пользовались далеко не всеми возможностями *BIM360 Design*, так как приоритетнее была разработка непосредственно самого проекта. В основном сервис использовался исключительно для передачи модели смежникам.

Вследствие отсутствия регламентов по оформлению подготовкой чертежей занимались «архитекторы». Это могло повлечь за собой неумышленное изменение документов. Достаточно весомой проблемой при оформлении стало отсутствие конкретных сроков сдачи.

Также по факту отсутствовала проверка всей единой модели на коллизии. Она осуществлялась в отдельно взятой модели разрабатывавшим её участником, но в рамках всего проекта проведена не была.

С целью дальнейшего совершенствования образовательного процесса в рамках факультатива предлагаются следующие рекомендации.

Отбор участников следует проводить на конкурсной основе для всех направлений факультатива, чтобы команды состояли из наиболее мотивированных и готовых к усердной работе студентов. Он может проходить как в несколько этапов, как, например, у «архитекторов», так и в упрощенном виде.

Необходимо прикрепить к каждой команде куратора, который будет осуществлять контроль за всеми участниками команды и процессом выполне-

ния работы. Это может быть студент-старшекурсник, имеющий опыт совместной работы над проектом. Также включение в команду студента кафедры экономики строительства и ЖКХ («сметчика») будет являться аспектом, приближающим условия факультатива к реальным. Это принесёт незаменимый опыт работы, важный для оценки стоимости возведения проектируемого объекта.

Немаловажным аспектом является увеличение времени занятий факультатива на некоторых специальностях для того, чтобы заполнить пробелы в знаниях, необходимых для выполнения запланированных заданий в полном объёме. Кроме того, можно набирать на факультатив студентов старших курсов, которые уже обладают всеми необходимыми компетенциями.

Создание единых регламентов по моделированию и оформлению документации также играет важную роль в командной работе. Это будет способствовать как повышению качества итоговой подачи, так и общей грамотности студентов. Единые нормы позволят избежать большого ряда ошибок еще на начальной стадии работы, что позволит сократить время на исправление модели, и соответственно, уменьшить количество коллизий, допущенных при моделировании. Единый стиль оформления позволит проверяющим преподавателям и кураторам быстрее прочитывать чертежи и находить ошибки, требующие доработки.

Приобретение лицензии на *BIM 360 Design* будет являться немаловажным фактором в удобстве организации совместной работы и сократит время и силы, затраченные на постоянные «переезды», а также уменьшит вероятность возникновения ошибок в данном процессе таких как, например, возможность загрузки не того файла. Кроме того, данный софт будет полезен при организации других мероприятий, где работа также выполняется в команде.

В заключительном этапе работы следует проводить итоговую проверку работ кураторами. Исключение коллизий, которые являются часто встречающейся проблемой при проектировании и влекут за собой постоянные проектные правки, позволит улучшить качество выполненных работ. Грамотно сделанный проект будет являться результатом совместной работы всей команды и позволит оценить компетенции, полученные в ходе факультатива.

Более того, защита итоговых проектов команд даст ребятам незаменимый опыт публичных выступлений и возможность передать свои идеи и концепции аудитории. Такой опыт также будет хорошим подспорьем к защите следующих работ – бакалаврской, магистерской, а также любых других проектов.

На данный момент подобные факультативные курсы почти не встречаются в высших учебных заведениях России. Соответственно, малое количество примеров и наработанного опыта, на основе которых можно было бы построить образовательный процесс, не позволяют грамотно и быстро сформировать структуру занятий. Поэтому опыт проведенного факультатива важен не только для нашего университета, но и для других образовательных учреждений, которые нацелены на внедрение BIM-технологий в студенческую программу подготовки бакалавров и магистров.

### **Литература**

1. Открытый ВМ-Чемпионат СПбГАСУ-2019 по информационному моделированию зданий. СПбГАСУ. 2019. URL: <http://projectoffice.spbgasu.ru/>. (дата обращения: 05.04.2019).
2. «В вузе начали обучать ВМ-технологиям проектирования зданий и инфраструктуры». Университет ИТМО. 2014-2019. URL: [http://innovation.itmo.ru/ru/news\\_page/1078/](http://innovation.itmo.ru/ru/news_page/1078/). (дата обращения: 05.04.2019).
3. «Проектирование зданий. ВМ». СПбПУ. 2010-2019. URL: <http://open.spbstu.ru/course/02prbim/>. (дата обращения: 05.04.2019).
4. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 61–65.
5. Талапов В.В. Технология ВМ: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК-Пресс, 2015. 409 с.
6. Федоров О. П. Рисунок как инструмент изучения. Методика быстрого эскизирования // Innovative Project: научно-исследовательский архитектурный журнал. СГАСУ, Самара. 2016. Том I. № 1. С. 136.
7. Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства: Приказ Минстроя России от 29.12.2014 N 926/пр. URL: <http://www.minstroyrf.ru/docs/2663/>. (дата обращения: 05.04.2019).
8. Семенов А.А. Интеграция концепции ВМ в учебный процесс строительных вузов // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 207–211.

### **УДК 69+004.925.8**

*Данилова Елена Александровна,*  
канд. техн. наук, доцент  
*Решетников Михаил Константинович,*  
д-р техн. наук, профессор  
*Бородулина Светлана Владимировна,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Саратовский государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.)  
*E-mail: lenochka240766@rambler.ru,*  
*reshmk@rambler.ru,*  
*borodulina\_svetlana@rambler.ru*

*Danilova Elena Aleksandrovna,*  
PhD of Sci. Tech., Associate Professor  
*Reshetnikov Michail Konstantinovich,*  
Dr. of Sci. Tech., Professor  
*Borodulina Svetlana Vladimirovna,*  
(Yuri Gagarin State Technical University of  
Saratov)  
PhD of Sci. Tech., Associate Professor  
*E-mail: lenochka240766@rambler.ru,*  
*reshmk@rambler.ru,*  
*borodulina\_svetlana@rambler.ru*

**DOI: 10.23968/ВМАС.2019.037**

## **ВМ-ТЕХНОЛОГИИ В ДИСЦИПЛИНАХ МАГИСТЕРСКОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЕЙ И АРХИТЕКТОРОВ**

### **BIM-TECHNOLOGIES IN MASTER'S COURSE DISCIPLINES OF CONSTRUCTION ENGINEERS AND ARCHITECTS**

ВМ-технологии вытесняют из рабочих программ будущих строителей и архитекторов графические программы, связанные с оформлением строительной и проектной до-



кументации средствами 2D-графики. Переход на новый образовательный стандарт ФГОС 3++ влечет за собой уменьшение часов на изучение каждой дисциплины учебного плана. В этой ситуации разумно будет ввести в учебный план магистров дисциплину, объединяющую знания и навыки в трех основных разделах технологии проектирования сооружения: архитектурный проект здания, его несущие конструкции и инженерное оборудование. Все эти составляющие проекта объединяет в себе графический 3D-комплекс *Autodesk Revit*. Расширение профессионального кругозора позволит повысить уровень профессионализма выпускников.

*Ключевые слова:* BIM-технологии, *Autodesk Revit*, проектная документация, несущие конструкции, инженерные системы здания.

BIM-technology replaces 2D-graphic programs, used for the development of construction and design documentation, in the curricular of future construction engineers and architects. Transition to new Federal Educational Standard 3++ entails a decrease in hours for studying each discipline of the curriculum. In this situation, it would be reasonable to introduce a discipline into the master's students' curriculum, combining knowledge and skills in three main sections of construction design technology: an architectural design of a building, its structural system, and engineering equipment. All these components of the project combine 3D-graphic complex Autodesk Revit. Expansion of professional outlook would allow increasing the professionalism level of the graduates.

*Keywords:* BIM-technologies, Autodesk Revit, project documentation, supporting structures, building engineering systems.

BIM-технологии вытесняют из рабочих программ строительных направлений и специальностей графические программы, связанные с оформлением строительной и проектной документации средствами 2D-графики [1]. Переход на образовательные стандарты ФГОС 3++ требует корректировки учебных планов по направлениям, специальностям и магистратуре. Так как новый стандарт предполагает уменьшение количества учебных недель с 18 до 16 (следовательно, и часов), то разумным будет подход к обучению студентов с учетом этого обстоятельства. Для повышения эффективности процесса изучения студентами некоторых дисциплин, связанных с проектированием несущих конструкций (металлических, железобетонных и т. д.) и различного инженерного оборудования зданий (вентиляция, водоснабжение, водоотведение и т. д.), кафедрой «Инженерная геометрия и основы САПР» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. было предложено кафедрам института Урбанистики, архитектуры и строительства (УРБАС), выпускающих строителей разных профилей, внести в учебный план дисциплину «BIM-технологии», объединяющую изучение всех трех разделов *Autodesk Revit: Architecture, Structure, MEP* [2].

Учебные планы всех профилей направления 08.03.01 «Строительство» содержат такие дисциплины как «Основы архитектуры и строительных конструкций», «Строительные конструкции зданий и сооружений», «Основания и фундаменты», «Металлические конструкции, включая сварку», «Железобетонные и каменные конструкции», «Теплогазоснабжение с основами тепло-

техники», «Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики», «Электроснабжение с основами электротехники» и т. п. Они распределены с 4 по 8 семестр.

Учебный план специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» содержит дисциплины «Архитектура», «Основания и фундаменты сооружений», «Металлические конструкции (общий курс)», «Железобетонные и каменные конструкции (общий курс)», «Инженерные системы высотных и большепролетных зданий и сооружений (водоснабжение и водоотведение (ВиВ), теплогазоснабжение и вентиляция (ТГВ), электро-снабжение)» и т. п. Они распределены с 4 по 9 семестр.

Студенты направления 07.03.01 «Архитектура», в отличие от студентов-строителей, уделяют гораздо меньше внимания дисциплинам, связанным с несущими конструкциями и инженерным обеспечением зданий. Их учебный план содержит дисциплины: «Архитектурные конструкции и теория конструирования», «Конструкции большепролетных зданий и сооружений», «Конструкции как формообразующий фактор», «Инженерные системы и оборудование в архитектуре». Они распределены с 6 по 9 семестр.

При изучении каждой из этих дисциплин студенты пользуются, в основном, карандашными построениями и/или инструментами 2D-графики для выполнения курсовых работ. Эти дисциплины изучаются в разных семестрах и даже на разных курсах. Знания, полученные в каждой отдельной дисциплине, сводятся воедино только к концу обучения – в выпускной квалификационной работе. Курсовые проекты по одной конкретной дисциплине зачастую не предполагают решение объемных задач, требующих применения знаний из нескольких разных дисциплин.

Дисциплину, объединяющую изучение всех трех разделов *Autodesk Revit*, наиболее рационально планировать на первый курс магистратуры, чтобы при изучении других дисциплин в дальнейшем магистры могли использовать эти навыки.

Появление в учебном плане магистров направления «Архитектура» дисциплины «ВМ-технологии» в разделе «Дисциплины по выбору» дает возможность углубить понимание будущими архитекторами взаимосвязи архитектурного проекта здания с инженерными системами, наполняющими его, с конструкционным несущим каркасом [3].

Сначала магистры делают в *Revit Architecture* архитектурный проект дома [4] (рис. 1).

Затем они переходят в раздел *Revit Structure* и прорабатывают несущие конструкции для своего проекта (рис. 2).

Заключительным этапом работы является оснащение проектируемого дома инженерным оборудованием в *Revit MEP* (рис. 3).

Кроме того, работа в *Revit Structure* и *Revit MEP* позволяет освежить в памяти знания из циклов, связанных с проектированием несущих кон-

струкций и инженерного оборудования зданий, некоторые из которых студенты изучали на втором, третьем или четвертом курсе.



Рис. 1. Пример архитектурного проекта

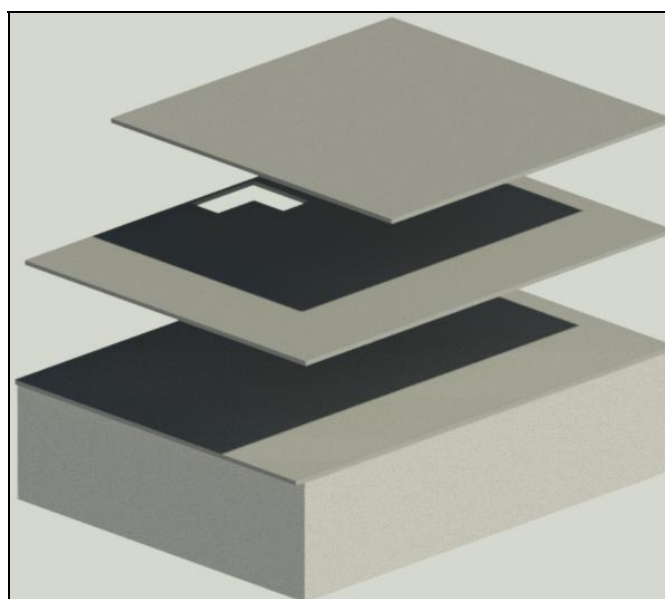


Рис. 2. Пример проекта несущих конструкций

Работа магистра в *Revit Architecture*, *Revit Structure* и *Revit MEP* [5] над конкретным проектом позволит ему не только узнать возможности этих разделов, глубже понять содержание перечисленных выше дисциплин, но и проделать работу специалистов смежных областей, обеспечивающих проработку разных разделов одного проекта. А понимание работы смежных специалистов безусловно положительно скажется на уровне профессионализма выпускников.



Рис. 3. Пример проекта инженерного оборудования

#### **Литература**

1. Талапов В.В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.
2. Талапов В.В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК Пресс, 2015.
3. Талапов В.В. Три принципа, лежащие в основе BIM // Компьютер Пресс. 2016. № 8. С. 12–15.
4. Вандезанд Дж., Рид Ф., Кригел Э. Autodesk Revit Architecture 2013-2014. Официальный учебный курс: учебное пособие. М.: ДМК Пресс, 2013.
5. Перцева А.Е., Волкова А.А., Хижняк Н.С., Астафьева Н.С. Особенности внедрения BIM-технологии в отечественные организации // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. Т. 9, № 6. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/58EVN617.pdf>. (дата обращения 29.03.2019)

**УДК 004.942, 378.095, 378.147.88**

*Коваленко Анжелика Алексеевна,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: alika\_kovalenko@list.ru*

*Kovalenko Angelika Alekseevna,*  
student  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: alika\_kovalenko@list.ru*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.038**

## **ИНТЕГРАЦИЯ BIM В СТРОИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ**

### **INTEGRATION OF BIM IN CONSTRUCTION EDUCATION**

В настоящей статье содержится критический обзор некоторых основополагающих вопросов, как происходит внедрение и интеграция BIM в различных странах (как в каче-

стве методики, так и в качестве технологии) в строительном образовании. Он направлен на создание общей основы для обоснования такой интеграции и отражает прошлое и настоящее состояния культурного, интеллектуального, профессионального и технологического контекста строительства. А также представит основу для постепенного и прогрессивного принятия BIM в программе обучения. Будут представлены основные вопросы и задачи, которые необходимо рассмотреть для достижения успеха в этом сложном и неизбежном процессе.

*Ключевые слова:* производительность труда, информационное моделирование зданий, AEC индустрия, внедрение BIM, проблемы новых технологий; строительное образование.

This article provides a critical overview of some of the fundamental issues how BIM is being implemented and integrated in different countries (both as a methodology and as a technology) in building education. It aims to provide a common basis for justifying such integration and reflects the past and present state of the cultural, intellectual, professional and technological context of construction. It will also provide a framework for the gradual and progressive adoption of BIM in the training program. The main issues and challenges that need to be addressed in order to succeed in this complex and inevitable process will be presented.

*Keywords:* labor productivity, building information modeling, AEC industry, BIM implementation, problems of new technologies; construction education;

Информационное моделирование зданий (BIM) как новая технология и инструмент является одним из последних достижений в строительной промышленности. Чтобы удовлетворять спрос на инженеров с BIM навыками, многие университеты по всему миру начали интегрировать BIM в их академические программы архитектуры, проектирования и строительства [1].

Принятие BIM в образовательных программах является относительно новым направлением. Учебные программы BIM предлагаются в многих университетах; однако они обычно сужены до обучения программному обеспечению. Растет интерес и спрос на внедрение BIM в академических программах и предлагаются целые курсы или программы, ориентированные на BIM на всех уровнях специальностей AEC (бакалавриата, магистратуры, аспирантуры).

Некоторые исследователи подчеркнули сильные стороны внедрения и интеграции BIM в учебную программу в инженерных вузах. Исследователи пришли к выводу, что BIM является полезным инструментом обучения для оценки и увеличению навыков и способствуют пониманию навыков проектирования и понимания строительных методов и процессов [2].

BIM может быть включен в высшее образование четырьмя различными способами. Варианты заключаются в следующем:

- выборочное введение BIM или организация семинаров;
- введение передовой BIM-ориентированной программы;
- реструктуризация существующей учебной программы для включения BIM;
- интеграция BIM в существующую программу управления строительством [3].

The National Building Specification 2015 установил, что ВМ образование находится на разных уровнях реализации по всему миру [4]. Некоторые страны успешно осуществили эту интеграцию, в то время как другие в процессе.

В Австралии существует множество технических и дополнительных учебных заведений, предоставляющих ВМ курсы в рамках программ строительства и архитектуры [4]. Тем не менее это образование склоняется к использованию конкретного пакета программного обеспечения ВМ с небольшим учетом темы управления.

В Великобритании, правительство уполномочило, что все общественные строительные проекты будут обязаны использовать ВМ как минимум в плане дизайна (3D ВМ или больше) – с 2016 года. По этой причине, для того чтобы удовлетворить отраслевые требования, многие из университетов Великобритании начали интегрировать концепцию ВМ в образование. Несколько университетов Великобритании, таких как Вестминстерский университет, Мидлсекс, Солфорд, Ливерпуль (в Лондоне), Университет Западной Англии, университет Нортумбрии предлагают несколько ВМ-связанных курсов в своих программах [5].

В США есть несколько программ различных уровней для поддержки АЕС отрасли гражданского строительства, архитектуры, архитектурного проектирования, строительных машин и управления строительством, но очень немногие из них включили содержание ВМ в свои учебные программы [6].

Выявление проблем, связанных с интеграцией ВМ в образование помогло некоторым институтам, и именно поэтому, многие институты в США заинтересованы в решении этих вопросов. Проводилось исследование, в котором большинство исследуемых были из США, Великобритания и Австралия. Респонденты согласились, что основными препятствиями для интеграции ВМ в высшее образование являются нехватка времени и ресурсов для подготовки новой учебной программы, нехватка места в установленной учебной программе для включения новых курсов, большие затраты на программное обеспечение и отсутствие подходящих материалов ВМ, связанных с обучением.

В Российской Федерации правительство поставило амбициозную задачу инновационного развития строительной области. В настоящее время Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации реализуется план постепенного внедрения технологий информационного моделирования зданий и сооружений во всех аспектах строительной области [7] (нормативное регулирование, кадры и образование, информационная инфраструктура и безопасность). Через этот правительственный стимул строительная промышленность готовится использовать ВМ, как трамплин для того, чтобы быть более эффективной и конкурентоспособной [8].

Несмотря на ряд принятых мер, тем не менее, пока нет определенных методик или программ для учреждений о том, как они могут адаптироваться к предстоящим вызовам в отрасли и соответствующим образом обучать будущих архитекторов, строителей, проектировщиков и других специальностей АЕС промышленности. Исследования о состоянии внедрения BIM в академических кругах и в строительной отрасли не очень распространены.

Сейчас лишь несколько Вузов РФ ввели программы BIM обучения (Москва, Санкт-Петербург, Уфа, Самара, Красноярск). Рост заинтересованности не привел к повсеместному распространению. Проблема заключается в том, что большинство университетов не понимают, какие навыки необходимы в отрасли.

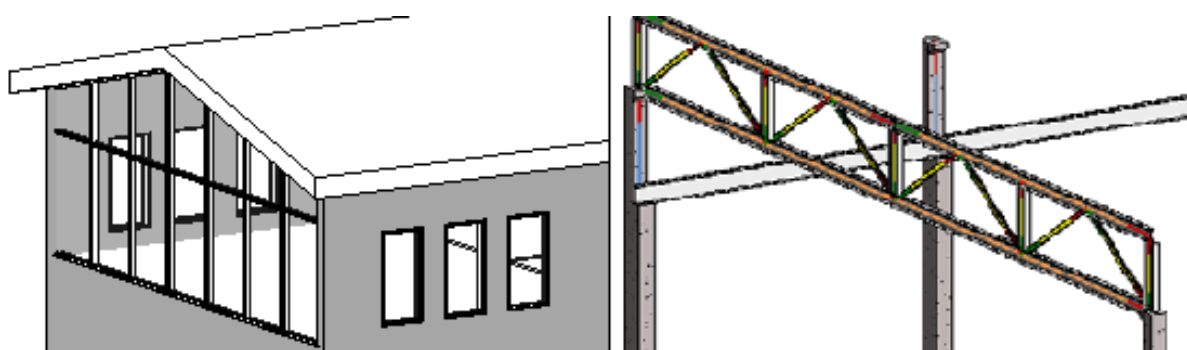


Рис. 1. Первый этап обучения

Как и в других странах, методики РФ рассчитаны скорее на освоении отдельных пакетов программ (рис. 1, Revit, SCAD). Однако с повышением курса, постепенно вводятся дополнительные задачи, такие как проектирование различных систем зданий. Студент, обучающийся в этом модуле, должен прогрессировать от понимания основ, а затем разработки интеллектуальных моделей, к выборочному обмену информацией с данными моделей, обучающиеся должны применять разнообразные наборы инструментов, методов и техник, с помощью которых они смогут экспериментировать, сравнивать и оценивать различия между индивидуальной и совместной работы в различных конструктивных упражнениях. Большинство проектов выполняются индивидуально, многие возможности остаются за рамками программы, несмотря на возможность более детальной проработки. Данный подход рассматривает BIM в качестве технологии.

Однако на основе проблем и развития отрасли необходимо использовать иной подход: использовать BIM-концепцию в качестве методики. BIM исключительно в качестве программного обеспечения будет довольно поверхностным и неустойчивым подходом. Развиваются исключительно навыки в программе, которые со временем становятся неактуальными или нежизнеспособными. Основное внимание в таком случае, должно быть уделено принципу комплексного проектирования, работе в команде и транспортиров-

ки проектов между различными системами. Также была бы полезна возможность интеграции с другими специальностями, что дало бы толчок к более зрелому пониманию процесса создания. Проекты, которые можно было бы направить экономистам, автодорожному факультету и т. д., включение различных факторов на протяжении всего курса (например, задачи ВІМ-чемпионата, которые можно было бы внедрить в учебный процесс повсеместно).

Другими словами, без какого-либо конкретного упоминания какой-либо конкретной технологии или программного обеспечения изучаются процессы: как сотрудничать, принимать решения, обмен информацией, использование и организация времени и ресурсов в секторе проектирования и строительства, выявление недостатков проектов, документации и все что так или иначе входит в уже существующий комплекс предметов.

Вопросы же с недостатком кадров должны решаться на уровне повышения квалификации, с возможностью обмена опытом между странами, лидирующими в области ВІМ. Нехватка времени в существующих курсах будет решена вводом в существующую методику необходимых программ, проектов, которые бы смогли удовлетворять и поставленные ранее цели, и актуальность в строительной области. Сеть сотрудничества с компаниями, разрабатывающими программное обеспечение даст возможность уменьшить расходы, так как они будут заинтересованы увеличением числа инженеров, проектировщиков, архитекторов, которые будут использовать их продукт в дальнейшей деятельности и продвигать ВІМ. Также благодаря подобной практики будет происходить разработка материалов, необходимых для обучения.

