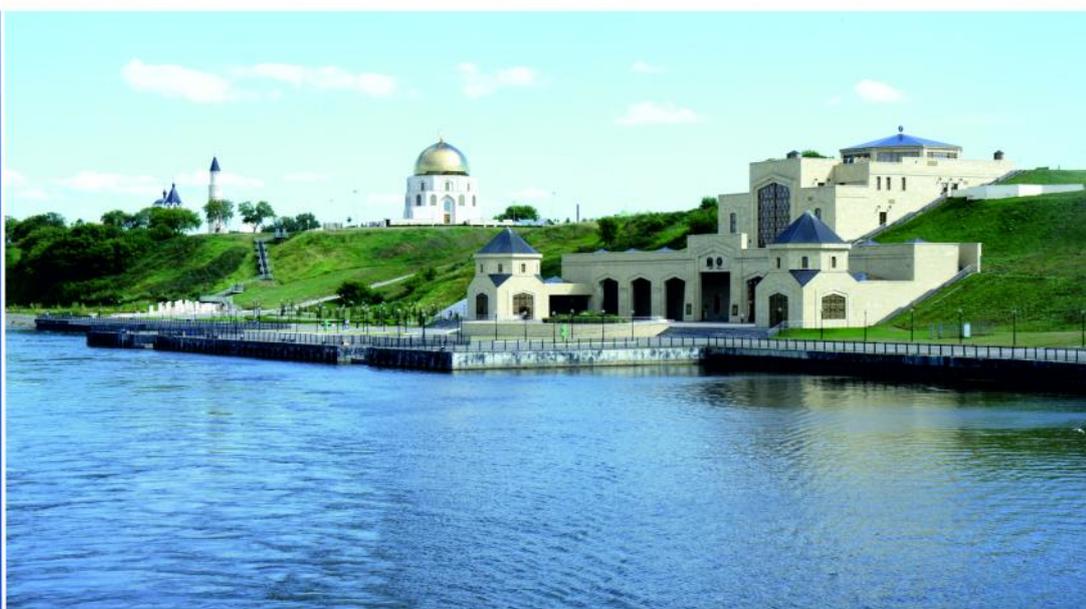


ISSN 1995-2511

# ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

3

2018



ISSN 1995-2511



---

---

# ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Периодическое научное издание

**№ 3**

Сентябрь 2018

Нижний Новгород

ББК 95; я5

П 75

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 3 (47)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2018. 203 с., 6 л. цв. вклеек.

**Учредитель и издатель:** ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия 20.12.2006 г. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77 – 47479 от 25.11.2011 г. Территория распространения – Российская Федерация, зарубежные страны. Языки – русский, английский.

Статьи рецензируются. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

«Приволжский научный журнал» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по группе научных специальностей 05.23.00 – «Строительство и архитектура». Новая редакция Перечня утверждена Минобрнауки России 01.12.2015 г.

**Главный редактор д-р техн. наук, проф. С. В. СОБОЛЬ**  
**Ответственный секретарь канд. техн. наук, проф. Д. В. МОНИЧ**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

чл.-кор. РААСН, д-р арх., проф. Е. А. АХМЕДОВА; чл.-кор. РААСН, проф. В. Н. БОБЫЛЕВ; засл. деят. науки РФ, д-р техн. наук, проф. В. И. БОДРОВ; д-р техн. наук, проф. А. Л. ВАСИЛЬЕВ; д-р биол. наук, проф. Д. Б. ГЕЛАШВИЛИ; чл.-кор. РААСН, д-р арх., проф. А. Л. ГЕЛЬФОНД; д-р наук, проф. Р. ГРЭФЕ; засл. деят. науки РФ, чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф. Л. Н. ГУБАНОВ; д-р техн. наук, проф. А. И. ЕРЕМКИН; акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. Т. ЕРОФЕЕВ; д-р наук, проф. М. ИВЕТИЧ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. Н. И. КАРПЕНКО; д-р физ.-мат. наук, проф. М. М. КОГАН; д-р техн. наук, проф. Д. В. КОЗЛОВ; чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. Н. КУПРИЯНОВ; д-р наук, проф. Ф. НЕСТМАНН; д-р техн. наук, проф. С. И. РОТКОВ; д-р техн. наук, проф. С. В. СТЕПАНОВ; засл. деят. науки РФ, д-р физ.-мат. наук, проф. Р. Г. СТРОНГИН; д-р физ.-мат. наук, проф. А. Н. СУПРУН; д-р техн. наук, проф. В. П. СУЧКОВ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. И. ТЕЛИЧЕНКО; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. И. ТРАВУШ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. С. В. ФЕДОСОВ; д-р физ.-мат. наук, проф. Е. В. ЧУПРУНОВ; засл. деят. науки РФ, д-р хим. наук, проф. В. А. ЯБЛОКОВ

Зав. ред.-изд. отделом В. В. Втюрина,  
техн. редактор М. А. Коссэ, компьютерная верстка И. К. Красавина,  
переводчик Л. Ю. Воронцов, работа со списками литературы Л. Б. Вержиковская

Подписано в печать 20.09.2018 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 17,8 + вкл. 1,1. Тираж 600 экз. Заказ №

**Адрес издателя и редакции:** Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

**Тел./факс:** (831) 433-04-36 (редакция), (831) 430-19-46 (отв. секретарь);

**эл. почта:** md@nngasu.ru (отв. секретарь), red@nngasu.ru (редакция),

**интернет-сайт:** www.pnj.nngasu.ru; пнж.nngasu.ru

**Индекс журнала в каталоге Агентства «Роспечать»:** 80382. Цена свободная.

Отпечатано в типографии ООО «Новые решения»  
Адрес: Россия, 603098, г. Нижний Новгород, ул. Артельная, д. 35а, оф. 1.

ISSN 1995-2511

© ННГАСУ, 2018

ISSN 1995-2511



---

---

# THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL

Scientific periodical

**№ 3**

September 2018

Nizhny Novgorod

Scientific periodical. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2018. 203 p., 6 p. of colour illustrations.

**Founder & Publisher:** The Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNGASU). Registered by the Federal service for the supervision of law observance in the sphere of mass media and preservation of cultural heritage of 20.12.2006. Registration certificate ПИ № ФС77 – 47479 dt. 25.11.2011. Circulation – the Russian Federation, foreign countries. Languages – Russian, English.

This is a peer viewed publication. Copying is not allowed without prior permission of the editors, references to the journal during citing are obligatory.

The Privolzhsky Scientific Journal is included into the list of leading peer viewed journals and publications where basic scientific results of doctoral and candidate dissertations are to be published of scientific specialities 05.23.00 – «Construction and architecture». A new version of the list is approved by decision of the Ministry of Education and Science of Russia on 01.12.2015.

**Editor-in-chief doctor of technical sciences, professor S. V. SOBOL**  
**Executive secretary cand. of tech. sciences, professor D. V. MONICH**

**MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:**

corresponding member of RAACS, doctor of architecture, professor E. A. AKHMEDOVA; corresponding member of RAACS, professor V. N. BOBYLYOV; honoured worker of science of RF, doctor of technical sciences, professor V. I. BODROV; doctor of technical sciences, professor A. L. VASILIEV; doctor of biological sciences, professor D. B. GELASHVILI; corresponding member of RAACS, doctor of architecture, professor A. L. GELFOND; Ph.D., professor R. GRAEFE; honoured worker of science of RF, corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor L. N. GUBANOV; doctor of technical sciences, professor A. I. EREMKIN; academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. T. EROFEEV; doctor of science, professor M. IVETICH; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor N. I. KARPENKO; doctor of physical-mathematical sciences, professor M. M. KOGAN; doctor of technical sciences, professor D. V. KOZLOV; corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. N. KUPRIANOV; Prof. Dr.-Ing. F. NESTMANN; doctor of technical sciences, professor S. I. ROTKOV; doctor of technical sciences, professor S. V. STEPANOV; honoured worker of science of RF, doctor of physical-mathematical sciences, professor R. G. STRONGIN; doctor of physical-mathematical sciences, professor A. N. SUPRUN; doctor of technical sciences, professor V. P. SUCHKOV; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. I. TELICHENKO; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. I. TRAVUSH; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor S. V. FEDOSOV; doctor of physical-mathematical sciences, professor E. V. CHUPRUNOV; honoured worker of science of RF, doctor of chemical sciences, professor V. A. YABLOKOV

Head of the editing and publishing department V. V. Vtyurina,  
technical editor M. A. Kosse, computer makeup I. K. Krasavina,  
translator L. Yu. Vorontsov, literature references L. B. Verzhikovskaya

Signed for publishing on 20.09.2018. Format 70×108/16. Offset paper.  
Offset printing. Ref. publ. p. 17.8 + illust. 1.1. Copies 600. Order №

**Publisher's address:** 65 Iljinskaya St., 603950, Nizhny Novgorod, Russia.  
**Tel./fax:** +7 (831) 433-04-36 (editors), +7 (831) 430-19-46 (executive secretary);  
**e-mail:** md@nngasu.ru (executive secretary), red@nngasu.ru (editors),

**web-site:** www.pnj.nngasu.ru; пнж.ннгасу.рф

**Index** of the journal in the catalogue of the «Rospechat» agency: **80382**. Price is unfixed.

Printed in JSC «Novye reshenia» publishing house  
Address: 35a, Artelnaya St., office 1, 603098, Nizhny Novgorod, Russia.



## СОДЕРЖАНИЕ

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- Никитина Е. А., Хазов П. А., Крыцовкина А. В., Генералова А. А.** Анализ собственных изгибно-крутильных колебаний многоэтажных зданий ..... 9
- Григорьев Ю. С., Фатеев В. В.** Верификация и валидация геомеханической модели грунтового основания деформирующегося здания ..... 16
- Шеховцов Г. А.** О ступенчатом фотографическом способе определения крена промышленных дымовых труб ..... 22
- Шеховцов Г. А., Кочетова Э. Ф.** Современные методы геодезического контроля подкрановых путей мостовых кранов ..... 30
- Паузин С. А.** Проектирование внутренних облегченных ортотропных ограждений высотных зданий ..... 41

### ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- Дыскин Л. М., Грималовская И. П.** Эксергия сжатого воздуха ..... 46
- Кондратьев Р. В.** Предпочтительная конструкция по подготовке к использованию твердого вида топлива (торф, древесные отходы) с высокой влажностью под действием электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ) ..... 50
- Монаркин Н. Н., Лукин С. В., Кочкин А. А.** Математическая модель теплообмена в тонкостенном регенераторе ..... 57

### ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- Тарасов А. С., Васильев А. Л.** Математическое моделирование процесса окисления сильно окрашенных сточных вод в реакторе-нейтрализаторе ..... 63

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Ерофеев В. Т., Аль Дулайми Салман Давуд Салман.** Исследование изменений прочностных характеристик цементных композитов в зависимости от концентрации в них бактерий и возраста образцов ..... 70

### ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

- Янченко А. В.** О гидротехнических сооружениях повышенной ответственности и гидротехнических сооружениях повышенного уровня ответственности ..... 78

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

- Михеева Э. Р., Катраева И. В., Литти Ю. В., Моралова Е. А., Ворожцов Д. Л.** Использование одноступенчатой твердофазной анаэробной ферментации для переработки органической фракции твердых коммунальных отходов ..... 85
- Заболухин М. В., Костин В. И., Костин Д. В.** Обоснование решений по реконструкции транспортной развязки в г. Бор Нижегородской области с учетом требований экологической безопасности ..... 92

### ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

- Орельская О. В.** Творческий путь архитектора Ю. Н. Бубнова (к 100-летию со дня рождения) ..... 101
- Данилова Э. В.** Теория характера в архитектуре ..... 106



Худин А. А. Знак и метафора в теории постмодернистской архитектуры.....	110
Адонина А. В., Ахмедова Е. А., Кандалова А. Д. Реализация цифровой утопии медийного города .....	119
Агеева Е. Ю., Кочетова Е. А. Дворцы культуры соцгородов как уникальные историко-культурные объекты.....	128
Ивлева О. Т., Берете М. Реконструкция королевской деревни Сананкоро в Гвинейской Республике.....	136
Амер А. С. А. Экоархитектура нового сообщества сельских поселений в пустыне Бехеирской провинции Египта.....	144
Шумилкин А. С. Шуховская башня в г. Выксе Нижегородской области. Реставрация памятника федерального значения.....	151
Гарнова Н. В. Промышленные усадьбы г. Иваново-Вознесенска XIX в. (на территории бывшего села Иваново).....	156
Шумилкин С. М. Большая Садовая улица – торговый центр Санкт-Петербурга конца XIX – начала XX в.....	162
Шумилкина Т. В., Шумилкин М. С. К вопросу возрождения монастырей Нижегородской области.....	170
Волкова Е. М. Архитектурный облик утраченных в XX веке культовых зданий города Чкаловска Нижегородской области.....	176

#### **ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ**

Соболь С. В., Щелачев Е. И. Фрактальность временного ряда колебаний уровня Каспийского моря.....	184
Февралев А. В., Марков И. С. Математическая модель температурного режима гидротехнических сооружений в криолитозоне при глобальном изменении климата.....	188
Исправление.....	193
Новые издания.....	194
Перечень требований и условий, предоставляемых для публикации в периодическом научном издании «Приволжский научный журнал».....	197

**НА ОБЛОЖКЕ:** Булгар – город Волжско-Камской Булгарии (основан в X веке). Территория Булгарского городища является историко-архитектурным музеем-заповедником. Фото О. А. Соболь



## C O N T E N T S

### BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES

- Nikitina E. A., Khazov P. A., Krytsovkina A. V., Generalova A. A.** Analysis of own bending-torsion oscillations of multi-floor buildings..... 9
- Grigorev Yu. S., Fateev V. V.** Verification and validation of a geomechanical model of a soil basis of a deforming building ..... 16
- Shekhovtsov G. A.** About a step photographic method of determining the tilt of industrial chimneys..... 22
- Shekhovtsov G. A., Kochetova E. F.** Modern methods of geodetic control of crane tracks of bridge cranes ..... 30
- Pauzin S. A.** Design of internal lightweight orthotropic enclosures of high rise buildings ..... 41

### HEAT SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY, AND LIGHTING

- Dyskin L. M., Grimalovskaya I. P.** Exergy of compressed air..... 46
- Kondratev R. V.** Pre-furnace design to prepare for use highly humid solid fuels (peat, waste wood) in an electromagnetic field of superhigh frequency (SHF)..... 50
- Monarkin N. N., Lukin S. V., Kochkin A. A.** Mathematical model of heat transfer in a thin-walled regenerator..... 57

### WATER SUPPLY, SEWAGE, CONSTRUCTION SYSTEMS OF WATER RESOURCES PROTECTION

- Tarasov A. S., Vasiliev A. L.** Mathematical modeling the process of oxidation of strongly colored wastewater in a neutralizer reactor..... 63

### CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

- Erofeev V. T., Al Dulaimi Salman Dawood Salman.** Study of changes in strength characteristics of cement composites, depending on the bacteria concentration in them and age of samples..... 70

### HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTION

- Yanchenko A. V.** On the hydraulic structures of increased responsibility and the hydraulic structures of increased level of responsibility ..... 78

### ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND CITY ECONOMY

- Mikheeva E. R., Katraeva I. V., Litti Yu. V., Moralova E. A., Vorozhtsov D. L.** Usage of single-stage solid-state anaerobic fermentation for processing organic fraction of municipal solid wastes..... 85
- Zabolukhin M. V., Kostin V. I., Kostin D. V.** Substantiation of decisions on reconstruction of traffic interchanges in Bor of Nizhny Novgorod region adjusted for ecological safety. 92

### THEORY AND HISTORY OF ARCHITECTURE, RESTORATION AND RECONSTRUCTION OF HISTORIC-ARCHITECTURAL HERITAGE

- Orelskaya O. V.** The career of architect Yu. N. Bubnov (to the 100th anniversary)..... 101
- Danilova E. V.** Theory of the character in architecture..... 106
- Khudin A. A.** Sign and metaphor in the theory of postmodern architecture ..... 110



---

<b>Adonina A. V., Akhmedova E. A., Kandalova A. D.</b> Realization of digital utopia of a media city.....	119
<b>Ageeva E. Yu., Kochetova E. A.</b> Palaces of culture of socialist cities as unique historical and cultural objects.....	128
<b>Ievleva O. T., Berete M.</b> Reconstruction of the royal village Sanankoro in the Republic of Guinea.....	136
<b>Amer A. S. A.</b> Eco-architecture for a new informal rural desert community. Case study of Beheiragovernorate, Egypt.....	144
<b>Shumilkin A. S.</b> Shukhov tower in Vyksa of Nizhny Novgorod region. Restoration of the monument of federal importance.....	151
<b>Garnova N. V.</b> Industrial estates of Ivanovo-Voznesensk of the XIX century (the territory of former Ivanovo village).....	156
<b>Shumilkin S. M.</b> Bolshaya Sadovaya street – a trade complex of Petersburg of the late XIX – early XX centuries.....	162
<b>Shumilkina T. V., Shumilkin M. S.</b> To the question of revival of monasteries of the Nizhny Novgorod region.....	170
<b>Volkova E. M.</b> The architectural appearance of religious buildings of Chkalovsk, Nizhny Novgorod region, lost in the XX century.....	176
<b>INFORMATION SECTION</b>	
<b>Sobol S. V., Schelachev E. I.</b> Fractality of the time series of the Caspian sea level fluctuations.....	184
<b>Fevralyov A. V., Markov I. S.</b> Mathematical model of temperature conditions of hydraulic structures in the permafrost under global climate change.....	188
Correction.....	193
New publications.....	194
List of requirements for publication in the scientific periodical “Privolzhsky Scientific Journal”	197
<b>COVER PAGE:</b> Bulgar is a city of the Volga-Kama Bulgaria (founded in the X century). The territory of the Bulgar site is a historic-architectural reserve. Photo by O. A. Sobol	

УДК 699.841

**Е. А. НИКИТИНА**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.<sup>1</sup>, доц. кафедры теории сооружений и технической механики<sup>2</sup>; **П. А. ХАЗОВ**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, ст. преп. кафедры теории сооружений и технической механики; **А. В. КРЫЦОВКИНА**<sup>2</sup>, магистрант кафедры теории сооружений и технической механики; **А. А. ГЕНЕРАЛОВА**<sup>2</sup>, магистрант кафедры теории сооружений и технической механики

## АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ ИЗГИБНО-КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт проблем машиностроения Российской академии наук»

Россия, 603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85. Тел.: (831) 432-05-76

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-96; эл. почта: kr-anna\_93@mail.ru; khazov.nngasu@mail.ru

*Ключевые слова:* каркасное здание, собственные колебания, частота собственных колебаний, изгибно-крутильные колебания, центр масс, центр жесткости.

---

*Приводится методика определения частоты совместных изгибно-крутильных собственных колебаний многоэтажного здания и анализируется возможность применения найденной частоты при инженерных расчетах несущих конструкций.*

---

Согласно существующим нормативным документам при проектировании зданий и сооружений в сейсмоопасных регионах рекомендуется принимать симметричные в плане здания, при которых учитываются только изгибно-сдвиговые деформации, исключаящие появление эксцентриситета между центрами масс и жесткостей. Однако даже при самом тщательном исполнении этого требования в запроектированном здании возникает случайный эксцентриситет между центрами масс и жесткостей, который приводит к возникновению изгибно-крутильных деформаций [1, 2].

К тому же в условиях уменьшения площадей городских территорий возникает необходимость применять несимметричные конструктивные и объемно-планировочные решения проектируемых зданий, что заведомо свидетельствует об имеющемся эксцентриситете между центрами масс и жесткостей.

Согласно [1] при расчете зданий и сооружений длиной или шириной более 30 метров, кроме сейсмической нагрузки, необходимо учитывать крутящий момент, возникающий в результате «случайного эксцентриситета» относительно оси здания и сооружения, проходящий через центр жесткости здания. Значение расчетного эксцентриситета между центрами жесткостей и масс зданий или сооружений в рассматриваемом уровне следует принимать не менее  $0,1 B$ , где  $B$  – размер здания или сооружения в плане в направлении, перпендикулярном к действию сейсмической силы.

Возникающие изгибно-крутильные формы колебаний зданий и сооружений можно разделить на две составляющие:

- изгибные (поступательные) колебания здания;
- крутильные колебания здания.

Предлагаемый метод по определению изгибно-крутильных форм колебания

зданий состоит в отдельном рассмотрении изгибных и крутильных колебаний здания с последующей интеграцией результатов.

При определении собственной частоты поступательных колебаний здание в некотором приближении рассматривается как консольный стержень с сосредоточенными по длине массами, расположенными в уровнях перекрытий (покрытия) здания.

В реальной расчетной модели (рис. 1а) предполагается, что здание опирается на деформируемое основание, а коэффициент упругого основания задан по результатам инженерно-геологических изысканий. На (рис. 1 б, в) представлены некоторые формы колебаний здания [3, 4].

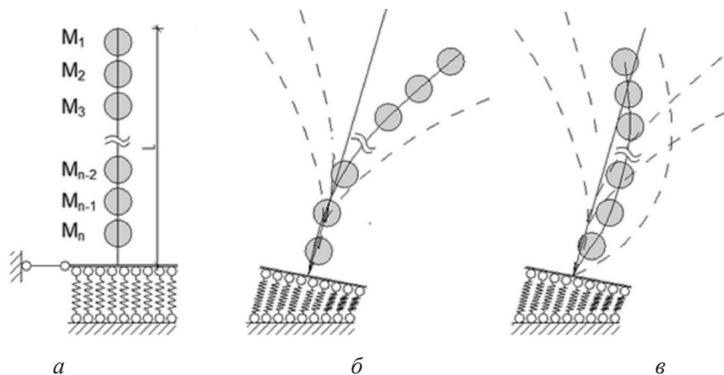


Рис. 1. Динамическая расчетная схема многоэтажного здания на упругом основании: а – при поступательных колебаниях; б и в – формы колебаний

Здесь предполагается, что пружины (характеризующие свойства упругого основания) располагаются бесконечно близко друг к другу, а их суммарная жесткость отнесена: к 1 м – в случае плоской задачи или к 1 м<sup>2</sup> – в случае пространственной задачи [5].

Для численной оценки частоты собственных колебаний в программно-вычислительном комплексе SCAD Office была построена пространственная конечно-элементная модель каркасного двенадцатиэтажного жилого дома на фундаментной плите с упругим основанием (рис. 2).

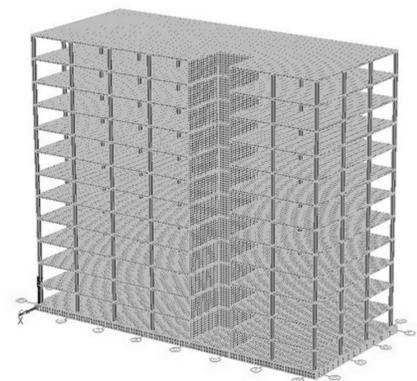


Рис. 2. Расчетные схемы здания с основанием в виде фундаментной плиты



Для определения собственных частот изгибных колебаний необходимо раскрыть определитель матрицы коэффициентов системы уравнений (1) [2, 5, 6]:

$$\begin{cases} \delta_{11} M_1 - \frac{1}{\omega_{\Pi}^2} + M_2 \delta_{12} \varphi_2 + \dots + M_n \delta_{1n} \varphi_n = 0, \\ \delta_{21} M_1 - \frac{1}{\omega_{\Pi}^2} + M_2 \delta_{22} \varphi_2 + \dots + M_n \delta_{2n} \varphi_n = 0, \\ \delta_{n1} M_1 - \frac{1}{\omega_{\Pi}^2} + M_2 \delta_{n2} \varphi_2 + \dots + M_n \delta_{nn} \varphi_n = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\delta_{ij}$  – удельное перемещение точки сосредоточения  $i$ -й массы от единичной силы, приложенной в точке сосредоточения  $j$ -й массы (рис. 4);  $\varphi_j$  – коэффициент формы собственных колебаний для  $i$ -й массы;  $\omega_{\Pi}$  – частота собственных поступательных колебаний системы.

Определитель матрицы коэффициентов имеет вид:

$$\begin{vmatrix} \delta_{11} M_1 - \frac{1}{\omega_{\Pi}^2} & \delta_{12} M_2 & \dots & \delta_{1n} M_n \\ \delta_{21} M_1 & \delta_{22} M_2 - \frac{1}{\omega_{\Pi}^2} & \dots & \delta_{2n} M_n \\ \delta_{n1} M_1 & \delta_{n2} M_2 & \dots & \delta_{nn} M_n - \frac{1}{\omega_{\Pi}^2} \end{vmatrix} = 0. \quad (2)$$

На рис. 3 показана схема определения удельных перемещений  $\delta_{ij}$ , входящих в уравнения (1), (2).

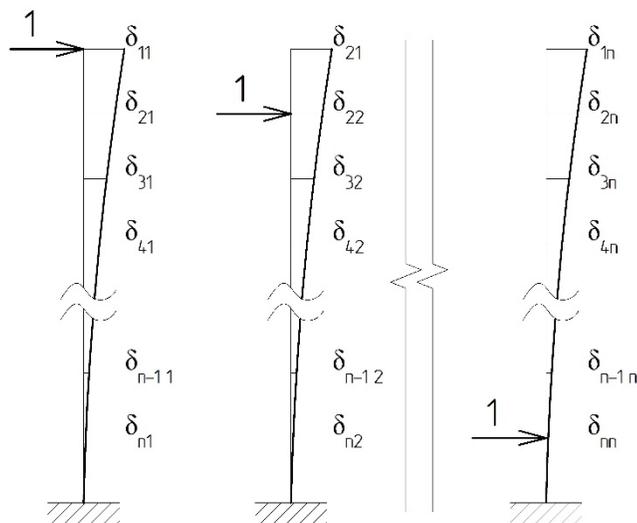


Рис. 3. Схема к определению удельных перемещений точек сосредоточения масс: 1 – безразмерное единичное усилие, приложенное в точке сосредоточения  $j$ -й массы

Определение эквивалентной жесткости стержня, моделирующего колебания здания, выполнено в предположении равенства перемещений верхней точки здания и принимаемого стержня при приложении статически эквивалентных нагрузок. Значение удельного перемещения верхней точки здания ( $\Delta_{A,P}$ ) принимается по результатам расчета конечно-элементной модели здания.