### **Литература**

1. Ramos D. Building. Information Modeling: Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity. McGraw-Hill SmartMarket Report. 2008. P. 21–24.
2. Lepek D. Society for Engineering Education // ASEE Annual Conference Proceedings. 2013. P. 14.
3. Ghosh A., Parrish K., Chasey A. From BIM to collaboration: A proposed integrated construction curriculum // ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. 2013. P. 10–11.
4. NATSPEC Construction Information, BIM education – global. URL: <https://bim.natspec.org/bim-rnd/177-natspec-international-bim-education-report> (update report. 2015).
5. Behzad E. Diffusion of Building Information Modeling Functions in the Construction Industry // Journal of Management in Engineering. 2018. Vol. 34. P. 04017060. DOI: 34.10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000589.
6. Атлас новых профессий. Строительство. URL: [http://atlas100.ru/catalog/stroitelstvo/?bef\\_2020=yes](http://atlas100.ru/catalog/stroitelstvo/?bef_2020=yes) (дата обращения 28.02.2018).
7. Утвержден перечень поручений по итогам Госсовета по строительству. URL: [http://nopriz.ru/nnews/detail\\_news.php?ID=18131&sphrase\\_id=51235](http://nopriz.ru/nnews/detail_news.php?ID=18131&sphrase_id=51235) (дата обращения 28.02.2018).
8. Rui L., Raja R.A.I. Factors influencing the adoption of building information modeling in the AEC Industry // Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Nottingham University Press, 2012. P. 1–8.



**УДК 004.942**

*Разов Игорь Олегович,*  
канд. техн. наук, доцент  
*Березнев Алексей Валерьевич,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Тюменский индустриальный университет)  
*E-mail: RazovIO@tyuiu.ru,*  
*chic888@yandex.ru*

*Razov Igor Olegovich,*  
PhD of Sci. Eng., Associate Professor  
*Bereznev Aleksey Valeryevich,*  
PhD of Sci. Ec., Associate Professor  
(Tyumen Industrial University)  
*E-mail: RazovIO@tyuiu.ru,*  
*hic888@yandex.ru*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.039**

## **ВНЕДРЕНИЕ BIM В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРА 2.0**

### **INTRODUCTION OF BIM IN THE EDUCATIONAL PROCESS FOR THE PREPARATION OF THE ENGINEER 2.0**

В статье рассмотрены вопросы перспектив применения BIM-технологий в образовательном процессе при подготовке инженера 2.0. Обозначены тенденции развития, рассмотрен опыт внедрения информационного моделирования в строительстве в вузах РФ, тренды в бакалавриате и магистратуре, образовательные программы и индивидуальные образовательные треки. Обозначены проблемы, связанные с подготовкой инженеров, ожидание и реальность при трудоустройстве на работу. Изложена «дорожная карта» по внедрению BIM в образовательный процесс, от материально-технического обеспечения до кадрового обеспечения. Перспективы развития информационного моделирования в строительстве в части базовой модели для строительных 3D принтеров.

*Ключевые слова:* информационное моделирование в строительстве, BIM проектирование, подготовка инженера, строительное образование.

The article discusses the prospects for the use of BIM-technologies in the educational process in the preparation of the engineer 2.0. Development trends are indicated, the experience of introducing information modeling in construction at universities in the Russian Federation, trends in master and bachelor programs, educational programs and individual educational trajectory are considered. The problems associated with the training of engineers, the expectation and reality of finding a job are indicated. A program for the implementation of BIM in the educational process, from logistics to staffing, is outlined. Prospects for the development of information modeling in construction in terms of the basic model for building 3D printers.

*Keywords:* information modeling in construction, BIM design, engineer training, building education.

Согласно поэтапному плану внедрения информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства от 29 декабря 2014 г. № 926/пр, сообщества проектировщиков и строителей получили задачу, которую необходимо оперативно решать, особенно в части представления пилотных проектов для экспертизы. Сложность создания пилотных проектов обуславливается отсутствием полной нормативной базы. Одной из важных задач информационного моделирования в строительстве (BIM) является со-

здание единой модели способной работать в течении всего жизненного цикла здания, от момента проектирования до реконструкции и демонтажа. Единая модель включает в себя результаты работы специалистов различных профилей, квалификация которых зачастую не соответствует требуемому уровню. Развитие профессиональных навыков зачастую ложится «на плечи» работодателю, который не всегда готов тратить время и силы на обучение новых сотрудников. Отсюда следует, что созданием неотъемлемой базы знаний молодого специалиста должны заниматься либо частные образовательные организации, либо вузы. Ввиду своей инертности вузы не всегда успевают за современными веяниями и тенденциями. Полученные знания и опыт зачастую являются недостаточными для соответствия современным требованиям предъявляемым работодателем с реального сектора экономики. Известно, что тренд ВМ-проектирования будет только увеличиваться согласно проекту стратегии инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года [1].

В качестве «первопроходцев» по внедрению ВМ в образовательный процесс следует отметить опыт Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ), Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (ИТМО), Уральского федерального университета им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина (УФУ), Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова (АлГТУ) в Барнауле, Российского университета дружбы народов в Москве и т. д. Основные новшества модернизации образовательного процесса заключаются во внедрении проектного обучения, например, выполнение комплексного проекта и сквозного проекта (СПбГАСУ) [2]. В последнее время набирает популярность институт руководителей образовательной программы (РОП). Такой подход позволяет реализовать индивидуальную образовательную траекторию с получением наилучшего результата – квалифицированного специалиста, инженера 2.0, отвечающего реальным вызовам производства. Магистерские программы оптимально подходят для создания отдельного образовательного трека, например, программы в УФУ (магистерская программа «Проектирование зданий по критериям устойчивого развития») и РУДН.

Однако в связи с двух летним периодом обучения по программе магистратуры, студенты-выпускники бакалавриата должны иметь развитые компетенции в области информационного моделирования, что зачастую является редкостью. В связи с этим подготовку бакалавров в области информационного моделирования необходимо вести, начиная с первых курсов, например, во время изучения дисциплины начертательная геометрия и графика. Обучающийся может получить первичные навыки работы с программными комплексами типа ArchiCAD, Autodesk AutoCAD и Revit, Tekla Structures, а также Renga. Каждая из этих программ имеет свои достоинства и недостатки, одна-

ко в большей степени имеет значение специализация или профиль образовательного процесса. Более подробный анализ программного обеспечения с их достоинствами и недостатками приведен в работах [3, 4].

Для успешной подготовки обучающихся необходимо выполнить несколько минимальных условий:

1) подготовить высокого уровня проектный кабинет с современными высокопроизводительными ПК;

2) привлечь заинтересованных работодателей к образовательному процессу (для курирования проектов или непосредственного участия в них);

3) повысить уровень квалификации штатных ППС путем прохождения курсов повышения квалификации и дополнительного профессионального образования);

4) организация конкурсов или чемпионатов для подтверждения квалификации и обмена опыта.

Еще одним интересным и перспективным нововведением является разработка комплексного дипломного проекта (выпускной квалификационной работе), где обучающиеся формируют проектную группу, состоящую из специалистов по компетенциям «Архитектор», «Конструктор», «Инженер отопления и вентиляции», «Инженер водоснабжения и водоотведения», «Инженер сметчик» и «Инженер электрик». Сформированная группа обучающихся разрабатывает реальный, конкурентоспособный проект по исходным данным (геодезические и геологические изыскания) и техзаданию индустриального партнера. Однако важно, чтобы работу группы курировали не только преподаватели с вуза, но и представители от заказчиков – индустриальных партнеров. В итоге каждая группа защищает свой проект не только внутри вуза в качестве итоговой аттестации, но и перед заказчиками-индустриальными партнерами. Такой подход позволит студентам получить необходимый опыт проектной работы, а преподаватели будут постоянно подтверждать свою квалификацию и развиваться в профессиональной деятельности.

**Вывод.** Можно бесконечно перечислять плюсы и минусы того или иного программного обеспечения, этапов внедрения в образовательную деятельность, но факт остается фактом, российскому образованию нужна модернизация. Обучающийся должен получать междисциплинарные знания, способность системно и самостоятельно мыслить, выявлять и решать производственные задачи с использованием компетенций полученных в вузе. Последовательность дисциплин должна быть организована в той же последовательности, что и жизненный цикл строительного объекта.

Развитии технологий информационного моделирования в строительстве, в Российской Федерации способно снизить количество ошибок при конструировании, как это произошло в Северной Америке, согласно отчету, McGraw Hill Construction [5]. BIM проектирование также является хорошей

базой для строительства сооружений при помощи современных 3D принтеров, где минимизация человеческого фактора способно ещё более повысить эффективность при строительстве сооружений.

### **Литература**

1. Проект. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года. М.: Минстрой России, 2016. 63 с.
2. Семенов А.А. Интеграция концепции ВМ в учебный процесс строительных вузов // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции 29–30 марта 2018 года. С. 207–211.
3. Черных М.А., Якушев Н.М. ВМ-технология и программные продукты на его основе в России // Вестник ИжГТУ. 2014. № 1(61). С. 119–121.
4. Полуэктов В.В., Азизова-Полуэктова А.Н. Информационное моделирование (ВМ) для студентов института архитектуры и градостроительства // Архитектурные исследования. 2016. № 3. С. 47–52.
5. Отчет McGraw Hill Construction. The Business Value of BIM in North America Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007–2012). URL: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/BTT-RU/MHC-Business-Value-of-BIM-in-North-America-2007-2012-SMR.pdf>. (дата обращения: 12.04.2019).

### **УДК 697.4**

*Ростова Мария Сергеевна*, студент  
*Сайфуллина Елизавета Альбертовна*, студент  
*Суханова Инна Ивановна*, канд. техн. наук, доцент, декан факультета инженерной экологии и городского хозяйства (Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: rostova.maria97@yandex.ru, saifullina.liza2016@yandex.ru, inna.suhanova@mail.ru*

*Rostova Mariia Sergeevna*, student  
*Saifullina Elizaveta Albertovna*, student  
*Sukhanova Inna Ivanovna*, PhD Sci. Tech., Associate Professor, Dean of Faculty of Environmental Engineering and Municipal Services (Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: rostova.maria97@yandex.ru, saifullina.liza2016@yandex.ru, inna.suhanova@mail.ru*

**DOI: 10.23968/ВМАС.2019.040**

## **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВМ-ТЕХНОЛОГИЙ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ**

### **EXPERIENCE OF USING BIM-TECHNOLOGIES IN DESIGN COURSE OF HEATING AND VENTILATION SYSTEMS**

В данной статье рассказывается о полученном опыте проектирования инженерных систем в *Autodesk Revit* при помощи различных программ-надстроек. На основе практической работы были выявлены общие и частные проблемы эффективного использования дополнительных программ для дальнейших расчетов и создания проекта. Данные программы позволяют значительно ускорить процесс проектирования и сделать его более автома-

тизированным. Также были рассмотрены плюсы и минусы проектирования именно в *Autodesk Revit* в соответствии с требованиями нормативной литературы. Рассмотрена оптимальная методика оформления документации при помощи *Revit* и различных надстроек, которая оптимизирует процесс создания проекта.

*Ключевые слова:* отопление, вентиляция, *Revit MEP*, проектирование, курсовой проект, оформление документации.

This article describes the experience gained in the design of engineering systems in Autodesk Revit using various add-on programs. General and specific problems of the effective using of additional programs for further calculations and project creation were identified on the basis of practical work. These programs can significantly speed up the design process and make it more automated. Also, the pros and cons of the design were considered in Autodesk Revit in accordance with the requirements of the normative literature. Considered the best methodology for documentation with Revit and various add-ons, which optimizes the process of creating a project.

*Keywords:* heating, ventilation, Revit MEP, design, course project, documentation.

В наше время использование BIM-технологий становится повсеместным и достаточно популярным. Для освоения студентами навыков компьютерного проектирования необходимо использовать инструменты информационного моделирования в курсовых проектах. Данный опыт открывает для обучающихся огромные возможности в будущем.

В СПбГАСУ основной программной платформой BIM-моделирования является *Autodesk Revit*. Базовый курс этой программы изучается на кафедре информационных технологий. Студенты, обучающиеся по профилю теплогазоснабжение и вентиляция, дополнительно осваивают курс инженерного Revit для проектирования систем отопления и вентиляции на кафедре «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Для дальнейшего развития студентов необходимо, чтобы остальные курсовые проекты также выполнялись с использованием BIM-технологий. Такие проекты должны удовлетворять требованиям как современных нормативных документов [1], так и традиционных [2]. Это возможно, но требует более углубленного изучения *Revit* и других программ-надстроек к нему. Рассмотрим преимущества и недостатки этих программ, их возможности.

Современный *Revit* имеет удобные шаблоны для каждого раздела проектирования, в том числе для инженерных систем. Каждый вид (план, 3D-вид, разрез) раздела входит в диспетчер проекта шаблона уже со своими настройками, что значительно упрощает работу.

Библиотека семейств инженерного оборудования программы по-прежнему очень ограничена. Но, во-первых, студенты получают навыки редактирования существующих и создания новых семейств. Во-вторых, производители оборудования активно разрабатывают и выкладывают в общий доступ свои семейства в *Revit* [3], чтобы проектировщики могли их использовать в своих проектах. В основном, это импортное оборудование, но российские производители стараются не уступать зарубежным конкурентам [4].

Особое внимание следует обратить проработке узлов систем отопления в *Revit*. При плоском проектировании использовались различные условности при изображении трубопроводов и их элементов. В *ВМ-моделировании* это недопустимо, но достаточно разработать семейства узлов и их можно использовать в других проектах [5, 6].

Существует надстройка к *Autodesk Revit – liNear*. Удобство данной программы заключается в наличии широкой библиотеки оборудования и возможности расчёта потерь теплоты здания при наличии архитектурной модели в *Revit*. Так же программа выполняет гидравлический расчет, расчет отопительных приборов с их автоматической расстановкой, упрощает присоединение трубопроводов к оборудованию [7]. Существует возможность увязки систем отопления разной сложности.

Кроме отопления, с помощью *liNear* можно проектировать системы горячего водоснабжения и вентиляции.

Важное место в процессе курсового проектирования занимает оформление проектной и рабочей документации. Программы и надстройки, рассмотренные выше, в целом, способны выдавать оформление, соответствующее требованиям РФ [2].

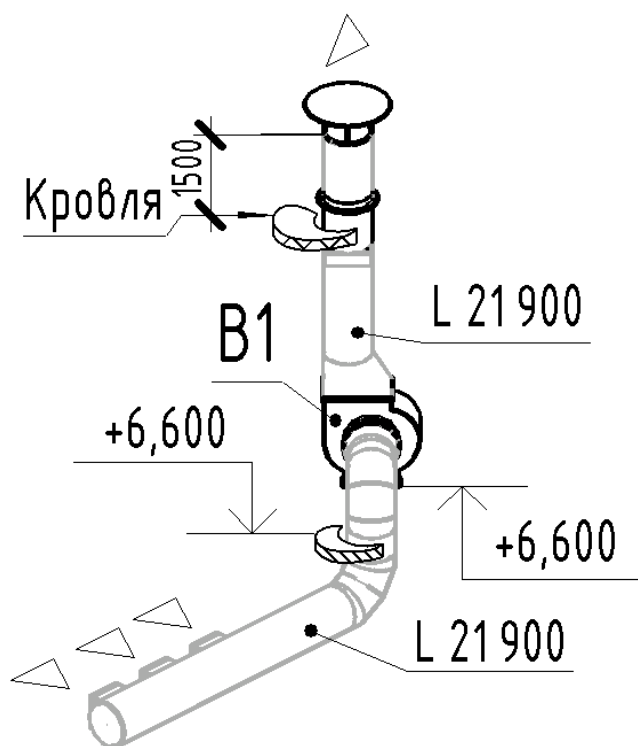


Рис. 1. Фрагмент схемы системы вентиляции в *Autodesk Revit*

С помощью настроек маркировок воздухопроводов, труб, оборудования и прочих элементов модели можно размещать выноски на чертеже в соответствии с требованиями к проектной и рабочей документации [2]. Аксонометрические схемы инженерных систем создаются на основе 3D-видов и соответствуют требованиям [2]. Исключением являются аксонометрические схемы систем отопления, которые принимаются с некоторыми поправками.

Перед тем как приступить к добавлению марок аннотаций к различным объектам, следует настроить необходимую ориентацию 3D-вида с помощью *ViewCube*, сохранить ее положение и заблокировать вид на панели управления (рис. 1–3).

В *Autodesk Revit* существует возможность создания принципиальных схем инженерных систем отопления и вентиляции (индивидуальный тепло-

вой пункт, приточная/вытяжная установка) без взаимодействия с *AutoCAD*. В интерфейсе *Autodesk Revit* присутствуют основные геометрические фигуры для черчения плоских схем.

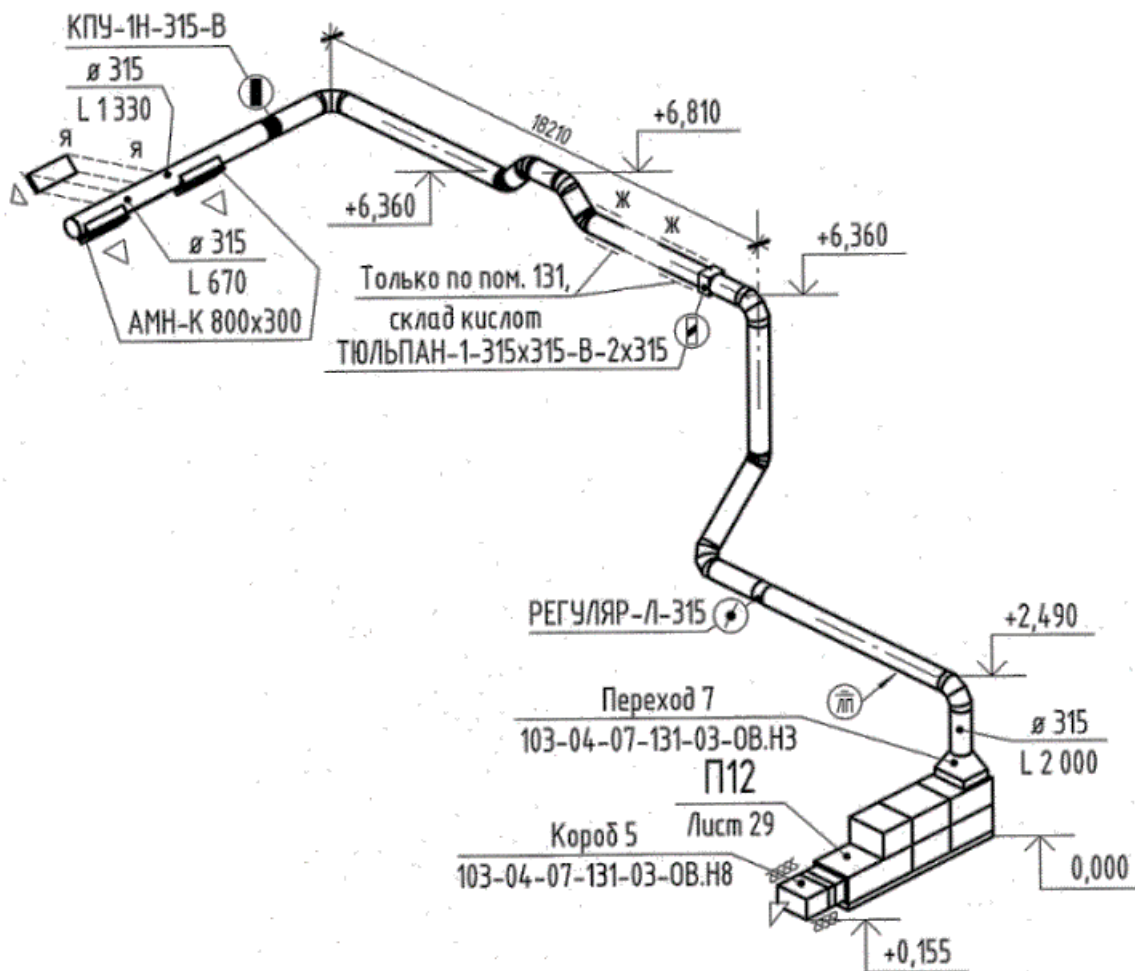


Рис. 2. Схема системы вентиляции в *Autodesk Revit*

Важным преимуществом *Autodesk Revit* является возможность создания автоматических спецификаций/сводных таблиц, применяемых в проекте, оборудования, материалов и изделий, которые при необходимости можно изменить. Спецификации автоматически обновляются после добавления или удаления элементов систем. Некоторые элементы спецификации, например, суммарную длину трубопроводов определенного диаметра, невозможно выполнить силами *Revit*. Для таких целей необходимо использовать надстройку *Дунамо*.

Можно сделать вывод, что выполнение курсовых проектов по специальным предметам в программах, соответствующих *BIM*-технологиям, реально. Но на занятиях нет времени изучить весь спектр возможностей *Revit* и его надстроек, так как он очень велик. Поэтому студентам необходимо самостоятельно, в дополнительное время, продолжать изучать программы. А это зависит от желания самого обучающегося.

Стремительное развитие *ВМ*-технологий в России открывает широкие возможности для освоения новых программ и самореализации в профессии инженера-проектировщика. Необходимо, чтобы студенты это понимали и для своего развития стремились выполнять курсовые проекты при помощи инструментов *ВМ*-моделирования.

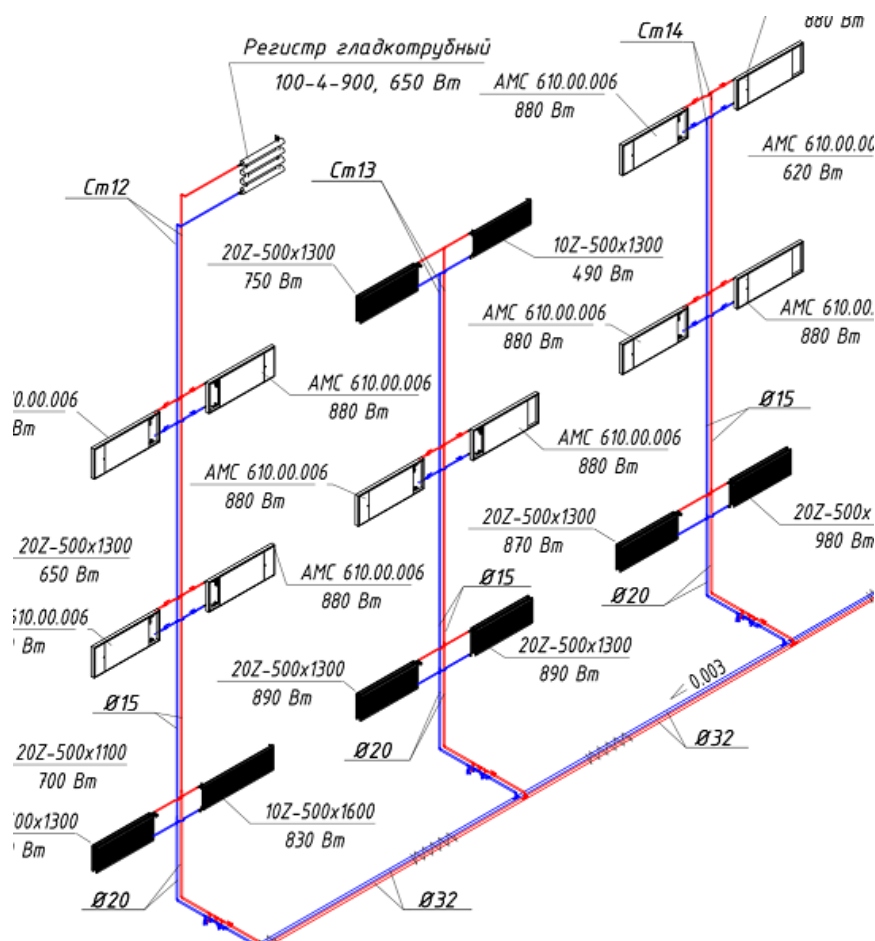


Рис. 3. Фрагмент схемы системы отопления в *Autodesk Revit*

### Литература

1. СП 331.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах. М.: Минстрой России, 2017. 39 с.
2. ГОСТ 21.602-2016 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования. М.: Стандартинформ, 2016. 47 с.
3. Библиотека семейств для систем отопления и вентиляции. URL: <https://content.prorubim.com/> (дата обращения: 05.04.2019).
4. Библиотеки Revit для автоматизированного проектирования. URL: <http://arktoscomfort.ru/> (дата обращения: 05.04.2019).
5. Суханов К.О., Бардадым В.Ю., Попов В.Ю. Анализ способов подключения отопительных приборов при проектировании в Revit // *ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции*. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 155–159.