Эквивалентная жесткость стержня определяется по формуле (3):

$$EJ_{\text{экв}} = \frac{P \cdot H_{\text{зд}}^3}{3 \cdot \Delta_{A1} P} \quad (3)$$

По найденным перемещениям верхней точки здания (рис. 4) от единичной нагрузки, проходящей через центр жесткости здания и приложенной по направлению оси  $X$ , эквивалентная жесткость составляет  $1,2 \cdot 10^8$  кН·м<sup>2</sup>.

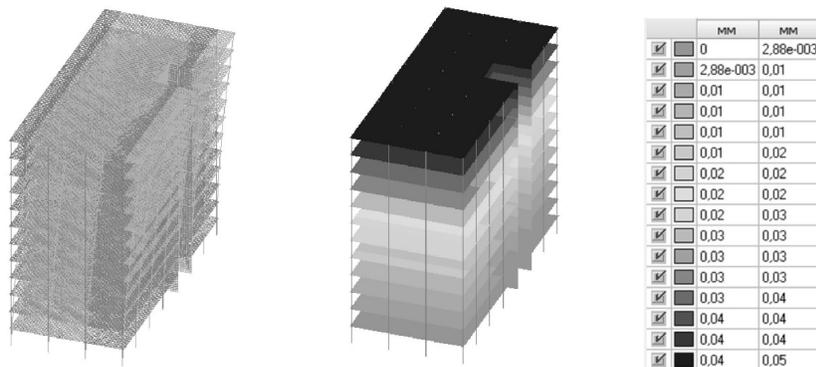


Рис. 4. Горизонтальные перемещения точек здания (мм) от приложенной единичной силы для определения эквивалентной жесткости здания

По результатам определения всех составляющих матрицы коэффициентов системы уравнений (1) (массы, удельные перемещения, преобразованные с учетом эквивалентной жесткости здания) определяются значения первой и последующих частот изгибных колебаний здания. Согласно расчету, значение первой собственной частоты поступательных колебаний равно  $\omega_n = 2,05$  с<sup>-1</sup>.

Для определения частот крутильных собственных колебаний многоэтажных зданий необходимо раскрыть определитель матрицы удельных угловых перемещений WKP. Пространственная схема и  $i$ -я форма колебаний представлены на (рис. 5).

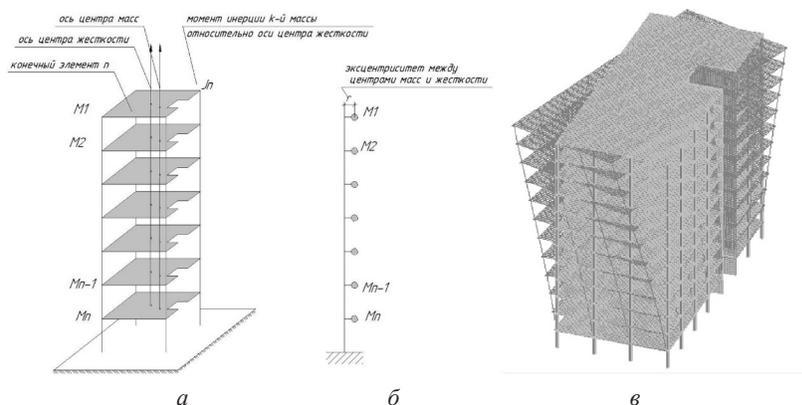


Рис. 5. Расчетная модель здания при сейсмическом воздействии: а – пространственная схема в состоянии покоя; б – консольный стержень с жестким основанием; в –  $i$ -я форма крутильных колебаний здания



Для определения угла поворота масс относительно центра жесткости здания необходимо решить систему уравнений (4):

$$\begin{cases} (J_1\alpha_{11} - \frac{1}{\omega_{\text{кр}}^2})\theta_1 + J_2\alpha_{12}\theta_2 + \dots + J_n\alpha_{1n}\theta_n = 0, \\ J_2\alpha_{21}\theta_1 + (J_2\alpha_{22} - \frac{1}{\omega_{\text{кр}}^2})\theta_2 + \dots + J_n\alpha_{2n}\theta_n = 0, \\ J_n\alpha_{n1}\theta_1 + J_n\alpha_{n2}\theta_2 + \dots + (J_n\alpha_{nn} - \frac{1}{\omega_{\text{кр}}^2})\theta_n = 0. \end{cases} \quad (4)$$

На основании системы уравнений составим матрицу коэффициентов угловых перемещений (5), определитель которой должен равняться нулю:

$$\begin{vmatrix} \alpha_{11}J_1 - \frac{1}{\omega_{\text{кр}}^2} & \alpha_{12}J_2 & \dots & \alpha_{1n}J_n \\ \alpha_{21}J_1 & \alpha_{22}J_2 - \frac{1}{\omega_{\text{кр}}^2} & \dots & \alpha_{2n}J_n \\ \alpha_{n1}J_1 & \alpha_{n2}J_2 & \dots & \alpha_{nn}J_n - \frac{1}{\omega_{\text{кр}}^2} \end{vmatrix} = 0, \quad (5)$$

где  $\alpha_{ij}$  – удельное угловое перемещение точки сосредоточения  $i$ -й массы  $M_i$  от единичного момента, приложенного в точке сосредоточения  $j$ -й массы;  $\omega_{\text{кр}}$  – частота собственных крутильных форм колебаний системы;  $J_i$  – физический момент инерции перекрытия относительно центра масс, определяемый как

$$J_i = Mir^2, \quad (6)$$

где  $M_i$  – масса этажа, которая включает в себя массу перекрытий и приведенных к нему стен, колонн, диафрагм жесткости с учетом действующей нагрузки;  $r^2$  – квадрат эксцентриситета между центром масс и центром жесткости здания, в результате которого возникает кручение системы, определяемое путем математических вычислений [1];  $\theta_i$  – амплитудный угол поворота  $i$ -й массы при крутильных колебаниях.

На основании статического расчета конечно-элементной модели составлена матрица удельных угловых перемещений.

По результатам определения всех составляющих матрицы угловых перемещений определяются значения частот первой и последующих форм крутильных колебаний здания.

Согласно расчету, значение первой собственной частоты крутильных колебаний с учетом податливости основания равно  $\omega_{\text{кр}} = 1,27 \text{ с}^{-1}$ .

На основании полученных первых поступательных и крутильных частот собственных колебаний многоэтажного каркасного здания в соответствии с [7] значение общей круговой частоты собственных изгибно-крутильных колебаний здания находится из системы уравнений (7):

$$M\ddot{a}(t) + Ga(t) + b\theta(t) = 0, \quad (7)$$

$$J\ddot{\theta}(t) + ba(t) + d\theta(t) = 0,$$

где  $M$  – масса этажа (масса перекрытий, приведенных к нему стен, полезная нагрузка);  $G$  – суммарная сдвиговая жесткость поперечных несущих конструкций;  $d$  – жесткость здания при повороте вокруг вертикальной оси;  $b$  – сила, которую нужно приложить к перекрытию в ее центр масс, чтобы предотвратить поступательное смещение при единичных поворотах;  $J$  – физический момент инерции



перекрытия относительно центра масс;  $a(t)$  – линейное перемещение перекрытия;  $\ddot{a}(t)$  – ускорение;  $\theta(t)$  – угол поворота;  $\ddot{\theta}(t)$  – угловое ускорение.

При гармоническом законе колебаний здания  $a(t) = a \sin \omega t$ ,  $\theta(t) = \theta \sin \omega t$  [7], имеем:

$$\begin{cases} (G - M\omega^2)a + b\theta = 0, \\ ba + (d - J\omega^2)\theta = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Векторное уравнение (8) запишется одним уравнением, которое характеризует круговую частоту изгибно-крутильных форм колебания здания совместно:

$$\omega_{1,2} = \sqrt{(\omega_{\text{П}}^2 + \omega_{\text{КР}}^2)/2 \pm \sqrt{(\omega_{\text{П}}^2 - \omega_{\text{КР}}^2)^2/4 + b^2/MJ}}, \quad (9)$$

где  $\omega_{\text{П}}^2$ ,  $\omega_{\text{КР}}^2$  – квадраты ранее определенных частот поступательных и крутильных колебаний [7].

Значение силы  $b$ , предотвращающей поступательные смещения от единичных поворотов, определено численно с помощью конечно-элементной модели (рис. 2) и составляет  $b = 540,12$  кН.

По формуле (9) определены значения круговых частот изгибно-крутильных колебаний двенадцатизэтажного жилого здания:

$$\omega_1 = 2,06 \text{ с}^{-1}, \quad \omega_2 = 1,27 \text{ с}^{-1}.$$

Из двух значений частот выбираем наибольшее.

При необходимости последующие частоты определяются подобным образом.

На основании представленного расчета можно сделать вывод, что интегрированная изгибно-крутильная частота собственных колебаний незначительно отличается от частоты поступательных колебаний. Тем не менее учет крутильной составляющей приводит к значительному изменению усилий в элементах несущих конструкций.

Данный метод определения частот собственных изгибно-крутильных колебаний отличается своей простотой, наглядностью и меньшей погрешностью результатов и может быть рекомендован при выполнении инженерных расчетов зданий и сооружений на динамические нагрузки.

Рекомендуется выполнять как дифференцированный расчет на изгибные колебания и крутильные колебания, так и интегрированный расчет на совместные колебания, при этом принимая для дальнейших расчетов наиболее неблагоприятный вариант.

*Работа выполнялась при поддержке Российского научного фонда (грант № 14-19-01637).*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах : утв. приказом М-ва стро-ва и жилищ.-комму. хоз-ва Рос. Федерации от 18.02.2014 : ввод в д. 01.06.2014. – Москва : [б. и.], 2014. – 145 с. – (Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*).
2. Уздин, А. М. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений / А. М. Уздин – Санкт-Петербург : ВНИИГ им. Б. Е. Венедеева, 1993. – 176 с.
3. Хазов, П. А. Определение частот собственных колебаний многоэтажных зданий / П. А. Хазов, О. М. Кофорова // Евразийский союз ученых. – 2014. – № 4. – С. 83–86.
4. Методы определения собственных частот многоэтажных зданий / Б. Б. Лампси, П. А. Хазов, О. М. Кофорова, А. А. Генералова // Вестник волжского регионального отде-



ления российской академии архитектуры и строительных наук / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2016. – № 19. – С. 176–180.

5. Хазов, П. А. Влияние характеристик упругого основания на частоты и формы собственных колебаний многоэтажного здания / П. А. Хазов, О. М. Кожорова // Процессы в геосредах. – 2016. – № 8. – С. 47–51.

6. Дарков, А. В. Строительная механика / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. – Москва : Высш. шк., 1986. – 608 с.

7. Егупов, К. А. Метод построения крутильно-поступательных форм собственных колебаний многоэтажных зданий / К. А. Егупов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. – 2012. – № 27. – С. 69–76.

**NIKITINA Elena Aleksandrovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics<sup>2</sup>, senior researcher<sup>1</sup>; KHAZOV Pavel Alekseevich<sup>2</sup>, candidate of technical sciences, senior teacher of the chair of theory of structures and technical mechanics; KRYTSOVKINA Anna Vladimirovna<sup>2</sup>, undergraduate student of the chair of theory of structures and technical mechanics; GENERALOVA Anastasia Alekseevna<sup>2</sup>, undergraduate student of the chair of theory of structures and technical mechanics**

#### ANALYSIS OF OWN BENDING-TORSION OSCILLATIONS OF MULTI-FLOOR BUILDINGS

<sup>1</sup>Institute for Problems of Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences  
85, Belinsky St., Nizhny Novgorod, 603024, Russia, Tel.: +7 (831) 432-05-76

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96;  
e-mail: kr-anna\_93@mail.ru, khazov.nngasu@mail.ru

*Key words:* frame building, own fluctuations, frequency of own fluctuations, flexural and torsion vibrations, center of mass, center of rigidity.

---

*The article describes a method of determining frequency of joint flexural-torsional natural oscillations of a multi-storey building and analyzes possibility of applying the found frequency to engineering calculations of load-bearing structures.*

---

#### REFERENCES

1. SP 14.13330.2014. Stroitelstvo v seysmicheskikh rayonakh [Seismic Building Design Code]: utv. prikazom M-va str-va i zhilisch.-kommun. khoz-va Ros. Federatsii ot 18.02.2014 : vvod. v d. 01.06.2014. Moscow, 2014. 145p. (Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-7-81.

2. Uzdin A. M. Osnovy teorii seysmostoykosti i seysmostoykogo stroitelstva zdaniy i sooruzheniy [Fundamentals of the theory of seismic stability and earthquake-proof construction of buildings and structures]. Saint-Petersburg: VNIIG im. B. E. Venedeeva, 1993, 176 p.

3. Khazov P. A., Koforova O.M. Opredelenie chastot sobstvennykh kolebaniy mnogoetazhnykh zdaniy [Determination of frequencies of own vibrations of multi-storey buildings]. Evraziyskiy soyuz uchyonykh [The Eurasian Union of Scientists], 2014, № 4. P. 83–86.

4. Lampsi B.B., Khazov P. A., Koforova O.M., Generalova A. A. Metody opredeleniya sobstvennykh chastot mnogoetazhnykh zdaniy [Methods for determining the natural frequencies of multi-storey buildings]. Vestnik volzhskogo regionalnogo otdeleniya rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitelnykh nauk [Bulletin of the Volga Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2016, № 19. P. 176–180.

5. Khazov P. A., Koforova O. M. Vliyanie kharakteristik uprugogo osnovaniya na chastoty i formy sobstvennykh kolebaniy mnogoetazhnogo zdaniya [Influence of the elastic



base characteristics on the frequencies and forms of own vibrations of multi-storey buildings]. *Protsessy v geosredakh* [Processes in geosenvironments], 2016, № 8. P 47–51.

6. Darkov A. V., Shaposhnikov N.N. *Stroitel'naya mekhanika* [Structural mechanics]. Moscow: Vyssh. shk., 1986, 608 p.

7. Egunov K. A. *Metod postroeniya krutilno-postupatelnykh form sobstvennykh kolebaniy mnogoetazhnykh zdaniy* [Method of constructing torsion-reciprocal forms of own vibrations of multi-storey buildings]. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Dagestan State Technical University]. Dagestan, 2012. № 27. P. 69–76.

© Е. А. Никитина, П. А. Хазов, А. В. Крыцовкина, А. А. Генералова, 2018

Получено: 28.06.2018 г.

УДК 69.059.28

**Ю. С. ГРИГОРЬЕВ**, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры;  
**В. В. ФАТЕЕВ**, зав. лабораторией, асс. кафедры архитектуры

### ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ДЕФОРМИРУЮЩЕГОСЯ ЗДАНИЯ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;  
эл. почта: yus-gri@gambler.ru

*Ключевые слова:* деформирующееся здание, грунтовое основание, геомеханическая модель, верификация, валидация.

---

*Приведены результаты конечно-элементного анализа напряженно-деформированного состояния системы «грунтовое основание – фундаментная плита». Полученные результаты позволили оценить прочность фундаментной плиты и разработать инженерное решение по укреплению грунтового основания и фундамента деформирующегося здания, расположенного на улице Ломоносова в Нижнем Новгороде.*

---

Для обоснования корректности расчетных геомеханических моделей грунтовых оснований деформирующихся зданий при выполнении ответственных инженерных расчетов численными методами необходимо применять процедуру верификации и валидации моделей, разработанную и предложенную ведущими мировыми организациями «NAFEMS» и «ASME» в области инженерных расчетов.

Верификация (*verification* – проверка, контроль) – это процесс, позволяющий получить ответ на вопросы: «Сделана ли геомеханическая модель *правильно*? Реализованы ли в модели все необходимые *функции*»?

Валидация (*validation* – придание законной силы) – это процесс определения степени соответствия расчетной модели реальному физическому объекту в рамках области планируемого использования данной модели. Результаты валидации позволяют дать ответ на вопрос: «*Правильно ли реализована функциональность разработанной модели*»?

Потребность в процедурах верификации и валидации возникла у авторов при разработке геомеханической модели грунтового основания деформирующегося 7-этажного трехсекционного жилого дома, расположенного на улице Ломоносова в Нижнем Новгороде, сплошная плоская железобетонная фундаментная плита ко-



того опирается на крайне неоднородное насыпное грунтовое основание.

Комплексными инженерными обследованиями, выполненными в 2013 и 2015 годах, были обнаружены: 1) многочисленные трещины, пересекающие наружные и внутренние стены здания по всей высоте на отдельные блоки неправильной формы; 2) смещения панелей междуэтажных перекрытий, лестничных конструкций, надоконных перемычек из проектного положения; 3) трещины в отдельных панелях перекрытий и в надоконных перемычках; 4) вертикальные трещины, отсекающие от наружных продольных стен здания пилоны, служащие опорами для панелей перекрытий лоджий; 5) перекосы оконных и дверных проемов; 6) разрушение фундаментной плиты; 7) раскрытие температурного деформационного шва между секциями № 1 и № 2 и смыкание температурного деформационного шва между секциями № 2 и № 3; 8) чрезмерный крен секций № 2 и № 3 [1, 2].

Совместные осадки грунтового основания и опирающегося на него здания, сданного в эксплуатацию в 1998 году, к лету 2014 года достигли значений, изменяющихся в пределах от  $-26$  мм до  $+1\ 323$  мм. Крен 2-й секции здания  $i = 0,04$  превысил допустимое нормативное значение, равное  $i = 0,0024$  [3]. Раскрытие температурного деформационного шва между секциями № 1 и № 2 в уровне верхней плоскости фундаментной плиты составило  $120$  мм, а в уровне верха парапетов наружных стен –  $770$  мм.

Было установлено, что причинами развития чрезмерных деформаций здания являются: 1) отказ от первоначально разработанного проекта свайного фундамента в пользу плоской неразрезной монолитной железобетонной фундаментной плиты толщиной  $600$  мм, опирающейся на сильносжимаемую, чрезвычайно неоднородную насыпь переменной мощности от  $2,1$  м до  $11,5$  м, сформированную в результате бессистемной засыпки отвершка Изоляторского оврага; 2) надстройка здания в процессе строительства до 7 этажей без какого-либо обоснования таких решений и без выполнения каких-либо мероприятий по усилению грунтового основания.

Для детального исследования напряженно-деформированного состояния системы «грунтовое основание – фундаментная плита» в вычислительном комплексе «SCAD Office» [4] авторами было разработано более 20 конечно-элементных моделей, в которых с максимально возможной точностью были учтены все конструктивные особенности здания (рис. 1 цв. вклейки), а также особенности геолого-литологического строения грунтового основания, определенные инженерно-геологическими изысканиями, выполненными ОАО «НижегородТИСИЗ» в 1997 году [5]. Следует отметить, что изыскания были выполнены в неполном объеме из-за плотной застройки участка частными владениями, в результате, как было выяснено позднее в 2014 году, не удалось выполнить точное оконтуривание засыпанного отвершка Изоляторского оврага (рис. 4 цв. вклейки) [6].

Рассмотрим последовательно основные расчетные геомеханические модели с плоской монолитной железобетонной фундаментной плитой (далее в тексте – плоская фундаментная плита, рис. 2 цв. вклейки), разработанные и использовавшиеся авторами в исследованиях напряженно-деформированного грунтового основания, выполненных в программе «КРОСС» [4].

**Расчетная модель № 1.** В процессе верификации исследовалась геомеханическая модель чрезвычайно неоднородного грунтового основания (рис. 3 цв. вклейки), геолого-литологическое строение которого было принято в соответствии с изысканиями, выполненными ОАО «НижегородТИСИЗ» в 1997 году (рис. 1 и рис. 4 цв. вклейки).

В результате тестирования было установлено что геомеханическая модель № 1 работоспособна, сделана правильно, в ней реализованы все необходимые функции, однако при этом была выявлена необходимость приведения верифицированной модели в соответствие с реальным состоянием исследуемого физическо-го объекта – деформирующегося здания жилого дома, так как [7–9]:

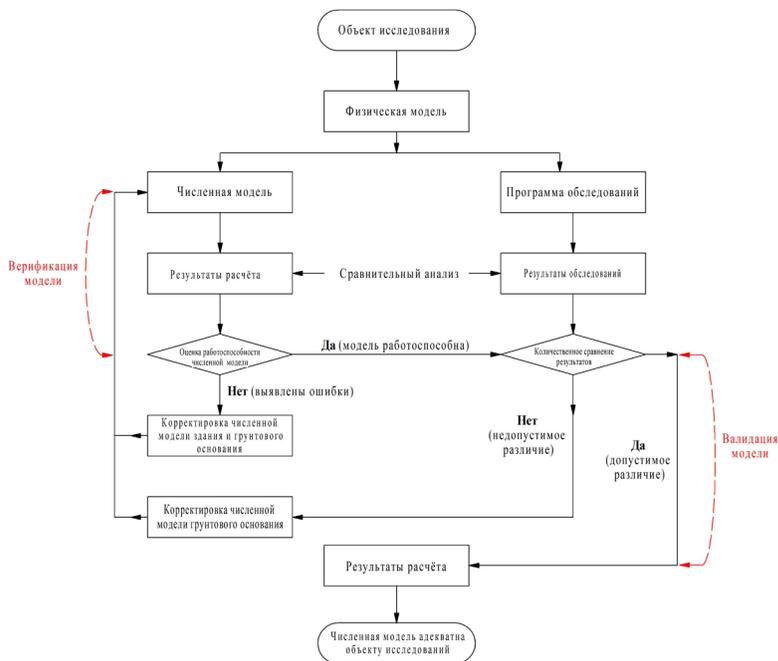
1. Результаты выполненных расчетов не соответствовали характеру развития деформации здания, а также характеру повреждений его строительных конструкций, выявленных натурными обследованиями.

2. Расчетные значения неравномерной осадки здания как качественно, так и количественно не соответствовали результатам геодезических изысканий (рис. 3 цв. вклейки).

3. Фактическое армирование фундаментной плиты, определенное специально выполненными вскрытиями арматуры, оказалось существенно меньше требуемого по расчету (рис. 8 цв. вклейки).

Для приведения разработанной геомеханической модели в соответствие с реальным состоянием объекта исследований была использована процедура валидации (см. рисунок), в которой корректировался и исследовался ряд геомеханических моделей.

**Расчетная модель № 2** стала результатом корректировки верифицированной модели № 1, выполненной: 1) с учетом характера развития и величины неравномерных деформаций (осадки и кренов) здания, определенных в результате геодезических изысканий; 2) с учетом характера повреждений строительных конструкций; 3) с подбором контуров отвершка Изоляторского оврага как в плане, так и по глубине; 4) с подбором характеристик деформируемости грунтового основания.



Блок-схема верификации и валидации геомеханической модели

**К СТАТЬЕ Ю. С. ГРИГОРЬЕВА, В. В. ФАТЕЕВА  
«ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ДЕФОРМИРУЮЩЕГОСЯ ЗДАНИЯ»**



Рис. 1. Трехмерная конечно-элементная модель здания жилого дома № 15 на ул. Ломоносова

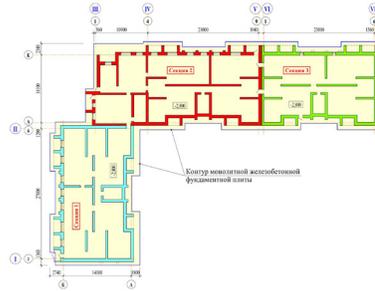


Рис. 2. Плоская монолитная железобетонная фундаментная плита неразрезанная деформационными швами

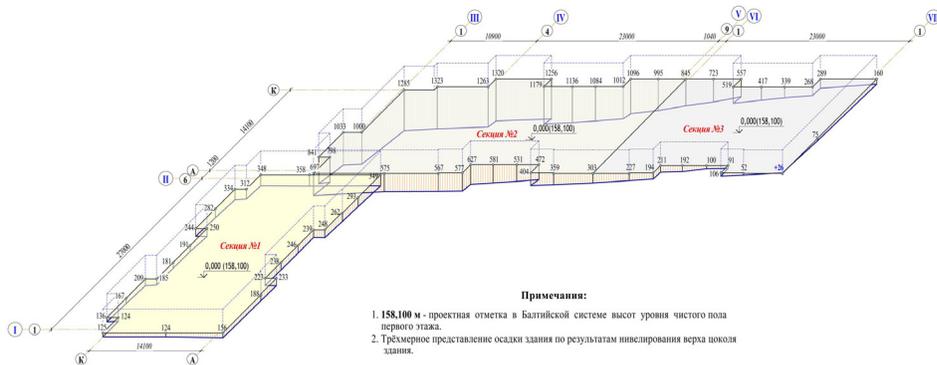
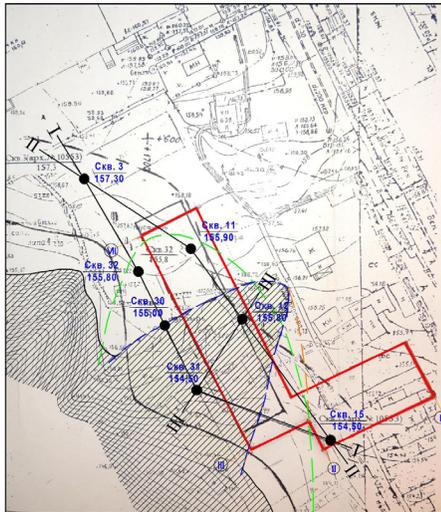
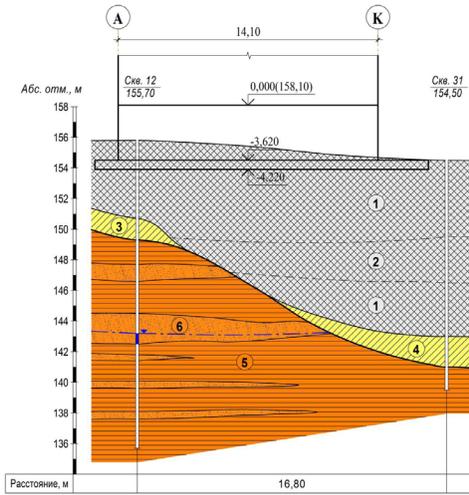