6. Ростова М.С., Сайфуллина Е.А., Щеглов Д.В. Поэтажный коллекторный модуль в Revit // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 159–163.

7. LINEAR: новые возможности для проектирования и расчетов инженерных систем в REVIT по нормам РФ. URL: <http://hvac-bim.ru/materials/video/>. (дата обращения: 05.04.2019).

**УДК 004.9+69+378**

*Семенов Алексей Александрович,*  
канд. техн. наук, доцент,  
заведующий кафедрой  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: sw.semenov@gmail.com*

*Semenov Alexey Aleksandrovich,*  
Ph.D. in Sci. Tech., Associate Professor,  
Head of Department  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: sw.semenov@gmail.com*

**DOI: 10.23968/BIMAC.2019.041**

**ОБУЧЕНИЕ BIM В УНИВЕРСИТЕТЕ:  
НЕОБХОДИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**TRAINING BIM AT THE UNIVERSITY:  
NECESSARY TECHNOLOGIES**

В работе рассматривается вопрос подготовки специалистов, владеющих навыками информационного моделирования для решения задач строительства. Обсуждается набор технологий, который должен освоить студент при обучении BIM. В качестве основных этапов этого обучения предлагается использовать изучение инструментария (базовое знание программных комплексов); углубленное обучение инструментария в соответствии со специализацией; обучение совместной работе в одном информационном пространстве; обучение средствам автоматизации работы – API, встроенные языки программирования (надстройки Dynamo, Grasshopper; языки Python и C#), работа с базами данных (SQL), взаимодействие с электронными таблицами (Excel). Отмечается важность изучения взаимодействия различных программных комплексов друг с другом, изучение форматов передачи данных и стандартов создания информационной модели.

*Ключевые слова:* BIM, высшее образование, САПР, Dynamo, Grasshopper, информационное моделирование.

The article addresses the issue of training specialists with information modeling skills to solve construction problems. A set of technologies is being discussed that a student should master while learning BIM. As the main stages of this training, it is proposed to use the study of tools (basic knowledge of software systems); in-depth training tools in accordance with the specialization; learning to work together in one information space; learning to work automation tools – API, embedded programming languages (add-ins Dynamo, Grasshopper; Python and C # programming languages), work with databases (SQL), interaction with spreadsheets (Excel). The importance of studying the interaction of various software systems with each other, the study of data transfer formats and standards for creating an information model is noted.

*Keywords:* BIM, higher education, CAD, Dynamo, Grasshopper, information modeling.

Применение технологий информационного моделирования зданий (ВМ) все чаще можно встретить в российских строительных компаниях. Согласно теории, данный подход должен охватить все стадии жизненного цикла здания – от проектирования до сноса [1–3], но до этого еще очень-очень далеко. По приближенным оценкам, в отдельных странах Европы стадия строительства охвачена ВМ только в 40 % случаев, а стадия эксплуатации – в лучшем случае 10 %. Тем не менее, в самых последних версиях программного обеспечения разработчики уже предусмотрели многие вещи, которые будут нужны лишь на последующих стадиях.

В отношении цифровизации строительной отрасли Россия существенно отстает – действительно активные действия по внедрению технологий ВМ начались лишь недавно, во многом благодаря продвижению этих идей на государственном уровне.

Сейчас одним из ключевых вопросов, тормозящих активное использование ВМ в России, является катастрофическая нехватка кадров, которые не только владеют современными системами автоматизированного проектирования (САПР), но и мыслят в соответствии с новой концепцией, умеют работать в команде [4–8].

Помимо освоения обычного набора инструментов (AutoCAD, Revit, ArchiCAD и т. д.) современному специалисту, использующему ВМ, необходимо научиться работать в едином информационном пространстве вместе с представителями смежных специализаций. Также необходимо осознавать, что в дальнейшем на основе этой модели будут осуществляться какие-то другие действия и расчеты, поэтому в нее необходимо закладывать дополнительную информацию об отдельных ее элементах, что требует выполнения дополнительной работы.

В последнее время на международных конференциях все чаще можно услышать доклады зарубежных коллег об опыте использования новейших технологий в области ВМ. Все чаще используется не только базовый функционал программного обеспечения, но и специально разработанные плагины и скрипты для решения каких-либо конкретных задач [9–12]. Следует отметить, что эти скрипты делаются не компаниями, предоставляющими программное обеспечение, а штатными сотрудниками проектных организаций, владеющими навыком программирования.

Скрипты используются, прежде всего, для создания сложной геометрии объектов, работы с их свойствами, автоматизации выполнения однотипных действий и осуществления различных проверок.

Современные программные комплексы все чаще содержат в себе встроенный язык визуального программирования, который существенно упрощает процесс разработки скрипта и снижает вероятность возникновения ошибок. Тем не менее, в таком случае функциональность скрипта будет ограничиваться использованием стандартного набора функций (нодов). А для

решения более сложных и уникальных задач уже не обойтись без встроенного языка программирования (в большинстве случаев это языки C# и Python).

Еще одной важной тенденцией в использовании BIM-ПО является использование взаимодействия модели с базами данных, для чего может использоваться язык запросов SQL.

Также в настоящее время активно развиваются технологии лазерного сканирования, виртуальной и дополненной реальности применительно к задачам BIM [13–15].

Чтобы осуществлять подготовку действительно высококвалифицированных востребованных специалистов, необходимо успевать за интенсивно развивающимися технологиями [16]. Цифровая экономика в строительстве посредством BIM активно набирает обороты – уже стали понятны требования к выпускникам вузов.

Оглядываясь на международный опыт использования информационного моделирования в реальных проектах, можно сделать вывод, что для подготовки BIM-кадров необходимо:

1. Обучение инструментарию (базовое знание программных комплексов – например, Revit, ArchiCAD, Renga и т. д.). В идеале – освоение нескольких комплексов для формирования кругозора в профессиональной области.

2. Углубленное обучение инструментарию в соответствии со специализацией.

3. Обучение совместной работе специалистов разной направленности в одном информационном пространстве (архитектор, конструктор, специалисты по инженерным сетям и др.)

4. Обучение средствам автоматизации работы – API, встроенные языки программирования, в том числе визуального (надстройки Dynamo, Grasshopper; языки Python и C#) [17–19], работа с базами данных (SQL), взаимодействие с электронными таблицами (Excel).

Отдельно следует отметить важность изучения взаимодействия различных программных комплексов друг с другом, изучение форматов передачи данных и стандартов создания информационной модели.

Управление полным жизненным циклом объекта строительства предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми ее взаимосвязями и зависимостями, когда здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект. Работа с такими объемами данных требует глубоких знаний не только в области строительства, но и в области информационных технологий.

### Литература

1. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 61–65.

2. Лушников А.С. Проблемы и преимущества внедрения ВМ-технологий в строительных компаниях // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6 (53). С. 252–256.
3. Талапов В.В. О некоторых принципах, лежащих в основе ВМ // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2016. № 4(688). С. 108–114.
4. Халаби С.М., Савельева Л.В., Плотникова О.Г. Внедрение технологий информационного моделирования в инженерно-архитектурное образование // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2017. Т. 40, № 3. С. 322–331.
5. Гришина Н.М., Чалый Ю.Ю. Проблемы и перспективы обучения ВМ в ВУЗах: управление развитием в строительстве // Известия КГАСУ. 2017. № 3 (41). С. 277–288.
6. Семенов А.А. Интеграция концепции ВМ в учебный процесс строительных вузов // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 207–211.
7. Ferrandiz J., Banawi A., Peña E. Evaluating the benefits of introducing “BIM” based on Revit in construction courses, without changing the course schedule // *Universal Access in the Information Society*. 2017. DOI: 10.1007/s10209-017-0558-4.
8. Ерофеев П.С., Манухов В.Ф., Карпушин С.Н. Применение технологии ВМ в архитектурном учебном проектировании зданий и сооружений // Вестник Мордовского Университета. 2015. Т. 25, № 1. С. 105–109. DOI: 10.15507/VMU.025.201501.105.
9. 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.
10. Ignatova E., Zotkin S., Zotkina I. The extraction and processing of BIM data // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 365. P. 062033. DOI: 10.1088/1757-899X/365/6/062033.
11. Перцева А.Е., Хижняк Н.С., Радаев А.Е. Алгоритм проектирования конструкций сложной конфигурации с использованием средств автоматизации (на примере Autodesk Revit, Autodesk AutoCAD и Dynamo) // *Транспортные Сооружения*. 2018. Т. 5, № 4. С. 4. DOI: 10.15862/04SATS418.
12. Бохоева Л.А., Зайцев В.А. Алгоритм проектирования складчатых конструкций для многослойных панелей с криволинейной поверхностью // *Механики XXI века*. 2016. № 15. С. 308–311.
13. 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.
14. Шакшак О.М., Евсиков И.А. Использование виртуальной реальности (VR) как средства архитектурной визуализации // *Архитектон: известия вузов*. 2018. № 4(64). С. 352–360.
15. Mainicheva A.Y., Talapov V.V., Zhang G. Principles of the information modeling of cultural heritage objects: the case of wooden Buddhist temples // *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*. 2017. Vol. 45(2). P. 142–148. DOI: 10.17746/1563-0110.2017.45.2.142-148.
16. Добрынин А.П., Черных К.Ю., Куприяновский В.П., Куприяновский П.В., Сянгов 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.
17. Андреев И.И., Мальцев В.Л. Дунато. Визуальное программирование в строительстве // Сборник статей II Международной научно-практической конференции. Отв. ред. Н.И. Красовская. Тюмень, 2018. С. 169–171.

18. Могилина В.С., Поддорогина Е.А., Шумилов К.А. Универсальная технология моделирования объектов в надстройке Dynamo // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 201–206.

19. Лещенко Е. Параметрическое проектирование и высокотехнологичное информационное моделирование строительных конструкций на основе программного решения Tekla и Grasshopper // САПР и графика. 2017. № 8(250). С. 31–33.

---

---

## **ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

**УДК 004.9**

*Анисимова Наталья Вадимовна, студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: nataliaanisimovaco@mail.ru*

*Anisimova Natalya Vadimovna, student  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: nataliaanisimovaco@mail.ru*

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019.042**

### **ОБЗОР ОСНОВНЫХ ПЛАГИНОВ СРЕДОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ В DYNAMO И GRASSHOPPER**

#### **REVIEW OF ENVIRONMENTAL MODELING AND GEOMETRY OPTIMIZATION PLUGINS IN DYNAMO AND GRASSHOPPER**

Современный подход в дизайне и градостроительном проектировании базируется на климатическом анализе территории и объекта. Адаптированная к климатическим изменениям архитектура обладает устойчивостью и долговечностью. В статье говорится о возможностях работы с распространёнными и специфичными исходными данными на базе параметрической среды Grasshopper и Dynamo. Подробно разобраны компоненты анализа климатических условий, предоставляющие полный набор информации для детального изучения и внедрения экотехнологий. Показан путь расчётов и симуляции происходящих физических процессов и возможность подбора вариантов геометрии. Обозначены плагины, основанные на эволюционном подходе к обработке данных, помогающем оптимизировать создание формы с необходимыми характеристиками.

*Ключевые слова:* средовой анализ, параметрический дизайн, оптимизация, Ladybug, Honeybee, Butterfly.

The modern approach to design and city planning is based on the environmental analysis of the territory and the object. Adapted to climate change, an architecture is sustainable and long-eval. The article talks about the possibilities of working with common and specific source data based on the parametric platform of Grasshopper and Dynamo. The components of the analysis of climatic conditions were analyzed in detail, providing a complete set of information for detailed study and implementation of environmental technologies. The way of calculations and simulation of the occurring physical processes and the possibility of selecting geometry options were shown. Plug-ins were indicated based on an evolutionary approach to data processing that helps optimize the creation of a form with the required characteristics.

*Keywords:* Environmental analysis, parametrical design, optimization, Ladybug, Honeybee, Butterfly.

В течение последних десятилетий в секторе архитектурно-строительного проектирования применение эко-технологий стали распространяться в грандиозных масштабах и превратились в негласное правило. В большей степени они предполагают минимизацию негативного воздействия на окружающую среду, но не способны определить его состояние и предусмотреть

устойчивый архитектурный проект на длительный промежуток времени. Климатический анализ и оптимизация архитектуры расширяет возможности адаптации здания к постоянно изменяющимся условиям. Средовое проектирование осуществляется за счёт высокоэффективных подходов. Они основаны на анализе и расчетных данных, нежели на личных суждениях и опыте, поэтому являются обоснованными и подтвержденными.

Для учета критических показателей факторов среды, определяющих образ здания, используется ряд программ и инструментов. Однако большинство из них не способно работать совместно, поскольку одна их часть работает с базовым анализом погодных условий, света, солнечной радиации и др., а другая с продвинутой симуляцией процессов [1]. Проблема несоответствия данных между платформами замедляет процесс работы, не позволяет производить средовой дизайн в реальном времени. Для преодоления таких сложностей необходим параметрический визуальный редактор с возможностью работы с исходным кодом. К самым распространенным из них относятся *Rhino / Grasshopper* и *Revit / Dynamo*. На их базе созданы плагины, способные производить полный спектр климатического анализа и интегрировать его в параметры геометрии на разных стадиях проектирования. Выделим наиболее востребованные из них: *Ladybug*, *Honeybee*, *Butterfly* и *Dragonfly*.

*Ladybug* – открытый и бесплатный плагин, содержащий 113 нодов [2]. Они разделены на 4 основных стадии: подготовка геометрии, анализ подготовленного материала, анализ симуляции и визуализация результатов [3]. Он поддерживает полный спектр климатического и микроклиматического анализа, формообразования, дизайн оптимизации фасадов, изучения внутреннего и внешнего комфорта, оценки энергоэффективности. Это осуществляется на базе параметрической платформы и созданной в ней плоскостной или объемной геометрии. Данные о погоде представлены в виде подгружаемых файлов стандартов *EnergyPlus Weather* (.EPW) и доступны для скачивания на международных Интернет-ресурсах (рис. 1).

В своем арсенале плагин содержит полный набор аналитических инструментов для расчета изначальных параметров формы и их последовательного изменения путем работы с симуляцией пакетов *EnergyPlus*, *Radiance* и *Daysim*. Основными направлениями анализа *Ladybug* является солнечная радиация и зависимые от нее ориентация объекта в пространстве, форма поверхности, а также распределение солнечных лучей в светотеневом дизайне.

Уровень солнечной радиации – основа температурного, гигиенического и психологического комфорта. Она же взаимосвязана с энергоэффективностью здания. Для ее расчета в плагине для *Dynamo* были преобразованы исходные помещения и пространства в аналогичный тип *Honeybee*. Выходные данные по этому показателю представили собой 2D/3D график на месяц или неделю с рассчитанным количеством облучения на данный период (рис. 2). В *Ladybug* предлагается 3 типа графиков: *Trogenza Sky Dome* (радиация на

данном участке неба), *Radiation Rose* (магнитуда колебаний радиации) и *Radiation CallaLily* (значение радиации на поверхности в данном диапазоне углов).

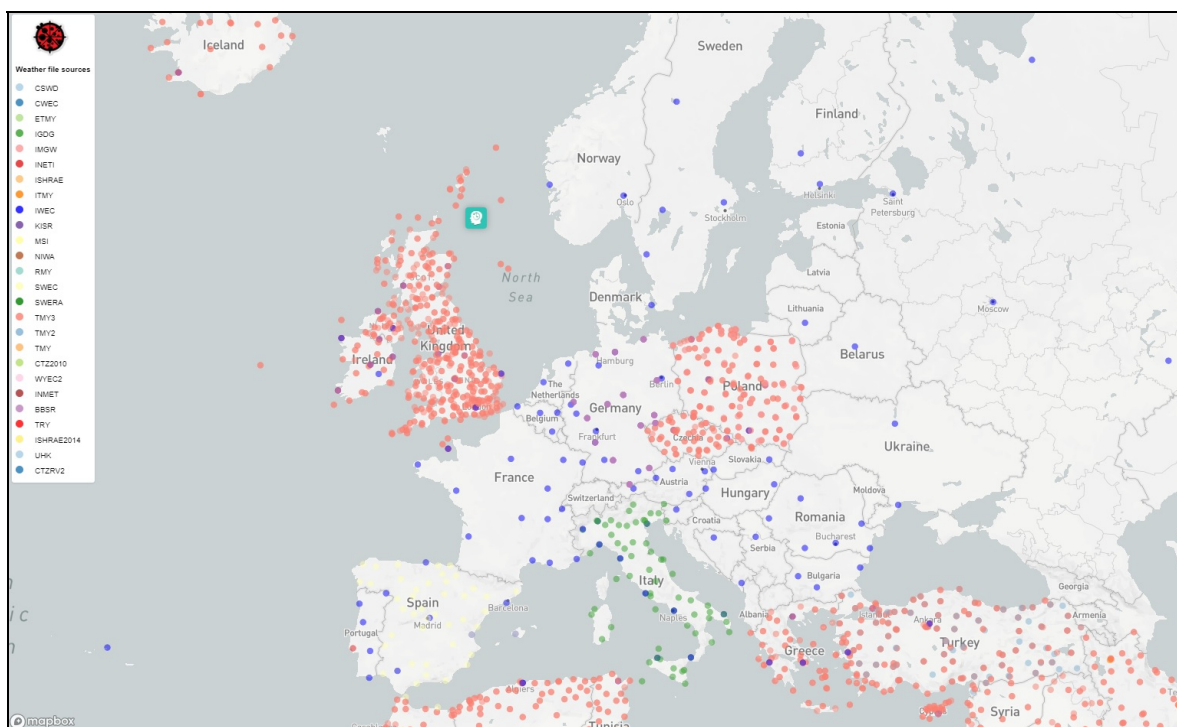


Рис. 1. Карта доступных .erw файлов на <http://www.ladybug.tools/erwmap/>. Цветом обозначены источники .EPW файлов – места записи информации о погоде

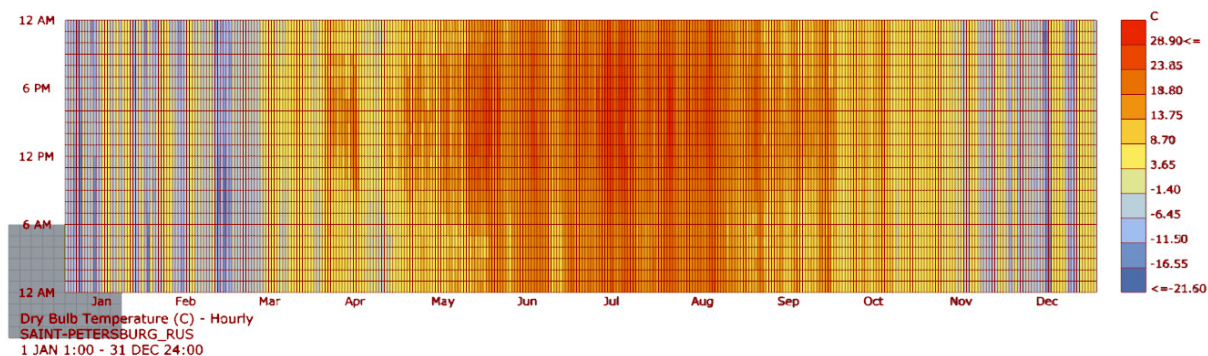


Рис. 2. Почасовой график распределения температуры в Санкт-Петербурге

Ориентация здания влияет на количество собранного им тепла в течение светового дня. Она определяется горизонтальным и вертикальным углом поверхности к солнечному потоку [4]. Анализ предполагает изменение исходной геометрии для поиска оптимальных вариантов.

Симуляция траектории следования солнца создана для облегчения создания светотеневого дизайна через анализ исходных данных о температуре, обогреве и охлаждении тела, при расчете параметров затененной геометрии в пространстве.



**Honeybee** – плагин экологического дизайна, дополняющий возможности *Ladybug* путём прямых подсчётов идентичной геометрии через компоненты *Daysim*, *Daylight*, *Therm+Window*, *EnergyPlus*. Это осуществляется посредством соединения с САПР и визуализации сценариев. Исходные данные доступны для изменений в соответствии с требованиями пользователя. Honeybee более точно измеряет показатель комфортности пространства (световая обеспеченность, яркость света, визуальный комфорт, электрический свет и его параметры), физические характеристики конструкций (теплопроводность, риск образования конденсата) и энергоэффективности (затраты на обогрев и охлаждение). Плагин делит созданный объем геометрии на несколько частей и применяет параметры типоразмера Revit-семейства и/или исходные данные к каждой. Влияние на тип расчета имеют .erpw данные и исходная задача: для энерго-симуляции необходима контекстная геометрия, для расчета световых характеристик – тестируемая поверхность или набор отправных точек объектов. Также необходимо учесть процент светопропускающих отверстий.

**Butterfly** – дополнение, соединяющее Ladybug моделирование с бесплатной web-платформой *OpenFOAM* по CFD симуляции потоков воздуха [5]. *OpenFOAM* обладает широким спектром возможностей для решения любых задач – от сложных потоков жидкости, включая химические реакции, турбулентность и теплообмен, до акустики, механики твердого тела и электромагнетизма [6]. С помощью скрытого численного решения дифференциальных и других уравнений движения при сохранении массы и энтальпии происходит комплексный расчет, и избегаются любые ошибки проектирования [7]. Предусмотренное размещение зданий и изменение их морфологических параметров способствуют эффективной вентиляции пространств. На рис. 3 представлен пример симуляции потоков воздуха на базе среды из двух кубов, построенных в Rhino. Параметрами и характеристиками в данном случае могут выступать сила и направление ветрового потока, форма здания, наличие в нем пропускающих пространств и ограждающих конструкций. Аналогичной программой является *Flow Design* от Autodesk, но она не представлена в свободном доступе.

**Dragonfly** – инструмент, позволяющий моделировать и оценивать крупномасштабные климатические явления (городской остров тепла, будущие изменения климата, влияние местных климатических факторов). Он опирается на помощь городских термодинамических установок (*Urban Weather Generator*, *CitySim*) и базу данных Национального центра климатических данных (NCDC) [8].

В *Grasshopper* для оптимизации подбора исходных параметров целесообразно использовать дополнительные пакеты нодов, позволяющие автоматизировать процесс поиска и обновления наилучших характеристик объектов. К таким нодам относятся *Galapagos* и *Octopus*, построенные на эволю-

ционной логике для решения широкого круга задач [9]. Путем введения необходимого диапазона значений алгоритм перебора вариантов выявляет подходящие решения и интегрирует их в виде входных данных скрипта. Все возможные варианты сохраняются. Для работы с ними не нужны дополнительные знания кода. Таким образом, дизайн процесс ускоряется в несколько раз.

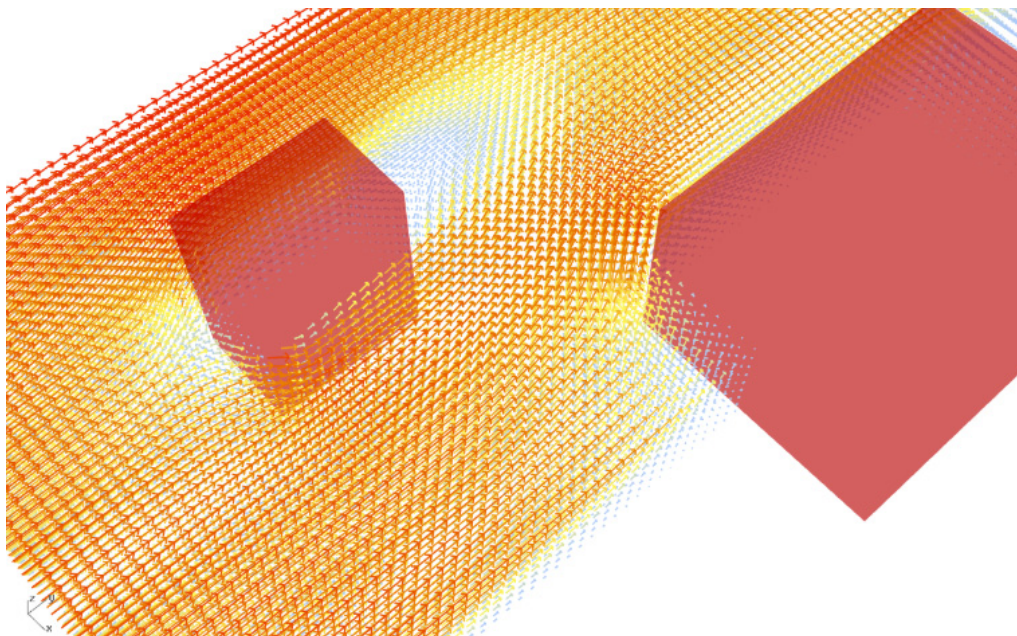


Рис. 3. OpenFOAM CFD симуляция потоков воздуха в Rhino/Grasshopper

Для разработчиков в данный момент доступна API документация *Ladybug*, *Honeybee* и *Butterfly*, позволяющая создавать новые дополнения для различных программ, таких как *Blender* и другие. Программирование является необходимым инструментом в архитектуре и дизайне, поскольку только через него возможно внедрение специфических параметров передовых проектов и обмен опытом для дальнейшего развития области.

Интегрируя аналитические компоненты в архитектурные и дизайнерские платформы, можно кардинально изменить процесс проектирования. Представленные инструменты адаптируют гибкий подход организации работы разных функциональных модулей для генерации процессов путём автоматизации и взаимодействия. Плагины включают средства, помогающие в процессе анализа информации, создания предиктивной модели, логических выводов, проведения оптимизации на основе выходящих результатов в рамках одной программы. До недавнего времени ВМ моделирование на базе *Revit* не было связано напрямую с комплексным экологическим анализом данных. Благодаря *Ladybug* и *Butterfly* для *Dynamo* эти ограничения были сняты, однако плагины требуют доработки и расширения диапазона действий.

## Литература

1. Roudsari M.S., Pak M. Ladybug: a parametric environmental plugin for Grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design // 13th Conference of International Building Performance Simulation Association. Chambéry, France. 2013. P. 28–35.
2. Ladybug tools. URL: <http://www.ladybug.tools>. (дата обращения: 11.04.2019).
3. Aksamija A., Brown D. Integration of parametric design methods and building performance simulations for high-performance buildings: methods and tools // Perkins+Will research journal. 2018. Vol 10.01. P. 28–53.
4. Naamandadin N.A., Sapian A.R., Noor S.N. Site Planning and Orientation for Energy Efficiency: A Comparative Analysis on Three Office Buildings in Kuala Lumpur to Determine a Location for Building Shading Device // International conference on Islamic architectural heritage. Malaysia, 2017. P. 247–255. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.700.247.
5. Esionwu C. Further Aerodynamics and Propulsion and Computational Techniques. CFD Solution Methodology. London, England: Kingston University, 2014. 16 p.
6. OpenFOAM® Foundation, OpenFoam: The Open Source CFD Toolbox. URL: <http://www.openfoam.com>. (дата обращения: 11.04.2019).
7. Mourshed M.M., Kelliher D., Keane M. Integrating Simulation in Design. Ireland // IBPSA NEWS, 2003. No. 13(1). P. 21–26.
8. Dragonfly. URL: <https://www.ladybug.tools/dragonfly.html>. (дата обращения: 11.04.2019).
9. Galapagos. URL: <https://www.grasshopper3d.com/group/galapagos>. (дата обращения: 11.04.2019).

## УДК 004.94+697.3+697.9

*Бардадым Виктория Юрьевна, студент  
Щеглов Дмитрий Владимирович, студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: bardadumviktoria\_97@mail.ru,  
dmitriy.scheglov@rambler.ru*

*Bardadym Viktoria Yurievna, student,  
Scheglov Dmitry Vladimirovich, student  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: bardadumviktoria\_97@mail.ru,  
dmitriy.scheglov@rambler.ru*

DOI: 10.23968/VIMAS.2019.043

## ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ BIM-МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ДВУХМЕРНОГО ПРОЕКТА ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

### FEATURES OF CREATING A BIM MODEL BASED ON A TWO-DIMENSIONAL HEATING AND VENTILATION PROJECT

В современном мире инженеры-проектировщики активно переходят от 2D-чертежей к 3D-моделям. Российские государственные стандарты требуют предоставления плоских чертежей для сдачи проекта, но как для проектировщиков, так и для монтажников BIM-модель намного удобнее, так как есть возможность быстро оценить запроектированные системы вентиляции и отопления, выявить некоторые ошибки на стадии создания проекта и представить инженерные коммуникации в объеме. BIM-моделирование имеет ряд преимуществ, но в данной статье речь пойдет не о них, так как любой уважающий себя проектировщик давно выявил все достоинства. Ниже рассмотрены некоторые пробле-

мы, с которыми приходится сталкиваться специалистам на стадии перевода двухмерного проекта в объемную модель.

*Ключевые слова:* ВМ-модель, 3D-модель, характеристики оборудования, пересечение труб, коллизии.

Today design engineers are actively moving from 2D drawings to 3D models. Russian state standards require the provision of flat drawings for the delivery of the project, but for both designers and installers BIM model is much more convenient, as it is possible to quickly assess the projected ventilation and heating systems, to identify some errors at the stage of creating the project and to present engineering communications in volume. BIM-modeling has a number of advantages, but in this article we will not talk about them, as any self-respecting designer has long revealed all the advantages. Below are some of the problems faced by specialists at the stage of translation of a two-dimensional project into a three-dimensional model.

*Keyword:* BIM model, 3D model, equipment characteristics, pipe crossing, collisions.

Особенности создания ВМ-модели рассмотрены на основе двухмерного проекта отопления и вентиляции трехэтажного детского сада в городе Санкт-Петербург.

На стадии перевода плоских чертежей систем вентиляции в 3D-модель приходится сталкиваться со следующими проблемами.

Первая проблема – это потеря огромного количества времени на сопоставление всех чертежей и спецификаций. Для того чтобы создать корректную объемную модель, нужны характеристики оборудования, воздухопроводов и установок. Для этого надо тщательно просмотреть все спецификации и сопоставить их с планами и аксонометрическими схемами.

Также, для того чтобы расположить в нужном месте определенные элементы инженерных коммуникаций, следует собрать полную информацию о системе. Для этого требуется сопоставить систему на плане этажа и на аксонометрической схеме, внимательно изучить все высотные отметки и привязки оборудования к осям здания для того чтобы правильно задать смещение относительно какого-либо уровня или оси плана (рис. 1, 2).

Вторая проблема связана с семействами оборудования. Важным этапом процедуры создания семейства для Revit MEP является настройка его отображения на разных уровнях детализации (рис. 3), согласно государственным стандартам [1, 2].

Этап определяет следующую последовательность действий:

- определение необходимого внешнего вида семейства на плане, фасаде, разрезе и виде 3D при разном уровне детализации;
- определение потребности в символической графике и дополнительной геометрии;
- определение необходимых подкатегорий и материалов;
- создание подкатегорий и назначение их на объемные элементы;
- создание символической графики, элементов вспомогательной геометрии и УГО (условно-графического отображения) – при необходимости;
- создание параметров материалов и/или материалов и применение их к геометрии семейства.

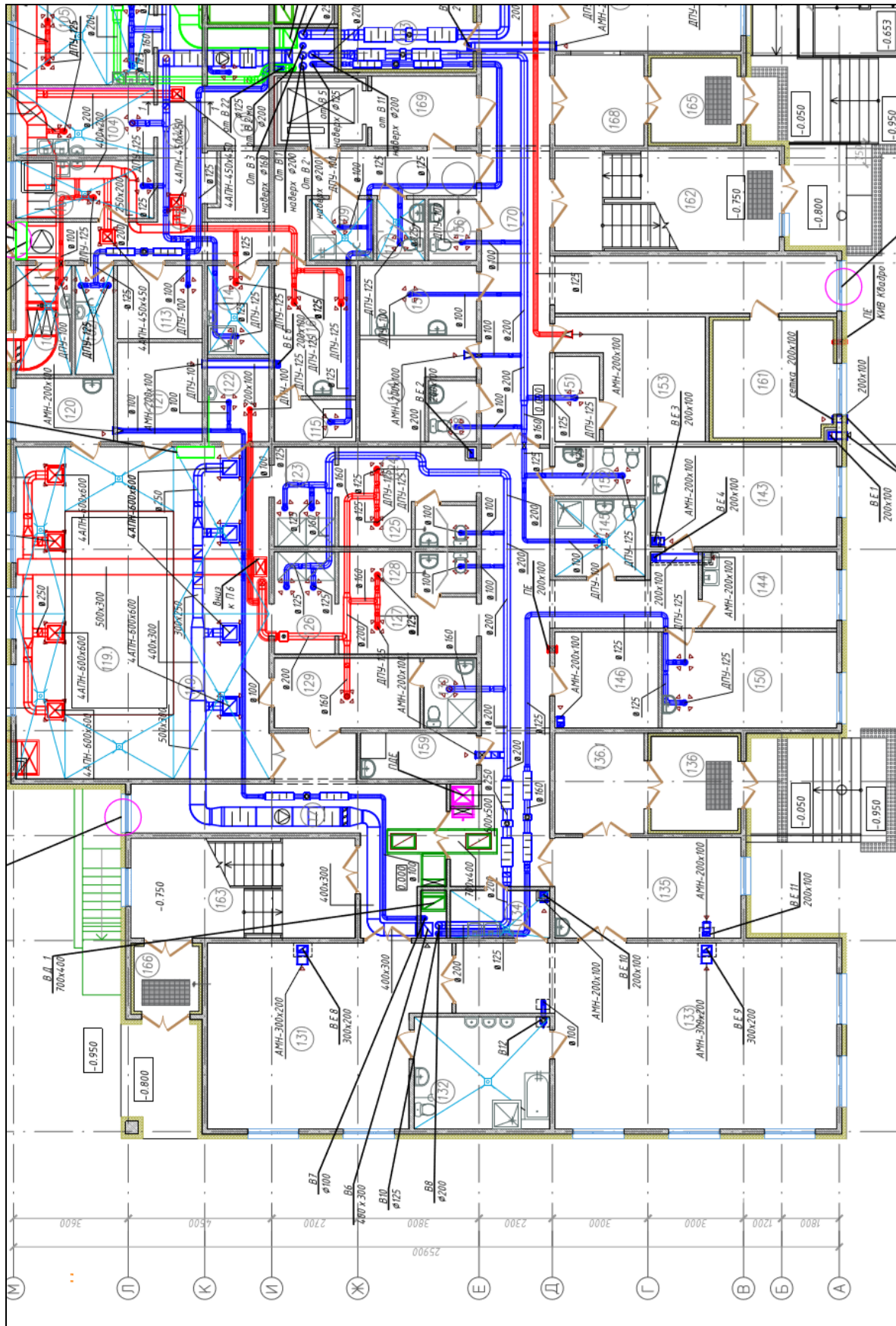


Рис. 1. Фрагмент плана этажа детского сада

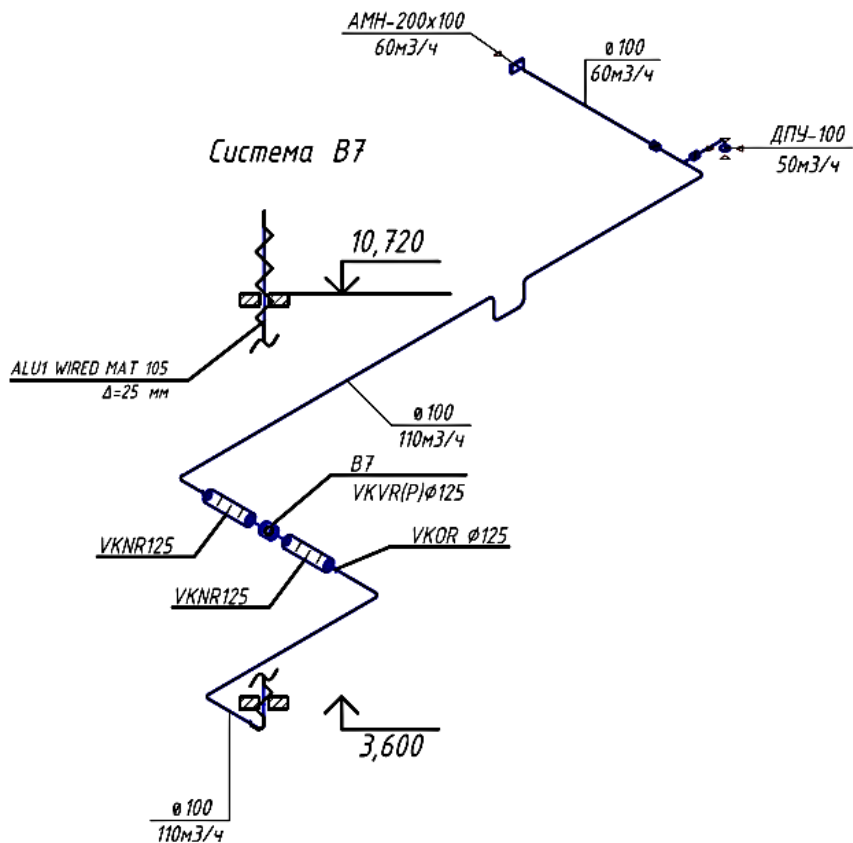


Рис. 2. Аксонометрическая схема вытяжной системы вентиляции

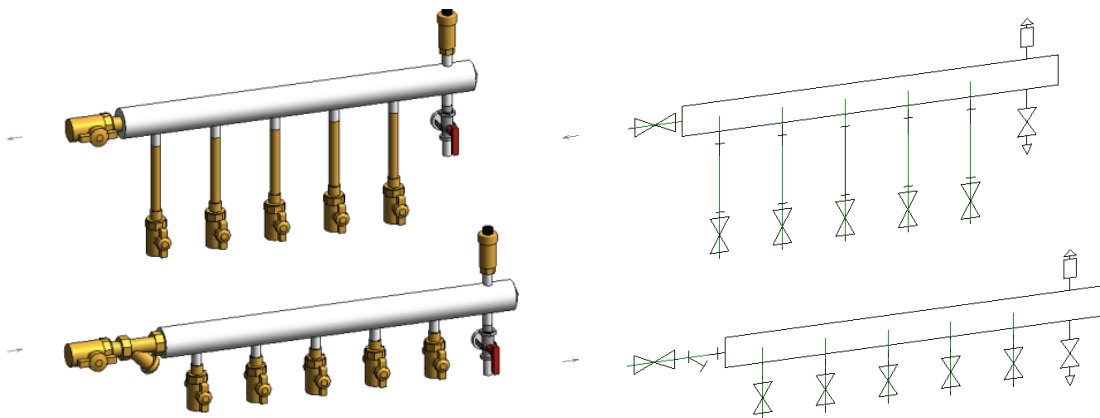


Рис. 3. Отображение семейства на разных уровнях детализации

Для этого необходимо пользоваться [2], где установлены основные условные графические обозначения элементов систем инженерно-технического обеспечения, а также буквенно-цифровые обозначения трубопроводов этих систем на чертежах и схемах при проектировании зданий и сооружений различного назначения (табл. 1) [3].

Уровень проработки параметров и их значений следует определять в соответствии:

- с целями и способами использования ВМ-модели;

- требованиями к уровням проработки элементов модели (LOD);
- требованиями к составу и содержанию технической документации.

Таблица 1

Условные обозначения согласно ГОСТ

Кран шаровый	
Кран шаровый трёхходовой	
Воздухоотводчик автоматический	

Проблемы при переводе чертежей возникают, как правило, из-за недостаточной, либо недостоверной информации, содержащейся в исходных данных. На рис. 4 представлена горизонтальная разводка системы отопления, выходящая из коллекторного модуля. При переносе данных чертежей в Revit MEP, происходит пересечение труб. Вследствие этого, происходит перестроение модели, что, в конечном счёте, приводит к изменению спецификации.

Рассмотрим проработку двухтрубной попутной системы отопления с нижним подключением радиаторов. Различие построения (рис. 5) показывает насколько отличается реальная модель от чертежей.

Использование встроенной функции Revit присоединить отопительные приборы, работает, только если трубопроводы находятся на разных уровнях, иначе происходит их пересечение.

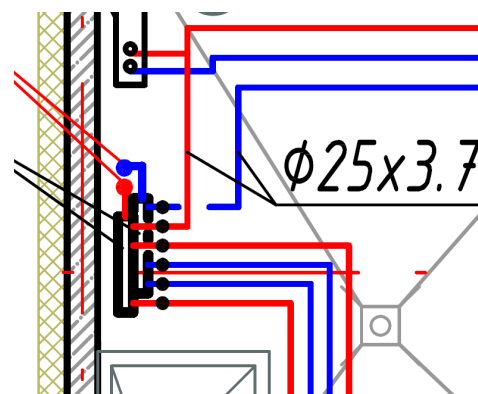


Рис. 4. Горизонтальная система отопления

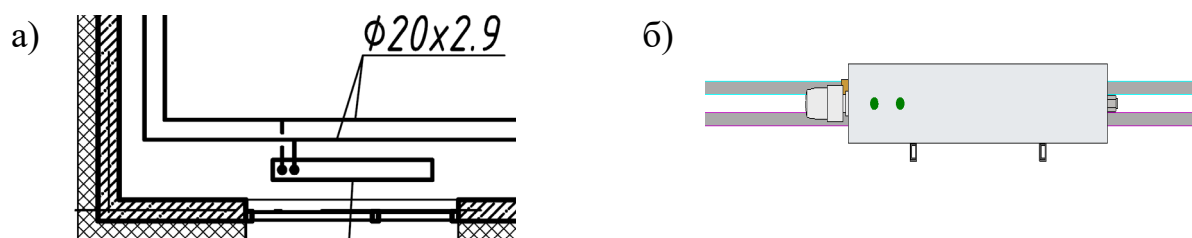


Рис. 5. Присоединение отопительного прибора:  
а – изображение в 2D; б – 3D – модель

Благодаря программному обеспечению liNear для проектирования инженерных систем, можно автоматически предотвращать коллизии трубопроводов, находящихся на одном уровне. Но данная методика теряет своё пре-

восходство при размещении трубопроводов в стяжке пола. Так как она не удовлетворяет требованиям [4].

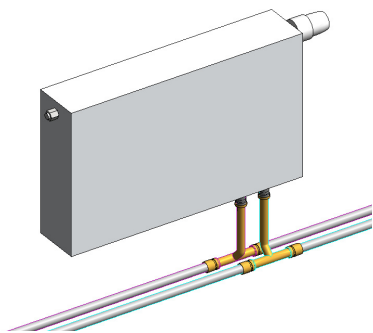


Рис. 6. Присоединение отопительного прибора с помощью Т-образных трубок

Одним из решений этой проблемы является создание семейства отопительного прибора с вложенными семействами узла присоединения и металлических трубок (рис. 6) [5].

Перевод двумерных чертежей в 3D-модель – процесс, требующий большого количества времени. Нужно сопоставлять все планы, аксонометрические схемы, спецификации, а также Российские государственные стандарты и своды правил. Поэтому легче создавать объемную модель «с нуля». Это будет быстрее и правильнее, позволит избежать ошибок.

#### **Литература**

1. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. М.: ФГУП ЦПП, 2012. 87 с.
2. ГОСТ 21.205-2016 Условные обозначения элементов трубопроводных систем. М.: Стандартинформ, 2016. 24 с.
3. ГОСТ 21.206-2012 Условные обозначения трубопроводов. М.: Стандартинформ, 2018. 8 с.
4. ГОСТ 21.602-2016 Правила выполнения документации систем отопления и кондиционирования. М.: Стандартинформ, 2016. 31 с.
5. Суханов К.О., Бардадым В.Ю., Попов В.Ю. Анализ способов подключения отопительных приборов при проектировании в Revit // ВМ-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб: СПбГАСУ, 2018. С. 155–159.

#### **УДК 69.003**

*Баскаков Кирилл Олегович*, студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: baskakov\_kirill@mail.ru*

*Baskakov Kirill Olegovich*, student  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: baskakov\_kirill@mail.ru*

**DOI: 10.23968/VIMAS.2019.044**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВМ-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННО- СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ**

### **PROSPECTS OF USING BIM-TECHNOLOGIES IN ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF INVESTMENT PROJECTS IN CONSTRUCTION**

В статье описываются основные подходы к оценке эффективности инвестиционно-строительных проектов (ИСП) на прединвестиционной стадии. Приведен перечень ис-



ходных данных, достаточных для принятия решения об инвестировании. Описан один из методов предварительной оценки – метод сравнения с аналогом. Предложена методика упрощения и автоматизации подобной предварительной оценки с использованием BIM-технологий (*building information model*). В качестве примера представлен конкретный программный инструмент, основанный на BIM-технологиях, позволяющий ускорять экономические расчеты. Также, описан путь развития данного метода, основанный на технологиях автоматического проектирования.

*Ключевые слова:* инвестиционно-строительный проект, оценка эффективности, *building information model*, рентабельность, инвестор, автоматическое проектирование.

The article describes the main approaches to assessing the effectiveness of investment construction projects at the pre-investment stage. A list of basic data sufficient to make a decision on investing. One of the preliminary assessment methods is described – the method of comparison with the analogue. A method of simplifying and automating such a preliminary assessment using BIM-technologies (*building information model*) is proposed. As an example, presented a specific software tool based on BIM-technologies, which allows to accelerate economic calculations. Also, the development path of this method, based on automated design technologies, is described.

*Keywords:* investment projects in construction, assessment of efficiency, *building information model*, profitability, investor, automated design.

Оценка инвестиционной эффективности строительного проекта является важнейшим шагом всего жизненного цикла ИСП. Эта оценка, еще до вливания финансовых средств, позволяет понять, будет ли вообще реализован проект или же от него следует отказаться, ввиду его нерентабельности.

Новые идеи в области оценки инвестиционно-строительных проектов, в том числе с применением BIM-технологий, так называемый *BIM-costing*, описываются В.И. Малаховым [1]. Кроме этого, проведено исследование трансформации взаимоотношений участников инвестиционно-строительного процесса и их документального оформления в связи с ускоренным внедрением технологии BIM-моделирования и ее распространением на полный жизненный цикл объект [2].

В классической литературе весь жизненный цикл проекта (*project life cycle*) принято делить на 4 основные фазы: преинвестиционная фаза, фаза планирования и разработки проекта, фаза реализации проекта, фаза завершения проекта. В рамках данной работы нас интересует первая фаза. «Преинвестиционная фаза, называемая также начальной или концептуальной, включает этапы: разработки концепции проекта, предпроектного и технико-экономического обоснования инвестиций, принятия решения об инвестициях» [3].

Таким образом, мы определили перечень данных для принятия инвестиционного решения. Это концепция проекта и альтернативных его вариантов, технико-экономическое обоснование инвестиций с достаточно точными значениями всех затрат и прогнозируемой прибыли с учетом всего жизненного цикла проекта, причем с со всеми длительными изменениями во времени.

Очевидно, что для точной и полной оценки на этой стадии недостаточно данных. Так как судить обо всех затратах можно будет только тогда, когда

разработана рабочая документация (РД), план организации строительства (ПОС), проект производства работ (ППР) и другая документация.

Следовательно, необходимо проводить оценку в условиях ограниченной информации.

В данной статье заострим внимание на одном из распространенных методов подобной оценки – сравнительном методе. Его идея заключается в рассмотрении готового проекта аналога, у которого известны все затраты. Затем на основе экспертного мнения делается вывод, насколько каждая статья расходов изменится в сравниваемом проекте.

При выборе проектов-аналогов должно быть обеспечено максимальное соответствие характеристик проектируемого объекта и объектов-аналогов по функциональному назначению, а также по конструктивным и объемно-планировочным решениям. Предлагаемая форма сведений по проекту-аналогу, представляемая заявителем, приведена в приложении 4 к Методике [4].

Становится очевидным, что применять этот метод гораздо эффективнее можно, если научиться его автоматизировать.

Органичным решением этого вопроса выступает применение *ВМ*-технологий. На сегодняшний день *ВМ*-модели зданий уже несут в себе информацию обо всех объемах материалов и их расценках. Также, информационное моделирование зданий значительно упростит процесс сравнения между собой различных инженерных систем. То есть стоимостное различие двух схожих конструкций (или инженерных сетей) можно вычислить путем простых операций в программных комплексах для проектирования.