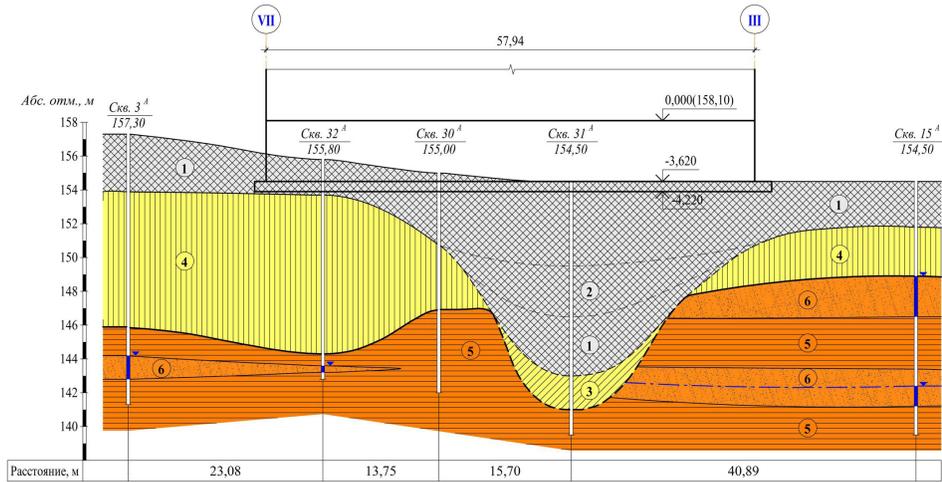
Рис. 3. Неравномерные осадки здания, измеренные геометрическим нивелированием



*a*

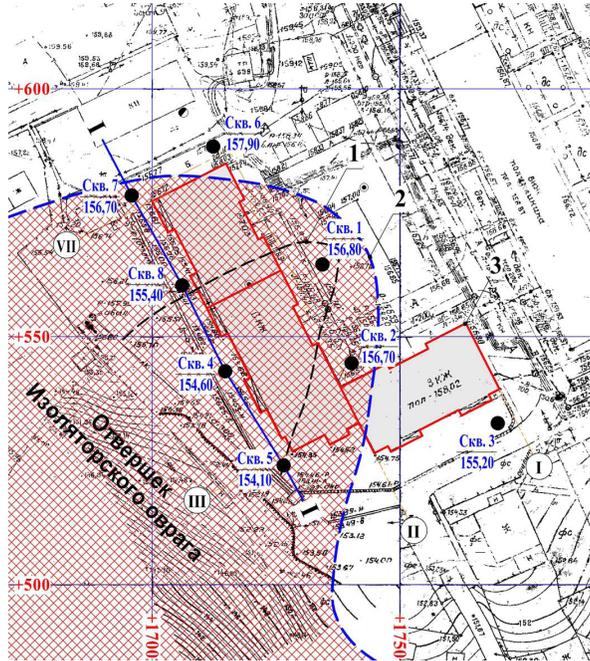


*б*

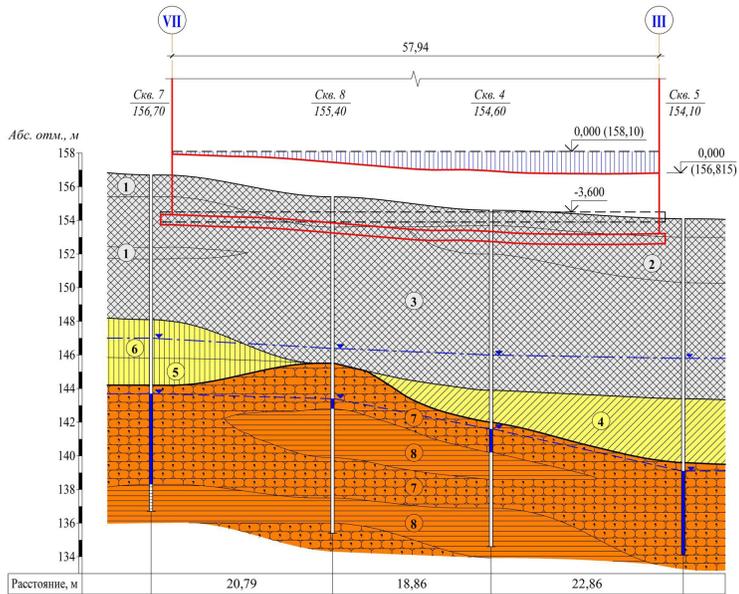


*в*

Рис. 4. Результаты инженерно-геологических изысканий, выполненных ОАО «Нижегород-ТИСИЗ» в 1997 году: *a* – схема расположения инженерно-геологических выработок с нанесенным на план контуром отвешка Изоляторского оврага; *б* – инженерно-геологический разрез по линии III-III; *в* – инженерно-геологический разрез по линии I-I



а



б

Рис. 5. Результаты инженерно-геологических изысканий, выполненных ОАО «НижегородТИСИЗ» в 2014 году: а – схема расположения инженерно-геологических выработок с уточненным контуром отвершка Изоляторского оврага; б – инженерно-геологический разрез по линии I-I

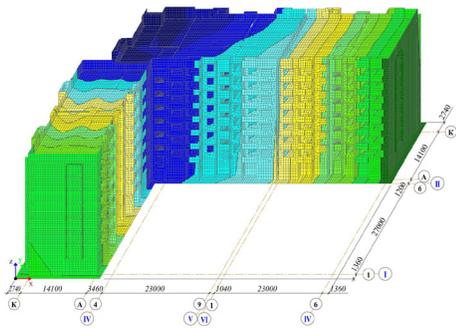


Рис. 6. Расчетная модель № 1. Вертикальные (по оси Z) перемещения здания

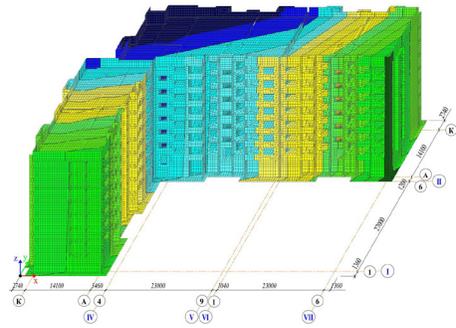


Рис. 9. Расчетная модель № 4. Вертикальные (по оси Z) перемещения здания

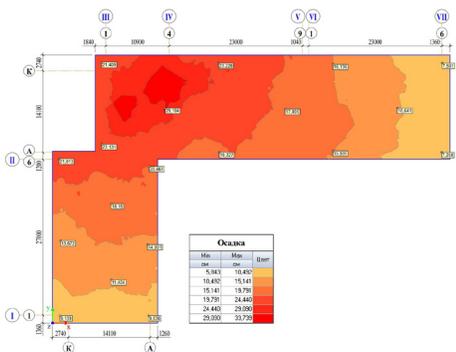


Рис. 7. Расчетная модель № 1. Изополя вертикальных перемещений фундаментной плиты, не соответствующие результатам геодезических изысканий. Расчетная величина осадки изменяется в пределах 5,8–33,7 см

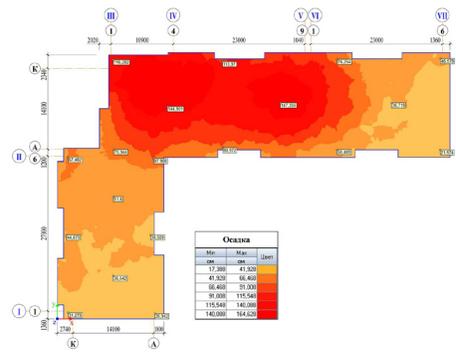


Рис. 10. Расчетная модель № 4. Изополя вертикальных перемещений фундаментной плиты, в наибольшей степени соответствующие условиям работы объекта исследований. Расчетная величина осадки изменяется в пределах 17,4–164,6 см

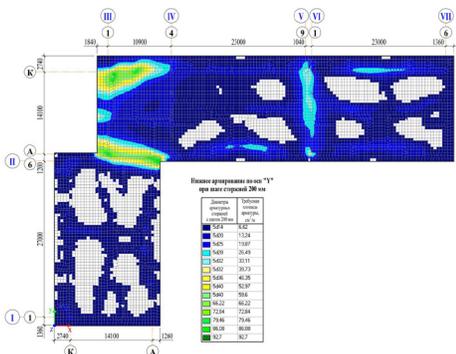


Рис. 8. Расчетная модель №1. Карта нижнего армирования фундаментной плиты по оси «Y». Требуемая площадь рабочей арматуры от 6,72 см<sup>2</sup>/м (5Ø14) до 92,7 см<sup>2</sup>/м

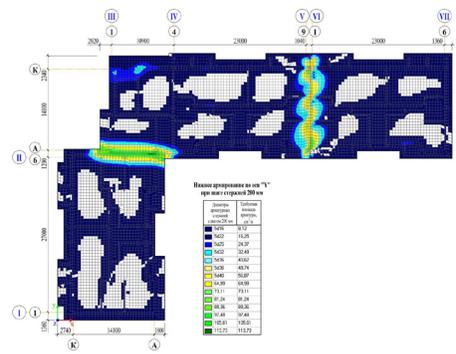


Рис. 11. Расчетная модель № 4. Карта нижнего армирования фундаментной плиты по оси «Y». Требуемая площадь рабочей арматуры от 8,12 см<sup>2</sup>/м (5Ø16) до 113,73 см<sup>2</sup>/м



В результате тестирования модели № 2 было установлено [7–9]:

1. Качественное и количественное совпадение результатов расчетов осадки здания с результатами геодезических изысканий (рис. 3, 10 цв. вклейки).

2. Весьма существенное отличие контура отвершка Изоляторского оврага, заложенного в модели, от контура, определенного изысканиями 1997 года.

3. Недостаточное фактическое армирование фундаментной плиты (как и в случае с верифицированной расчетной схемой № 1), оказавшегося существенно меньшим требуемого по расчету (рис. 11 цв. вклейки).

Результаты выполненных исследований послужили основанием:

– для разработки технического задания на дополнительные инженерно-геологические изыскания, необходимые для уточнения геолого-литологического строения участка и характеристик деформируемости грунтового основания здания;

– для дополнительных инженерно-геологических изысканий, выполненных ОАО «НижегородТИСИЗ» в 2014 году.

Основным результатом изысканий 2014 года было оконтуривание отвершка оврага и насыпи в нем как в плане, так и по глубине (рис. 4 цв. вклейки), в значительной степени совпавшим с откорректированной геомеханической моделью основания № 2.

**Расчетная модель № 3.** Геомеханическая модель № 3 была получена в результате корректировки модели № 2, выполненной в соответствии с результатами инженерно-геологических изысканий ОАО «НижегородТИСИЗ» 2014 года. Однако тестированием модели № 3 было установлено лишь качественное, но не количественное совпадение результатов расчетов с результатами геодезических исследований, при этом расчетные величины осадок и кренов не превышали предельные значения, а фактическое армирование плиты оказывалось достаточным и даже с некоторым запасом превышало армирование, полученное по расчету. Причиной такого несоответствия стала неверная оценка деформируемости насыпи, заполняющей отвершек Изоляторского оврага, и практическая невозможность выполнения исследований деформируемости основания непосредственно под фундаментной плитой. Следовало учитывать также, что определение характеристик деформируемости грунтового основания, представленного крайне неоднородной насыпью, известными лабораторными или полевыми методами, весьма проблематично. С учетом же того, что в период с 1997 по 2000 год были выполнены бессистемные и неконтролируемые работы по цементации насыпного основания, а также подведение под край фундаментной плиты, обращенной к оврагу, металлических свай, оценка деформируемости грунтового основания здания известными методами становится практически невозможной [7–9].

Вместе с тем необходимо было решить несколько сложных задач:

1. Оценить прочность разрушающейся фундаментной плиты.

2. Разработать проекты усиления: 1) грунтового основания; 2) фундаментной плиты и 3) строительных конструкций надземной части здания.

Для решения этих задач необходима была геомеханическая модель, в максимальной степени соответствующая реальному физическому объекту исследований.

**Расчетная модель № 4** повторяла литологическое строение участка, определенное изысканиями 2014 года, но с подобранными в процессе валидации характеристиками деформируемости грунтового основания, позволившими получить осадки и крен фундаментной плиты, максимально приближенные к измеренным значениям.



Правильность окончательно принятой для дальнейших исследований геомеханической модели № 4, ее соответствие конструктивным особенностям здания и инженерно-геологическим характеристикам грунтового основания были подтверждены расчетами, в результате которых были выявлены участки фундаментной плиты, в которых фактическое армирование оказалось в несколько раз меньше требуемого по расчету (рис. 11 цв. вклейки), что и подтвердилось вскрышными работами, позволившими обнаружить разлом фундаментной плиты, разделивший ее на две части [7–9].

Таким образом, использование процедур верификации и валидации в разработке геомеханической модели грунтового основания здания жилого дома позволили:

1. Оценить качество инженерно-геологических изысканий.
2. Правильно спланировать и выполнить в необходимом объеме дополнительные инженерно-геологические исследования.
3. Разработать геомеханическую модель грунтового основания, соответствующую реальному состоянию объекта обследований, что, в свою очередь, сделало возможным:

1) выполнение поверочных расчетов и оценку прочности существующей фундаментной плиты [10];

2) выполнение расчетов нескольких вариантов усиления фундаментной плиты и на основе выбранного наиболее рационального варианта усиления разработать проектную документацию по:

- усилению грунтового основания;
- конструктивному усилению фундаментной плиты здания системой перекрестных монолитных железобетонных балок и обеспечению таким образом дальнейшей безаварийной эксплуатации жилого дома.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерно-геологические изыскания, обследование строительных конструкций и разработка проекта усиления грунтового основания и фундаментов жилого дома, расположенного по адресу: Нижний Новгород, улица Ломоносова, 15 / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Нижний Новгород. 2013. – № 35/12.

2. Инженерно-геологические работы, инженерное обследование строительных конструкций, проектирование усиления надземных строительных конструкций, грунтового основания и фундаментов жилого дома, расположенного по адресу: Нижний Новгород, улица Ломоносова, 15 / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Нижний Новгород. 2014. – № 2014/129.

3. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* : утв. М-вом стр-ва России 16.12.2016 : дата введ. 17.06.2017. – Москва : [б. и.], 2016. – 225 с.

4. SKAD OFFICE. Вычислительный комплекс SKAD / В. С. Каприловский, Э. З. Криксунов, А. А. Маляренко, А. В. Перельмутер, М. А. Перельмутер. – Москва : АСВ, 2008. – 592 с.

5. Жилой дом по ул. Ломоносова в г. Нижнем Новгороде : техн. отчет об инж.-геол. изысканиях / НижегородТИСИЗ. – Нижний Новгород, 1997. – № 687-26. – Арх. № 19503.

6. Жилой дом № 15 на улице Ломоносова в г. Нижнем Новгороде : техн. отчет об инж.-геол. изысканиях / НижегородТИСИЗ. – Нижний Новгород. 2014. – № 113/14, 114/14.

7. Григорьев, Ю. С. Исследование причины деформации семизэтажного жилого дома на улице Ломоносова в Нижнем Новгороде / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2017. – № 2. – С. 46–53.



8. Григорьев, Ю. С. Причины деформации и разрушения строительных конструкций жилого дома, построенного на присклоновой территории / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2017. – № 5. – С. 10–15.

9. Grigor'ev, Yu. S. Reasons for deformation and failure of the structural units of an apartment building on a slopeside site / Yu. S. Grigor'ev, V. V. Fateev. // Soil Mechanics and Foundation Engineering / Springer Science+Business Media New York. – 2017. – Vol. 54, № 5. – P. 318–323.

10. Григорьев, Ю. С. Исследование напряженно-деформированного состояния фундаментной плиты жилого дома на насыпном грунтовом основании / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2017. – № 4. – С. 16–22.

**GRIGOREV Yuri Semyonovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture; FATEEV Valery Valerevich, head of laboratory, assistant of the chair of architecture**

### VERIFICATION AND VALIDATION OF A GEOMECHANICAL MODEL OF A SOIL BASIS OF A DEFORMING BUILDING

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;  
e-mail: yus-gri@rambler.ru

*Key words:* deforming building, soil basis, geomechanical model, verification, validation.

---

*The article presents the results of a finite element analysis of the stress-strain state of the system “soil base – foundation plate”. The obtained results allowed to estimate the strength of the foundation plate and to develop an engineering solution for strengthening the soil basis and foundation of the deforming building located on Lomonosov Street in Nizhny Novgorod.*

---

### REFERENCES

1. Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya, obsledovanie stroitelnykh konstruksiy i razrabotka proekta usileniya gruntovogo osnovaniya i fundamentov zhilogo doma, raspolozhennogo po adresu: Nizhny Novgorod, ulitsa Lomonosova, 15 [Engineering-geological surveys, inspection of building constructions and development of a project on strengthening the soil basis and foundations of a residential house, located at the address: Nizhny Novgorod, Lomonosov street, 15]. Rossiyskaya akademiya arkhitektury i stroitelnykh nauk. Nizhny Novgorod. 2013. № 35/12.

2. Inzhenerno-geologicheskie raboty, inzhenernoe obsledovanie stroitelnykh konstruksiy, proektirovanie usileniya nadzemnykh stroitelnykh konstruksiy, gruntovogo osnovaniya i fundamentov zhilogo doma, raspolozhennogo po adresu: Nizhny Novgorod, ulitsa Lomonosova, 15 [Engineering-geological surveys, engineering inspection of building constructions, design of strengthening overhead building constructions, the soil basis and foundations of the residential house, located at the address: Nizhny Novgorod, Lomonosov street, 15]. Rossiyskaya akademiya arkhitektury i stroitelnykh nauk. Nizhny Novgorod. 2014. № 2014/129.

3. SP 22.13330.2016. Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Soil bases of buildings and structures]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.02.01-83\*, utv. M-vom str-va Rossii 16.12.2016 : data vved. 17.06.2017. Moscow. 2016. 225 p.

4. Kaprilovsky V. S., Kriksunov E. Z., Malyarenko A. A., Perelmutter A. V., Perelmutter M. A. SKAD OFFICE. Vichislitelny kompleks SKAD [SKAD OFFICE. Computer complex SCAD]. Moscow. ASV. 2008. 592 p.

5. Zhiloy dom № 15 po ulitse Lomonosova v g. Nizhnem Novgorode [Residential house No.15 on Lomonosov street in Nizhny Novgorod]. Tekhn. otchyot ob inzh.-geol. izyskaniyakh. NizhegorodTISIZ. Nizhny Novgorod. 1997. № 687-26. Arkh. № 19503.



6. Zhiloy dom № 15 na ulitse Lomonosova v g. Nizhnem Novgorode [Residential house No.15 on Lomonosov street in Nizhny Novgorod]. Tekhn. otchyot ob inzh.-geol. izyskaniyakh. NizhegorodTISIZ. Nizhny Novgorod. 2014. № 113/14, 114/14.

7. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Issledovanie prichiny deformatsii semietazhnogo zhilogo doma na ulitse Lomonosova v Nizhnem Novgorode [Research of the cause of deformation of a seven-story building on Lomonosov street in Nizhny Novgorod]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2017. № 2. P. 46–53.

8. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Prichiny deformatsii i razrusheniya stroitelnykh konstruksiy zhiligo doma, postroennogo na prisklonovoy territorii [Reasons for deformation and failure of the structural units of the apartment building on a slopeside site]. Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov [Mechanics and Foundation Engineering]. 2017. № 5. P. 10–15.

9. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Reasons for deformation and failure of the structural units of an apartment building on a slopeside site. Soil Mechanics and Foundation Engineering. Springer Science+Business Media New York. 2017. Vol. 54, № 5. P. 318–323.

10. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Issledovanie napryazhyonno-deformirovannogo sostoyaniya fundamentnoy plity zhilogo doma na nasypnom gruntovom osnovanii [Investigation of the stress-strain condition of the foundation plate of a residential building on a bulk soil base]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2017. № 4. P. 16–22.

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2018

Получено: 19.05.2018 г.

УДК 528.482:69.058.2

Г. А. ШЕХОВЦОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра

### О СТУПЕНЧАТОМ ФОТОГРАФИЧЕСКОМ СПОСОБЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕНА ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 434-05-26;  
эл. почта: ing\_geod@nngasu.ru

Ключевые слова: крен, фотокамера, референтная прямая, пиксель.

*Приведена методика ступенчатого фотографического способа определения крена промышленных дымовых труб. Путем обработки снимков в Paint определяют крен трубы как разность расстояний от отвеса до оси трубы поверху и понизу. Показан оптимальный вариант расположения отвеса на снимке по центру верхнего сечения трубы. При этом исключается необходимость в определении размера одного пикселя поверху, а влияние размера пикселя понизу может быть сведено до минимума путем фотографирования трубы с близкого расстояния. Предложено устройство для стабилизации фотокамеры во время фотографирования верхней и нижней частей трубы. Приведены результаты определения крена дымовой трубы ступенчатым способом, полностью совпавшие с таковыми, определенными линейно-угловым и координатным способами.*

Наличие неметрических цифровых камер, совместимых с ПК, и программ редактирования фотографических изображений позволило разработать новые фотографические способы определения крена сооружений башенного типа [1]. Эти



способы предусматривают использование в качестве вертикальной референтной прямой нить шнуrowого отвеса, расположенного перед объективом фотокамеры (рис. 1а, б).

В том случае, когда все башенное сооружение можно наблюдать только с близкого расстояния, и нельзя использовать непосредственный вариант на рис. 1а, б, предлагается применять ступенчатый способ, предусматривающий фотографирование такого сооружения с одной точки по частям: низ и верх (рис. 1в, з), а при необходимости и середину.

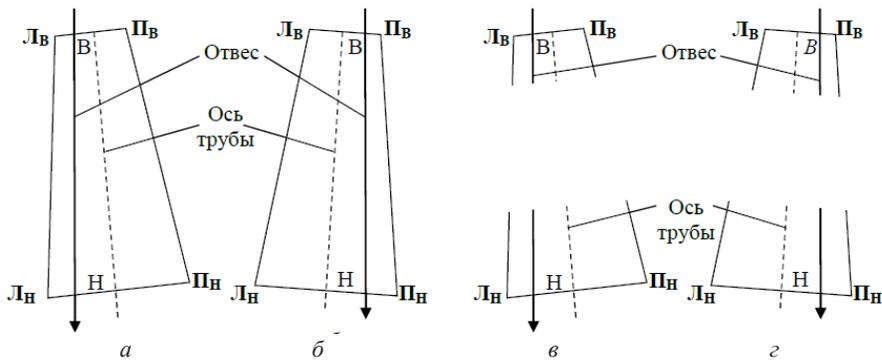


Рис. 1. Схемы к определению крена трубы: а, б – непосредственным способом; в, з – ступенчатым

Выводят фотографии трубы на экран монитора компьютера, например, посредством графического редактора *Paint*. Определяют в пикселях (пкс) расстояния  $L_в$ ,  $P_в$  и  $L_н$ ,  $P_н$  от верхних и нижних краев трубы до отвеса. Вычисляют расстояния от отвеса до оси трубы поверху  $B = (P_в - L_в) / 2$  и понизу  $H = (P_н - L_н) / 2$  (рис. 1а) или  $B = (L_в - P_в) / 2$  и  $H = (L_н - P_н) / 2$  (рис. 1б).

Частный крен трубы  $K$  в пикселях будет равен разности  $B$  и  $H$ , а в метрической системе единиц он будет равен:

$$K = B\delta_в - H\delta_н, \quad (1)$$

где  $\delta_в$  и  $\delta_н$  – размеры одного пикселя соответственно для верхнего и нижнего сечения трубы, мм/пкс.

Для определения величины крена по формуле (1) необходимо знать размеры одного пикселя  $\delta_в$  и  $\delta_н$ . Методика их определения как частного от деления известной длины некоторого базиса на снимке (мм) на количество пикселей, содержащихся в этом базисе (пкс), приведена в работах [1, 2]. Покажем другой путь, не требующий наличия на снимке базиса известной длины.

Так, в работах [3, 4] показаны для фотокамеры *Nikon COOLPIX S9100* два совершенно одинаковых графика зависимости размера одного пикселя от расстояния  $d$  фотографирования горизонтального и вертикального базисов различных размеров  $b_i$ . Размеры горизонтальных базисов составляли 0,5; 1; 1,5; 2 и 3 м, а вертикальных –  $b_1 = 2,58$  м,  $b_2 = 1,87$  м и  $b_3 = 1,48$  м.

Проведенные исследования показали, что размер одного пикселя зависит только от расстояния  $d$  и не зависит от величины и положения базиса  $b$ . Эта зависимость иллюстрируется графиком на рис. 2 и может быть выражена равенством:

$$\delta_i = \delta_н + \frac{(d_i - d_н)(\delta_к - \delta_н)}{(d_к - d_н)}, \quad (2)$$

где  $\delta_i$  – размер пикселя на расстоянии  $d_i$ ;  $\delta_n$  – размер пикселя на расстоянии  $d_n = 4$  м;  $\delta_k$  – размер пикселя на расстоянии  $d_k = 30$  м.

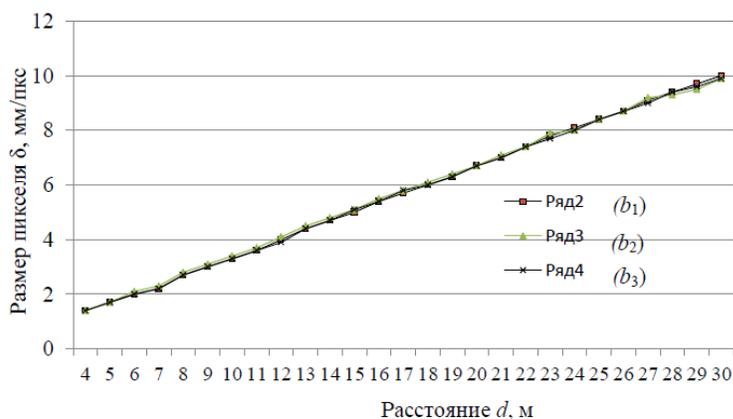


Рис. 2. График зависимости размера пикселя  $\delta$  от горизонтального расстояния  $d$  до базиса

К аналогичному выводу можно прийти, если определить размеры одного пикселя на разной высоте сооружения (рис. 3).

Результаты измерения на разных этажах ширины лоджий в пикселях и сравнение с шириной лоджии в мм представлены в виде графика на рис. 4. На этом графике так же, как и на рис. 2 прослеживается прямо пропорциональная зависимость размера одного пикселя только от наклонного расстояния, которая также может быть выражена равенством (2).



Рис. 3. Фотография 24-этажного жилого дома с расстояния 51 м

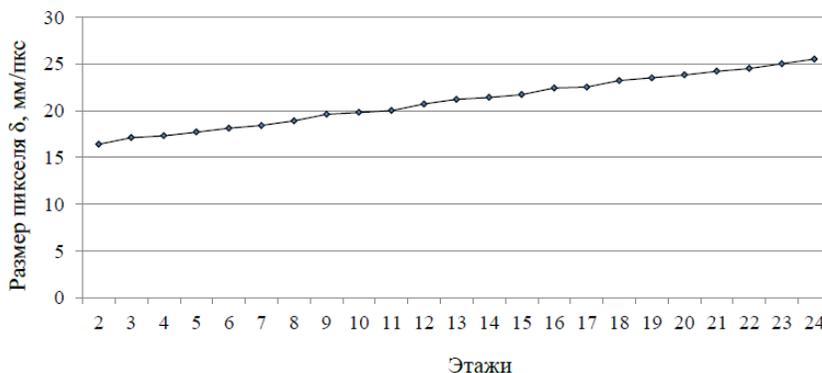


Рис. 4. График зависимости размера пикселя  $\delta$  от наклонного расстояния

Поскольку переменные величины  $d$  и  $\delta$  прямо пропорциональны, то на практике можно ограничиться тщательным определением  $\delta_n$  и  $\delta_k$ , а размер одного пикселя  $\delta_i$  для любого расстояния  $d_i$  может быть найден по формуле (2). Тогда достаточно определить (измерить или вычислить) расстояния до нижнего и верхнего (при необходимости до средних) сечений трубы и по формуле (2) вычислить участвующие в выражении (1)  $\delta_v$  и  $\delta_n$ .

Предлагаемый ступенчатый способ был опробован на дымовой трубе высотой 30 м. Все фотографии (рис. 5 б, в, г), выполненные «с руки» камерой *Nikon S9100*, имеют одинаковые размеры 3 000×4 000 пкс, то есть они соизмеримы между собой. При обработке фотографий, открытых в *Paint*, курсор подводили к левому краю, отвесу и правому краю каждого сечения и брали отсчеты Л, О и П в пикселях. Результаты вычислений крена представлены в таблице. Обращаем внимание, что если отвес располагается справа от оси трубы, то в стб. 7 расстояние от отвеса до оси вычисляется по формуле  $V(H) = -(L_v + P_v)/2$ . При вычислении крена К (стб. 8) за Н принимается значение для нижнего сечения 1 (низ).

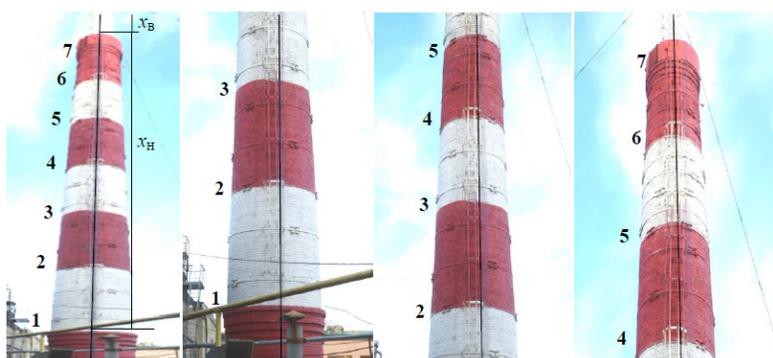


Рис. 5. Способы определения крена трубы: а – непосредственный; б, в, г – ступенчатый

Как следует из таблицы, расхождения между непосредственным и ступенчатым способами находятся, вообще говоря, в пределах точности взятия отсчетов Л, О и П в пикселях. Если для непосредственного способа возможно применение



фотографирования «с руки», то ступенчатый способ требует стабилизации положения камеры и отвеса во время фотографирования.

### Результаты вычислений крена в пикселях непосредственным и ступенчатым способами

Сечения	Л	О	П	Лв = О-Л	Пв = О-П	В, Н	К = В-Н
1	2	3	4	5	6	7	8
Непосредственный способ							
7(верх)	204	224	240	20	-16	-2	-2,5
6	203	223	241	20	-18	-1	-1,5
5	200	222	243	22	-21	-0,5	-1
4	197	220	244	23	-24	0,5	0
3	193	220	247	27	-27	0	-0,5
2	189	219	249	30	-30	0	-0,5
1(низ)	183	217	252	34	-35	0,5	0
Ступенчатый способ							
7(верх)	1424	1811	1984	387	-173	-107	-4,5
6	1418	1814	2011	396	-197	-99,5	3
5	1366	1830	2084	464	-254	-105	-2,5
4	1315	1838	2152	523	-314	-104,5	-2
3	1056	1631	1997	575	-366	-104,5	-2
2	999	1638	2067	639	-429	-105	-2,5
1(низ)	951	1651	2146	700	-495	-102,5	0

Для стабилизации положения камеры предлагается устройство (рис. 6), позволяющее производить «горизонтирование» камеры с помощью цилиндрического уровня и ее перевод через зенит для исключения коллимационной ошибки, как при работе с теодолитом.



Рис. 6. Положение устройства: а, б – до перевода камеры через зенит; в, з – после перевода



Отметим, что при непосредственном способе (рис. 5а) можно характеризовать величину крена в относительной мере, не прибегая к определению размеров одного пикселя  $\delta_B$  и  $\delta_H$ . Для этого следует определить высоту трубы  $H = x_H - x_B$  в пикселях. В нашем примере  $H = 362$  пкс, поэтому  $K/H = 2,5/362 = 1/145$ . При необходимости эту характеристику можно экстраполировать на всю высоту трубы до подошвы фундамента.

Другой способ предусматривает исключение необходимости определения размера  $\delta_B$  верхнего сечения трубы. Для этого следует располагать референтную прямую по центру верхнего сечения трубы (рис. 7) и в центральной части снимка. В этом случае расстояние от отвеса до оси трубы  $B$  поверху будет равно нулю и в обработке снимка будет участвовать только нижнее сечение трубы, в результате чего крен будет равен:

$$K = H\delta_H. \quad (3)$$

В этом случае ошибка крена будет зависеть от величины  $H$  и ошибки ее определения и от размера пикселя  $\delta_H$  и ошибки его определения:

$$m^2_K = \delta^2_H m^2_H + H^2 m^2_{\delta_H} \quad (4)$$

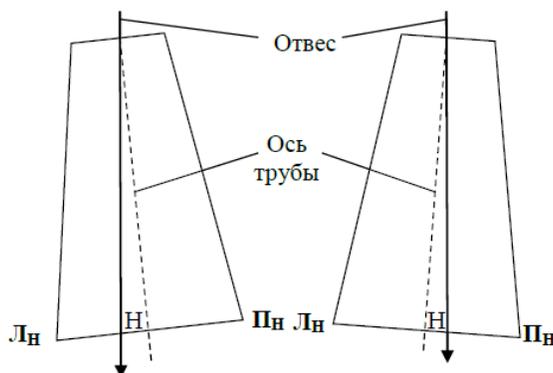


Рис. 7. Оптимальный случай расположения референтной прямой

Расположение отвеса относительно центра верхнего сечения можно проконтролировать по верхним отсчетам  $L$ ,  $O$  и  $P$  по формуле:

$$(L - P)/2 - O = C, \quad (5)$$

где  $C$  – смещение отвеса относительно центра верхнего сечения, пкс;  $L$ ,  $O$  и  $P$  – отсчеты на уровне верхнего сечения, пкс (с учетом их знаков).

Если подсчитанное по формуле (5) смещение  $C$  оказалось со знаком плюс, то отвес смещен в левую сторону от оси трубы, со знаком минус – в правую. С учетом смещения  $C$  крен будет вычисляться по формуле:

$$K = (H - C)\delta_H. \quad (6)$$

Следует сказать, что основное влияние на точность определения крена фотографическим способом при оптимальном расположении отвеса по центру верхнего сечения трубы оказывает размер пикселя  $\delta_H$ , который зависит от качества фотокамеры и расстояния до снимаемого объекта.

Проведенные нами исследования фотокамер *Nikon D3100*, *Nikon COOLPIX S9100*, *Sony Exmor R*, *Canon PowerShot S2 IS* показали, что каждая из них имеет свой размер пикселя  $\delta$ , который находится в прямой пропорциональной зависимости от расстояния  $d$  до объекта съемки (рис. 2, 4). Для рассмотренных фотокамер  $\delta$  может находиться в пределах от 1–2 до 8–15 мм/пкс в диапазоне 3–30 м, причем с увеличением расстояния размер пикселя также увеличивается.

Для уменьшения влияния размера пикселя на точность определения крена можно поступать следующим образом. Необходимо сфотографировать верхнее сечение трубы с отвесом (рис. 5а) и, наведя фотокамеру на нижнее сечение (рис. 5б), отметить с ее помощью проекцию отвеса либо непосредственно на нижнем сечении трубы, либо на горизонтально приложенной к этому сечению нивелирной рейке (рис. 8).

Затем следует переместить фотокамеру в новую точку по направлению на эту метку и сфотографировать нижнее сечение с близкого расстояния. Обработка первого снимка будет заключаться в определении  $C$ , а второго снимка – в определении  $H$ , производя определения ЛН и ПН от метки до левого и правого краев трубы и масштабируя снимок по рейке. В этом случае влияние размера пикселя может быть сведено до минимума, а также открыта видимость всей нижней части трубы (рис. 5б).

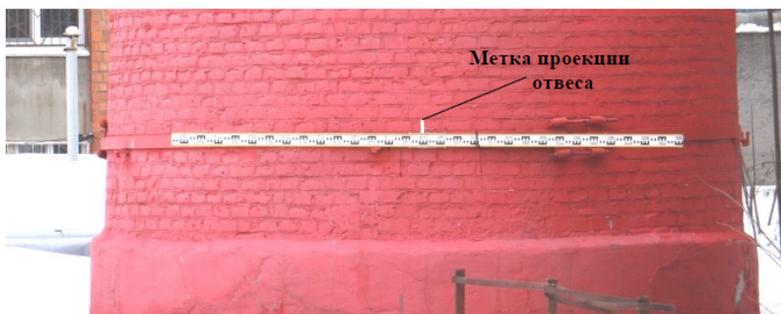


Рис. 8. Фотография трубы с рейкой и меткой с расстояния 3 м

Так, на фотографии трубы (рис. 8), обработанной в *Paint*, отсчет по левому концу рейки составил 1 241 пкс, по правому отсчет равен 4 266 пкс, длина рейки – 3 000 мм, следовательно размер одного пикселя будет равен  $3\,000 / (4\,266 - 1\,241) = 0,992$  мм/пкс.

В результате экспериментальных исследований ступенчатого фотографического способа было получено значение крена 17 мм, которое практически совпало с таковым, определенным линейно-угловым и координатным способами. При этом установлено, что погрешность определения крена за счет ошибки центрирования фотокамеры в новой точке равная 5 мм не превысит 1–2 мм [5].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеховцов, Г. А. Контроль пространственного положения и формы строительных конструкций с помощью неметрических цифровых камер : монография / Г. А. Шеховцов, О. В. Раскаткина ; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2017. – 118 с.



2. Раскаткина, О. В. Теоретические основы фотографического способа мониторинга крена высоких сооружений башенного типа / О. В. Раскаткина // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2017. – № 2. – С. 53–62.

3. Шеховцов, Г. А. О методике и результатах калибровки фотокамер с целью измерения расстояний / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, Ю. Н. Раскаткин // Геодезия и картография. – 2016. – № 2. – С. 46–53.

4. Раскаткина, О. В. Калибровка цифровой камеры по вертикальному базису с целью измерения расстояний / О. В. Раскаткина, Г. А. Шеховцов // Приоритетные направления развития науки и образования : материалы VII междунар. науч.-практ. конф., Чебоксары, 4 дек. 2015 г. – 2015. – № 4 (7). – С. 216–222.

5. Двухэтапный фотографический способ определения крена сооружений башенного типа / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, Д. П. Ивенин, О. В. Раскаткина // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2016. – № 4. – С. 14–20.

**SHEKHOVTSOV Gennady Anatolevich, doctor of technical sciences, professor of the chair of geoinformatics, geodesy and cadastre**

#### **ABOUT A STEP PHOTOGRAPHIC METHOD OF DETERMINING THE TILT OF INDUSTRIAL CHIMNEYS**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 434-05-26;  
e-mail: ing\_geod@nngasu.ru

*Key words:* tilt, photographic camera, reference line, pixel.

---

*The article presents a step photographic method of determining the tilt of industrial chimneys. The tilt of a chimney is determined in Paint by processing its images as the difference between the distances from the vertical line to the axis of the chimney on top and bottom. The optimal variant of the plumb position in the center of the chimney's top section is shown on the picture. By doing this, one eliminates the need to determine the size of one pixel on the top, and the effect of the pixel size downwards can be minimized by taking pictures of the chimney at a close distance. A device for stabilizing the camera during photographing the upper and lower parts of the chimney is proposed. The results of the determination of the chimney's tilt by a step method are presented that fully coincide with those defined by the linear-angular and coordinate methods.*

---

#### REFERENCES

1. Shekhovtsov G. A., Raskatkina O. V. Kontrol prostranstvennogo polozheniya i formy stroitelnykh konstruksiy s pomoschyu nemetricheskikh tsifrovyykh kamer [Control of the spatial position and shape of building structures using non-metric digital cameras]: monograph. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. NNGASU. 2017. 118 p.

2. Raskatkina O. V. Teoreticheskie osnovy fotograficheskogo sposoba monitoringa krena vysokikh sooruzheniy bashennogo tipa. [Theoretical foundations of photographic monitoring of tilt of tower-type structures]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2017. № 2. P. 53–62.

3. Shekhovtsov G. A., Shekhovtsova R. P., Raskatkin Yu. N. O metodike i rezultatakh kalibrovki fotokamer s tselyu izmereniya rasstoyaniy [The methodology and results of calibration of cameras to measure distances]. Geodeziya i kartografiya [Geodesy and cartography]. 2016. № 2. P. 46–53.

4. Raskatkina O. V., Shekhovtsov G. A. Kalibrovka tsifrovoy kamery po vertikalnomu bazisu s tselyu ismereniya rasstoyaniy [Calibration of a digital camera by a vertical basis with the aim



of measuring distances]. *Materialy VII mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya* [Proceedings of the VII Intern. scientific- practical conference: Priority directions of development of science and education]. Cheboksary. 4 Dek. 2015 g. 2015. № 4 (7). P. 216–222.

5. Shekhovtsov G. A., Shekhovtsova R. P., Ivenin D. P., Raskatkina O. V. Dvukhetapny fotograficheskiy sposob opredeleniya krena sooruzheniy bashennogo tipa [Two-stage photographic method of determining the heeling of tower-type structures]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2016. № 4. P. 14–20.

© Г. А. Шеховцов, 2018

Получено: 03.03.2018 г.

УДК 528.48

**Г. А. ШЕХОВЦОВ**, д-р техн. наук, проф. кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра; **Э. Ф. КОЧЕТОВА**, канд. техн. наук, доц. кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ МОСТОВЫХ КРАНОВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 434-05-26;  
эл. почта: ing\_geod@nngasu.ru

*Ключевые слова:* подкрановый путь, прямолинейность, ширина колеи, превышение, тахеометр, ошибка.

---

*Приведены результаты моделирования комплексного метода контроля плано-высотного положения подкрановых путей мостовых кранов, подтвердившие его высокую эффективность и точность. Показана методика использования клавиши SDh и ОНР тахеометра SET530R/R3 для непосредственного определения ширины колеи и превышения между контролируемыми точками подкрановых рельсов. Проведенные исследования точности позволяют рассчитать оптимальную методику съемки кранового пути.*

---

Для проверки соответствия геометрии подкрановых путей мостовых кранов требованиям нормативных документов [1, 2] предусмотрен систематический геодезический контроль плано-высотного положения рельсов. По информативности все методы геодезического контроля надземных подкрановых путей подразделяются на три группы:

1. Методы контроля планового положения подкрановых путей.
2. Методы контроля подкрановых путей по высоте.
3. Методы комплексного (одновременного) контроля подкрановых путей в плане и по высоте.

В связи с широким внедрением в практику инженерно-геодезических работ электронных тахеометров комплексный метод становится в настоящее время одним из основных. Он предусматривает в конечном итоге определение координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$  осевых точек подкрановых рельсов методом полярной пространственной



засечки [3, 4, 5]. По значениям  $x$  и  $y$  можно вычислить ширину колеи и проконтролировать прямолинейность рельсов, а по значениям  $z$  найти превышения между рельсовыми точками в ряду и пролете. Однако этим не ограничиваются возможности современных электронных тахеометров.

Так, например, в работах [6, 7] предлагается непосредственный способ определения ширины колеи и превышений электронным тахеометром, основанный на использовании его клавиши  $SDh$  и теоремы косинусов (рис. 1). Для этого, установив тахеометр в точке  $T$  и сориентировав его по линии  $TA$ , выводят с помощью клавиши  $SDh$  на экран дисплея горизонтальное проложение  $D_A$  и превышение  $h_A$ . Визируют на точку  $B$  и читают на экране значение горизонтального угла  $\beta$ , а при включенной клавише  $SDh$  – значения  $D_B$  и  $h_B$ . Горизонтальное проложение  $ab = L$  наклонной линии  $AB$  вычисляют по формуле косинусов:

$$L^2 = D_A^2 + D_B^2 - 2D_A D_B \cos \beta. \quad (1)$$

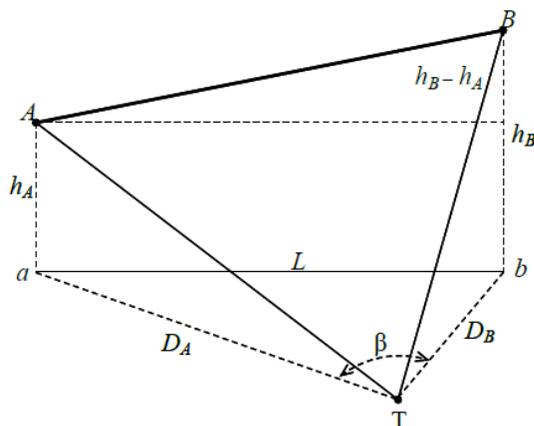


Рис. 1. Схема определения расстояний и превышений с использованием клавиши  $SDh$  тахеометра SET530R/R3

Точность определения  $L$  будет зависеть от точности измерения  $D_A$ ,  $D_B$  и угла  $\beta$ . Используя формулу (1) и приняв  $D_A = D_B = D$  и средние квадратические ошибки (СКО)  $m_{DA} = m_{DB} = m_D$ , получим несколько отличную от [7] формулу СКО определения  $L$ :

$$m_L^2 = \frac{L^2}{D^2} m_D^2 + \frac{1}{\rho^2} \left( D^2 - \frac{L^2}{4} \right) m_\beta^2, \quad (2)$$

где  $m_D$  и  $m_\beta$  – СКО измерения  $D$  и  $\beta$ .

По формуле (2) подсчитаны СКО  $m_L$  для различных  $L = 5; 10; 20; 30; 40$  м и различных соотношений  $L/D$  от 2,0 до 0,06 при  $m_D = 3$  мм и  $m_\beta = 5''$ . Полученные результаты представлены на графиках (рис. 2).

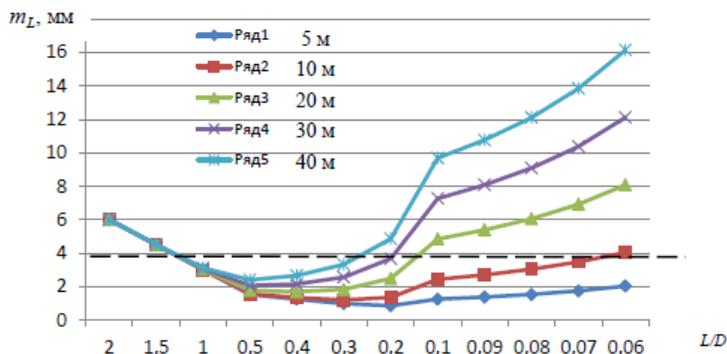


Рис. 2. Графики зависимости ошибки  $m_L$  от соотношения  $L/D$  для  $m_D = 3$  мм и  $m_p = 5''$

Правилами [1] регламентируется допуск  $d$  на сужение или уширение ширины колеи равный 15 мм. В работе [8] приведена методика перехода от нормативного допуска  $d$  к СКО геодезических измерений. По этой методике при наиболее употребительной степени вероятности 0,95 СКО  $m_L$  должна быть равна 3 мм.

На основании графиков на рис. 2 можно достичь точности  $m_L = 3$  мм (см. пунктирную линию на рисунке), при соотношении  $L/D = 1,0$  для всех  $L$  от 5 до 40 м. С уменьшением этого соотношения точность 3 мм может быть достигнута, если  $L/D \geq 0,35; 0,25; 0,2; 0,08; 0,04$  соответственно для  $L = 40; 30; 20; 10; 5$  м.

Наконец, по разности  $h_A$  и  $h_B$  можно найти превышение между точками  $A$  и  $B$ , а при необходимости вычислить наклонную длину  $AB$ .

Для непосредственного определения ширины колеи и превышений между нивелируемыми точками нами предлагается использовать клавишу ОНР тахеометра SET530R/R3 [9]. При этом можно действовать двояко.

В первом случае (рис. 3) визируют на начальную точку 0 и нажимают клавишу РАССТ на первой странице режима измерений P1. На экран выводятся результаты измерений. Для остановки измерений нажимают клавишу СТОП. Затем визируют на точку 1 и нажимают клавишу ОНР на третьей странице режима измерений P3. На экран выводятся значения наклонного расстояния  $S_1$ , горизонтального проложения  $D_1$  и превышения  $h_1$ .

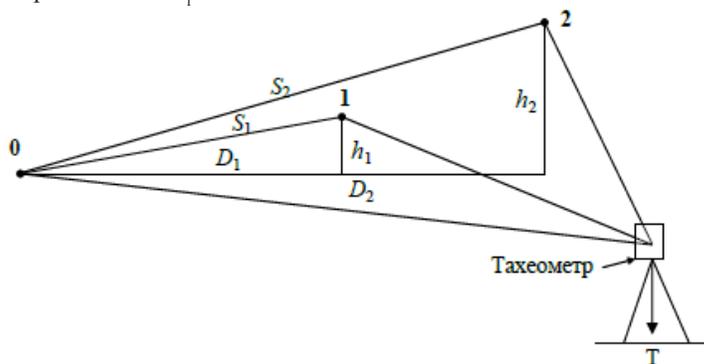


Рис. 3. Определение расстояний и превышений между начальной и другими точками с использованием клавиши ОНР

Наводят на следующую точку 2, нажимают клавишу ОНР и получают значения  $S_2$ ,  $D_2$  и  $h_2$  и т. д. Так можно определить взаимное положение между начальной и любыми другими точками. После нажатия клавиши СМЕНА последняя измеренная точка становится новой начальной точкой для следующих других точек.

Во втором случае (рис. 4), выполнив описанные выше действия по определению  $S_1$ ,  $D_1$  и  $h_1$ , нажимают клавишу СМЕНА, а затем клавишу ДА. Теперь точка 1 становится начальной. Визируют на точку 2, нажимают клавишу ОНР на третьей странице и получают значения  $S_2$ ,  $D_2$  и  $h_2$  и т. д.

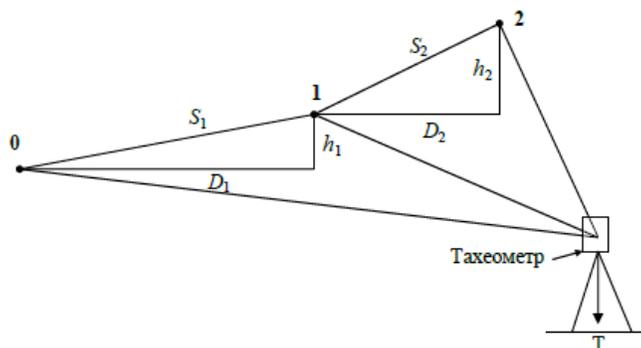


Рис. 4. Определение расстояний и превышений между соседними точками с использованием клавиши ОНР

Особый интерес представляет использование клавиши ОНР для одновременного определения ширины колеи и производства продольного и поперечного нивелирования подкрановых рельсов с измерением расстояния между соседними нивелируемыми точками.

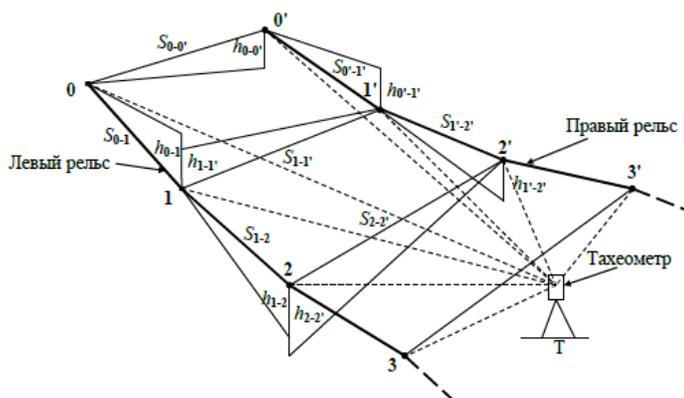


Рис. 5. Схема определения ширины колеи с одновременным нивелированием подкрановых рельсов с использованием клавиши ОНР

С целью проверки предлагаемой методики использования клавиши ОНР тахеометра SET530R/R3, было выполнено моделирование способа определения ширины колеи. В качестве модели выступали две параллельные линии В и Г (рис. 6). На этих линиях через 5 м были намечены точки 1, 2, 3, ..., 9 и 1', 2', 3', ..., 9', рас-

стояния между которыми  $S_{i-i'}$  были измерены лазерной рулеткой HD 150.

Эти же расстояния  $S_{1-1'}$ ,  $S_{2-2'}$ ,  $S_{3-3'}$ , ...,  $S_{9-9'}$  были измерены с помощью тахеометра, установленного в точке  $\Gamma$ , с использованием его клавиши ОНР по описанной выше методике. Результаты измерений представлены в табл. 1.