Кроме того, подобные технологии позволят не только сравнить физическое исполнение двух разных зданий, но и определить разницу в затратах на возведение.

Например, инструмент *Quantifications* в программном комплексе *Autodesk Navisworks* позволяет вести динамический подсчет ведомостей объемов работ, и следовательно их стоимость. Связывания элементов и работ по возведению осуществляется с помощью формульных зависимостей (рис. 1). Другими словами, при наличии должных компетенций команды, выносить подобный сравнительный анализ, достаточный для принятия эффективного инвестиционного решения, можно в полуавтоматическом режиме в самые сжатые сроки и практически, без финансовых затрат. И это только при наличии лишь одного аналога для сравнения.

При развитии данного метода можно добиться эффективного сравнения параллельно с несколькими аналогами. То есть каждую отдельную составляющую проекта сравнивать с конкретной составляющей одного из аналогов, таким образом, минимизируя неточность экспертной оценки, ввиду минимальных отличий конкретных разделов двух зданий.

Более того, если Государство выступит с инициативой, создать некоторый банк проектов для сравнения, удастся эффективно и быстро проанализи-

ровать почти любой проект. Это позволит повысить эффективность всех инвесторов на рынке, что положительно скажется на экономической ситуации в стране.

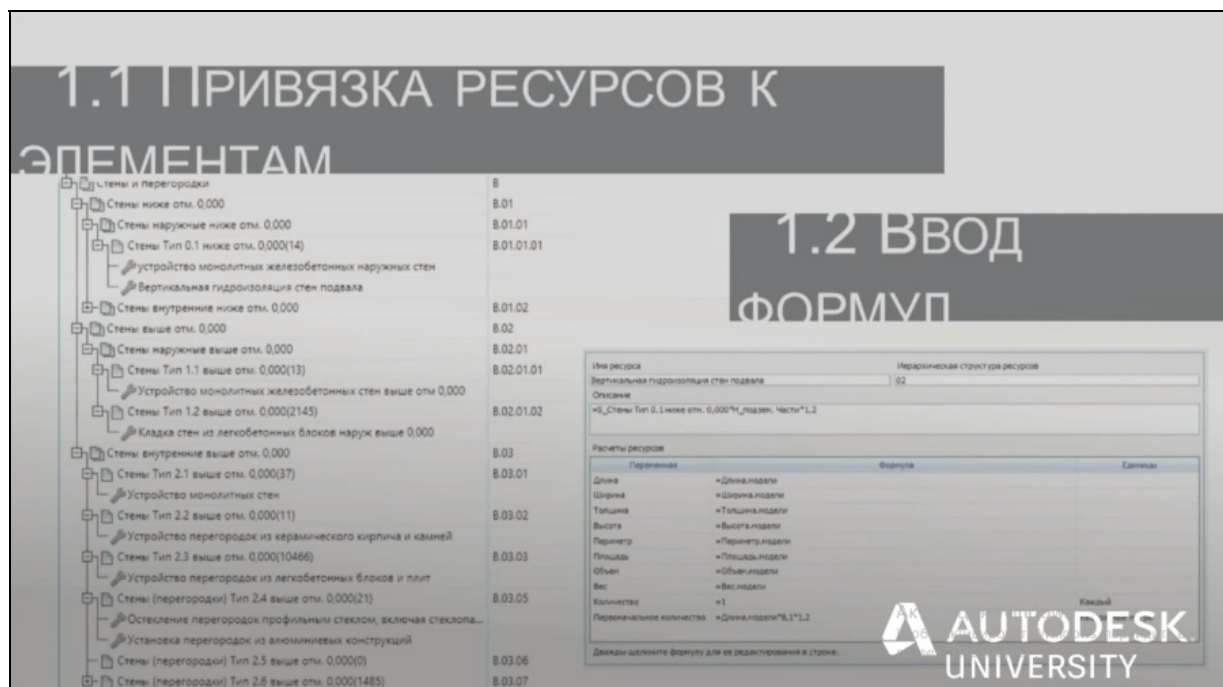


Рис. 1. Связь элементов модели и работ на возведение в *Navisworks* [5]

Если посмотреть в будущее и смоделировать эволюцию предложенного метода, можно предположить, что в перспективе он останется единственно верным. Обратим внимание на вектор развития *BIM*-технологий. Уже сегодня становятся доступными инструменты для автоматического проектирования. Компания *Autodesk* разработала технологию *Generative Design*, которая с помощью интеллектуальных алгоритмов сгенерировала 10000 различных вариантов планировок офисного помещения (рис. 2), удовлетворяющих введенным заранее требованиям заказчика [6].

Таким образом, в будущем будут востребованы технологии автоматического проектирования, которые в нескольких вариантах будут предлагать готовые проекты, соответствующие техническому заданию.

Что это значит для инвестора? То, что при наличии капитала и идеи, искусственный интеллект, перебирая множество аналогичных проектов и всю информацию, связанную с ними, будет выдавать готовую проектную документацию и проект организации строительства без ошибок. Причем, делая акцент именно на том, что проект даст наиболее мощный инвестиционный эффект, максимально удовлетворяя требования инвестора. То есть, прединвестиционную фазу можно будет пропустить в принципе. И в основе этого лежит метод сравнения с аналогами.

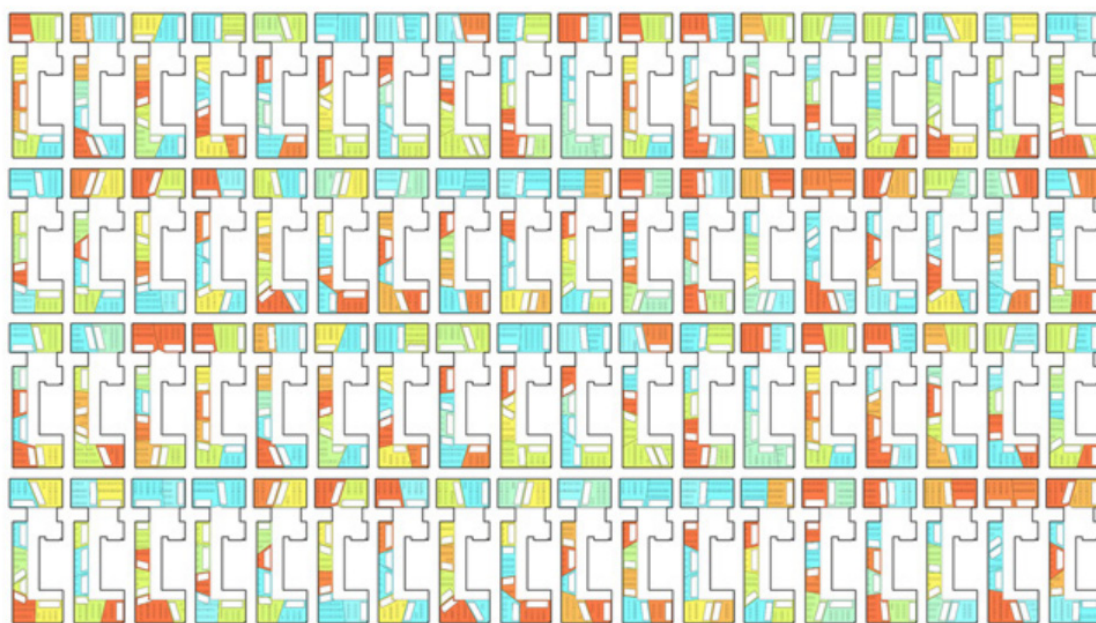


Рис. 2. Различные варианты планировок офисного помещения, сгенерированные технологией Generative Design

### Литература

1. Малахов В.И. Стоимостное моделирование инвестиционно-строительных проектов г. Москва. 2018. 54 с. URL: <https://samovod.ru/upload/iblock/353/2018-01-Стоимостное%20моделирование%20ИСП.pdf>. (дата обращения: 26.03.2018).
2. Чурбанов А.Е., Шамара Ю.А. Влияние технологии информационного моделирования на развитие инвестиционно-строительного процесса // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13, № 7(118). С. 824–835. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.824-835
3. Корабельникова С.С. Экономика строительства: учебное пособие. СПб.: СПбГАСУ, 2014. 165 с.
4. Методика оценки эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на капитальные вложения. УТВЕРЖДЕНА приказом Минэкономразвития России от 24 февраля 2009 года N 58. 2009. 20 с. URL: <http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/fcp/prikaz58>. (дата обращения: 26.03.2018).
5. Девятова М. Navisworks Quantification: Динамический подсчет ведомостей объемов работ // AUTODESK KNOWLEDGE NETWORK. URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/navisworks-products/learn-explore/caas/video/youtube/watch-v-vTvZ3AYrQOs.html>. (дата обращения: 26.03.2018).
6. Demystifying Generative Design. For Architecture, Engineering, and Construction. AUTODESK. URL: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/generative-design/autodesk-aec-generative-design-ebook.pdf> (дата обращения: 26.03.2018).

УДК 004.92

Беркетов Владислав Павлович, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: ezrtzy@mail.ru

Berketov Vladislav Pavlovich, undergraduate  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: ezrtzy@mail.ru

DOI: 10.23968/VIMAC.2019.045

## ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

### THE USE OF BIM TECHNOLOGY WHEN CONDUCTING TECHNICAL INSPECTIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES

В данной статье рассматривается вариант применения BIM-технологий в обследовании зданий и сооружений. Приведена статистика об увеличении интереса к современным технологиям моделирования со стороны организаций инвестиционно-строительной сферы. Сделан акцент на актуальности проведения технического обследования зданий и сооружений и необходимости совершенствования данной сферы. Приведен пример использования технологий информационного моделирования при обследовании зданий на конкретном примере промышленного здания. Выделены положительные аспекты при внедрении данной технологии в сферу обследования зданий. Сделан вывод о перспективах внедрения данной технологии.

*Ключевые слова:* BIM-технологии, техническое обследование зданий и сооружений, строительство, 3D-модель, дефекты и повреждения.

This article discusses the use of BIM technologies in the inspection of buildings and structures. The statistics on increasing interest in modern modeling technologies from the organizations of the investment and construction industry is given. Emphasis is placed on the relevance of the technical inspection of buildings and structures and the need to improve this area. An example of the use of information modeling technologies in the inspection of buildings on a specific example of an industrial building is given. Positive aspects are highlighted in the implementation of this technology in the field of building surveys. The conclusion is made about the prospects for the implementation of this technology.

*Keywords:* BIM technologies, technical inspection of buildings and structures, construction, 3D model, defects and damage.

Развитие BIM-технологий с каждым годом набирает все более быстрые темпы. Согласно отчету об исследовании «Уровень применения BIM в России», на сегодняшний день технологии информационного моделирования используют 22 % организаций (рис. 1) [1].

Довольно часто можно услышать, что BIM является технологией проектирования новых объектов [2]. Но не стоит забывать о том, что данная технология применима ко всем жизненным циклам здания, в том числе уже для существующих объектов. Хотелось бы остановиться на вопросе о применении технологий информационного моделирования в обследовании зданий и сооружений.

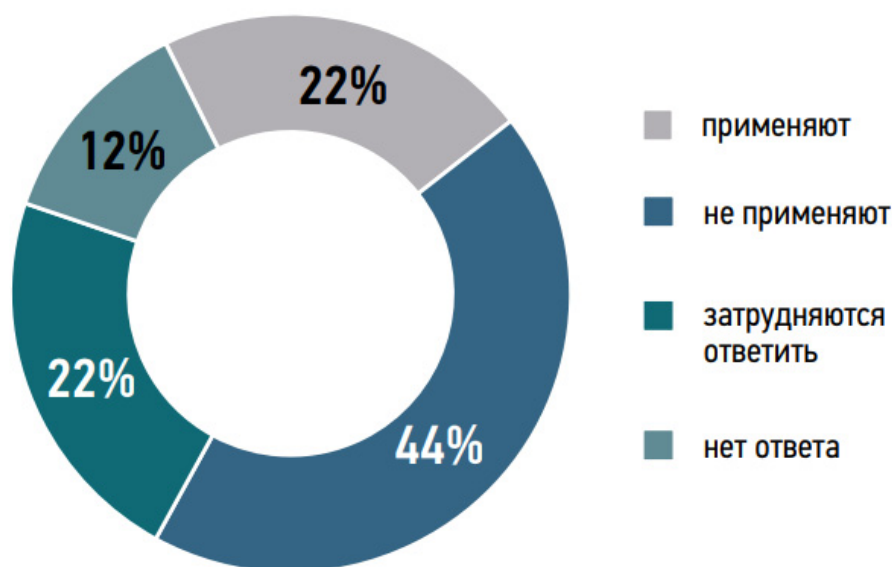


Рис. 1. Результаты опроса о применении ВМ российскими организациями инвестиционно-строительной сферы

Обследование зданий является одной из наиболее трудоемких и наукоемких отраслей строительной деятельности. С каждым годом возрастает объем проводимых обследований зданий. Причиной этому является ряд факторов:

- физический износ здания, вследствие ухудшения технических и связанных с ними эксплуатационных показателей здания, вызванное объективными причинами;
- моральный износ здания, вследствие снижения эксплуатационных качеств во времени;
- реконструкция, капитальный ремонт или техническое перевооружение объекта и др.

Техническое обследование представляет собой комплекс мероприятий по контролю, анализу и оценке состояния существующих строительных конструкций. Главной целью обследования является установление категории состояния строительных конструкций и объекта обследования в целом.

Одним из важных аспектов при обследовании зданий и сооружений является оформление и подача графической части материалов обследования.

Отчет по обследованию строительных конструкций, даже сравнительно небольшого по строительному объему объекта, занимает довольно большое количество документации. Заказчику, для того, чтобы изучить материалы обследования, нужно потратить относительно большой объем времени, чтобы оценить картину о состоянии объекта.

Применение современных технологий информационного моделирования позволяет инженерам создавать наглядную 3D-модель объекта. Эта модель будет содержать в себе информацию о фактическом состоянии кон-

струкций на момент проведения обследования. В будущем данную модель можно будет использовать для проведения будущих обследований, или в ходе дальнейшей эксплуатации объекта. Тем самым сохраняется принцип информационного моделирования о применении технологии на протяжении всего жизненного цикла объекта.

Информационную модель также можно использовать для подсчета объемов работ по ремонту, если это необходимо, что значительно сократит время по сравнению с традиционными технологиями САД-проектирования.

В качестве примера рассмотрим применение BIM-проектирования и программного обеспечения Autodesk Revit для обследования производственного здания со сборным ж/б каркасом и навесными керамзитобетонными панелями в виде ограждающих конструкций.

Целью обследования является установление фактического состояния фасадов объекта, создание информационной модели и выдача рекомендаций по устранению дефектов для дальнейшей безопасной эксплуатации объекта.

На первом этапе проводятся полевые работы. В объем полевых работ будут входить обмерные работы и тахеометрическая съемка объекта. Затем проводятся камеральные работы по обработке полученных данных и составляется модель здания (рис. 2).

Далее необходимо составить ведомость дефектов по фасадам здания и занести полученные данные в имеющуюся модель здания. Информацию о дефектах возможно оформить следующим образом (рис. 3).

В отчете по техническому обследованию объекта в рекомендациях по устранению дефектов будет указано о замене поврежденных ограждающих панелей на новые на основании проведенных работ и составлении информационной модели.

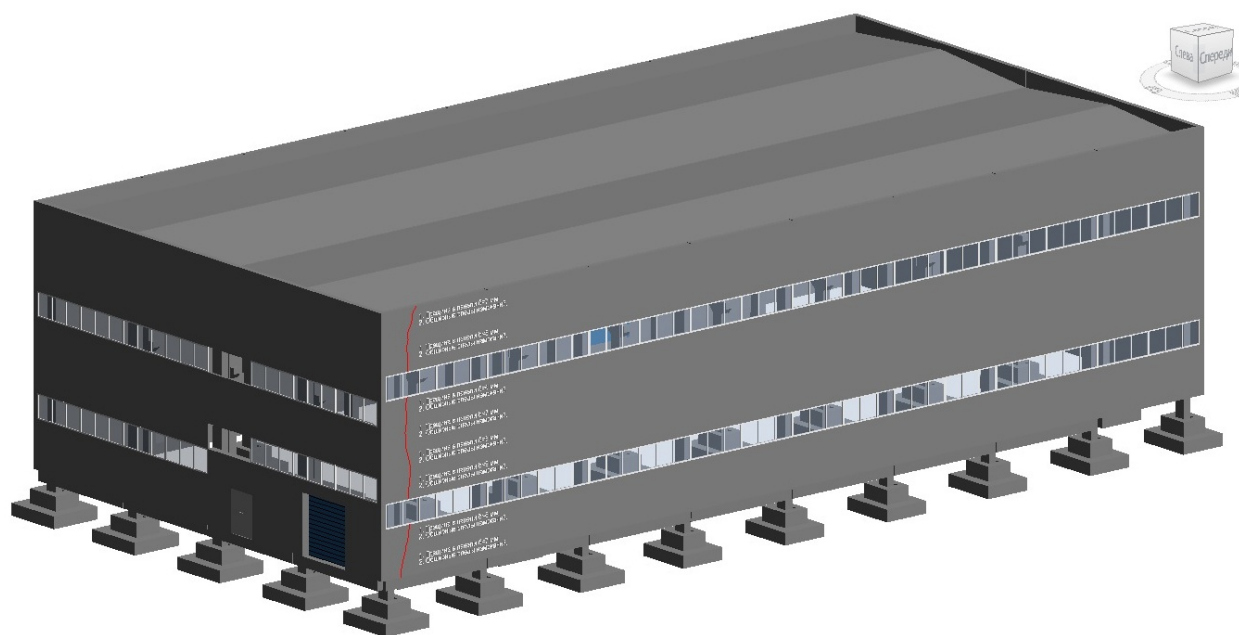


Рис. 2. Информационная модель обследуемого объекта

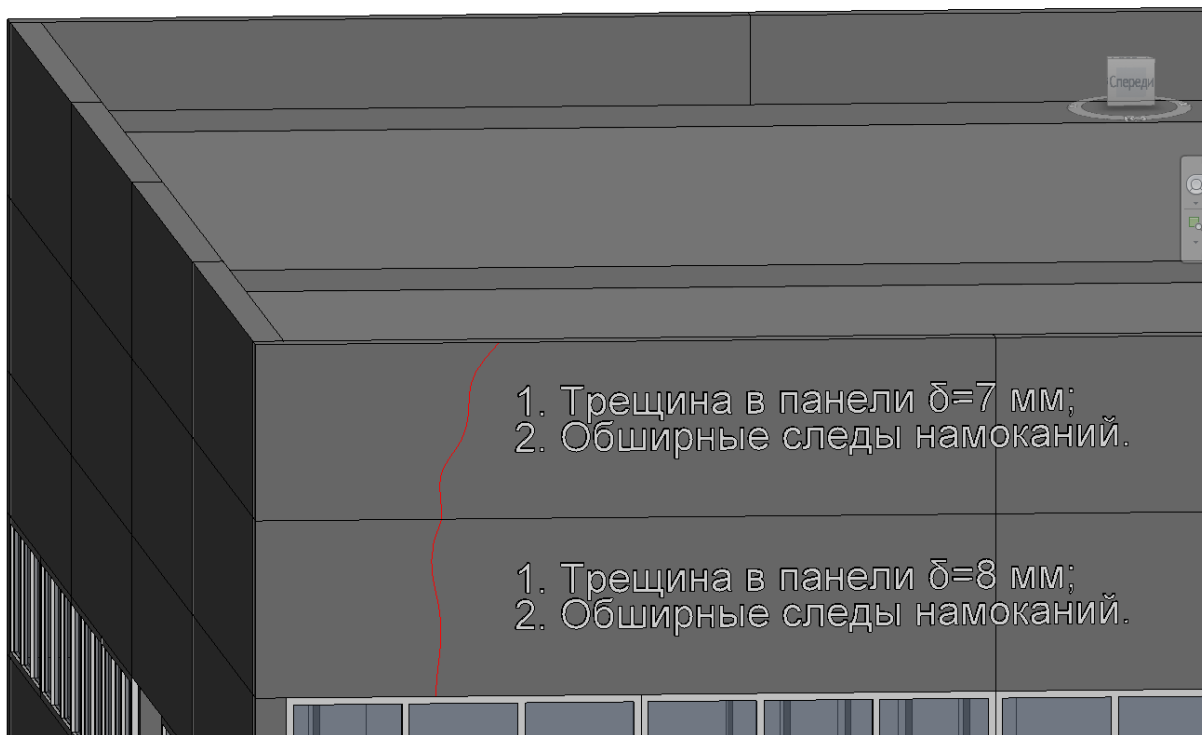


Рис. 3. Оформление информации о существующих дефектах фасадной части здания

Данный подход можно использовать в различных вариациях. Дефекты можно группировать по категориям и также добавлять информацию о фактическом состоянии строительных конструкций.

Помимо дефектов и повреждений в данную модель можно добавлять информацию о характере армирования несущих конструкций или сечениях элементов на момент обследования. Это позволит провести анализ несущей способности элементов, при необходимости, или сравнить с проектными решениями в случае имеющейся проектной или рабочей документации.

Модель здания с информацией о дефектах можно использовать в качестве наглядной презентации для заказчика или непосредственно для просмотра в режиме 3D в программном комплексе Autodesk Revit [3].

Используя технологии информационного моделирования при обследовании зданий и сооружений, можно выделить следующие положительные аспекты:

- возможность моделирования изменений в конструкции зданий с течением времени [4];
- возможность проведения капитального ремонта, реконструкции или технического перевооружения на основе полученной модели;
- отслеживание текущего состояния здания;
- наглядное представление о состоянии объекта в целом.

Информационная модель здания, полученная при обследовании, может быть использована и в дальнейших жизненных циклах здания, например, в стадии эксплуатации здания или сооружения [5].



Подводя итог, можно отметить, что использование BIM-технологий при обследовании зданий и сооружений безусловно имеет право на существование, но данная концепция нуждается в дальнейшем развитии, как и BIM-технологии в целом на сегодняшний день.

### Литература

1. Уровень применения BIM в России. Отчет об исследовании. 2017 [Электронный ресурс]. URL: <http://concurator.ru/upload/otchet2.pdf>. (дата обращения: 02.04.2019).
2. BIM и ЖКХ: союз неизбежен [Электронный ресурс]. URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=20067](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=20067). (дата обращения: 02.04.2019).
3. Русских А.Г. Применение программного комплекса Autodesk Revit в обследовании зданий // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 11(53). С. 75–77.
4. Технология BIM и эксплуатация зданий [Электронный ресурс]. URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=17409](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17409). (дата обращения: 02.04.2019).
5. Жизненный цикл здания и его связь с внедрением технологии BIM [Электронный ресурс]. URL: <https://ardexpert.ru/article/8445>. (дата обращения: 02.04.2019).

### УДК 699.814

*Вилкова Ксения Игоревна*, студент  
*Фещенко Дмитрий Евгеньевич*, студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: ksy\_1998@mail.ru, dyfesch@mail.ru*

*Vilkova Kseniya Igorevna*, student  
*Feschenko Dmitriy Evgenievich*, student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: ksy\_1998@mail.ru, dyfesch@mail.ru*

DOI: 10.23968/BIMAC.2019.046

## ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ

### FIRE SAFETY AND BIM-TECHNOLOGY ENGINEERING

При проектировании и реализации BIM технологий особое значение имеет учет требований пожарной безопасности для обеспечения предупреждения ошибок в принятых решениях. Эта проблема весьма актуальна, и необходимость исполнений требований по пожарной безопасности очень высока. Здания и сооружения нуждаются в быстрой и качественной проверке ещё на стадии проектирования. В связи с этим, востребованность в прикладной программе для обеспечения учёта выполнения требований по пожарной безопасности является вопросом, нуждающимся в решении. Алгоритм для прикладной программы, представленный в данной статье, является оптимальным способом для разрешения проблемы пожарной безопасности зданий и сооружений, а также позволяет ускорить процесс проектирования и исключить многочисленное количество нарушений на ранних этапах.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, BIM-технологии, информационное моделирование.

In connection with the introduction of BIM-technology in the construction of buildings and structures, it was revealed that the issues of fire safety are not covered. Necessity of ful-

filling the requirements for fire safety is very high. Buildings and structures need quick and high-quality testing at the design stage. Therefore, the demand for an application to ensure fire safety requirements is a question to be resolved. The algorithm for the application program presented in this article is the best way to resolve the problem of fire safety of buildings and structures, and also allows you to speed up the design process and eliminate the numerous number of violations at the early stages.

*Keywords:* fire safety, BIM-technologies, information modeling.

На данном этапе развития технологических процессов активно внедряется применение *ВМ*-технологий. При строительстве зданий и сооружений необходимо учесть множество аспектов, связанных с проектированием и возведением объектов. *ВМ*-технологии позволяют иметь доступ к единой базе данных на всём жизненном цикле объекта капитального строительства.

Проект, выполненный с применением информационного моделирования может связать воедино архитектурную, конструктивную, технологическую и сметную части. Стоит отметить, что данные технологии позволяют видеть пространственную схему здания, что дает возможность специалисту по пожарной безопасности адекватно оценить риски.

На практике были рассмотрены проекты, созданные в программе *Autodesk Revit*. Принятые в ходе проектирования решения при их анализе имели ряд нарушений требований пожарной безопасности. Это обусловлено отсутствием в программе учёта требований нормативных документов РФ в сфере пожарной безопасности, например,

- нарушение статьи 63 ФЗ 123 в части 6 [1], об обеспечении беспрепятственного проезда пожарной техники к месту пожара (рис. 1);

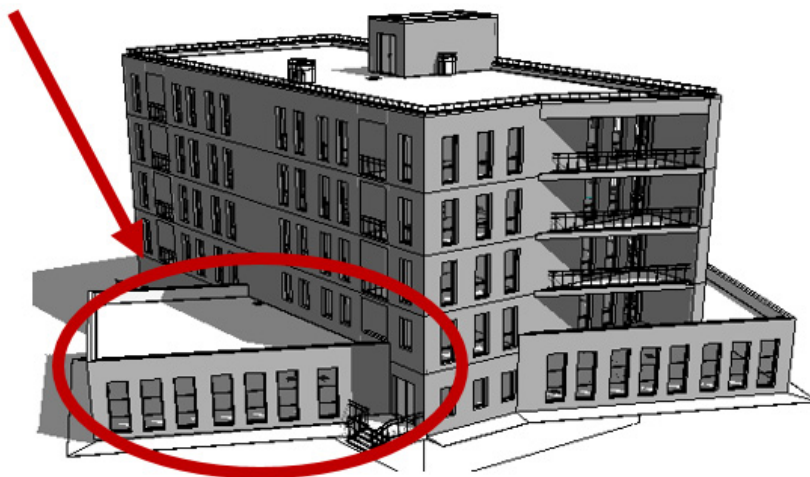


Рис. 1. Нарушение статьи 63 ФЗ 123

- не учтены требования пункта 8.3 СП 54.131330.2016 [2] (высота ограждений марша лестницы);
- невыполнение требований пункта 9.2.11 СП 1.13130.2009 [3] (несоответствие размеров дверных проёмов);

- несоблюдение правил пункта 9.5 СП 42.13330.2011 [4] (расположения озеленения относительно фасада здания);
- нарушение требований пункта 6 СП 59.1330.2016 [5] (о путях эвакуации для маломобильных групп населения) (рис. 2, 3) и так далее.

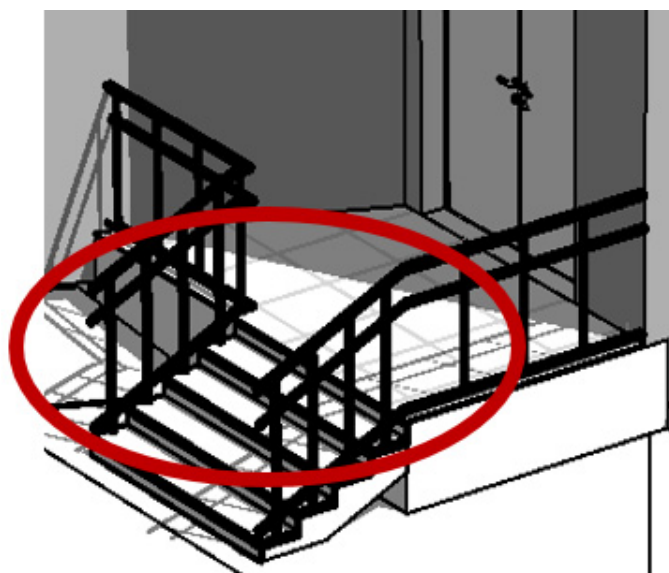


Рис. 2. Отсутствие пандусов, нарушение требований пункта 6 СП 59.1330.2016

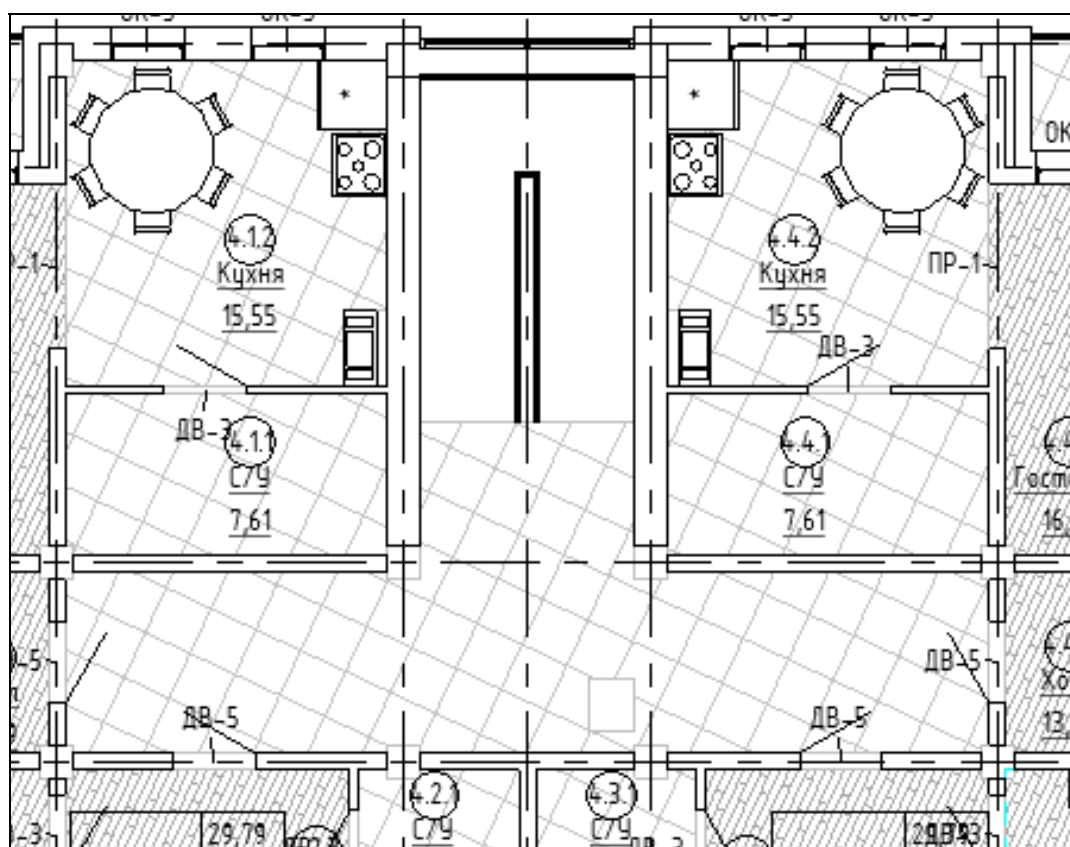


Рис. 3. Отсутствие безопасных зон на путях эвакуации для МГН, нарушение требований пункта 6 СП 59.1330.2016

С точки зрения выполнения требований федеральных законов, наиболее эффективным способом для обеспечения норм по пожарной безопасности будет создание прикладной программы, предназначенной для обеспечения учёта нормативных требований пожарной безопасности в РФ на основе цветных графов. В результате можно получить адекватную модель анализа принятых конструктивных решений здания на стадии проектирования, без необходимости затрат на переустройство в случае несоответствия нормативным актам по окончании строительства.

Необходимое решение задач пожарной безопасности – компьютерное моделирование и применение *ВМ*-технологий с учётом требований нормативной базы. Использование прикладной программы, способной анализировать принятые решения, может значительно упростить выполнение расчетов и ускорить рабочий процесс, а также грамотно соотнести качество проекта и уровень его безопасности.

Согласно ФЗ 123 статье 32 [1] здания (сооружения, пожарные отсеки и части зданий, сооружений – помещения или группы помещений, функционально связанные между собой) подразделяют на классы (подклассы) функциональной пожарной опасности в зависимости от их назначения. При создании информационной модели эксплуатируемого здания необходимо дополнительно учитывать физическое состояние здания, сетей, а также различия между требованиями пожарной безопасности на момент проектирования зданий и текущими требованиями нормативной документации при проведении ремонта и капитального ремонта.

Каждый подкласс функциональной опасности при выполнении требований пожарной безопасности на основе нормативных документов [1], [6], имеет свои отличия в алгоритмах принятия решений. Требования к различным подклассам в нормативных документах следует представить в виде матриц и алгоритмов принятия решений.

Прикладная программа должна позволять оперативно вносить текущие изменения в нормативных документах, вступающие в силу на момент экспертизы проектной документации и, по желанию заказчика, вступающие в силу в более поздние сроки. Это, в том числе, касается проектирования, выполняемого в интересах проведения ремонтных работ и капитального ремонта.

Для принятия решения в многомерной задаче по проектированию здания необходимо связать требования различных нормативных документов, так как принятие решения только по одному нормативному документу не учитывает особенности, изложенных в других документах. Например, для обеспечения пожарной безопасности многоквартирных жилых домов (Ф 1.3) необходимо обязательно учитывать требования СП 54.13330.2016, при этом не принимать в расчёт требования СП 12.13130.2009, но в тоже время при наличии встроенного паркинга (Ф 5.1) этот свод правил рассматривается.

Прикладная программа представляет алгоритм принятия решения на основе многомерных матриц. Элементы матриц отражают требования из соответствующего нормативного документа, а алгоритм определяет взаимосвязь и взаимозависимость элементов для принятия решения (рис. 4).



Рис. 4. Алгоритм принятия решения

Для выполнения требований нормативных документов по обеспечению пожарной безопасности, предусмотренных ФЗ РФ, СП, СанПиН элементами матриц являются требования нормативных документов.

Согласно СП 331.1325800.2017 необходимо создать информационную модель пожарной безопасности, обладающую способностью интероперабельности. Интероперабельность реализует обмен информацией между двумя или более информационными системами или компонентами и использование информации, полученной в результате обмена [7]. Данная способность должна формироваться с использованием словарей терминов и определений (термины нормативной базы), однозначно определяющих смысловую нагрузку полученных данных, то есть сопровождаться документами, действие которых определено во взаимных соглашениях участников. При изменениях нормативной базы необходимо актуализировать документы, определяющие данный процесс. Модель должна быть разработана посредством добавления в 4D-модель (или 3D-модель) информации о пожарной безопасности. Пред-

ставленный алгоритм является картой взаимодействия, соответствующей цели обеспечения выполнения требований пожарной безопасности. Создание программы предложенного типа – создание плагина, то есть программного модуля, разрабатываемого независимо от основной программы и динамически к ней подключаемого.

При обмене информацией между участниками в рамках конкретного процесса по применению требований пожарной безопасности к объекту следует использовать определенные правила. Этими правилами описываются действия, определения и ограничения, которые могут применяться к набору обмениваемой информации. Они контролируют:

- использование конкретных объектов;
- свойства, которые должны быть определены;
- значения и диапазоны значений, которые следует соблюдать;
- зависимости между объектами, атрибутами или значениями атрибутов.

Информационная модель должна содержать основные элементы, такие как фундаменты, стены, перекрытия, опоры, балки, крышу, перегородки, лестницы, окна, двери, инженерные системы и оборудование, элементы должны иметь габаритные размеры, соответствующие фактическим, т. е. каждый элемент объекта должен иметь необходимый набор атрибутов и их значений [8] (по пожарной безопасности, определённых требованиями нормативных документов). Постановка задачи должна содержать описание желаемых результатов по СП 331 [7].

Согласно ФЗ 123 каждый объект должен иметь класс функциональной пожарной опасности [1]. Исходя из класса функциональной пожарной опасности объекту присваиваются те или иные требования, соответствующие для данного класса, регламентированные нормативными документами. Следовательно, можно составить иерархическую классификацию нормативной базы, необходимой для строительства объекта (рис. 5).

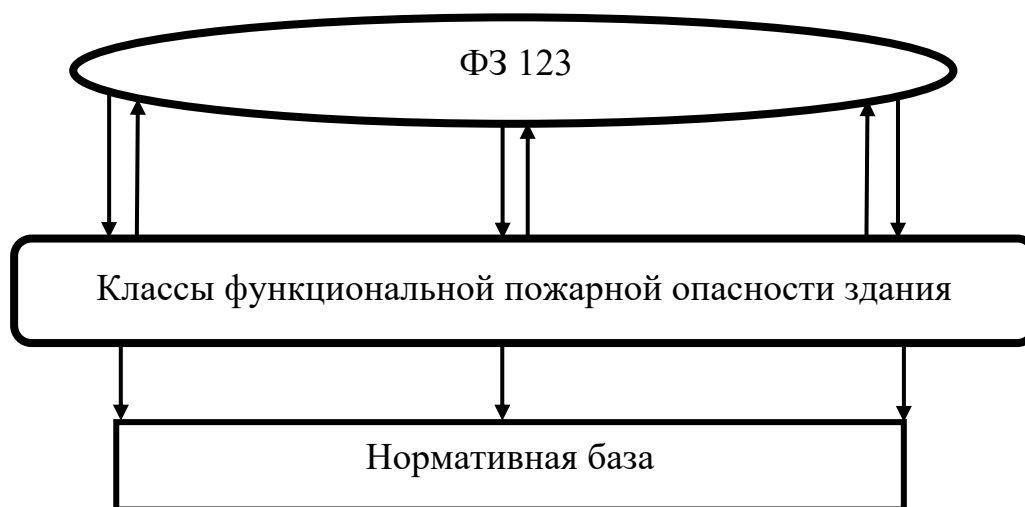


Рис. 5. Иерархическая классификация

Данный плагин может обеспечить решение специализированных задач, а также отражать требования ко всему объекту, например, предположим, перед нами стоит задача проверить наличие эвакуационных выходов в здании. Задача решается на основе СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы», а именно на основе пункта 4.2 «Эвакуационные и аварийные выходы» [3]. Ниже приведен алгоритм решения на основе нормативной базы.

Для начала также необходимо уточнить число одновременного пребывания людей в здании. Этот компонент «Число пребывания людей» также, как и «Класс функциональной пожарной опасности» привязывается ко всему объекту.

Основная задача – проверить наличие компонентов «Эвакуационные выходы». Стандартные компоненты этого типа обладают такими свойствами: это двери высотой от 1,9 м и более, шириной от 0,8 м. Открываются двери по направлению выхода из здания (требование «отключено» если объект относится к Ф1.3 или Ф1.4, число одновременного пребывания людей в здании меньше 15, в помещениях санузлов, если это выход на лестничные площадки 3 типа, наружная дверь находится в северной строительной климатической зоне, для дверей, установленных в противопожарных перегородках, разделяющих коридоры здания длиной более 60 м).

Если число одновременного пребывания людей в здании больше 50, значит в помещении должно быть 2 эвакуационных выхода и более.

Эвакуационные выходы должны быть рассредоточены по зданию. Возможно создание единого блока эвакуационных выходов, как отдельного элемента программы для упрощения проектирования и моделирования, на этаже с рассчитанным между ними расстояниями. Если такой блок в проекте есть, то программа проверяет только количество эвакуационных выходов, без проверки их качества, так как этот блок – стандартный, учитывающий нормы.

Минимальное расстояние  $L$ , м, между наиболее удаленными один от другого эвакуационными выходами следует определять по формулам:

из помещения –  $L \geq \frac{1,5\sqrt{P}}{n-1}$ , из коридора –  $L \geq \frac{0,33D}{n-1}$ , где  $P$  – периметр помещения, м;  $N$  – число эвакуационных выходов;  $L$  – длина коридора, м.

Двери эвакуационных выходов из помещений с принудительной противодымной защитой, в том числе из коридоров, должны быть оборудованы приспособлениями для самозакрывания и уплотнением в притворах. Двери этих помещений, которые могут эксплуатироваться в открытом положении, должны быть оборудованы устройствами, обеспечивающими их автоматическое закрывание при пожаре.

Характеристики устройств самозакрывания дверей, расположенных на путях эвакуации, должны соответствовать усилию для беспрепятственного открывания дверей человеком, относящимся к основному контингенту, находящемуся в здании (ребенок, инвалид и т. п.).

Проверяем подвал и цоколь: если число одновременного пребывания людей в здании больше 15, значит в помещении должно быть 2 эвакуационных выхода и более.

Если число одновременного пребывания людей в здании от 6 до 15 – один из двух выходов допускается предусматривать непосредственно наружу из помещений с отметкой чистого пола не ниже 4,5 м через окно или дверь размером не менее 0,75×1,5 м, а также через люк размером не менее 0,6×0,8 м. При этом, выход через приямок должен быть оборудован лестницей в приямок, а выход через люк – лестницей в помещении. Именно эти геометрические параметры проверяются с помощью программы.

Если площадь подвала более 300 м<sup>2</sup> также необходимо наличие двух эвакуационных выходов.

Проверка лестничных клеток: ширина выходов из лестничных клеток наружу, а также выходов из лестничных клеток в вестибюль должна быть не менее требуемой или ширины марша лестницы.

Двери эвакуационных выходов из поэтажных коридоров, холлов, фойе, вестибюлей и лестничных клеток не должны иметь запоров, препятствующих их свободному открыванию изнутри без ключа. В зданиях высотой более 15 м указанные двери, кроме квартирных, должны быть глухими или с армированным стеклом.

Лестничные клетки, как правило, должны иметь двери с приспособлением для самозакрывания и с уплотнением в притворах.

В лестничных клетках допускается не предусматривать приспособления для самозакрывания и уплотнение в притворах для дверей, ведущих в квартиры, а также для дверей, ведущих непосредственно наружу.

Проверяем технический этаж: в технических этажах допускается предусматривать эвакуационные выходы высотой не менее 1,8 м.

Из технических этажей, предназначенных только для прокладки инженерных сетей без размещения инженерного оборудования, допускается предусматривать аварийные выходы через двери размерами не менее 0,75×1,5 м, а также через люки размерами не менее 0,6×0,8 м без устройства эвакуационных выходов.

При площади технического этажа до 300 м<sup>2</sup> допускается предусматривать один выход, а на каждые последующие полные и неполные 2000 м<sup>2</sup> площади следует предусматривать еще не менее одного выхода.

Таким образом, двери, удовлетворяющие условиям, выделяются в проекте зеленым как эвакуационные. Если нормы не соблюдаются, то есть количество эвакуационных дверей недостаточно, то появляется предупреждение о нарушении норм.

Эти нормы актуальны для помещений всех классов функциональной опасности.

Для помещений Ф3.4 «включается» следующая ветка, а именно пункты 7.1 и 7.5, которые рассматриваются аналогичным образом.



На рис. 6 представлен алгоритм решения данной задачи.

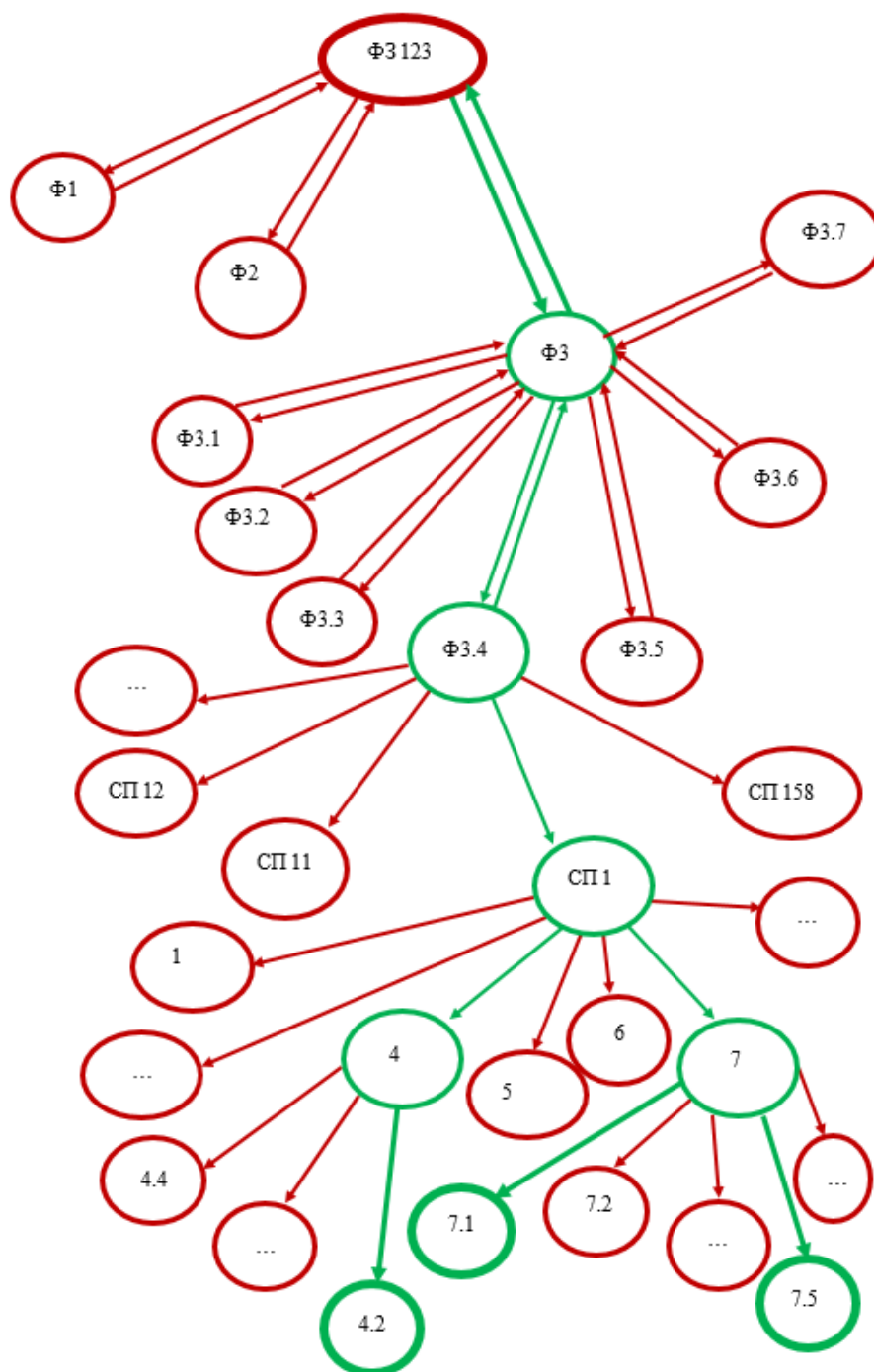


Рис. 6. Алгоритм решения

Графы зелёного цвета подразумевают искомый алгоритм для решения задачи. Графы красного цвета означают, что их применение в данной задаче не нужно. Вершинами графов являются нормативные документы и их элементы (пункты, статьи и т. д.). Графы, вершины которых именуются как мно-

готовые (...), являются множеством нормативных документов и их элементов, которые в данной конкретной задаче не используются, но существуют, и в силу того, что их визуальное представление невозможно, они обозначены таким образом.

Таким образом, обеспечение проектирования зданий, с учетом требований нормативных документов по пожарной безопасности, целесообразно реализовывать как прикладную программу, которая будет обрабатывать принятые проектные решения в *3D BIM*, анализировать и позволять проектировщику моделировать различные проектные решения.

Одним из эффективных путей повышения безопасности людей вследствие возникновения угроз, связанных с возникновением пожарных опасностей является полномасштабное использование возможностей современных цифровых технологий, в частности, *BIM*-технологий, встроенных в информационные системы управления эксплуатацией зданий с возможностью дистанционного контроля со стороны компетентных органов [9].