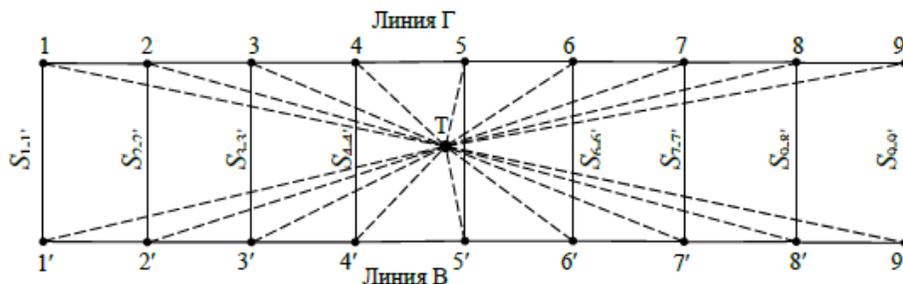


Рис. 6. Схема моделирования способа определения ширины колеи с помощью тахеометра и его клавиши ОНР

Таблица 1

**Результаты моделирования способа ОНР  
электронного тахеометра**

Измерение	$S_{1-1'}$	$S_{2-2'}$	$S_{3-3'}$	$S_{4-4'}$	$S_{5-5'}$	$S_{6-6'}$	$S_{7-7'}$	$S_{8-8'}$	$S_{9-9'}$
HD 150	1504	1496	1484	1484	1491	1501	1508	1512	1514
ОНР	1504	1495	1483	1484	1489	1501	1505	1511	1514
Разность	0	-1	-1	0	-2	0	-3	-1	0

Данные табл. 1 свидетельствуют о высокой точности предлагаемого способа использования программы ОНР электронного тахеометра для определения ширины колеи. Все измерения на контролируемом участке производятся с одной точки стояния прибора при произвольном его ориентировании.

Способность современных электронных тахеометров выдавать на экран монитора прямоугольные координаты точек съемки позволяет использовать их для определения ширины колеи. Для этого достаточно установить тахеометр в любом месте, с которого будут видны все точки контролируемого участка пути, и определить в любой условной системе их прямоугольные координаты  $x_{i-i'}$  и  $y_{i-i'}$ . Путем решения обратной геодезической задачи вычисляют величину  $D_{i-i'}$  горизонтального проложения (рис. 3, 4) между противоположными точками  $i$  и  $i'$ :

$$D_{i-i'} = \Delta x / \cos r = \Delta y / \sin r, \quad (3)$$

где  $\Delta x = x_{i'} - x_i$ ;  $\Delta y = y_{i'} - y_i$ ;  $\text{tgr} = \Delta y / \Delta x$ .

По схеме на рис. 6 было выполнено моделирование этого способа определения ширины колеи путем измерения в условной системе прямоугольных координат  $x_i$ ,  $y_i$  и  $x_{i'}$ ,  $y_{i'}$  точек 1, 2, 3, ..., 9 и 1', 2', 3', ..., 9'. Результаты измерений и вычислений представлены в табл. 2.



Таблица 2

**Результаты моделирования координатного способа  
определения ширины колеи**

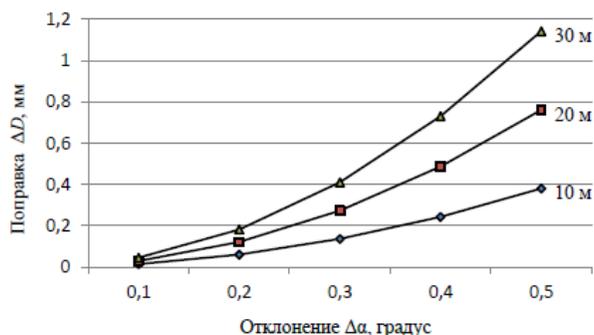
Про- лет	Координата, м				$D_r$ , мм	$HD$ , мм	$D-HD$ , мм	$\alpha$ , °	$\Delta\alpha$ , °
	$x_i$	$y_i$	$x_r$	$y_r$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-1'	31,279	33,785	32,425	32,811	1504	1504	0	319,63	+0,11
2-2'	27,963	30,041	29,104	29,077	1494	1496	-2	319,80	+0,28
3-3'	24,654	26,312	25,779	25,346	1483	1484	-1	319,33	-0,19
4-4'	21,337	22,574	22,464	21,606	1486	1484	+2	319,33	-0,19
5-5'	18,018	18,832	19,151	17,866	1489	1491	-2	319,55	+0,03
6-6'	14,701	15,097	15,842	14,120	1502	1501	+1	319,43	-0,09
7-7'	11,379	11,346	12,529	10,370	1508	1508	0	319,68	+0,16
8-8'	8,057	7,617	9,203	6,628	1514	1512	+2	319,20	-0,32
9-9'	4,742	3,854	5,896	2,876	1513	1514	-1	319,72	+0,20

Вычисленные по формуле (3) горизонтальные проложения ширины колеи (стб. 6 табл. 2) сравнивались с их значениями, измеренными лазерной рулеткой  $HD$  150 (стб. 7). Расхождения  $\Delta D = D - HD$  (стб. 8) составили от  $-2$  до  $+2$  мм. Это свидетельствует о том, что координатный способ определения ширины колеи дает практически одинаковые результаты по сравнению с непосредственным способом ее измерения.

В стб. 9 табл. 2 приведены дирекционные углы измеряемых пролетов, которые теоретически должны быть одинаковыми и контролировать перпендикулярность пролетов оси рельсового пути. В нашем примере за перпендикулярное оси пути направление принято среднее арифметическое значение  $\alpha$  равное  $319,52^\circ$ . Отклонения от этого направления  $\Delta\alpha$  приведены в стб. 10. Теоретически эти отклонения должны оказать влияние  $\Delta D$  (всегда со знаком «минус») на величину  $D$  определяемой ширины колеи:

$$\Delta D = D (1 - \cos \Delta\alpha). \quad (4)$$

По формуле (4) посчитаны поправки  $\Delta D$  для  $D = 10, 20, 30$  м и  $\Delta\alpha$  от  $0,1$  до  $0,5^\circ$ . Результаты расчетов иллюстрируются графиками на рис. 7.

Рис. 7. Графики зависимости  $\Delta D$  от  $\Delta\alpha$  для различных  $D$

На основании этих графиков можно утверждать, что даже при ширине колеи 30 м и отклонении  $\Delta\alpha$  на  $0,5^\circ$  поправка  $\Delta D$  составит всего 1,1 мм, и ее можно не учитывать, тем более при меньших значениях ширины колеи.

По методике (рис. 1) с использованием клавиши  $SDh$  было выполнено нивелирование двух линий В и Г (рис. 6), результаты которого представлены на рис. 8.

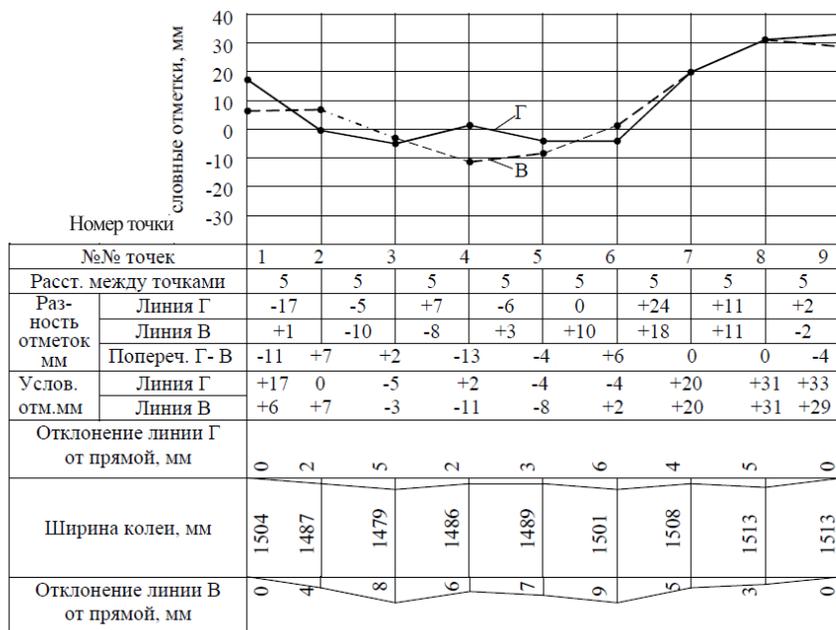


Рис. 8. График плано-высотного положения линий Г и В

В процессе моделирования (рис. 6) были определены прямоугольные координаты всех точек. По координатам  $x$  и  $y$  определялись графически и аналитически отклонения оси рельсов от прямой линии, а по координатам  $z$  (табл. 3) определялись условные отметки точек съемки. Для этого, приняв  $H_2 = 0$ , были вычислены условные отметки точек линии Г:  $H_i = z_i - z_2$  и линии В:  $H_i = z_i - z_2$  (табл. 3). Оформленные воедино эти данные представляют собой результат комплексного плано-высотного контроля линий Г и В (рис. 8). В настоящее время такие построения могут выполняться, например, с использованием лицензионной программы CREDO «Топоплан», CREDO «Расчет деформаций» и др.



Таблица 3

**Результаты моделирования координатного способа  
нивелирования рельсов**

Точка	Линия Г		Точка	Линия В	
	координата $z_p$ , м	отметка $H_p$ , мм		координата $z_p$ , м	отметка $H_p$ , мм
1	2	3	4	5	6
1	20,020	+17	1'	20,008	+5
2	20,003	0	2'	20,008	+5
3	19,997	-6	3'	20,000	-3
4	20,000	-3	4'	19,991	-12
5	19,999	-4	5'	19,994	-9
6	20,000	-3	6'	20,004	+1
7	20,021	+18	7'	20,022	+19
8	20,033	+30	8'	20,034	+31
9	20,036	+33	9'	20,032	+29

По схеме на рис. 5 было выполнено нивелирование линий В и Г с использованием клавиши ОНР тахеометра. Для этого были последовательно определены превышения между точкой 2 и всеми остальными. Эти превышения были приняты за условные отметки всех точек съемки. И, наконец, все точки линий В и Г были пронивелированы обычным способом геометрического нивелирования.

По результатам нивелирования были подсчитаны условные отметки всех точек, которые сведены в табл. 4. При этом везде отметка точки 2 была принята равной нулю. Кроме того, были найдены отклонения отметок, полученных способами  $SDh$ , ОНР и  $Z$ , от полученных с помощью нивелира.

Таблица 4

**Результаты нивелирования различными способами**

Точка	Отметки точек линии Г, мм				Точка	Отметки точек линии В, мм			
	клавиша		координата $Z$	нивелир		клавиша		координата $Z$	нивелир
	$SDh$	ОНР				$SDh$	ОНР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$\frac{+17}{+2}$	$\frac{+14}{-2}$	$\frac{+17}{+2}$	+15	1'	$\frac{+6}{+1}$	$\frac{+3}{-2}$	$\frac{+5}{0}$	+5
2	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	0	2'	$\frac{+7}{+2}$	$\frac{+6}{+2}$	$\frac{+5}{0}$	+5
3	$\frac{-5}{0}$	$\frac{-3}{+2}$	$\frac{-6}{-1}$	-5	3'	$\frac{-3}{-1}$	$\frac{0}{-2}$	$\frac{-3}{-1}$	-2
4	$\frac{+2}{+3}$	$\frac{+1}{+2}$	$\frac{-3}{-2}$	-1	4'	$\frac{-11}{-1}$	$\frac{-8}{+2}$	$\frac{-12}{-2}$	-10
5	$\frac{-4}{-1}$	$\frac{-2}{+1}$	$\frac{-4}{-1}$	-3	5'	$\frac{-8}{-2}$	$\frac{-4}{+2}$	$\frac{-9}{-3}$	-6
6	$\frac{-4}{-4}$	$\frac{-2}{-2}$	$\frac{-3}{-3}$	0	6'	$\frac{+2}{-3}$	$\frac{+6}{+1}$	$\frac{+1}{-4}$	+5



Окончание таблицы

Точка	Отметки точек линии Г, мм				Точка	Отметки точек линии В, мм			
	клавиша		координата Z	нивелир		клавиша		координата Z	нивелир
	SDh	ОНП				SDh	ОНП		
7	$\frac{+20}{-4}$	$\frac{+24}{0}$	$\frac{+18}{-6}$	+24	7'	$\frac{+20}{-5}$	$\frac{+24}{-1}$	$\frac{+19}{-6}$	+25
8	$\frac{+31}{-2}$	$\frac{+33}{0}$	$\frac{+30}{-3}$	+33	8'	$\frac{+31}{-3}$	$\frac{+34}{0}$	$\frac{+31}{-3}$	+34
9	$\frac{+33}{-3}$	$\frac{+35}{-1}$	$\frac{+33}{-3}$	+36	9'	$\frac{+29}{-2}$	$\frac{+32}{+1}$	$\frac{+29}{-2}$	+31

Примечание. В числителе – условные отметки в мм, в знаменателе – их отклонения от результатов, полученных с помощью нивелира

По данным табл. 4 построены продольные профили по линиям Г и В (рис. 9 и 10), которые наглядно иллюстрируют хорошую сходимость результатов нивелирования между собой. Этот вывод подтверждается также величиной отклонений условных отметок, полученных различными способами, от отметок, полученных геометрическим нивелированием. Эти отклонения составили в среднем 2 мм, 1 мм и 2 мм соответственно для SDh, ОНП и Z.

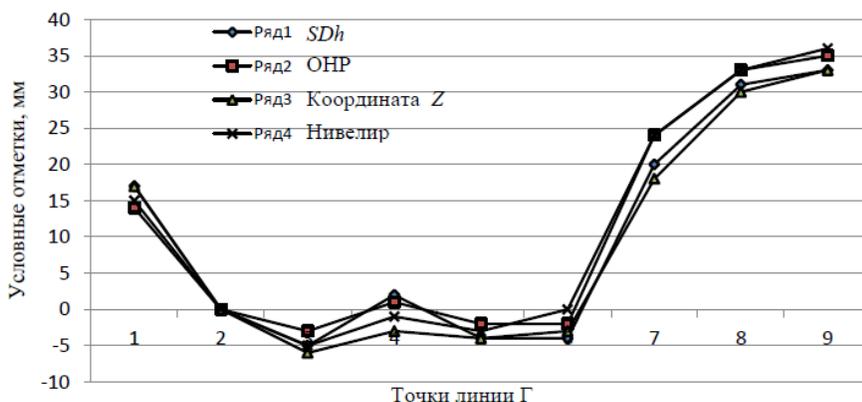


Рис. 9. Продольные профили по линии Г

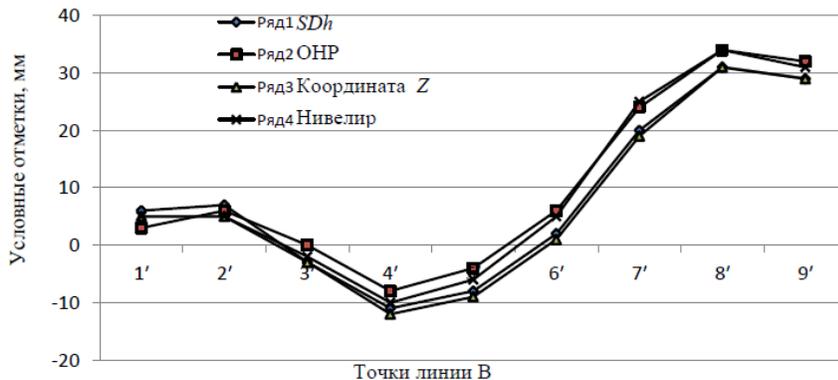


Рис. 10. Продольные профили по линии В



В заключение отметим, что рассмотренные в статье способы контроля пространственного положения путей мостового крана с помощью электронного тахеометра позволяют совместить три отдельных операции: определение ширины колеи подкранового пути, определение непрямолинейности рельсов и их нивелирование. Результаты моделирования подтверждают высокую точность и эффективность этой методики.

Следует сказать, что ширина колеи подкранового пути является наиболее ответственным параметром, подлежащим контролю. С этих позиций проведенные исследования точности ее определения новыми методами позволяют рассчитать оптимальную методику съемки кранового пути.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов : утв. Госгортехнадзором Рос. Федерации 30.12.1992. – Москва : НПО ОБТ, 1993. – 235 с.
2. РД 10-138-97. Комплексное обследование крановых путей грузоподъемных машин : утв. постановлением Госгортехнадзора Рос. Федерации от 28.03.1997 № 14 : введ. 20.04.2000. – Москва [б. и.], 1997. – 38 с.
3. Bryś, H. Meßverfahren zum Bestimmen der Geometrie der Verformung von Brückenkran und Kranbahnschienen / H. Bryś // Allg. Vermess.-Nachr. – 2000. – Vol. 107, № 11-12. – P. 391–396.
4. Klein, K.-H. Zur Forderung der qualitatwwirksamen Potenziale der Ingenieurvermessung bei der Qualitätssicherung von Kranbahnen / K.-H. Klein // Allg. Vermess.-Nachr. – 2001. – Vol. 108, № 3. – P. 91, 92, 94–100.
5. Пимшин, Ю. И. Контроль прямолинейности и горизонтальности подкрановых путей / Ю. И. Пимшин, А. Р. Губеладзе, И. Ю. Пимшин // Сборник научных трудов / Ростов. гос. строит. ун-т. – Ростов на Дону, 2002. – С. 19–29. – Деп. в ВИНТИ 05.12.02, № 2100-В2002.
6. Раскаткин, Ю. Н. Контроль пространственного положения путей мостового крана с помощью электронного тахеометра и его клавиши *SDh* / Ю. Н. Раскаткин // Сборник трудов аспирантов и магистрантов. Технические науки / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2013. – С. 217–221.
7. Раскаткин Ю. Н. Определение недоступного расстояния электронным тахеометром с использованием клавиши *SDh* / Ю. Н. Раскаткин // Промышленная безопасность : сб. ст. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2013. – С. 151–155.
8. Шеховцов, Г. А. Современные методы геодезического контроля ходовой части и путей мостовых кранов : монография / Г. А. Шеховцов ; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 1999. – 164 с.
9. Шеховцов, Г. А. О нивелировании с использованием клавиш *SDH* и ОНР электронного тахеометра при экспертизе промышленной безопасности инженерных сооружений / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, Д. П. Ивенин // Промышленная безопасность : сб. ст. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2014. – С. 46–51.

**SHEKHOVTSOV Gennady Anatolevich, doctor of technical sciences, professor of the chair of geoinformatics, geodesy and cadastre; KOCHETOVA Eleonora Fyodorovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of geoinformatics, geodesy and cadastre**

#### MODERN METHODS OF GEODETIC CONTROL OF CRANE TRACKS OF BRIDGE CRANES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 434-05-26;  
e-mail: ing\_geod@nngasu.ru  
*Key words:* crane path, alignment, track width, overshoot, total station, error.



*The article presents the results of modeling a complex method of control of the planned-height position of crane tracks of bridge cranes, which confirmed its high efficiency and accuracy. The technique of using the SDh and ONR keys of the total station SET530R/R3 for direct determination of the gauge width and excess between the controlled points of crane rails is shown. The conducted research of accuracy allows calculating the optimal method of crane track survey.*

#### REFERENCES

1. Pravila ustroystva i bezopasnoy ekspluatatsii gruzopodyomnykh kranov [Rules of installation and safe operation of cranes]: utv. Gosgortekhnadzorom Ros. Federatsii 30.12.1992. Moscow, NPO OBT, 1993, 235 p.
2. RD 10-138-97. Kompleksnoe obsledovanie kranovykh putey gruzopodyomnykh mashin [Comprehensive survey of crane tracks of lifting machines]: utv. Postanovleniem Gosgortekhnadzora Ros. Federatsii ot 28.03.1997 № 14 : vved. 20.04.2000. Moscow, 1997, 38 p.
3. Brys H. Meßverfahren zum Bestimmen der Geometrie der Verformung von Brückran und Kranbahnschienen // Allg. Vermess.- Nachr. 2000. 107. № 11–12. P. 391–396.
4. Klein K.-H. Zur Forderung der qualitatwirksamen Potenziale der Ingenieurvermessung bei der Qualitätssicherung von Kranbahnen. Allg. Vermess.- Nachr. 2001. 108. № 3. P. 91, 92, 94–100.
5. Pimshin Yu. I., Gubeladze A. R., Pimshin I. Yu. Kontrol pryamolineynosti i gorizontálnosti podkranovykh putey [Control of straightness and horizontality of crane tracks]. Sbornik nauchnykh trudov [Collected scientific articles]. Rostov. gos. stroit. un-t. Rostov-on-Don. 2002. P. 18–31. Dep. v VINITI 05.12.2002, №. 2100-B2002.
6. Raskatkin, Yu. N. Kontrol prostranstvennogo polozheniya putey mostovogo krana s pomoschyu elektronnoy takheometra i ego klavishi SDh [Control of the spatial position of the tracks of a bridge crane with the help of an electronic total station and its SDh key]. Collected works of graduate and undergraduate students. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2013. P. 217–221.
7. Raskatkin Yu. N. Opredelenie nedostupnogo rasstoyaniya elektronnyim takheometrom s ispolzovaniem klavishi SDh [Determination of inaccessible distances by an electronic total station with the use of the SDh key]. Promyshlennaya bezopasnost: sb. st. Industrial safety: collected articles. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2013. P. 151–155.
8. Shekhovtsov G. A. Sovremennyye metody geodezicheskogo kontrolya khodovoy chasti i putey mostovykh kranov [Modern methods of geodetic control of the chassis and the tracks of overhead travelling cranes]: monograph. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod : NNGASU. 1999. 164 p.
9. Shekhovtsov G. A., Shekhovtsova R. P., Ivenin D. P. O nivelirovaniy s ispolzovaniem klavish SDH i ONR elektronnoy takheometra pri ekspertize promyshlennoy bezopasnosti inzhenernykh sooruzheniy [About the leveling with the use the SDH and ONR keys of an electronic total station during examination of industrial safety of engineering structures]. Promyshlennaya bezopasnost: sb. st. Industrial safety: collected articles. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2014. P. 46–51.

© Г. А. Шеховцов, Э. Ф. Кочетова, 2018

Получено: 09.06.2018 г.



УДК 699.844

С. А. ПАУЗИН, канд. техн. наук, доц. кафедры архитектуры

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ОБЛЕГЧЕННЫХ ОРТОТРОПНЫХ  
ОГРАЖДЕНИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;  
эл. почта: k-archi@yandex.ru

*Ключевые слова:* ортотропная ограждающая конструкция, звукоизоляция, уникальные здания, высотные здания, противопожарная преграда.

---

*Проанализированы результаты экспериментальных исследований звукоизоляции многослойных ограждений с ортотропными слоями. Показано преимущество использования таких конструкций в качестве ограждающих элементов в высотных зданиях с точки зрения защиты от шума.*

---

В нашей стране в последние годы набирает темп строительство жилых и общественных зданий повышенной этажности и высотных. Уже не удивляют жилые дома с числом этажей 16, 19 и даже 25. Подобные здания группируются в новые жилые комплексы, как правило, на некотором удалении от существующих микрорайонов. В таких жилых комплексах присутствуют блоки первичного обслуживания – небольшие магазины, кафе, детские сады – и их проектирование и строительство позволяют решить проблему расселения людей из аварийных и ветхих домов, обеспечить жильем молодые семьи. Перед проектировщиками жилых комплексов, состоящих из высотных зданий, стоит ряд важных задач, каждая из которых сопряжена с обеспечением безопасного и комфортного проживания всех находящихся в них людей. Выделим из общего перечня проблем две. В первую очередь это обеспечение требований пожарной безопасности. Жилые высотные здания располагаются чаще всего на достаточном удалении от существующих пожарных частей, доступ пожарных подразделений к очагам пожаров, расположенных на верхних этажах, требует большего количества времени, увеличивается время эвакуации. Все это приводит к необходимости применения конструкций с повышенными значениями пределов их огнестойкости, как того требует свод правил [1]. Желательно увеличивать пределы огнестойкости несущих конструкций для лучшей локализации очагов возгораний.

Высотное здание рождает и другую проблему, которую мы хотели бы выделить в числе приоритетных. Это общее увеличение шумового фона по причине сосредоточения большого количества проживающих в здании. Высотные здания планировочно чаще всего наполняют однокомнатными квартирами или квартирами-студиями. Каждая квартира при этом имеет свой полный самостоятельный набор источников шума – бытовая техника, приборы, инструменты. Кроме этого обеспечение функционирования высотного здания требует наличия большего числа единиц инженерного оборудования (лифтов, насосов и т. п.), что также вносит свой вклад в шумовой режим. Следовательно, ограждающие конструкции планировочных элементов должны обладать некоторым «запасом» звукоизоляции для обеспечения акустического комфорта жителей.

Кроме того, при обеспечении противопожарных и санитарных требований нельзя забывать и о технических требованиях. Все ограждающие конструкции должны по возможности обладать как можно меньшей массой по сравнению с традиционными конструктивными решениями с применением искусственных каменных материалов, в том числе газо- и пенобетонных блоков.

Возможным решением указанных проблем может служить применение конструкций облегченных перегородок, содержащих в составе слоев ортотропные элементы, а именно стальной профилированный лист. Данные ограждения обладают значительно меньшей по сравнению с традиционными конструкциями массой. Например, конструкция, состоящая из каркаса (ортотропного слоя) из профилированного стального листа Н57-0,7, двойных облицовок из гипсоволокнистых листов (ГВЛ) по 12,5 мм и заполнения полостей минеральной ватой, имеет поверхностную массу около 65 кг/м<sup>2</sup>. Схема конструкции такой перегородки показана на рис. 1.

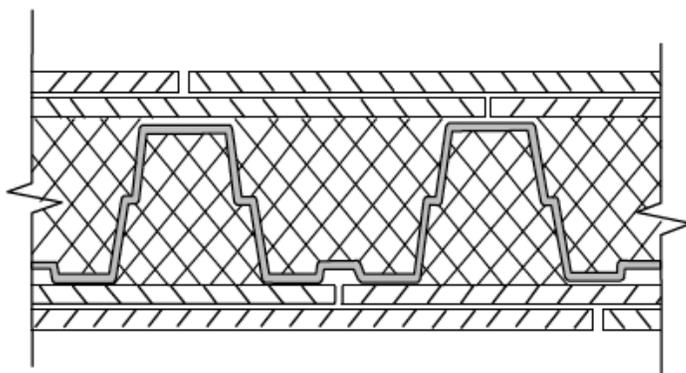


Рис. 1. Схема ортотропного ограждения

В соответствии со сводом правил [2] предел огнестойкости конструкций, облицованных двумя слоями ГВЛ, с каркасом из тонкостенных металлических профилей составляет EI90, что соответствует требуемым пожарным характеристикам для противопожарных перегородок 1 типа.

Звукоизоляция облегченных перегородок с ортотропным слоем была исследована в лаборатории акустики ННГАСУ в соответствии с ГОСТ 27296-2012 [3]. Результаты измерений представлены на рис. 2.

Анализируя представленные частотные характеристики звукоизоляции, можно отметить, что намного более тяжелая конструкция (кирпичная стена 250 мм, масса около 450 кг/м<sup>2</sup>) не имеет существенных преимуществ в звукоизоляции перед предложенным конструктивным решением перегородки с ортотропным слоем, а перегородка сопоставимой толщины (120 мм кирпичной кладки, масса около 220 кг/м<sup>2</sup>) проигрывает практически во всем диапазоне частот.