Создание совместимой прикладной программы такого типа значительно облегчает учёт многофакторных требований нормативных документов по пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации зданий.

#### **Литература**

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». М.: Росстандарт ФГУП «Стандартинформ». 2008. 145 с.
2. СП 54.13330.2016 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные» (Приказ Минстроя России от 3 декабря 2016 г. № 883/пр). М.: Росстандарт ФГУП «Стандартинформ». 2016. 61 с.
3. СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы». М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России. 2009. 88 с.
4. СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (Приказ Минстроя России от 30 декабря 2016 г. № 1034/пр). М.: Росстандарт ФГУП «Стандартинформ», 2016. 98 с.
5. СП 59.13330.2016 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» (Приказ Минстроя России от 14 ноября 2016 г. № 798/пр). М.: Росстандарт ФГУП «Стандартинформ», 2016. 48 с.
6. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». М.: 2009. 33 с.
7. СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах». М.: Росстандарт ФГУП «Стандартинформ», 2017. 32 с.
8. СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». М.: Росстандарт ФГУП «Стандартинформ», 2017. 33 с.
9. Шахраманьян М.А. Цифровые технологии – мощный ресурс обеспечения безопасности людей при чрезвычайных ситуациях. URL: <https://digital.msu.ru/руководитель-департамента-развития/> (дата обращения: 30.03.2019).

УДК 697.922.2

*Гнедых Виктория Сергеевна,*  
студент магистратуры  
*Дёмишина Дарья Александровна,*  
студент магистратуры  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: gnedyh\_viktoriya@mail.ru,*  
*d.dyomshina@list.ru*

*Gnedyh Viktoria Sergeevna,*  
Master's Degree student  
*Dyomshina Darya Alexandrovna,*  
Master's Degree student  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: gnedyh\_viktoriya@mail.ru,*  
*d.dyomshina@list.ru*

DOI: 10.23968/VIMAC.2019.047

## **ИНТЕГРАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ В ОБЛАСТИ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ**

### **INTEGRATION OF SOFTWARE SYSTEMS OF INFORMATION MODELING OF BUILDINGS IN THE FIELD OF HEATING AND VENTILATION**

Аэродинамический и гидравлический расчеты – трудоемкие и важные этапы при проектировании инженерных систем. Существует множество различных программ для расчётов систем отопления и вентиляции. Одна из таких Autodesk Revit, программа, резко набирающая популярность в области BIM-моделирования. Инженеры-проектировщики, используя этот программный комплекс для расчётов, сталкиваются с проблемой несоответствия диаметров, потерь давления между программным расчётом и ручным. В связи с этим возникла необходимость разобраться в данной проблеме: сравнить результаты расчёта скоростей и потерь давления в воздуховодах в программе Revit с традиционной методикой, а также сравнить формулы, по которым производит расчет эта программа. Опираясь на российские стандарты, необходимо понять, насколько точные и правильные расчёты выдаёт программный комплекс.

*Ключевые слова:* BIM-технологии, информационная модель здания, Autodesk Revit, аэродинамический расчет, система вентиляции, сравнительный анализ.

Aerodynamic and hydraulic calculations – time-consuming and important steps in the design of engineering systems. There are many different programs for the calculations of heating and ventilation systems. Such as Autodesk Revit, software, dramatically gaining popularity in the field of BIM-modeling. Design engineers using this software package for the calculations, are faced with the problem of mismatch of diameters, pressure loss between the program and manual calculation. In this regard, it was necessary to understand this problem: compare the calculation results of velocity and pressure losses in the air ducts in the program Revit and traditional method, as well compare formulas which calculates the program. Backed by Russian standards, it is necessary will understand how accurate and correct calculations produces software package.

*Keywords:* BIM-technologies, Building Information Model, Autodesk Revit, aerodynamic calculation, system of ventilation, comparative analysis.

В настоящее время программы, которые предназначены для проектирования внутренних инженерных систем и обеспечения комплексного реше-

ния, основанного на концепции информационного моделирования здания для проектировщиков, подрядчиков и инженеров, сочетают в себе мощные возможности проектирования и расчета инженерных систем, и в несколько раз увеличивают эффективность работы.

Обсуждения и исследования, затрагивающие вопросы проектирования в программе Autodesk Revit, которая стремительно развивается в направлении создания BIM-модели, вызывают интерес среди студентов, аспирантов и преподавателей. Изучаются проблемы, ставятся задачи, находятся пути решения. В области системы отопления уже были проведены некоторые исследования, которые касались разработки оборудования: способа подключения отопительных приборов к системе [1], а также проводился анализ расчётов потерь тепла через ограждающие конструкции [2]. Расчеты, производимые в этой программе и подобных, имеют погрешность, и требуют подтверждения одинакового результата, поэтому в данной статье будет рассмотрено сравнение аэродинамического расчета, выполняемого вручную, по традиционной методике, приведенной в [3], и в программном комплексе Autodesk Revit.

Модель, на основе которой производилось сравнение результатов аэродинамического расчета, приведена на рис. 1. Это фрагмент приточной системы вентиляции общественного здания.

В программе Revit приведены три метода расчета системы вентиляции (рис. 2).

Рассмотрим метод Альтшуля-Цаля. Формулы, приведенные в программе, имеют обозначения, отличающиеся от обозначений, принятых в традиционном методе расчета.

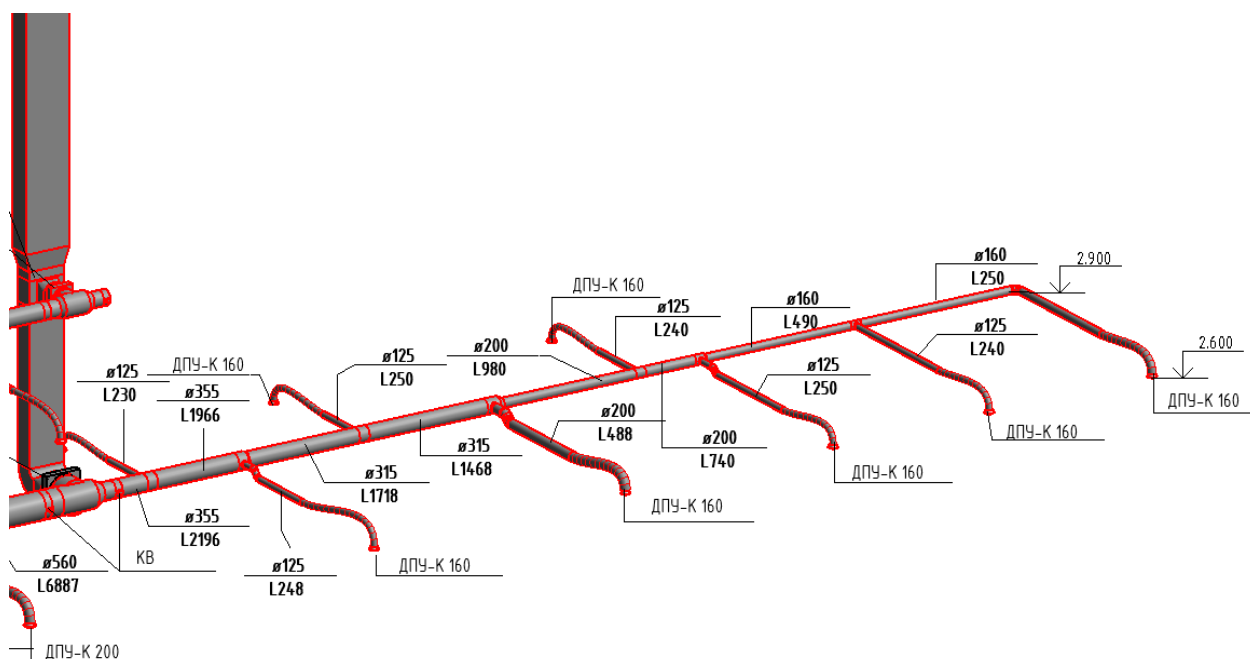


Рис. 1. Фрагмент системы П1

Потери давления на участке определяется по формуле [4]:

$$\Delta P = f \cdot (L/D_h) \cdot \rho \cdot (V_c^2/2), \text{ Па}, \quad (1)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления трения;  $L$  – длина участка, м;  $D_h$  – гидравлический диаметр, мм;  $\rho$  – плотность воздушной среды, кг/м<sup>3</sup>;  $V_c$  – скорость воздуха на участке.

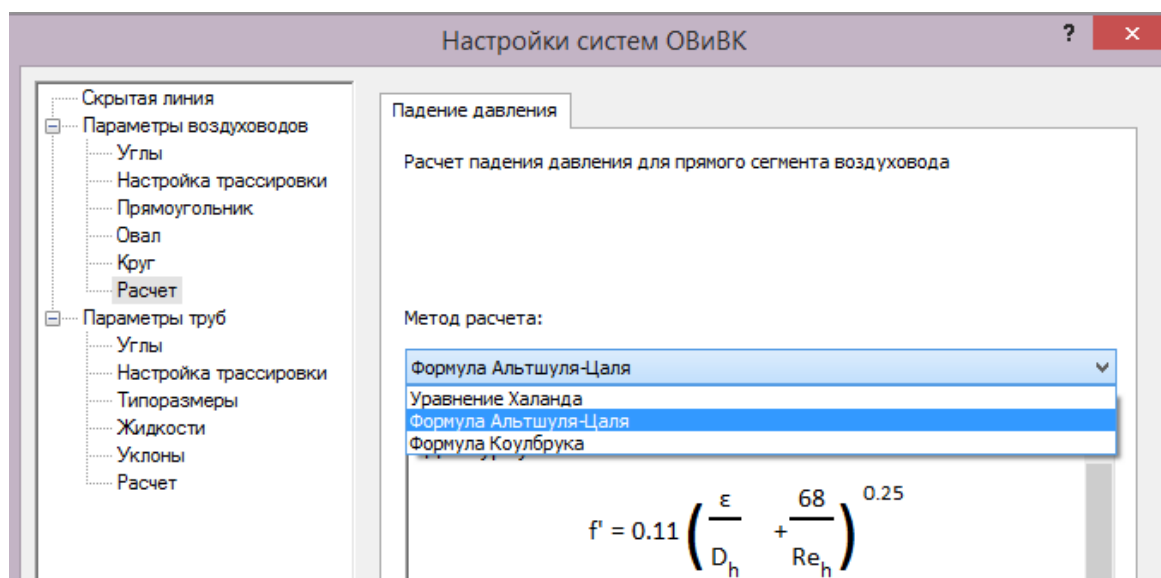


Рис. 2. Методы расчета системы вентиляции

Коэффициент сопротивления трения определяется из условий:

$$\text{если } f' \geq 0,018, \text{ то } f = f' \quad (2)$$

$$\text{если } f' < 0,018 \text{ то } f = 0,85 \cdot f' + 0,0028 \quad (3)$$

где  $f'$  – предварительный коэффициент сопротивления трения:

$$f' = 0,11 \cdot \left( \frac{\varepsilon}{D_h} + \frac{68}{Re_h} \right)^{0,25}, \quad (4)$$

где  $\varepsilon$  – абсолютная шероховатость;  $Re_h$  – число Рейнольдса на основании гидравлического диаметра.

Число Рейнольдса определяется по формуле:

$$Re_h = D_h \cdot V_c / \nu, \quad (5)$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с.

Кинематическая вязкость определяется по формуле:

$$\nu = m \cdot \rho, \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (6)$$

где  $m$  – вязкость воздушной среды (динамическая).

Скорость участка определяется по формуле:

$$V_c = q/A_c, \text{ м/с}, \quad (7)$$

где  $q$  – расход на участке, м<sup>3</sup>/ч;  $A_c$  – фактическая площадь поперечного сечения воздуховода, м<sup>2</sup>.

Удельные потери давления на трение определяется по формуле:

$$\Delta P_f = \Delta P/L . \quad (8)$$

Исходя из перечисленных формул, заложенных в Revit и методе традиционного расчета, приведем результаты сравнительного анализа одного участка схемы, изображенной на рис.1 и занесем данные в табл. 1.

Таблица 1

Результаты сравнительного анализа

	Revit	Традиционный метод расчета	Погрешность расчета, %
Скорость движения воздуха, м/с	6,77	6,81	0,5
Число Рейнольдса Re	71 855	72 640	1
Удельные потери давления на трение, Па/м	3,3228	3,4782	4
Потери давления на участке, Па	11,08	12,57	12

При расчете потерь давления на участке в традиционном методе расчета коэффициенты местных сопротивлений приняты по [5].

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 программе, в разделе свойства, заложено три способа определения потерь на местные сопротивления:

- коэффициент таблицы ASHRAE;
- определенный коэффициент;
- удельные потери.

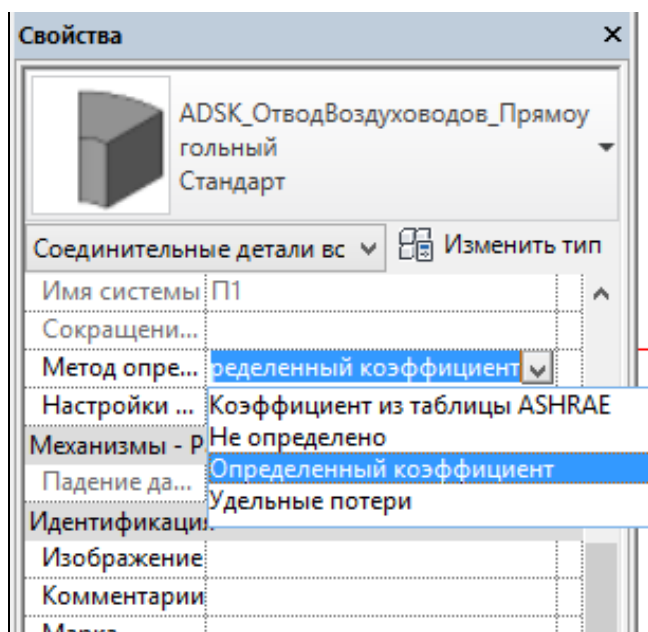


Рис. 3. Способы определения потерь на местные сопротивления

Но все три эти способа доступны для переходников и отводов, для тройников возможно задать только коэффициент таблицы ASHRAE.

Из-за того, что отсутствует возможность задания собственного коэффициента местного сопротивления для тройников, возникает большая погрешность между расчетами.

В данном случае высокая доля совпадения с ручным расчетом возможна только при задании определенного коэффициента в программе (рис. 3).

В заключении можно сделать вывод, что погрешность сравнительного анализа параметров, посчитанных традиционным методом и в Autodesk Revit, находится в допустимых пределах, не превышая 15 %. Погрешность главного параметра – потери давления на участке, получается с большой долей погрешности по сравнению с остальными параметрами за счет невозможности корректировки коэффициента местного сопротивления тройника.

### 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 научно-практической конференции. 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 научно-практической конференции. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 152–155.
3. Баркалов Б.В., Павлов Н.Н., Амирджанов С.С. Внутренние санитарно-технические устройства в 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.2 / Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1992. 416 с.
4. 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).
5. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.

УДК 629.322;004

*Шарова Анастасия Андреевна*, студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: anastasia\_sharova@inbox.ru*

*Sharova Anastasiya Andreevna*, student  
(Saint Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: anastasia\_sharova@inbox.ru*

DOI: 10.23968/BIMAC.2019.048

## ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕЛОСИПЕДНОЙ ДОРОЖКИ В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ РОССИЙСКИМИ НОРМАМИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### THE INFORMATION MODEL OF CONSTRUCTION AND OPERATION OF CYCLE TRACKS IN ACCORDANCE WITH THE MODERN RUSSIAN DESIGN STANDARDS

В современном мире популяризуется новый вид городской транспортной системы – велосипед. В данной статье показана актуальность создания необходимой инфраструктуры для использования велотранспорта на территории городских и сельских поселений России. В настоящее время в строительной отрасли стало активно развиваться использо-

вание ВМ-технологий. В статье рассмотрены перспективы и основные преимущества использования информационной модели в строительстве дорожно-транспортной системы. Использование 3D модели местности позволяет наглядно увидеть особенности рельефа, что снижает воздействие человеческого фактора и обеспечивает высокое качество строительства.

*Ключевые слова:* велотранспорт, ВМ-технологии, строительство, трехмерная модель, безопасность.

In the modern world is becoming more popular a new type of urban transport system-bicycle. This article shows the current of creating the necessary infrastructure for the using of cycling on the territory of urban and village settlement of Russia. In the modern world the construction industry began to actively develop the use of BIM-technologies. The article discusses the prospects and main advantages of using the information model in the construction of road transport system. The use of 3D models of landscape allows you to clearly see the features of the terrain, which reduces the impact of the human factor and ensures high quality construction.

*Keywords:* cycling, BIM-technologies, construction, 3d-model, safety.

В условиях современного мира важное значение приобретает то, как и с помощью чего мы передвигаемся – наш транспорт. Сегодня существует множество различных средств передвижения, одним из которых является велосипед. Велотранспорт – это выгодный с экологической (отсутствие выхлопных газов) и медицинской (профилактика заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной систем) точек зрения транспорт для человека. В последние несколько лет велосипед, как средство передвижения, в России становится все более популярнее, развивается движение за здоровый образ жизни. Однако, в связи с отсутствием в большом количестве городов обустроенной инфраструктуры для движения на велосипеде используется обычное дорожное полотно [1]. Именно это является основной причиной возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с участием велосипедистов. Редко используются специальные приспособления, делающие движение велосипеда более заметным на проезжей части. Часто велосипедисты получают серьезные травмы или же погибают. По представленной Госавтоинспекцией статистическим данным, с января по декабрь 2018 года произошло 168099 дорожно-транспортных происшествий, количество пострадавших велосипедистов в данных ДТП составляет 5320 (5,2 %) [2]. Поэтому очень важно обеспечить необходимые условия для функционирования велотранспортной системы нашей страны. Правительство РФ приняло правильное решение о создании необходимой инфраструктуры велосипедной транспортной сети в местах проживания.

Одним из ярких примеров эффективного функционирования велосипедной транспортной инфраструктуры за рубежом служит Германия. Там существует сеть как местных, так и дальних велосипедных дорожек. Через территорию Германии так же проходит ряд международных велосипедных



маркированных путей, относящихся к проекту ««EuroVelo<sup>1</sup>». Хорошим примером так же служит Рейнская велосипедная дорожка, длиной 1230 км, проходящая большей частью по Германии вдоль реки Рейн [3].

К сожалению, Россия отстает в развитии инфраструктуры для обеспечения удобного пользования велотранспортом. Проблемными зонами в данном вопросе являются качество и количество велодорожек в городах, а также их транспортная связанность.

В России со 2 февраля 2019 года вступил в действие документ, регламентирующий деятельность по проектированию и строительству велосипедных дорожек СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» [4]. Вышеуказанный свод правил и ГОСТ 33150-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование пешеходных и велосипедных дорожек. Общие требования» [5] являются основными документами по обустройству велосипедных дорожек на территории городских и сельских поселений.

При разработке территориального планирования при формировании улично-дорожной сети (УДС) должны быть определены основные направления формирования инфраструктуры для пешеходного и велосипедного движения, очевидно, что она должна быть представлена при планировке территории. Возможность велосипедного движения должна быть предусмотрена генеральными планами городских и сельских поселений.

Велосипедные дорожки необходимо проектировать вдоль автомобильных дорог общего пользования с основным поперечным уклоном 20‰, и разделительной полосой шириной 0,75–1,0 м от проезжей части и 0,5 м от тротуара. Так же для обеспечения безопасности движения велосипедные дорожки должны оборудоваться соответствующими дорожными знаками, разметкой или ограждениями [6].

Создание информационной модели велосипедной дорожки с помощью BIM-технологий может обеспечить наглядное восприятие проектировщиком изображения дорожки на генеральном плане конкретной местности. С помощью 3D модели возможно учесть особенности рельефа на планируемом участке дороги и предусмотреть скоростные режимы, знаки безопасности. Создание BIM-модели несет более полную информацию, относительно двухмерного проектирования, поэтому пространственная модель велосипедных дорожек, в привязке к конкретному рельефу местности, позволяет предотвращать ошибки в чертежах и размерах на ранней стадии проектирования и находить более оптимальный вариант маршрута. А также при необходимости вносить изменения в создание эффективного плана организации

---

<sup>1</sup> «EuroVelo» – европейская сеть велосипедных трасс, является проектом Европейской федерации велосипедистов по созданию четырнадцати длинных велосипедных маршрутов, пересекающих всю Европу. Полная длина этих трасс будет превышать 70 000 километров, в настоящее время существует больше чем 20 000 километров.

рельефа и контролировать полноценность выполнения каждой стадии сооружения объекта для обеспечения безопасности [7]. В то время, как при использовании 2D моделей это возможно выявить только непосредственно на стадии строительства. Таким образом, минимизируются непредвиденные расходы и сокращается время на реализацию проекта, становится возможной точная оценка стоимости каждого этапа и контроль расходов в режиме реального времени [8].

Использование трехмерных моделей позволяет более эффективно планировать велосипедные трассы и составлять точный график строительства. При проектировании велосипедных дорожек с помощью ВІМ-технологий обеспечивается точное построение рельефа местности, становится возможным внесение изменений при проектировании, осуществляется тщательный контроль всех производимых операций, вследствие чего повышается безопасность строительства и эксплуатации [9].

#### **Литература**

1. Дирк Д. Велотранспортная инфраструктура. Принципы и практика проектирования. М.: ИНФРА-М. 2016. 272 с.
2. Официальный сайт Государственной инспекции по безопасности дорожного движения. URL: <https://гибдд.рф>. (дата обращения: 02.04.2019).
3. Официальный сайт европейской сети велосипедных трасс. URL: <http://www.eurovelo.com/en>. (дата обращения: 02.04.2019).
4. СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования». М.: Минстрой России. 2018. 85 с.
5. ГОСТ 33150–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование пешеходных и велосипедных дорожек. Общие требования». М.: Стандартинформ. 2015. 11 с.
6. СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». М.: Минстрой России. 2016. 101 с.
7. Vozoglu J. Collaboration and coordination learning modules for BIM education // Journal of Information Technology in Construction. 2016. Vol. 21. P. 152–163. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.itcon.org/2016/10> (дата обращения: 02.04.2019).
8. Савченко Р.Н. Основные принципы и особенности ВІМ технологии. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 10. С. 108–120.
9. Григорьева М.И. Использование ВІМ технологий в строительстве // Архитектура. Строительство. Дизайн. 2017. № 3. С. 100–123.

УДК 007.658.5+077.681.5

Щедрина Лилия Евгеньевна, студент  
(Национальный исследовательский  
московский государственный строительный  
университет)  
E-mail: Liliya-Shed@yandex.ru

Shchedrina Liliya Evgenevna,  
bachelor student  
(Moscow State University of Civil  
Engineering)  
E-mail: Liliya-Shed@yandex.ru

DOI: 10.23968/ВІМАС.2019.049

## ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ КИБЕР ФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

### ORGANIZATION OF CONSTRUCTION PRODUCTION BASED ON CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

Представление реализации применения кибер-физической системы непосредственно на строительной площадке. Освещение возможных трудностей, которые уже ясны на стадии теоретического рассмотрения вопроса. Концепция увязывания системы, как таковой, и физической части с помощью сервисов уровня IoT и Индустрии 4.0, основываясь на внутреннем образовании процессов организации системы. Трактовка варианта взаимодействия обслуживающего персонала с кибер физической системой удаленным способом и прямое взаимодействие человека с системой. Выделение неоспоримых положительных сторон при реализации такого решения в будущем и обозначение путей возможного дальнейшего развития.

*Ключевые слова:* кибер физическая система, интернет вещей, машина-к-машине, цифровой аналог, система.

Representation of the implementation of the application of cyber-physical systems directly on the construction site. Coverage of possible difficulties that are already clear at the stage of theoretical consideration of the issue. The concept of linking the system, as such, and the physical part with the help of services level IoT and Industry 4.0, based on the internal formation of the processes of organization of the system. Interpretation of the variant of interaction of maintenance personnel with the cyber-physical system remotely and direct human interaction with the system. Identification of undeniable positive aspects in the implementation of such a decision in the future and identification of ways of possible further development.

*Keywords:* cyber-physical system, Internet of Things, machine-to-machine, digital analogue, system.

### Введение

Кибер физическая система (CPS) – это взаимодействие физических компонентов между собой под управление программного «сердца». Управление производственным процессом, распределение и сбережение энергии, ОВиВК, измерительное оборудование, системы управления водой, контроль допуска и мониторинг, управление имуществом и распределенная робототехника (*telepresence, telemedicine*), все это включает в себя современная CPS. Подобно линейным системам, CPS это прежде всего разговор о моделях [1]. Такой объект объединяет инженерные модели и методы из механического,

экологического, гражданского, электрического, биомедицинского, химического, авиационного и промышленного строения с моделями и методами информатики.

*CPS* часто связывают с такими терминами как Интернет вещей (*IoT*), Индустрия 4.0, промышленный интернет, машина-к-машине (*M2M*) и система-к-системе (*S2S*), *TSensors* (триллион датчиков), но это в корне не верно, она не является их близким аналогом, она объединяет их в единое целое, образуя столпы, на которых впоследствии базируется.

Пиком реализации *CPS* является проект разумного города [2]. Однако для начала следует внедрить применение кибер физических систем не только на стадии эксплуатации жизненного цикла здания, но также и на этапе непосредственного строительства. Дальнейший вопрос напрашивается сам собой, что нужно создать или изменить для этого? Какие методы и решения нужно применить?

### **Требования для реализации**

Первое – высокий уровень кадров. Профессия строителя с подобной системой измениться в корне. Всю «черную» работу возьмет на себя система, она обеспечит работу с оборудованием и материалами, человеку же предстоит занять место наблюдателя и контролёра. Работа системы в заданном ритме, поддержка её искомой производительности и ряд подобных вопросов лягут на плечи строителя. Сюда включается должный ремонт системы, который тоже обязан осуществлять квалифицированный специалист.

Второе – система подобного уровня требует оборудования, которого на данный момент либо ещё нет, либо представлены только прототипы. Основными единицами управления для данной системы станут 3-D принтеры и беспилотная строительная техника, вся работа будет налажена через сеть комплексов датчиков. И именно работа этой сети представляет наибольшую сложность: из-за большого объема поступающей информации различного типа требуется осуществление обмена по достаточно мощным гетерогенным сетям. Необходимо осуществление связи между многодомными источниками данных, а также подвязка системы на реальное время.

Так же остро встает проблема к требованиям безопасности системы. С одной стороны, для качественной работы её должны быть доступны большие объемы данных, среди которых может оказаться конфиденциальная информация. С другой стороны, безопасность человека, находящего во взаимодействии с этой системой, поскольку действия столь умной машины порой могут быть абсолютно непредсказуемы в различных ситуациях.

Последнее – это требования к интеллектуальной способности непосредственно самой системы и ее внутреннего программного компонента [3].

### **Концепция**

Процесс оказывается полностью автоматизирован и не нуждается в прямом человеческом вмешательстве, исключая случаи неисправности

оборудования. В процесс строительства по данной технологии человек включен только на начальном этапе подбора и оценки строительного участка, создания ПД и установки *CPS* на объекте, и непосредственно в конце при оценке произведенных работ.

Согласно анализу, представленному на рис. 1, первоначально персонал, обслуживающий *CPS*, осуществляет контакт с системой по средствам вычислительной техники, удаленным способом, которая подключена к беспроводной сети промышленного Интернета вещей. Со стороны технологического оборудования *CPS* на физическом уровне протоколы беспроводной связи поддерживаются встроенными в производственные автоматы контроллерами сети *IoT*. Каждый производственный автомат оснащен персональным контроллером сети *IoT* [4].

Производственные данные, передаваемые *CPS* персоналу, будут следующими:

- технологическое состояние оборудования (состояние частей исполнительных компонентов; состояние неисправности; координаты местоположения машины и её рабочего инструмента; процесс поведения в случае взаимодействия с человеком, если таковой оказывается в поле действия машины), регистрируемое сетью специализированных датчиков;

- технологическое состояние процесса (объем выполненной работы, остаток сырья, машиной специализированного датчика), регистрируемое сетью специализированных датчиков.

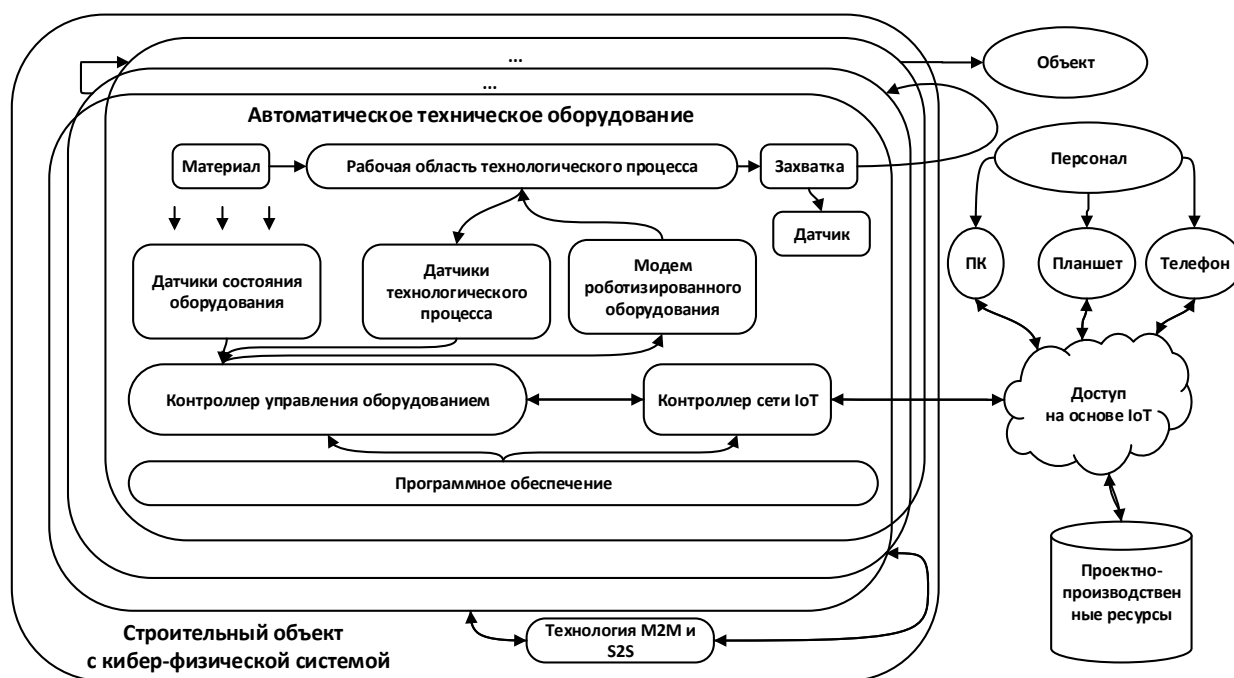


Рис. 1. Схема взаимодействия персонала с кибер-физической системой [4]

Стабильность производственного процесса и достижение искомой производительности достигается с помощью контроллера управления оборудованием. Он формирует необходимый набор команд, направляемый на приемник машины, таким образом создается замкнутый круг «контроллер – модем – рабочая область – датчик тех. процесса» цифровой автоматической системы управления, обеспечивающий выполнение заданных технологических операций в автоматическом режиме.

Информация, предоставляемая системой, актуальна в первую очередь при возникновении внештатной ситуации. Она позволит воссоздать всю последовательность действий системы или её исполнительных компонентов, найти сбой и устранить неполадку. Мониторинг всей системы в целом и отдельных её частей осуществляется с помощью информации от сети датчиков. Протоколы, находящиеся в распоряжении персонала, реализуемые при возникновении внештатных ситуаций обозначены на рис. 1 как «проектно-производственные ресурсы».

Весь процесс коммуникации машин и их движения (рис. 2) основывается на технологии *M2M* и *S2S*. Спецтехникой, представляющей собой основную управленческую единицу *CPS*, и осуществляющую все технологические процессы, могут быть: машины для земляных работ; подъемные машины; буровые установки; копёры и т. д. Общая траектория спец. техники, её сменяемость на участках трактуется проектной документацией, а также протоколами машин и технологическими картами [5].

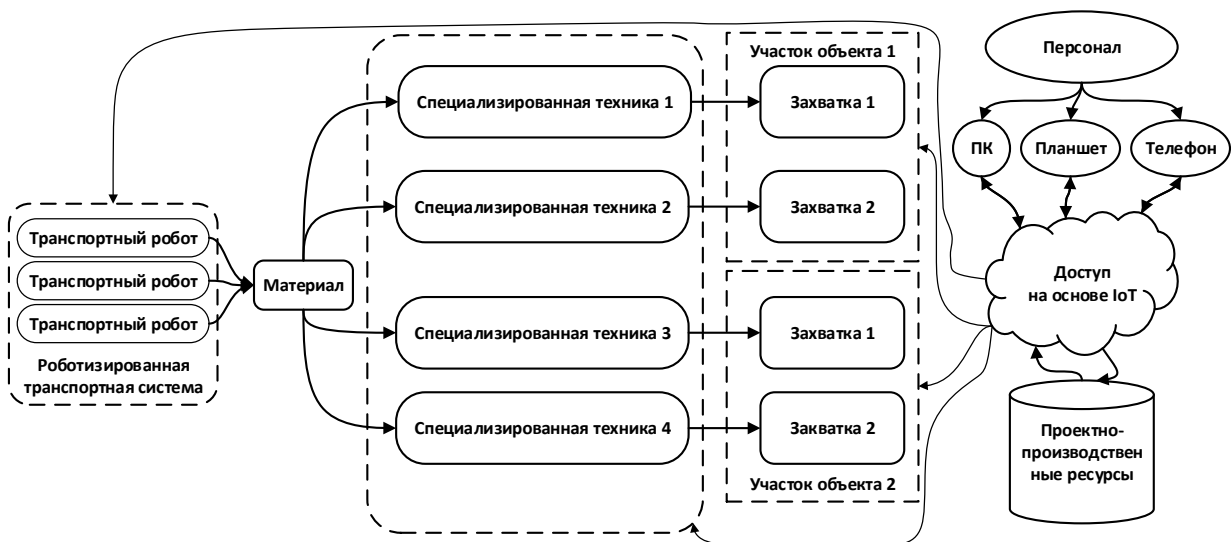


Рис. 2. Схема движение исполнительных единиц на строительной площадке

Основную работу по транспортировке материалов выполняет роботизированная транспортная система – роботы, осуществляющие доставку материалов на территории строительной площадки. Они могут различаться по габаритам, характерам переносимых грузов, грузоподъемности, возможностью

осуществлять работу на высоте и т. п. При этом они также могут быть как внутривысотными, то есть заниматься транспортировкой грузов непосредственно на территории строительной площадки и самого объекта в частности, так и вневысотными и заниматься доставкой материалов на строительную площадку с заводов изготовителей. В таком случае они будут являться частью *CPS* лишь частично, основную часть возьмет на себя система беспилотного управления автомобилем. Однако здесь следует оговорка, подобные транспортные роботы относятся к категории повышенной опасности: во-первых, система беспилотного управления автомобилем даже на сегодняшний день не идеальна, во-вторых, чрезвычайно опасная специфика строительных грузов.

### **Внутренние основы**

Цифровой двойник технологического оборудования – это специальный компонент *CPS*, представляющий собой математическую модель производственного автомата, которая адекватно реальному устройству описывает принцип и характеристики его работы и размещается в облаке (сервисы *IoT*) [4].

Наличие цифрового двойника позволяет увеличить качество работы системы. Параллельно с выполнением технического процесса в реальном времени, осуществляется математическое моделирование этого процесса, учитываются все входные данные. Для реализации контроля используется следующий алгоритм, засекаются две величины, измеряющие временной интервал:  $t_1$  – время исполнения оборудованием процесса в физическом мире,  $t_2$  – время исполнения процесса в математической модели. Сравнивая два этих показателя, система принимает решения о соответствии произведенного процесса нормам и дальнейшему действию оборудования.

Исходный объект представлен для *CPS* как *BIM*-модель, или же 3-D модель с указанием минимального перечня необходимых параметров, включающих в себя полное описание геометрии здания, прочностные характеристики используемых материалов, положение элементов объекта относительно друг друга и заданной точки.

Помимо процессов, цифровые аналоги имеют и строительная спец. техника (реализуется по схожему принципу с моделью исполняемого технологического процесса) и складские запасы (реализованы как базы данных, рис. 3).

### **Положительные последствия и выводы**

Результатом применения системы на практике являются:

– машинная точность и улучшение качества (исключается человеческая погрешность при строительстве, процесс строительства ведется более точно с точки зрения соблюдения всех технологий, что ведет к увеличению срока службы и уменьшению аварийных ситуаций и деформаций объектов);

- создание «безлюдной» территории строительства (строительная площадка является территорией повышенной опасности, на стройке не редко происходят несчастные случаи, порой с летальным исходом);
- ускорение процесса строительства (соблюдение поставленных сроков, значительное снижения уровня внештатных ситуаций на стройке);
- уменьшение расходов (разницу составят уменьшение количество требуемого строительного материала, сокращение рабочего штата и т. д.);
- полная документация (включает действия системы на протяжении всего период строительства с указанием всех операций, произведенных роботами).

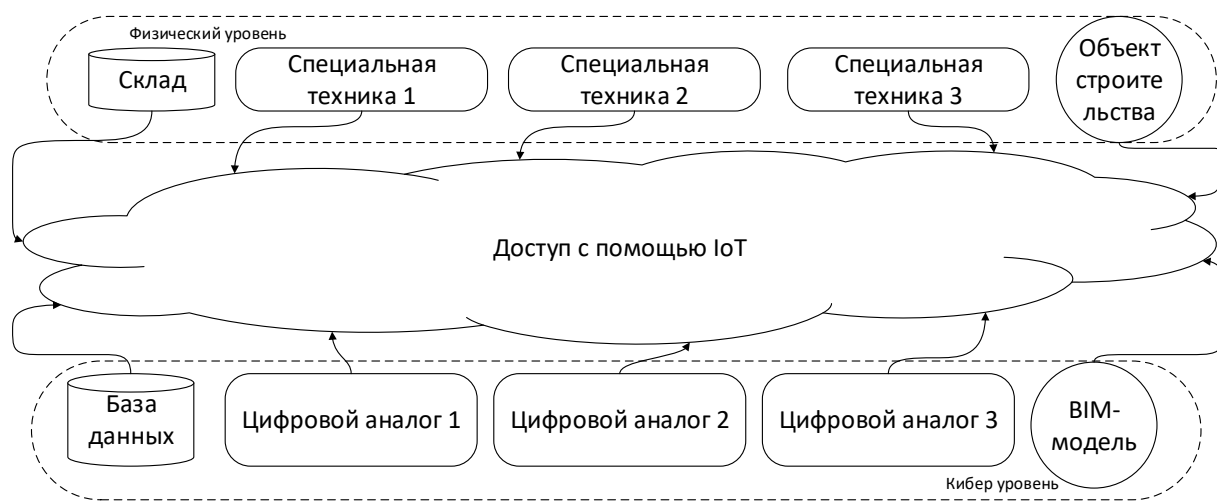


Рис. 3. Схема отражения физического уровня на киберпространство системы

На сегодняшний момент подобная система на может быть реализована полностью и качественно. Не удовлетворены технические и технологические запросы. *CPS* требует применения таких технологий, которые даже как самостоятельные концепции ещё не реализованы полностью (например, *IoT*).

### Литература

1. Lee E.A., Cheng A.M.K. The Past, Present and Future of Cyber-Physical Systems: A Focus on Models // *Sensors* (Basel, Switzerland). 2015. No. 15(3). P. 4837–4869. DOI: 10.3390/s150304837
2. Дзанни А. Кибер физические системы и разумные города // *IBM Developer*. URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iot/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iot-pdf.pdf>. (дата обращения: 05.04.2019).
3. Межмашинное взаимодействие – Википедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Межмашинное\\_взаимодействие](https://ru.wikipedia.org/wiki/Межмашинное_взаимодействие). (дата обращения: 26.03.2019).
4. Гурьянов А.В., Заколдаев Д.А., Шукалов А.В., Жаринов И.О., Костишин М.О. Организация цифровых производств индустрии 4.0 на основе киберфизических систем и онтологий // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2018. Т. 18, № 2. С. 268–276.
5. Towards Cyber Physical Systems in Construction. Webinar presentation. September 2016. URL: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/webinars/160930.pdf>. (дата обращения: 05.04.2019).



## СОДЕРЖАНИЕ

### МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

<i>Biagini C., Ottobri P.</i> BIM Modeling Methods for Seismic Vulnerability Assessment.....	3
<i>Nguyen Minh Ngoc, Tran Thanh Son</i> Advantages, Difficulties and Challenges of Applying BIM in the Design and Construction of Water Supply and Drainage System for High Buildings in Vietnam.....	12
<i>Vardanyan E.</i> Experience and Perspective of Using BIM Technologies in Armenia.....	18
<i>Vedernikova A. A., Guryeva Yu. A., Shiwua A. J.</i> Preparedness of Students of Civil Engineering with the Active Use of Information Technologies in Educational Process.....	24

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ

<i>Александрова Е. Б.</i> Роль и задачи экономиста при BIM-моделировании в строительстве в условиях цифровой экономики.....	35
<i>Баженов А. А.</i> Перспективы применения BIM-технологий в современной строительной отрасли.....	40
<i>Бахарева О. В., Кордончик Д. М.</i> Внедрение технологических и управленческих инноваций: BIM-модель в архитектуре, проектировании, строительстве и эксплуатации.....	44
<i>Бачурина С. С., Владимирова И. Л., Каллаур Г. Ю.</i> Требования к цифровой модели здания на эксплуатационной фазе жизненного цикла.....	49
<i>Болотин С. А.</i> Формирование графика комплексной застройки территории с использованием Revit и Microsoft Project.....	53
<i>Букунов А. С., Букунова О. В.</i> Обмен информацией в единой системе при создании BIM.....	59
<i>Гайдо А. Н., Погода А. Г.</i> Особенности построения цифровых информационных моделей объектов на стадии строительства нулевого цикла.....	64
<i>Гарибин П. А., Шабанов В. И., Ольховик Е. О.</i> Использование BIM-технологий при эксплуатации арктических портовых гидротехнических сооружений.....	69
<i>Звонов И. А., Нарезная Т. К., Корнилова Д. Л.</i> Принципы применения адаптируемых модульных проектов на базе информационного моделирования в рамках модернизации зданий образовательных учреждений.....	75
<i>Костюнина Т. Н.</i> Технологии искусственного интеллекта в задачах BIM.....	80
<i>Орловская Т. Н.</i> Методология и модели развития умного города: экономическая безопасность и цифровые технологии в инвестиционно-строительной сфере.....	86
<i>Субботина Н. А., Нам Г. Е., Георгиади В. В.</i> BIM-моделирование как инструмент внедрения принципов OH&S в строительство.....	91
<i>Табаков А. В.</i> Антикrimиногенный эффект внедрения BIM-технологий: повышение контроля и снижение уровня злоупотреблений в сфере строительства...	96
<i>Черетович Д. В.</i> Роль энергетической модели в концепции проектирования и строительства энергоэффективного дома.....	101

## ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM

<i>Беляков В. А., Сальников В. Б., Галиахметов Р. Т.</i> Особенности проектирования и расчета стоимости строительства объекта при внедрении технологии BIM.....	107
<i>Захарова Г. Б.</i> Применение BIM в реставрации объектов культурного наследия.....	112
<i>Згода Ю. Н., Шумилов К. А.</i> Проблемы и перспективы автоматизированного построения интерактивной визуализации информационных моделей зданий Autodesk Revit и Renga.....	118
<i>Знобищев С. В., Шамраева В. В.</i> Новые подходы к построению линейных участков транспортной инфраструктуры с использованием BIM-моделирования.....	124
<i>Зусик В. В., Кушниц А. А.</i> Визуализация и интерпретация данных информационных моделей зданий на этапе концепции.....	129
<i>Корсун Н. Д., Простакишина Д. А.</i> Моделирование тонкостенных профилей с использованием пользовательских компонентов.....	138
<i>Крылов А. Д.</i> Опыт применения BIM в «ЮИТ Санкт-Петербург».....	143
<i>Мальцев В. Л.</i> Опыт решения проблем внедрения BIM-технологий.....	148
<i>Мустафин А. М., Ахтямов И. И.</i> Стратегия использования блоков в программе Rhinoceros в связке с Grasshopper для оптимизации фасадных решений.....	152
<i>Наумов А. Е., Долженко А. В., Крутилова М. О.</i> Информационное моделирование строительных печатных конструкций ИЖС.....	158
<i>Ожиганова М. Е., Ремпель А. В.</i> Консолидация BIM и VR.....	164
<i>Петроченко М. В., Красильникова Г. В., Шерстобитова П. А., Макаров А. И.</i> Опыт внедрения программного комплекса «МРС Стройконтроль» для автоматизации процесса строительного контроля.....	169
<i>Поддорогина Е. А., Шумилов К. А.</i> Моделирование строительных объектов в Autodesk 3ds Max с использованием MAXScript.....	174
<i>Поляков И. С.</i> Оптимизация работы с помещениями многоквартирных жилых зданий в среде Autodesk Revit.....	179
<i>Суханов К. О., Самолетов М. В.</i> Проблемы взаимодействия программных комплексов в процессе работы с информационной моделью здания.....	184
<i>Шакшак О. М., Евсиков И. А.</i> VR-приложение на основе BIM-проекта с возможностью управления параметрами энергоэффективности здания.....	184
<i>Шишина Д. Л., Сергеев Ф. В.</i> Revit   Dynamo: проектирование объектов сложных форм.....	194

## ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ, ВЛАДЕЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯМИ BIM

<i>Гаврилова А. В., Князева Л. Л., Койков В. В., Фёдоров О. П.</i> Межкафедральный BIM-факультатив вуза как основа внедрения новых технологий в образовательный процесс.....	200
<i>Данилова Е. А., Решетников М. К., Бородулина С. В.</i> BIM-технологии в дисциплинах магистерского цикла строителей и архитекторов.....	206
<i>Коваленко А. А.</i> Интеграция BIM в строительном образовании.....	210
<i>Разов И. О., Березнев А. В.</i> Внедрение BIM в образовательный процесс для подготовки Инженера 2.0.....	215
<i>Ростова М. С., Сайфуллина Е. А., Суханова И. И.</i> Опыт использования BIM-технологий в курсовом проектировании систем отопления и вентиляции.....	218
<i>Семенов А. А.</i> Обучение BIM в университете: необходимые технологии.....	223

## ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

<i>Анисимова Н. В.</i> Обзор основных плагинов средового моделирования и оптимизации геометрии в Dynamo и Grasshopper.....	228
<i>Бардадым В. Ю., Щеглов Д. В.</i> Особенности создания BIM-модели на основе двухмерного проекта отопления и вентиляции.....	233
<i>Баскаков К. О.</i> Перспективы использования BIM-технологий при оценке эффективности инвестиционно-строительных проектов.....	238
<i>Беркетов В. П.</i> Применение BIM-технологий при проведении технического обследования зданий и сооружений.....	243
<i>Вилкова К. И., Феценко Д. Е.</i> Пожарная безопасность и проектирование на основе BIM-технологий.....	247
<i>Гнедых В. С., Дёмшина Д. А.</i> Интеграция программных комплексов информационного моделирования зданий в области отопления и вентиляции.....	257
<i>Шарова А. А.</i> Информационная модель строительства и эксплуатации велосипедной дорожки в соответствии с современными российскими нормами проектирования.....	261
<i>Щедрина Л. Е.</i> Организация строительного производства на основе кибер физической системы.....	265

Научное издание

**ВМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ СТРОИТЕЛЬСТВА  
И АРХИТЕКТУРЫ**

Материалы II Международной научно-практической конференции

15–17 мая 2019 года

Компьютерная верстка С. Н. Яблокова

Подписано к печати 23.04.2019. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 18,5. Тираж 500 экз. Заказ 63. «С» 19.

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.