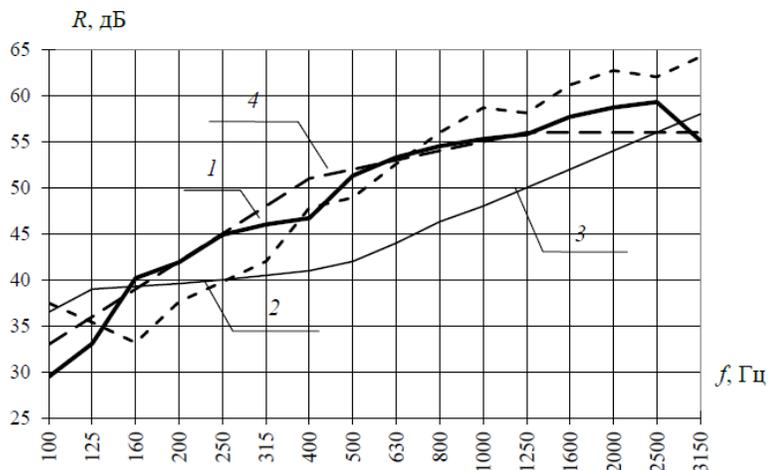


Рис. 2. Частотные характеристики звукоизоляции ограждений: 1 – запроектированная каркасно-обшивная перегородка; 2 – перегородка из силикатного кирпича толщиной 250 мм; 3 – перегородка из силикатного кирпича толщиной 120 мм; 4 – нормативный спектр по СП 51.13330

Индекс изоляции воздушного шума ортотропной конструкции по результатам лабораторных измерений составил 53 дБ, что дает возможность широкого ее применения при возведении зданий различного назначения.

Обобщенные данные по различным значимым характеристикам перегородок приведены в таблице.

### Сравнительные характеристики перегородок

Описание конструкции перегородки	Поверхностная масса, кг/м <sup>2</sup>	Предел огнестойкости, мин	Индекс изоляции воздушного шума, $R_w$ , дБ
1. Кладка из силикатного кирпича, толщина 120 мм	220	EI 150	47
2. Кладка из силикатного кирпича, толщина 250 мм	450	EI 330	52
3. Перегородка из газосиликатных блоков D500, толщина 100 мм	50	EI 120 (по данным [8])	32 (по данным [8])
4. Перегородка из газосиликатных блоков D500, толщина 300 мм	150	REI 240 (по данным [8])	42 (по данным [8])
5. Перегородка с ортотропным слоем общей толщиной 107 мм	65	EI 90	53

По результатам сравнительного анализа можно видеть, что разработанные новые типы звукоизолирующих перегородок перспективны для использования при



проектировании высотных зданий по комплексу параметров – низкая масса, высокий предел огнестойкости, высокие значения звукоизоляции.

*Исследование выполнено за счет средств Государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы в рамках Плана фундаментальных научных исследований Минстроя России и РААСН, раздел тематики научных исследований № 7.6, тема 7.6.15, название темы: «Исследование резонансного и инерционного механизма прохождения звука через новые типы многослойных изотропных и ортотропных ограждающих конструкций для уникальных зданий и разработка теоретических методов расчета их звукоизоляции».*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 267.1325800.2016. Здания и комплексы высотные. Правила проектирования [Электронный ресурс] : утв. М-вом стр-ва и жилищно-комму. хоз-ва Рос. Федерации 30.12.2016 : ввод в д. 01.07.2017. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. Технические нормы и правила.
2. СП 163.1325800.2014. Конструкции с применением гипсокартонных и гипсоволокнистых листов. Правила проектирования и монтажа [Электронный ресурс] : утв. М-вом стр-ва и жилищно-комму. хоз-ва Рос. Федерации 07.04.2014 : ввод в д. 01.10.2014. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. Технические нормы и правила.
3. ГОСТ 27296-2012. Здания и сооружения. Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций [Электронный ресурс]. – Взамен ГОСТ 27296-87 и ГОСТ 24210-80 ; введ. в д. 01.01.2014. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. Технические нормы и правила. – (Межгосударственный стандарт).
4. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [Электронный ресурс] : утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 28.12.2010 : ввод в д. 20.05.2011 : [ред. от 05.05.2017]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. Технические нормы и правила.
5. PORITEP: пожаробезопасный лидер // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2014. – № 6. – С.14–15.
6. Борыс, А. П. Экспериментальное определение огнезащитной способности газобетона / А. П. Борыс, Р. Б. Веселивский, А. П. Половко // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2014. – Т. 2, № 9. – С. 57–60.
7. Ройтман, В. М. Необоснованное завышение требований норм и СТУ по пределам огнестойкости ряда конструкций высотных зданий / В. М. Ройтман, Т. Ф. Фирсова // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2017. – № 2 – С. 59–62.
8. Парута, В. А. Руководство по проектированию и возведению зданий и сооружений с использованием изделий торговой марки UDK GAZBETON / В. А. Парута, Е. В. Брынзин. – Днепропетровск : ЮДК, 2010. – 142 с.

**PAUZIN Sergey Aleksandrovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of architecture**

#### **DESIGN OF THE INTERNAL FACILITATED ORTHOTROPIC ENCLOSURES OF HIGH RISE BUILDINGS**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, P'inskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;  
e-mail: k-arhi@yandex.ru

*Key words:* orthotropic enclosure structure, sound insulation, unique buildings, high-rise buildings, fire-prevention barrier.



*The article analyzes the results of experimental studies of sound insulation of multilayered enclosures with orthotropic layers. The advantage of use of such designs as noise protecting enclosures in high-rise buildings is shown.*

## REFERENCES

1. SP 267.1325800.2016 Zdaniya i komplekсы vysoknye. Pravila proektirovaniya [High rise buildings and complexes. Design rules]: utv. M-vom str-va i zhilishchno-kommun. khoz-va Ros. Federatsii 30.12.2016 : vvod v d. 01.07.2017. Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. Tekhnicheskie normy i pravila.
2. SP 163.1325800.2014 Konstruktsii s primeneniem gipsokartonnykh i gipsovoloknistykh listov. Pravila proektirovaniya i montazha. [The designs with application of gypsum plasterboards and gypsum fiber sheets. Terms of design and installation]. [Elektronny resurs]: utv. M-vom str-va i zhilishchno-kommun. khoz-va Ros. Federatsii 07.04.2014: vvod v d. 01.10.2014. Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. Tekhnicheskie normy i pravila.
3. GOST 27296-2012 Zdaniya i sooruzheniya. Metody izmereniya zvukoizolyatsii ograzhdayuschikh konstruktsiy [Buildings and constructions. Methods for measurement of sound insulation of protecting designs]. [Elektronny resurs]. Vzamen GOST 27296-87 i GOST 24210-80 : vvod. v d. 01.01.2014. Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. Tekhnicheskie normy i pravila. (Mezhgosudarstvenny standart).
4. SP 51.13330.2012 Zashchita ot shuma [Sound protection]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-03-2003 [Elektronny resurs] : utv. M-vom region. razvitiya Ros. Federatsii 28.12.2010 : vvod v d. 20.05.2011 : [red. ot 05.05.2017]. Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. Tekhnicheskie normy i pravila.
5. PORITEP: pozharobezopasny lider [PORITEP: a fireproof leader]. Stroitelnye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka [Construction materials, equipment, technologies of the XXI century], 2014. № 6. P. 14–15.
6. Borys A. P., Veselivsky R. B., Polovko A. P. Eksperimentalnoe opredelenie ognезaschitnoy sposobnosti gazobetona [Experimental determination of fireproofing ability of aerated concrete]. Chrezvychaynye situatsii: obrazovanie i nauka [Emergency situations: science and education], 2014. Vol. 2. № 9. P. 57–60.
7. Roytman V. M, Firsova T. F. Neobosnovannoe zavyschenie trebovaniy i norm po predelam ognestoykosi ryada konstruktsiy vysoknykh zdaniy [Unjustified overstatement of regulations and special technical regulations for fire resistance of a number of constructions of high-rise buildings]. Pozhary i chrezvychaynye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiya [Fires and emergencies: prevention, elimination], 2017. № 2. P. 59–62.
8. Paruta V. A., Brynzin E. V. Rukovodstvo po proektirovaniyu i vozvedeniyu zdaniy i sooruzheniy s ispolzovaniem izdeliy torgovoy marki UDK GAZBETON [The guide to design and construction of buildings and constructions with use of UDK GAZBETON products]. Dnepropetrovsk: UDK, 2010. 142 p.

© С. А. Паузин, 2018

Получено: 05.07.2018 г.

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 536.7

Л. М. ДЫСКИН, д-р техн. наук, проф. кафедры отопления и вентиляции;  
И. П. ГРИМАЛОВСКАЯ, канд. техн. наук, доц. кафедры отопления и вентиляции

## ЭКСЕРГИЯ СЖАТОГО ВОЗДУХА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-85;

эл. почта: kov@nngasu.ru

*Ключевые слова:* эксергия, сжатый воздух, энтальпия, теплота, изобарное охлаждение, работа.

*Рассмотрены процессы подготовки сжатого воздуха, включая его сжатие и охлаждение. Представлены уравнения для определения величины эксергии (работоспособности) сжатого воздуха.*

Сжатый воздух широко используют в различных отраслях промышленности, на транспорте, в строительстве. Исходный атмосферный воздух после его сжатия в компрессоре обычно охлаждают до начальной температуры с целью уменьшения его влагосодержания. Процессы подготовки сжатого воздуха показаны на рис. 1.

В процессе 1-2 атмосферный воздух адиабатно сжимают с повышением его давления и температуры от начальных  $p_1$ ,  $T_1$  до конечных  $p_2$ ,  $T_2$ . В процессе 2-3 сжатый и нагретый воздух изобарно охлаждают до температуры  $T_3$ , равной исходной температуре  $T_1$ .

В процессе 1-2 адиабатного сжатия к воздуху подводят внешнюю энергию в виде технической работы  $l_{T(1-2)}$ , равную

$$l_{T(1-2)} = h_2 - h_1, \quad (1)$$

где  $h_1$  и  $h_2$  – энтальпия воздуха до и после его адиабатного сжатия соответственно.

В процессе 2-3 изобарного охлаждения от сжатого воздуха отводят энергию в виде теплоты  $q_{2-3}$ , равную

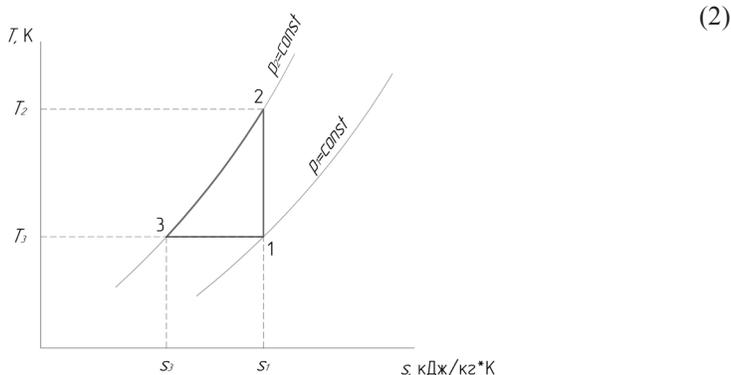


Рис. 1. Процессы подготовки сжатого воздуха: 1-2 – адиабатное сжатие, 2-3 – изобарное охлаждение, 3-1 – изотермическое расширение



Поскольку  $T_3 = T_1$ , то энтальпия  $h_3 = h_1$ . Следовательно, по абсолютной величине  $l_{T(1-2)} = q_{2,3}$ . Это означает, что количество внешней энергии, подводимой к воздуху, равно количеству энергии, отводимой от воздуха. Кроме того, из-за равенства температур  $T_3 = T_1$  равны и внутренние энергии  $u_3 = u_1$ , т. е. внутренняя энергия сжатого и охлажденного до начальной температуры воздуха равна внутренней энергии исходного атмосферного воздуха.

Возникает парадоксальный вопрос: за счет чего сжатый и охлажденный воздух совершает полезную работу при его использовании в пневмомеханизмах и пневмоинструментах? По этому поводу в работе [1] довольно туманно говорится: «Если, например, рассматривается сжатый воздух при температуре окружающей среды, то часто все-таки говорят об «энергии» этого воздуха, несмотря на то, что с точки зрения термодинамики разница между этой энергией и энергией атмосферного воздуха равна нулю».

Данный парадокс можно объяснить, используя понятие эксергии (работоспособности) термодинамической системы. Эксергия системы при любом ее состоянии определяется известным уравнением [2]:

$$e = h - h_0 - T_0 (s - s_0), \quad (3)$$

где индексом «0» отмечены параметры системы (в нашем случае воздуха) при давлении  $p_0$  и температуре  $t_0$  окружающей среды.

Эксергия исходного воздуха в точке 1:

$$e_1 = h_1 - h_0 - T_0 (s_1 - s_0). \quad (4)$$

Эксергия сжатого воздуха в точке 3:

$$e_3 = h_3 - h_0 - T_0 (s_3 - s_0). \quad (5)$$

Поскольку  $h_1 = h_3$ , а энтропия  $s_1 > s_3$  величина эксергии  $e_3 > e_1$ . Разность этих эксергий составляет

$$\Delta e = e_3 - e_1 = T_0 (s_1 - s_3), \quad (6)$$

то есть равна теплоте, а, следовательно, работе изотермического процесса расширения 3-1 при условии  $T_3 = T_1 = T_0$ .

Очевидно, что эксергия (работоспособность) воздуха увеличивается за счет внешней энергии, затрачиваемой на его сжатие.

В работе [3] показано, что полная эксергия равна сумме ее термической и механической составляющих

$$e = e_T + e_M. \quad (7)$$

Термическая составляющая эксергии:

$$e_T = c_p (T - T_0) \eta_{TK}, \quad (8)$$

где  $c_p$  – изобарная теплоемкость воздуха,  $\eta_{TK}$  – термический КПД цикла Карно, совершаемого в интервале температур  $T_{cp} - T_0$  при средней температуре подвода теплоты  $T_{cp} = (T - T_0) / \ln(T/T_0)$ .

Механическая составляющая эксергии:

$$e_M = RT_0 \ln p/p_0. \quad (9)$$



Используя уравнения (7), (8), (9), получим для состояния 1 (рис. 1):

$$e_1 = c_p (T_1 - T_0) \eta_{TK} + RT_0 \ln p_1/p_0. \quad (10)$$

Эксергия сжатого и охлажденного до начальной температуры воздуха состояния 3 (рис. 1) определяется уравнением

$$e_3 = c_p (T_3 - T_0) \eta_{TK} + RT_0 \ln p_3/p_0. \quad (11)$$

Из уравнений (10) и (11) с учетом равенства  $T_1 = T_3$ , получим:

$$\Delta e = e_3 - e_1 = RT_0 \ln p_2/p_1. \quad (12)$$

Таким образом, эксергия сжатого и охлажденного до начальной температуры воздуха определяется уравнением

$$e_3 = e_1 + RT_0 \ln p_2/p_0. \quad (13)$$

где величина  $RT_0 \ln p_2/p_1$  равна разности механических составляющих эксергии воздуха в точках 3 и 1 и одинакова при любых температурах  $T_3 = T_1$ .

Если  $p_1 = p_0$ ,  $T_1 = T_0$ , то  $e_1 = e_0 = 0$  и эксергия

$$e_3 = RT_0 \ln p_2/p_0. \quad (14)$$

Последнее уравнение определяет величину работы, которую совершает сжатый и охлажденный до начальной температуры воздух при его расширении до параметров окружающей среды.

Следует отметить, что эксергия  $e_2$  сжатого, но не охлажденного воздуха (точка 2 на рис. 1), больше эксергии  $e_3$  охлажденного сжатого воздуха на величину термической составляющей эксергии  $e_{T_2}$ , определяемой уравнением (8), в котором  $T = T_2$ :  $e_2 = e_3 + e_{T_2}$ . Следовательно, работа неохлажденного сжатого воздуха состояния 2 больше работы охлажденного сжатого воздуха состояния 3 на величину  $e_{T_2}$  и равна по величине технической работе  $l_{T(1-2)}$ , затраченной на сжатие воздуха.

### Выводы

Эксергия воздуха при повышении его давления увеличивается за счет затраченной внешней энергии. Максимальную эксергию при заданном конечном давлении имеет адиабатно сжатый неохлажденный воздух. Эксергия сжатого и охлажденного до начальной температуры воздуха меньше эксергии неохлажденного воздуха на величину термической составляющей его эксергии, но больше эксергии исходного атмосферного воздуха на величину механической составляющей. Работоспособность сжатого охлажденного воздуха численно равна работе (теплоте) изотермического процесса перехода его в состояние, равновесное с окружающей средой.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаргут, А. Эксергия / А. Шаргут, Р. Петелла. – Москва : Энергия, 1968. – 280 с.
2. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. – Москва : МЭИ, 2008. – 496 с.
3. Соколов, Е. Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения / Е. Я. Соколов, В. М. Бродянский. – Москва : Энергоиздат, 1981. – 320 с.



**DYSKIN Lev Matveevitch, doctor of technical sciences, professor of the chair of heating and ventilation; GRIMALOVSKAYA Irina Pavlovna, candidate of technical sciences, assistant professor of the chair of heating and ventilation**

### **EXERGY COMPRESSED AIR**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-85;  
e-mail: kov@nngasu.ru

*Key words:* exergy, compressed air enthalpy, heat, isobaric cooling, work.

---

*The article discusses processes of preparation of compressed air, including its compression and cooling. Equations for determining the amount of exergy (working capacity) of compressed air are presented.*

---

### REFERENCES

1. Shargut A., Petella R. Eksergia [Exergy]. Moscow: Energy, 1968. 280 p.
2. Kirillin V. A., Sychev V. V., Sheyndlin A. E. Tehnicheskaya termodinamika [Engineering Thermodynamics]. Moscow: Publishing House MEI, 2008. 496 p.
3. Sokolov E. J., Brodyansky B. M. Energeticheskie osnovy transformaciyi tepla i processov ohlagdeniya [Energy Heat basics of transformation and cooling processes]. Moscow: Energoizdat, 1981. 320 p.

© **Л. М. Дыскин, И. П. Грималовская, 2018**

Получено: 09.06.2018 г.



УДК 662.638+662.637

Р. В. КОНДРАТЬЕВ, аспирант кафедры теплогазоснабжения

**ПРЕДПОПОННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К  
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТВЕРДОГО ВИДА ТОПЛИВА (ТОРФ, ДРЕВЕСНЫЕ  
ОТХОДЫ) С ВЫСОКОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ ПОД ДЕЙСТВИЕМ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ (СВЧ)**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 435-45-35;  
эл. почта: rvkondratev@mail.ru

*Ключевые слова:* бункер-дозатор, предтопочная камера, СВЧ-генератор, магнетрон, древесные отходы, дрова, торф, электромагнитное поле, сверхвысокие частоты (СВЧ), поляризация.

---

*Разработана конструкция предтопочной камеры с СВЧ-генератором и бункер-дозатором для подготовки твердого топлива (торф, отходы деревообработки и др.) с высокой влажностью (до 80 %) к сжиганию в котельной установке (далее – КУ).*

*В результате экспериментальных данных, полученных при испытании данного оборудования с образцами различных видов твердого топлива и имеющих разную влажность, определены оптимальные параметры его работы.*

*Сделан вывод о необходимости перевода существующих котельных энергодефицитных районов с традиционных видов топлива на альтернативные.*

---

**Введение**

Отсутствие централизованного газоснабжения энергодефицитных районов Российской Федерации, как следствие, использование дорогостоящих видов топлива (мазут, уголь) обуславливает высокую стоимость тепловой энергии, составляющую в среднем около 2000 руб./ГДж [1]. В целях снижения себестоимости тепловой энергии, а также повышения эффективности работы котельной на твердом топливе предлагается дополнительная подготовка твердого влажного топлива, в предтопочной камере котлоагрегата путем кратковременного наложения электромагнитного поля СВЧ-излучения [2, 3].

Для обеспечения требуемых параметров твердого топлива перед сжиганием в КУ требуется его предварительная подготовка, а именно:

- 1) измельчение до необходимой фракции (в зависимости от конструкции топки КУ);
- 2) удаление из топлива инородных предметов (металлических и прочих примесей в топливе);
- 3) предварительный нагрев (при подаче топлива из неотапливаемого помещения склада или улицы);
- 4) сушка;
- 5) воспламенение.



Рис. 1. Бункер-дозатор с электромагнитом

Для обеспечения вышеуказанных параметров топлива перед подачей в топку КУ сконструирована предтопочная камера с СВЧ-генератором, мощностью 0,7 кВт (рис. 2) и бункер-дозатором (рис. 1) [4].

Оборудование бункер-дозатора позволяет измельчить топливо до требуемой фракции, удалить металлические включения из топлива (при помощи электромагнита) и автоматизировать его подачу в предтопочную камеру по шнеку.

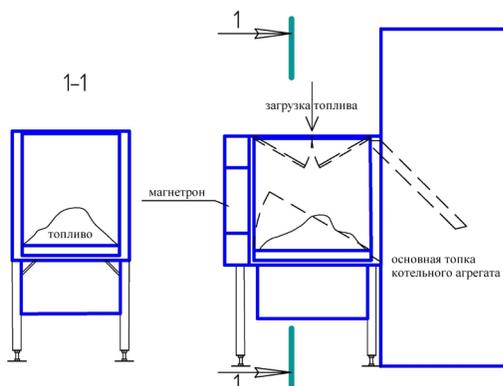


Рис. 2. Конструкция предтопочной камеры для твердотопливного котла

Поступая в предтопочную камеру сверху, топливо проходит следующие основные стадии под кратковременным воздействием электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ):

- ускоренная сушка (от 1,5 до 10 минут в зависимости от количества и влажности топлива);
- воспламенение (10–15 секунд).

После сушки и воспламенения твердое топливо автоматически поступает непосредственно в основную топку КУ.

#### **Описание процессов, протекающих во влажном твердом топливе под действием СВЧ-излучения в предтопочной камере**

Молекулы диэлектрика размещаются в электрическом поле хаотично и имеют равные по величине, но противоположные по знаку электрические заряды (диполи). При помещении диэлектрика (топлива) в электромагнитное поле на молекулярные молекулы воздействуют силы, стремящиеся перемещать молекулы в соответствии с изменением направления поля. В результате трения молекул при их перемеще-



нии выделяется теплота. Чем больше напряжение поля, тем больше угол поворота молекул; чем больше частота тока, тем чаще меняется направление поля, тем чаще молекулы меняют свое положение и тем интенсивнее нагревается диэлектрик [5, 6].

В результате быстрого повышения температуры внутри твердого топлива повышается давление водяных паров, то есть появляется избыточное давление пара внутри него (топлива) по отношению к давлению внешней среды. Этот градиент избыточного давления резко интенсифицирует процесс сушки, так как в этом случае перенос пара происходит как путем молекулярной диффузии, так и путем фильтрации через поры и капилляры. Этот перенос при СВЧ-воздействии подавляет остальные виды переноса.

В табл. 1 приведен сравнительный анализ стоимости использования различных видов топлива для водогрейной котельной установленной мощности 2,5 МВт (при 100 % нагрузке и продолжительности отопительного периода 365 суток), выполненный по результатам мониторинга за 2014 год [7, 4].

Помимо перечисленных явлений, в диэлектриках, помещенных в переменное электрическое поле, возникает ряд других явлений, вызывающих выделение теплоты: электронная поляризация (деформация электронных орбит); низкочастотная поляризация (передвижение ионов внутри диэлектрика образованием объемных разрядов); ионная поляризация (упругая деформация ионов).

Таблица 1

**Сравнительный анализ стоимости использования различных видов топлива для водогрейной котельной мощностью 2,5 МВт [8]**  
(цены приведены по состоянию на октябрь 2014 года)

Общее количество тепловой энергии, выработанное котельной за отопительный сезон, с учетом указанной средней нагрузки	80 436,5 ГДж
Затраты на топливо за отопительный сезон:	тыс. руб.
котельной на опилках (щепе)	0*
котельной на дровах	5 532,676
котельной на торфе	5 878,468
газовой котельной	10 661,927
угольной котельной	12 755,892
котельной на печном топливе	24 781,777
пеллетной котельной	27 740,222
мазутной котельной	27 893,907
дизтопливной котельной	66 968,430
электрической котельной	72 193,735

\* – предполагается использование местного топлива, когда котельная расположена на территории действующего деревоперерабатывающего предприятия [9, 10]

Применение данного оборудования позволяет:

- автоматизировать процессы получения тепловой энергии при сжигании твердого вида топлива;
- обеспечить сглаживание скачкообразного выделения тепловой энергии при порционной загрузке твердого топлива (рис. 3);



- получить экономический эффект по причине отсутствия потребности в строительстве и эксплуатации склада для сушки топлива;
- добиться обеспечения требуемых параметров твердого топлива (до оптимальных) перед загрузкой (измельчение до соответствующей фракции и сушка);
- уменьшить механический недожог твердого топлива за счет его возгорания изнутри под воздействием СВЧ-излучения.

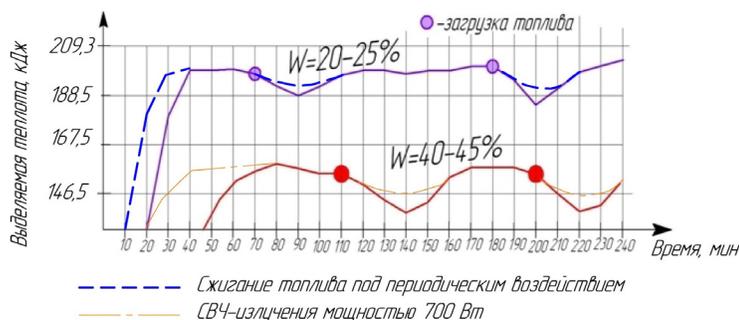


Рис. 3. График зависимости выделяемой тепловой энергии от периодичности загрузки топлива под действием СВЧ-излучения и без него

Из проделанных экспериментов в предтопочной камере с различными видами топлива при разных значениях их влажности и фракций можно сделать следующие выводы:

- наиболее интенсивное воздействие происходит на образцы больших размеров со значением влажности от 45 до 80 %;
- скорость процесса сушки топлива (до влажности 3–5 %) повышается при постоянном воздействии СВЧ-излучения (более 1 мин);
- по окончании процесса сушки возгорание происходит внутри образца топлива;
- СВЧ-излучение воздействует на топливо по тороидальной поверхности;
- радиус действия СВЧ-излучения не превышает 0,5 м.

Приведенные данные показывают, что наиболее экономически эффективным является использование в качестве топлива отходов деревообработки, дров и торфа.

Результаты экономического обоснования и расчеты срока окупаемости предложенной конструкции представлены в табл. 2. Расчеты выполнены на котельную установку Ковровского котельного завода КВТ-2500, работающую на древесных отходах. В качестве СВЧ-излучателя в предтопочной камере применен магнетрон мощностью 1,5 кВт [8].

Окупаемость данного оборудования (предтопочной камеры) при среднем сроке службы от 6 000 до 10 000 часов составляет менее 3 отопительных сезонов при условии расположения котельной установки мощностью 2,5 МВт на деревообрабатывающем предприятии и 4 отопительных сезона – при расположении КУ на расстоянии 100–120 км от местонахождения топлива.



Таблица 2

**Результаты экономического обоснования и расчеты срока окупаемости применения предпочной камеры с СВЧ-излучением**

Номер показателя	Наименование показателя	Количество	Ед. изм.
1	Периодичность загрузки	10	мин
2	Время воздействия СВЧ-излучения на 1 порцию топлива	5	мин
3	Время работы магнетрона в предпочной камере котельной установки в отопительный период	96	загрузок в сут.
4	Время работы магнетрона при загрузке топлива в сутки	480	мин
5	Продолжительность отопительного периода	215	сут.
6	Время работы магнетрона в целом за отопительный период	103 200	мин
7	Стоимость единицы электроэнергии	5,94	руб./кВт
8	Мощность применяемого магнетрона в предпочной камере	1,5	кВт
9	Заплаты на электроэнергию за отопительный сезон	15 325	руб.
10	Средний срок службы магнетрона по данным завода-изготовителя	600 000	мин
11	Средний срок службы магнетрона при применении его в предпочной камере	5,81	отопительных сезонов
12	Стоимость изготовления предпочной камеры	982,6	тыс. руб.
13	Стоимость изготовления бункер-дозатора со шнеком	230	тыс. руб.
14	Стоимость 1 тонны дров	795	руб.
15	Экономия топлива (дров) за отопительный период при применении предпочной камеры	553,27	тыс. руб.
16	Экономия топлива (дров) за три отопительных периода при применении предпочной камеры	1 106,5	тыс. руб.
17	Суммарные заплаты электроэнергии и изготовления камеры за 3 года эксплуатации	1 243,2	тыс. руб.
18	Срок окупаемости предпочной камеры с бункер-дозатором	2,25	лет

Таким образом, используя данные технологии, можно осуществить перевод существующих котельных энергодефицитных районов с традиционных видов топлива на альтернативные (торф, отходы деревообрабатывающих предприятий и др.) путем разработки и унификации типовых проектных решений.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головков, С. И. Энергетическое использование древесных отходов / С. И. Головков, И. Ф. Коперин, В. И. Найденов. – Москва : Лесн. пром-ть, 1987. – 224 с.
2. Чередниченко, В. С. Плазменные электротехнологические установки : учеб. для вузов / В. С. Чередниченко, А. С. Аньшаков, М. Г. Кузьмин. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2008. – 602 с.
3. Теория электромагнитного поля и основы техники СВЧ : учеб. пособие / Г. С. Воробьев, С. В. Соколов, Л. Д. Писаренко, В. О. Журба. – Сумы : Изд-во СумГУ, 2010. – 420 с.
4. Ковровские котлы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.termowood.ru/boilers.html>.
5. Качанов, А. Н. Исследование распределения электромагнитного поля при высокочастотной сушке древесины / А. Н. Качанов, Д. А. Коренков // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2017. – № 1 (47). – С. 16–26.
6. Качанов, А. Н. Моделирование процесса высокочастотного нагрева влажной древесины в вакуумно-диэлектрической сушильной камере / А. Н. Качанов, Д. А. Коренков // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 9 (120). – С. 113–121.
7. Кондратьев, Р. В. Использование альтернативных видов топлива в северных районах Нижегородской области [Электронный ресурс] / Р. В. Кондратьев, М. А. Кочева // Студенческий научный форум – 2013 : V междунар. студ. электрон. науч. конф. – Режим доступа : <http://www.scienceforum.ru/2013/59/2454> (27.03.2018).
8. Стоимость оборудования котельных производства ООО ПО «Теплоресурс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.pkko.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=170&Itemid=77](http://www.pkko.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=170&Itemid=77).
9. Кондратьев, Р. В. Тепловой баланс отопительной водогрейной котельной установки с конденсационным теплообменником, работающей на древесных отходах (пеллетах) [Электронный ресурс] / Р. В. Кондратьев, Г. М. Климов // Студенческий научный форум – 2013 : V междунар. студ. электрон. науч. конф. – Режим доступа : <http://www.scienceforum.ru/2014/467/4020> (27.03.2018).
10. Кондратьев, Р. В. Получение тепловой энергии из отходов деревообработки / Р. В. Кондратьев // Межвузовский сборник статей лауреатов конкурсов / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2012. – Вып 14. – С. 181.

**KONDRATEV Roman Vyacheslavovich, postgraduate student of the chair of heat and gas supply**

**PRE-FURNACE DESIGN TO PREPARE FOR USE HIGHLY HUMID SOLID FUELS (PEAT, WASTE WOOD) IN AN ELECTROMAGNETIC FIELD OF SUPERHIGH FREQUENCY (SHF)**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 435-45-35;  
e-mail: [rvkondratev@mail.ru](mailto:rvkondratev@mail.ru)

*Key words:* batching hopper, pre-furnace chamber, microwave generator, magnetron, waste wood, firewood, peat, electromagnetic field, ultrahigh frequency (UHF), polarization.

---

*A design of a pre-furnace chamber with a microwave generator and a bunker-dispenser has been developed to prepare highly humid (up to 80 %) solid fuel (peat, waste wood, etc.) for incineration in a boiler unit (further – BU).*

*The experimental data obtained during the testing of the given equipment with samples of various types of solid fuel of different humidity permitted to determine optimal parameters of its operation.*

*A conclusion was made about the necessity of switching over existing boiler installations in energy-deficient areas from traditional fuels to alternative ones.*



## REFERENCES

1. Golovkov S. I., Koperin I. F., Naydyonov V. I. Energeticheskoe ispolzovanie drevesnykh otkhodov [Energy use of waste wood]. Moscow. Lesn. prom-t. 1987. 224 p.
2. Cherednichenko V. S., Anshakov A. S., Kuzmin V. G. Plazmennyye elektrotekhnologicheskiye ustanovki [Plasma electrotechnological installations]. Ucheb. dlya vuzov. Novosibirsk. Izd-vo NGTU. 2008. 602 p.
3. Vorobyov, G. S., Sokolov S. V., Pisarenko L. D., Zhurba V. O. Teoriya elektromagnitnogo polya i osnovy tekhniki SVCh [Theory of the electromagnetic field and fundamentals of microwave technology]: ucheb. posobie. Sumy: Izd-vo SumGU, 2010. 420 p.
4. Kovrovskie kotly [Kovrov boilers]. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.termowood.ru/boilers.html>.
5. Kachanov A. N., Korenkov D. A. Issledovanie raspredeleniya elektromagnitnogo polya pri vysokochastotnoy sushke drevesiny [Investigation of the electromagnetic field distribution at high-frequency wood drying]. Vesti vysshikh uchebnykh zavedeniy Chernozemya. 2017. № 1 (47). P. 16–26.
6. Kachanov A. N., Korenkov D. A. Modelirovaniye protsessa vysokochastotnogo nagreva vlazhnoy drevesiny v vakuumno-dielektricheskoy sushilnoy kamere [Modeling the process of high-frequency heating of wet wood in a vacuum-dielectric drying chamber]. Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasGAU]. 2016. № 9 (120). P. 113–121.
7. Kondratev R. V., Kocheva M. A. Ispolzovaniye alternativnykh vidov topliva v severnykh rayonakh Nizhegorodskoy oblasti [Use of alternative fuels in the northern regions of the Nizhny Novgorod region] [Elektronnyy resurs]. Studencheskiy nauchny forum – 2013: V mezhdunar. stud. electron. nauch. konf. Rezhim dostupa: <http://www.scienceforum.ru/2013/59/2454>.
8. Stoimost oborudovaniya kotelnykh proizvodstva OOO PO "Teplioresurs" [Cost of boiler equipment produced by JSC "Teplioresurs"] [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa : [http://www.pkko.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=170&Itemid=77](http://www.pkko.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=170&Itemid=77).
9. Kondratev R. V., Klimov G. M. Teplovoy balans otopitelnoy vodogreynoy kotelnoy ustanovki s kondensatsionnym teploobmennikom, rabotayushey na drevesnykh otkhodakh (pelletakh) [The thermal balance of a heating water-heating boiler plant with a condensing heat exchanger operating on wood waste (pellets)] [Elektronnyy resurs]. Studencheskiy nauchny forum – 2013: V mezhdunar. stud. electron. nauch. konf. Rezhim dostupa: <http://www.scienceforum.ru/2014/467/4020>.
10. Kondratev R. V. Poluchenie teplovoy energii iz otkhodov derevoobrabotki [Generation of thermal energy from waste wood]. Mezhvuzovskiy sbornik statey laureatov konkursov [Interuniversity collection of articles of laureates of competitions]. Nizhegor. gos. Arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2012. Vyp. 14. P. 181.

© **Р. В. Кондратьев, 2018**

Получено: 19.05.2018 г.

УДК 697.97: 536.244

**Н. Н. МОНАРКИН**, ст. преп. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции;  
**С. В. ЛУКИН**, д-р техн. наук, проф., и. о. зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции;  
**А. А. КОЧКИН** д-р техн. наук, доц., декан инженерно-строительного факультета

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМЕНА В ТОНКОСТЕННОМ РЕГЕНЕРАТОРЕ

ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»  
 Россия, 160000, Вологодская область, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15.

Тел.: (8172) 53-19-49; эл. почта: nikolay-monarkin@yandex.ru

*Ключевые слова:* регенеративный теплоутилизатор, математическая модель, коэффициент теплоотдачи, термически тонкое тело, аккумуляция и регенерация тепловой энергии.

*Предложена математическая модель теплообмена между воздухом и насадкой и примеры результатов ее численного решения для регенеративного теплообменного аппарата, применяемого в вентиляции и имеющего тонкие стенки каналов.*

В настоящее время в целях экономии ресурсов для вентиляции некоторых помещений используются компактные децентрализованные устройства, позволяющие осуществлять требуемый воздухообмен, а также частичный подогрев приточного воздуха [1]. К таким устройствам относятся стационарные переключающиеся регенеративные теплоутилизаторы (СПРТ), работа которых основана на передаче тепловой энергии от вытяжного воздуха к приточному посредством регенеративной насадки. СПРТ представляет собой устройство в цилиндрическом корпусе, основными элементами которого являются реверсивный вентилятор и регенеративная насадка. Работа регенератора заключается в попеременной смене этапов аккумуляции (вытяжка внутреннего воздуха) и регенерации (приток наружного воздуха) тепловой энергии с фиксированным временем одного этапа. Насадка является твердотельным цилиндром, продольно пронизанным множеством каналов для прохода воздуха.

**Физическая модель устройства.** На рис. 1 показаны два соседних (идентичных) канала регенератора, между которыми можно провести адиабатную поверхность (обозначена жирной линией). Расстояние между соседними каналами  $2\delta$ . На рис. 2 показано поперечное сечение четырех соседних каналов. Участки с плотной штриховкой не учитываются в моделировании теплообмена. Двойной штриховкой показана площадь насадки для одного канала.

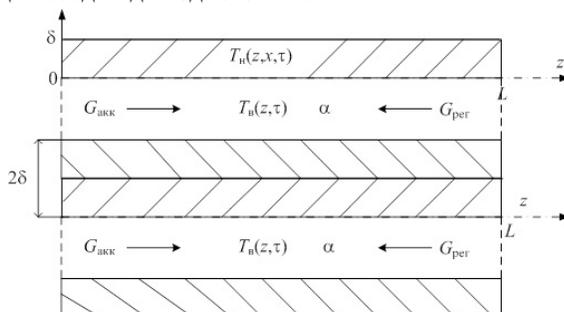


Рис. 1. Схема регенератора

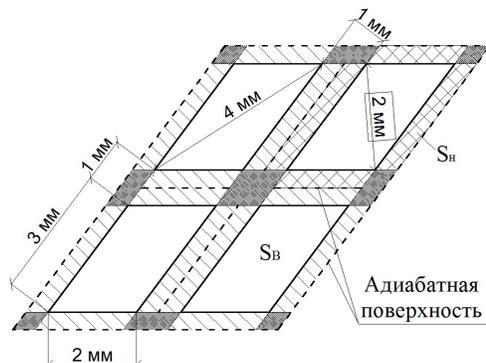


Рис. 2. Поперечное сечение четырех соседних каналов

Средняя по сечению канала температура воздуха  $T_b$  изменяется вдоль канала (зависит от координаты  $z$ ) и зависит от текущего времени  $\tau$ . Температурное поле насадки изменяется вдоль канала (зависит от координаты  $z$ ), изменяется по толщине насадки (зависит от координаты  $x$ ) и зависит от текущего времени  $\tau$ . Обозначим:  $T_b(z, \tau)$  – температурное поле воздуха в канале;  $T_n(z, x, \tau)$  – температурное поле насадки.

**Математическая модель теплообмена.** Температурное поле воздуха в канале описывается известным уравнением [2]:

$$G \cdot c_b \cdot \frac{\partial T_b(z, \tau)}{\partial z} + \Pi \cdot \alpha \cdot (T_b(z, \tau) - T_{\text{пов}}(z, \tau)) + c_b \cdot \rho_b \cdot S \cdot \frac{\partial T_b(z, \tau)}{\partial \tau} = 0, \quad (1)$$

$$0 < \tau < n \cdot \tau_0, \quad 0 < z < L,$$

где  $G$  – массовый расход воздуха в канале, кг/с;  $c_b$  – массовая теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К);  $\rho_b$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $\Pi$  – периметр канала, м;  $S$  – площадь поперечного сечения канала, м<sup>2</sup>;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от воздуха к поверхности канала, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $T_{\text{пов}}(z, \tau)$  – температура поверхности насадки.

Температурное поле насадки описывается в общем случае (когда ее нельзя считать термически тонким телом) дифференциальным уравнением:

$$\frac{\partial T_n(z, x, \tau)}{\partial \tau} = a \cdot \left( \frac{\partial^2 T_n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_n}{\partial z^2} \right), \quad 0 < \tau < n \cdot \tau_0, \quad 0 < z < L, \quad 0 < x < \delta, \quad (2)$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности материала насадки, м<sup>2</sup>/с.

Поскольку длина насадки  $L$  намного больше толщины насадки  $\delta$ , можно предположить, что выполняется соотношение:

$$\frac{\partial^2 T_n}{\partial x^2} \gg \frac{\partial^2 T_n}{\partial z^2}.$$

Т. е. можно считать, что перетоком теплоты теплопроводностью вдоль насадки можно пренебречь. Отметим, что данный переток теплоты снижает эффективность работы регенератора. Тогда уравнение (2) можно упростить:

$$\frac{\partial T_n(z, x, \tau)}{\partial \tau} = a \cdot \frac{\partial^2 T_n}{\partial x^2}, \quad 0 < \tau < n \cdot \tau_0, \quad 0 < z < L, \quad 0 < x < \delta. \quad (3)$$

Хотя в уравнении (3) нет производных по  $z$ , температура насадки все равно



будет изменяться по  $z$ , т. к. по длине канала изменяется температура воздуха.

Температура поверхности насадки определяется выражением:

$$T_{\text{нов}}(z, \tau) = T_{\text{н}}(z, x, \tau)_{x=0}. \quad (4)$$

На теплообменной поверхности насадки задаются граничные условия III рода:

$$\left. \frac{\partial T_{\text{н}}(z, x, \tau)}{\partial x} \right|_{x=0} = -\frac{\alpha}{\lambda} \cdot (T_{\text{в}}(z, \tau) - T_{\text{нов}}(z, \tau)), \quad 0 < \tau < n \cdot \tau_0, \quad 0 < z < L, \quad (5)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала насадки, Вт/(м·К).

На адиабатной поверхности насадки выполняется условие тепловой симметрии:

$$\left. \frac{\partial T_{\text{н}}(z, x, \tau)}{\partial x} \right|_{x=\delta} = 0, \quad 0 < \tau < n \cdot \tau_0, \quad 0 < z < L, \quad (6)$$

Граничное условие для температурного поля по воздуху в период аккумуляции:

$$T_{\text{в}}(z, \tau) \Big|_{z=0} = T_{\text{в1}}, \quad 0 < \tau < \tau_{\text{акк}}, \quad \tau_0 < \tau < \tau_0 + \tau_{\text{акк}}, \dots, \quad (n-1) \tau_0 < \tau < (n-1) \tau_0 + \tau_{\text{акк}}, \quad (7)$$

где  $T_{\text{в1}}$  – температура теплого воздуха в помещении;  $\tau_0 = \tau_{\text{акк}} + \tau_{\text{рег}}$  – длительность цикла работы регенератора;  $\tau_{\text{акк}}$  – длительность периода аккумуляции;  $\tau_{\text{рег}}$  – длительность периода регенерации;  $n$  – число циклов работы регенератора (при расчете).

Граничное условие для температурного поля по воздуху в период регенерации:

$$T_{\text{в}}(z, \tau) \Big|_{z=L} = T_{\text{в2}}, \quad \tau_{\text{акк}} < \tau < \tau_0, \quad \tau_0 + \tau_{\text{акк}} < \tau < 2\tau_0, \dots, \quad (n-1) \tau_0 + \tau_{\text{акк}} < \tau < n \cdot \tau_0, \quad (8)$$

где  $T_{\text{в2}}$  – температура холодного воздуха снаружи помещения.

Величина  $G$ , кг/с, в уравнении (1) определяется так:

$$G = G_{\text{акк}}, \quad 0 < \tau < \tau_{\text{акк}}, \quad \tau_0 < \tau < \tau_0 + \tau_{\text{акк}}, \dots, \quad (n-1) \tau_0 < \tau < (n-1) \tau_0 + \tau_{\text{акк}}, \\ G = -G_{\text{рег}}, \quad \tau_{\text{акк}} < \tau < \tau_0, \quad \tau_0 + \tau_{\text{акк}} < \tau < 2\tau_0, \dots, \quad (n-1) \tau_0 + \tau_{\text{акк}} < \tau < n \cdot \tau_0, \quad (9)$$

где  $G_{\text{акк}}$ ,  $G_{\text{рег}}$  – массовые расходы воздуха, кг/с, в периоды аккумуляции и регенерации.

Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$ , входящий в уравнения (1) и (5), определяется из критериального уравнения. Он может зависеть от теплофизических параметров воздуха при температуре  $T_{\text{в}}(z, \tau)$ , а также от скорости воздуха в канале.

**Определение коэффициента теплоотдачи.** По оценке число Рейнольда  $Re = 65,5$ , при этом число Пекле  $Pe = Re \cdot Pr = 65,5 \cdot 0,71 = 46,5$  (где  $Pr \approx 0,71$  – число Прандтля воздуха). Термическая стабилизация потока наступает на расстоянии от входа в трубу  $z \geq l_{\text{н.т}} = 0,07 \cdot Pe \cdot d = 0,07 \cdot 46,5 \cdot 0,0016 = 0,00521 \text{ м} = 5,21 \text{ мм}$  ( $d = 0,0016 \text{ м}$  – эквивалентный диаметр канала). На участке  $0 < z < l_{\text{н.т}}$  мм число Нуссельта  $Nu$  резко снижается, а при  $z > l_{\text{н.т}}$  мм число  $Nu = \text{const}$ . Т. к. по длине канала температура воздуха изменяется примерно линейно, это приблизительно соответствует условиям  $q_c = \text{const}$  ( $q_c$  – плотность теплового потока на стенке канала). В этом случае на участке термической стабилизации (при  $z > l_{\text{н.т}}$  мм)  $Nu = \alpha \cdot d / \lambda_{\text{в}} \approx 4,36$  ( $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К) [5],  $\lambda_{\text{в}}$  – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·К). Данные для определения коэффициента Нуссельта приведены в таблице. В диапазоне температур от -20 до +20 °С коэффициент теплопроводности



воздуха  $\lambda_b = 0,0228-0,0259$  Вт/(м·К). Если принять значение  $\lambda_b = 0,025$  Вт/(м·К), то коэффициент теплоотдачи равен

$$\alpha = \lambda_b \cdot Nu/d = 0,025 \cdot 4,36/0,0016 = 68,1 \text{ Вт/(м·К)}.$$

На участке  $0 < x < l_{н.т}$  число Нуссельта можно рассчитать по формуле [5]:

$$Nu = 1,31 \cdot Z^{-1/3}, \quad 0 < Z \leq 0,07; \quad Z = z/Pe \cdot d.$$

Поскольку длина насадки регенератора  $L \gg l_{н.т}$ , то можно считать, что  $Nu \approx \text{const}$  по всей длине насадки.

#### Данные для определения коэффициента Нуссельта

Суммарный расход массовый, кг/с	$G_o$	0,010895
Количество каналов, $n$	–	3800
Единичный расход массовый, кг/с	$G$	$2,867 \cdot 10^{-6}$
Размер канала, м	$A$ $b$	0,003 0,002
Большая диагональ, м	$h_1$	0,004
Меньшая диагональ, м	$h_2$	0,002
Площадь канала, м <sup>2</sup>	$S_b$	0,0000040
Площадь насадки, м <sup>2</sup>	$S_n$	0,0000040
Средняя скорость в канале, м/с	$v_{cp}$	0,56652
Эквивалентный диаметр, м	$d$	0,0016
Периметр, м	$\Pi$	0,01

Оценим число Био  $Bi$  для материала насадки. Если принять расстояние между каналами  $2\delta = 1$  мм,  $\delta = 0,0005$  м. Тогда число Био:

$$Bi = \alpha \cdot \delta / \lambda = 31,7 \cdot 0,0005 / 0,4 = 0,04.$$

Поскольку число  $Bi < 0,1$ , то насадку можно считать термически тонким телом. В этом случае температурное поле насадки описывается уравнением [2]:

$$\lambda_n \cdot S_n \cdot \frac{\partial^2 T_n}{\partial z^2} + \Pi \cdot \alpha \cdot (T_b(z, \tau) - T_n(z, \tau)) + c_n \cdot \rho_n \cdot S_n \cdot \frac{\partial T_n(z, \tau)}{\partial \tau}, \quad (10)$$

где  $\lambda_n$  – коэффициент теплопроводности насадки.

Т. к. толщина насадки  $\delta \ll L$ , величина  $\lambda_n$  мала, производная  $\partial^2 T_n / \partial z^2$  мала, то первым слагаемым в уравнении (10) можно пренебречь. Уравнение (10) принимает вид:

$$c_n \cdot \rho_n \cdot S_n \cdot \frac{\partial T_n(z, \tau)}{\partial \tau} = \Pi \cdot \alpha \cdot (T_b(z, \tau) - T_n(z, \tau)), \quad 0 < \tau < n \cdot \tau, \quad 0 < z < L. \quad (11)$$

Уравнение (1) принимает вид [2]:

$$G \cdot c_b \cdot \frac{\partial T_b(z, \tau)}{\partial z} = \Pi \cdot \alpha \cdot (T_b(z, \tau) - T_n(z, \tau)) + c_b \cdot \rho_b \cdot S_b \cdot \frac{\partial T_b(z, \tau)}{\partial z} = 0, \quad 0 < \tau < n \cdot \tau, \quad 0 < z < L. \quad (12)$$

Изучению процессов теплообмена в подобных устройствах посвящены работы [3, 4]. Однако в этих работах режим течения воздуха в каналах принимался вязкостно-гравитационным, тогда как при малом диаметре каналов он является вязкостным, и свободная конвекция не влияет на теплоотдачу, причем на большей части канала критерий Нуссельта остается постоянным.

**Результаты решения.** Задача (11) – (12) с заданными краевыми условиями была решена численно методом конечных разностей. Расчет произведен для единичного эквивалентного канала.

На рис. 3 в качестве примера приведены графики изменения температур воздуха и насадки во времени для 200 этапов в различных точках (поперечных сечениях) длины канала. Графики построены для следующих исходных данных:  $G = 2,867 \cdot 10^{-6}$  кг/с;  $T_{в1} = 22$  °С;  $T_{в2} = -10$  °С;  $L = 0,2$  м;  $\Pi = 0,01$  м;  $\delta = 0,5$  мм. По графикам видно, что с течением времени работа регенератора выходит на установившийся режим. Скорость стабилизации зависит от начальных условий  $T_{в}(z, 0)$ ,  $T_{н}(z, 0)$  в данном примере  $T_{в}(z, 0) = T_{н}(z, 0) = T_{в2}$ .

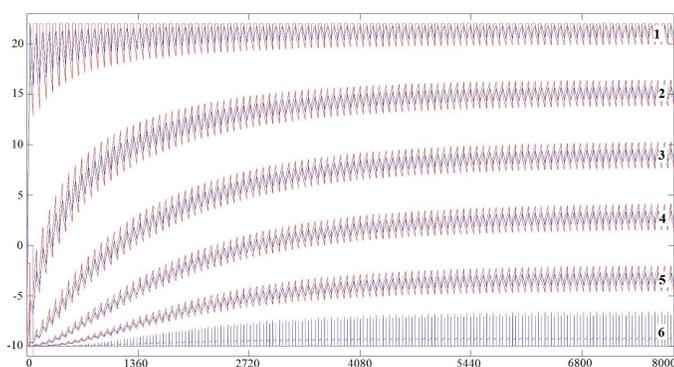


Рис. 3. Изменение температуры воздуха (красный) и насадки (синий) во времени 200 этапов в шести поперечных сечениях канала: 1 –  $z = 0$ ; 2 –  $z = 0,2 \cdot L$ ; 3 –  $z = 0,4 \cdot L$ ; 4 –  $z = 0,6 \cdot L$ ; 5 –  $z = 0,8 \cdot L$ ; 6 –  $z = L$

Таким образом, предлагаемая математическая модель процесса теплообмена в регенеративном теплоутилизаторе позволяет получать достаточно корректные результаты ее решения, которые, конечно же, необходимо апробировать экспериментом.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sinitsyn, A. A. Federal Law of power saving and opportunity of developing new the switching heat recovery devices for heat supply needs / A. A. Sinitsyn, N. N. Monarkin, T. V. Rogulina // World Applied Sciences Journal 27 (Education, Law, Economics, Language and Communication). – 2013. – № 27. – P. 361–365.
2. Монаркин, Н. Н. Математическая модель процесса аккумуляции тепловой энергии в стационарном переключающемся регенеративном теплоутилизаторе / Н. Н. Монаркин, А. Н. Наимов, А. А. Синицын, Т. В. Рогулина // Фундаментальные исследования. – Москва, 2014. – № 11, ч. 4. – С. 759–764.
3. Васильев, В. А. Методы расчета тепловых процессов в стационарном переключающемся регенеративном теплоутилизаторе : дис. канд. техн. наук : 05.04.03 / В. А. Васильев ; Ун-т низкотемператур. и пищевых технологий. – Санкт-Петербург, 2010. – 136 с.



4. Алешин, А. Е. Моделирование процесса тепломассопереноса влажного воздуха в регенеративном теплообменнике / А. Е. Алешин, А. В. Цыганков // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2016. – № 2. – С. 34–42.

5. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен : учеб. пособие для вузов / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : МЭИ, 2005. – 550 с. : ил.

**MONARKIN Nikolay Nikolaevich, senior teacher of the chair of heat and gas supply and ventilation; LUKIN Sergey Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, acting holder of the chair of heat and gas supply and ventilation; KOCHKIN Aleksandr Aleksandrovich, doctor of technical sciences, associate professor, dean of the faculty of civil engineering**

## MATHEMATICAL MODEL OF HEAT TRANSFER IN THIN-WALLED REGENERATOR

Vologda State University

15, Lenina St., Vologda, 160000, Russia. Tel.: +7 (8172) 53-19-49;

e-mail: nikolay-monarkin@yandex.ru

*Key words:* regenerative heat exchanger, mathematical model, heat transfer coefficient, thermally thin body, accumulation and regeneration of thermal energy.

---

*In the article suggest the mathematical model of heat transfer between air and the adapter and examples of the results of its numerical solution for regenerative heat exchanger used in ventilation and having thin channel walls.*

---

## REFERENCES

1. Sinitsyn A. A. Federal Law of power saving and opportunity of developing new the switching heat recovery devices for heat supply needs / N. N. Monarkin, T.V. Rogulina // World Applied Sciences Journal 27 (Education, Law, Economics, Language and Communication): IDOSI Publications, 2013 – P. 361–365.

2. Monarkin N. N. Matematicheskaya model' processa akkumulyacii teplovoj ehnergii v stacionarnom pereklyuchayushchemsya regenerativnom teploutilizatore [Mathematical model of process of heat accumulation in the stationary switches regenerative heat exchanger] / A. N. Naimov, A. A. Sinicyn, T. V. Rogulina // Fundamental'nye issledovaniya: nauchnyj zhurnal [The fundamental researches: scientific journal]. Moscow: Izdatel'skij dom «Akademiya estestvoznaniya» – 2014. – № 11, p. 4. – P. 759–764.

3. Vasil'ev V. A. Metody rascheta teplovyh processov v stacionarnom pereklyuchayushchemsya regenerativnom teploutilizatore [Methods of calculation of thermal processes in a stationary switching regenerative heat exchanger]: dis. kand. tekhn. nauk [Thesis of candidate of technical Sciences]: 05.04.03. – Saint-Petersburg: SPbGUNIPT – 2010. – 136 p.

4. Alešhin A. E., Cygankov, A. V. Modelirovanie processa teplomassopere nosa vlazhnogo vozduha v regenerativnom teploobmennike [Modeling of heat and mass transfer process of humidified air in the regenerative heat exchanger] // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki [Bulletin of Dagestan state technical University. Technical science]. – 2016. – № 2. – P. 34–42.

5. Cvetkov, F.F., Grigor'ev, B.A. Tepломассообмен: Uchebnoe posobie dlya vuzov [Heat and mass transfer: textbook for universities]. – 2-е изд., испр. i dop. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 550 p., il.

© Н. Н. Монаркин, С. В. Лукин, А. А. Кочкин, 2018

Получено: 05.07.2018 г.

# ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

---

УДК 628.543

**А. С. ТАРАСОВ**, аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии<sup>1</sup>, ведущий инженер-технолог<sup>2</sup>; **А. Л. ВАСИЛЬЕВ**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ СИЛЬНО ОКРАШЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В РЕАКТОРЕ-НЕЙТРАЛИЗАТОРЕ

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-87; эл. почта: k\_viv@nngasu.ru

<sup>2</sup>ОАО «Дзержинский Водоканал»

Россия, 606019, Нижегородская обл., г. Дзержинск, пр. Дзержинского, д. 43.

Тел.: (8313) 25-96-17; эл. почта: alec-tarasoff@mail.ru

*Ключевые слова:* расход очищаемой сточной воды, перемешивание (диффузия), элементарный объем, количество загрязнений, скорость течения жидкости в устройстве нейтрализации, действительные условия течения потока в реакторе, распределение интервалов времени, оптимальный расчет системы «устройство нейтрализации – блок тонкослойных модулей».

---

*Приводится математическая модель расчета устройства для нейтрализации сильно окрашенных производственных сточных вод.*

---

Целью исследовательской работы является математическое обоснование процесса очистки производственных сточных вод с высоким содержанием трудно окисляемых органических соединений, его интенсификация с одновременным повышением экологической и производственной безопасности, математическое описание и расчет.

Характерными особенностями текстильного производства на примере ОА «Яковлевская фабрика» является большое количество сильно окрашенных сточных вод, имеющих высокую температуру порядка 60–80 °С. Направление на биологическую очистку такого количества производственных сточных вод объемом 3 200 м<sup>3</sup>/сутки грозит нарушением процесса биологической очистки.

При поступлении в биологические очистные сооружения сточных вод с высоким содержанием трудно окисляемых органических соединений, с остаточной высокой температурой, без предварительной физико-химической очистки и принудительного охлаждения неизбежно нарушается процесс очистки, активный ил при этом претерпевает значительные изменения. Изменяется форма и структура зооглейных скоплений, сильно уменьшаются размеры бактериальных клеток, образующих зооглеи.

При изменении температуры жидкости в аэротенке меняется как видовой состав микрофауны активного ила, так и число присутствующих там видов. Наибольшее число видов микрофауны присутствует в активных илах при температуре жидкости в аэротенке 20–30 °С.

С повышением температуры жидкости в аэротенке от 30 до 40 °С количество видов микроорганизмов, присутствующих в активном иле, значительно снижает-



ся, так как в нем остаются только виды микроорганизмов, способные адаптироваться к повышенным температурам. Температурный режим работы сооружений биологической очистки оказывает существенное влияние на микрофлору активного ила.

Таким образом, мы имеем производственные сточные воды с достаточно высокой остаточной температурой, следовательно, это позволит размещать реакционное оборудование предварительной ступени физико-химической очистки на открытом воздухе, решая при этом проблему принудительного охлаждения без применения специального теплообменного оборудования.

Для решения этих проблем необходимо разработать устройство предварительной физико-химической очистки, снижающее температуру поступающих стоков до нормативных показателей и обладающее следующими функциональными возможностями:

1) понижать температуру поступающих на очистку стоков до  $T = 30\text{--}35\text{ }^\circ\text{C}$  и делать ее пригодной для поступления на биологические очистные сооружения, естественное охлаждение предполагает размещение оборудования в уличном исполнении;

2) в разрабатываемом оборудовании необходимо совместить в одном корпусе реактор-нейтрализатор со стальной стружечной загрузкой, блоки тонкослойных модулей, систему рециркуляции очищаемой воды, систему барботирования и удаления образующегося осадка.

Цель оптимизации процесса предварительной физико-химической очистки состоит в том, чтобы при известных характеристиках стока: расход, состав, концентрация загрязнений и заданных ограничениях на качество очищаемой воды – определить значения указанных технологических параметров, при которых сумма объемов устройства нейтрализации и вторичного отстойника будет минимальной [1].

В проточном реакторе идеального вытеснения присутствует перемешивание (диффузия) вдоль оси потока, и очищаемая сточная вода проходит через загрузку, при прохождении перегородок неоднократно перемешивается. В дальнейшем объем устройства нейтрализации будет обозначаться  $V$ , а расход сточной воды, поступающий на очистку –  $g$ . Отношение  $V/g$  имеет размерность времени и именуется условным временем пребывания  $T$ . По отношению к реактору величину  $T$  принято называть периодом нейтрализации.

$$T = V/g \quad (1)$$

Рассмотрим такой элементарный объем, который расположен на расстоянии  $X$  от входа реактора. Если концентрация загрязняющих веществ на входе и на выходе элементарного объема  $\Delta V$  равна соответственно  $L(x)$  и  $L(x+\Delta x)$ , то очевидно, что за время объема  $\Delta t$  количество загрязнений в объеме изменится на

$$\Delta V \Delta L(x) = g [L(\delta) - L(\delta + \Delta\delta)] \Delta t - \Delta V \rho(L(\delta)) \Delta t. \quad (2)$$

Для малых значений  $\Delta x$

$$L(x) - L(x + \Delta x) = - dL/dx \Delta x. \quad (3)$$

Отсюда

$$\Delta V \Delta L(x) / \Delta t = - g dL/dx \Delta x - \Delta V \rho(L(x)). \quad (4)$$

Устремив  $\Delta t$  и  $\Delta x$  к 0, получим

$$dL/dt = - \dot{\epsilon} dL/dx - \rho(L(x)), \quad (5)$$

где  $V = g/S$  – объемная скорость движения жидкости по оси реактора с площадью поперечного сечения  $S$ . Переходя к безразмерным переменным  $\tau = t/T$ ,  $z = x/l$ , преобразуем (5)



$$dL/d\tau = -dL/dz - T\rho(L). \tag{6}$$

Для стационарных условий протекания процесса

$$dL/dz - T\rho(L). \tag{7}$$

Переменная  $z$  меняется от 0 до 1, причем

$$L = \begin{cases} L_0, z = 0, \\ L_e, z = 1. \end{cases} \tag{8}$$

Проинтегрировав (8) при этих условиях, получим

$$T = \int_{L_0}^{L_e} \frac{dL}{-\rho(L)}. \tag{9}$$

Таким образом, пользуясь формулами (8), (9), находим размеры реактора-нейтрализатора при заданной скорости подачи загрязняющих веществ  $g$  и заданной степени очистки  $L_e/L_0$

$$\left. \begin{matrix} \text{скорость} \\ \text{изменения} \\ \text{количества} \\ \text{загрязнений} \end{matrix} \right\} = \left. \begin{matrix} \text{поступление} \\ \text{загрязнений} \\ \text{с} \\ \text{входным} \\ \text{потоком} \end{matrix} \right\} - \left. \begin{matrix} \text{выход} \\ \text{загрязнений} \\ \text{с} \\ \text{выходным} \\ \text{потоком} \end{matrix} \right\} = \left. \begin{matrix} \text{исчезновение} \\ \text{загрязнений} \\ \text{в} \\ \text{результате} \\ \text{химических} \\ \text{реакций} \end{matrix} \right\} \tag{10}$$

или

$$V = dL/dt = g(L_0 - L) - V\rho(L). \tag{11}$$

Разделив обе части на объем реактора, получим

$$dL/dt = 1/T(L_0 - L) - \rho(L). \tag{12}$$

При соблюдении постоянного режима подачи сточных вод на очистку мы имеем

$$L_0 - L_e - T\rho(L_e) = 0, \tag{13}$$

где  $L_e$  – концентрация загрязняющих веществ на выходе из реактора.

Из уравнения (13) получаем

$$T = L_0 - L_e / \rho(L_e). \tag{14}$$

В реакторе-нейтрализаторе идеального вытеснения состав жидкости изменяется по высоте реактора, поэтому материальный баланс по загрязняющим веществам необходимо составлять для элементарного объема аппарата  $\Delta V$ , рис. 1 [2].

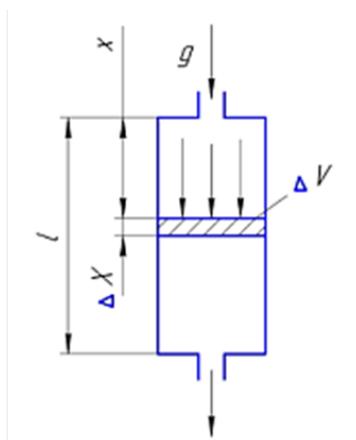


Рис. 1. К уравнению материального баланса для реактора-нейтрализатора



Существенным элементом конструкции оборудования для очистки производственных сточных вод от трудно окисляемых органических соединений является блок тонкослойных модулей, в котором происходит отделение взвешенных веществ и его уплотнение до концентрации  $X_r$ . Коэффициент рециркуляции  $r$  представляет собой отношение расхода жидкости в возвратном потоке к расходу стоков  $g$ , поступающих на вход в оборудование предварительной физико-химической очистки, рис. 2 [3, 4].

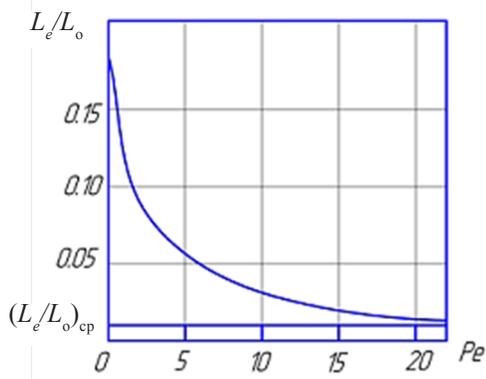


Рис. 2. Зависимость степени превращения  $L_e/L_o$  от числа Пекле

Очевидно, что при этом

$$T = \frac{V}{g(1+r)}, \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} X_o - X_a + T_{gx}(X, L) &= 0, \\ L_o - L_e - T_{gl}(X, L) &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

$$\left. \begin{aligned} X_o &= \frac{rX_r}{1+r}, \\ L_o &= \frac{L_f}{1+r} + \frac{rL_e}{1+r} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

где  $X_o$  и  $L_o$  – концентрация загрязнений на входе в устройство,  $L_f$  – концентрация загрязнений на входе из устройства.

Эти уравнения вытекают из условий разбавления потоков  $g$  и  $gr$  в точке, расположенной перед входом в устройство, рис. 3 [5, 6].

Коэффициент рециркуляции  $r$  обычно не превышает 1, и практический интерес представляет режим работы устройства, когда  $L_e < L_p$ , то выражение характеризующее концентрацию загрязнений на входе в устройство будет иметь вид

$$L_o = \frac{L_f}{1+r}. \quad (18)$$

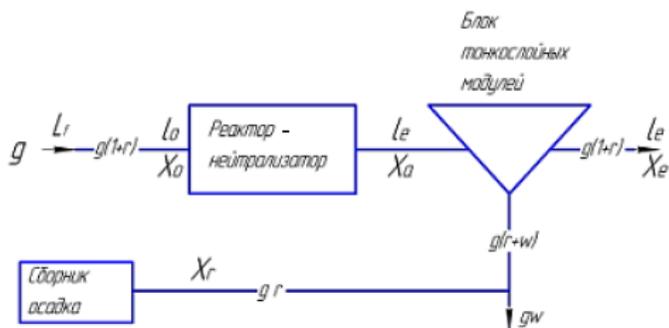


Рис. 3. Схема реактора-нейтрализатора с рециркуляцией и блоком тонкослойных модулей

Распределение времени пребывания жидкости в устройстве, чтобы определить действительные условия течения потока в устройстве, необходимо иметь данные о распределении интервалов времени между моментом попадания объема очищаемой жидкости в устройство до его появления на выходе из него [7, 8].

Сведения о распределении времени пребывания жидкости в устройстве можно получить непосредственными измерениями. С этой целью применяют широко распространенный метод исследования, заключающийся в искусственном внесении возмущения и анализе вызванных этим возмущений последствий [9].

Режим работы системы «устройство нейтрализации – блок тонкослойных модулей» определяется значениями следующих переменных:  $g_1$ ,  $L_p$ ,  $L_o$ ,  $L_e$ ,  $X_o$ ,  $X_a$ ,  $X_r$ ,  $X_e$ ,  $r$ ,  $\omega$ . Когда блок тонкослойных модулей работает без перегрузки, то концентрация  $X_e$  должна быть близка к 0, при расчетах концентрацию  $X_e$  можно считать постоянным параметром. Переменные  $g$ ,  $L_p$ ,  $L_e$  фиксируются в условиях постановки задачи. Остальные переменные  $L_o$ ,  $X_o$ ,  $X_a$ ,  $X_r$ ,  $r$ ,  $\omega$  не являются независимыми и связаны между собой четырьмя балансовыми соотношениями

$$\begin{aligned} T &= \frac{r}{1+r} X_r; \\ L_o &= \frac{1}{1+r} L_f. \end{aligned} \quad (19)$$

### Выводы:

Анализ работы устройства нейтрализации показал:

1. Предлагаемое оборудование – устройство нейтрализации – обеспечивает высокую и стабильную степень очистки сточной воды от трудно окисляемых органических соединений как при независимых, так и при синхронных изменениях концентраций загрязнений и расхода стока.

2. Эффективность процесса очистки в системе «отношение общего объема устройства нейтрализации и блока тонкослойных модулей к расходу поступающих стоков» главным образом зависит от концентрации загрязнений в оборудовании или от соответствующего отношения объема блока тонкослойных модулей к объему устройства нейтрализации.

3. Зависимость эффективности процесса очистки от коэффициента рециркуляции очищаемой воды существенна только в области малых значений  $r \approx 0,1$ .

4. Экспериментальное изучение процессов очистки производственных сточных вод показывает, что процессы нейтрализации и осаждения загрязнений зави-



сят от режима работы оборудования предварительной физико-химической очистки, которое, в свою очередь, можно охарактеризовать средним временем пребывания очищаемой сточной жидкости в оборудовании.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вавилин, В. А. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом / В. А. Вавилин, В. Б. Васильев. – Москва : Наука, 1979. – С. 45–49.
2. Брежнев, А. И. Математические модели биологических сообществ и задачи управления / А. И. Брежнев [и др.] – Москва : Наука, 1975. – С. 92–112.
3. Баженов, В. И. Математическое моделирование объекта очистки сточных вод / В. И. Баженов, А. Н. Эпов, И. А. Носкова // Экологический вестник России. – 2011. – № 4. – С. 30–35 ; № 5. – С. 38–42.
4. Крючихин, Е. М. Технологические инновации в области очистки сточных вод / Е. М. Крючихин [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 6. – Ч. 1. – С. 9–14.
5. Кулаков, А. А. Исследование барьерных возможностей традиционной биологической очистки сточных вод на основе технологического моделирования / А. А. Кулаков, Е. А. Лебедева, М. Ф. Умаров // Экология и промышленность России. – 2010. – № 10. – С. 33–36.
6. Ильин, Ю. А. Определение показателей экологической безопасности канализационных очистных сооружений / Ю. А. Ильин, В. С. Игнатчик, С. Ю. Игнатчик // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 3 – Ч. 1. – С. 11–18.
7. Илялетдинов, А. Н. Микробиология и биотехнология очистки промышленных сточных вод / А. Н. Илялетдинов, Р. М. Алиева. – Алма-Ата: Гылым, 1990. – 350 с.
8. Уткин, И. Б. Деструкция токсичных органических соединений микроорганизмами / И. Б. Уткин, М. М. Якимов, Е. И. Козляк // Итоги науки и техники. Биологическая химия : сб. ст. – Москва : ВМНИТИ, 1991. – Т. 43. – С. 66–67.
9. Роговская Ц. И. Биохимический метод очистки производственных сточных вод / Ц. И. Роговская. – Москва : Стройиздат, 1967. – 140 с.

**TARASOV Aleksandr Sergeewich, postgraduate student of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry<sup>1</sup>, leading engineer technologist<sup>2</sup>; VASILIEV Aleksey Lvovich<sup>1</sup>, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry**

#### MATHEMATICAL MODELING THE PROCESS OF OXIDATION OF STRONGLY COLORED WASTEWATER IN A NEUTRALIZER REACTOR

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Pjinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-87;  
e-mail: k\_viv@nngasu.ru

<sup>2</sup>JSC Dzerzhinsky Vodokanal  
43, Dzerzhinsky Ave., Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region, 606019, Russia.  
Tel.: +7 (8313) 25-96-17; e-mail: alec-tarasoff@mail.ru

*Key words*: rate of treated wastewater, mixing (diffusion), voluntary unit, amount of impurities, liquid velocity in a neutralizer, actual conditions of the stream in a reactor, time intervals distribution, optimal calculation of the system “neutralizer – thin-walled modul block”.

---

*The article presents a mathematical model of calculation of a device for neutralization of highly colored industrial wastewater.*



REFERENCES

1. Vavilin V. A., Vasiliev V. B. Matematicheskoe modelirovanie protsessov biologicheskoy ochistki stochnykh vod aktivnym ilom [Mathematical modeling processes of sewage biological treatment with active silt]. Moscow. Nauka, 1979. P. 45-49.
2. Brezhnev A. I., Ginzburg L. R., Poluektov R. A., Shvytov I. A. Matematicheskie modeli biologicheskikh soobchestv i zadachi upravleniya [Mathematical models of biological communities and management tasks]. Moscow. Nauka. 1975. P. 92–112.
3. Bazhenov V. I., Epov A. N., Noskova I. A. Matematicheskoe modelirovanie obekta ochistki stochnykh wod [Mathematical modeling an object of wastewater treatment]. Ekologicheskii vestnik Rossii [Environmental Bulletin of Russia]. 2011. № 4. P. 30–35; № 5. P. 38–42.
4. Kryuchikhin E. M., Nikolaev N. A., Zhilnikova N. A., Bolshakov N. Yu. Tekhnologicheskie innovatsii v oblasti ochistki stochnykh vod [Technological innovations in the field of wastewater treatment]. Vodospabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary engineering]. 2007. № 6. Ch. 1. P. 9–14.
5. Kulakov A. A., Lebedeva E. A., Umarov M. F. Issledovanie barernykh vozmozhnostey traditsionnoy biologicheskoy ochistki stochnykh vod na osnove tekhnologicheskogo modelirovaniya [Investigation of barrier possibilities of traditional biological sewage treatment based on technological modeling]. Ekologiya i promyshlennost Rossii [Ecology and industry of Russia]. 2010. № 10. P. 33–36.
6. Ilin Yu. A., Ignatchik V. S, Ignatchik S.Yu. Opredelenie pokazateley ekologicheskoy bezopasnosti kanalizatsionnykh ochistnykh sooryzheniy [Determination of indicators of ecological safety of sewage treatment plants]. Vodospabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary engineering]. 2013. № 3. Ch. 1. P. 11–18.
7. Ilyaletdinov A. N., Alieva R. M. Mikrobiologiya i biotekhnologiya ochistki promyshlennykh stochnykh vod [Microbiology and biotechnology of industrial wastewater treatment]. Alma-Ata: Gylm. 1990. 350 p.
8. Utkin I. B., Yakimov M. M., Kozlyak E. I. Destruksia toksichnykh organicheskikh soedineniy mikroorganizmami [Destruction of toxic organic compounds by microorganisms]. Itogi nauki i tekhniki. Biologicheskaya khimiya [Results of science and engineering. Biological chemistry]: sb. st. Moscow: VMNITI, 1991. Vol. 43. P. 66–67.
9. Rogovskaya Ts. I. Biokhimicheskiy metod ochistki stochnykh vod [Biochemical method of cleaning industrial sewage]. Moscow: Stroyizdat. 1967. 140 p.

© А. С. Тарасов, А. Л. Васильев, 2018

Получено: 05.07.2018 г.

УДК 666.982

**В. Т. ЕРОФЕЕВ**, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф., декан архитектурно-строительного факультета, зав. кафедрой строительных материалов и технологий; **АЛЬ ДУЛАЙМИ САЛМАН ДАВУД САЛМАН**, аспирант

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ В НИХ БАКТЕРИЙ И ВОЗРАСТА ОБРАЗЦОВ**

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»  
Россия, 430005, г. Саранск, ул. Советская, д. 24. Тел./факс: (8342) 48-25-64;  
эл. почта: salmoon-1985@mail.ru

*Ключевые слова:* S.Pasteurii, цемент, бактерии, цеолит, пемза, S.Ureae, B.Subtilis, прочность, концентрации.

---

*Показано, что во время эксплуатации железобетонные конструкции под воздействием различных факторов подвержены растрескиванию. Приводится подробный анализ результатов различных экспериментов, проведенных на образцах обычного цементного раствора, фиброармированного цементного раствора и модифицированных цементных композитов с целью количественной оценки процесса самовосстановления.*

---

Во время эксплуатации железобетонные конструкции очень часто подвергаются растрескиванию, что приводит к ухудшению качества и сокращению ожидаемого срока эксплуатации. Как правило, обслуживание и ремонт железобетонных конструкций влекут за собой огромные расходы [1]. Для продления срока службы конструкций и, следовательно, сохранения расходов на их обслуживание крайне важно свести к минимуму распространение в бетоне трещин [2, 3, 4]. Существует насущный экономический стимул для разработки бетона, способного самостоятельно восстанавливаться и устранять повреждения. Ранее полученные данные различных исследователей свидетельствуют о том, что самовосстановление бетона может быть достигнуто путем введения в бетонную матрицу бактерий [5, 6, 7]. Было высказано предположение, что иммобилизированные в бетонной матрице бактериальные споры, находящиеся в состоянии покоя, но жизнеспособные, становятся метаболически активными, как только через вновь образованные трещины проникает влага. Затем эти трещины затянутся вследствие нахождения кальция, образованного в результате жизнедеятельности микроорганизмов.

В настоящей работе проведены исследования процесса самовосстановления цементных композитов различного типа. Важным является установление влияния на прочность цементного раствора добавок бактерий вместе с питательными веществами. Нами экспериментально было изучено влияние концентрации бактерий на прочность бетона при сжатии и определена оптимальная концентрация бактерий. В таблице приведены значения прочности на сжатие кубов цементного раствора с различной концентрацией выбранных видов бактерий, иммобилизованных в цеолите и пемзе, а также прирост их прочности на сжатие по сравнению с цементными кубиками без бактерий разного возраста.



### Прочность на сжатие кубиков из цементного раствора с различной концентрацией бактерий различного вида и ее зависимость от возраста образцов

Возраст	Прочность на сжатие (МПа) при различной концентрации клеток				Процент увеличения прочности на сжатие при различной концентрации клеток (%)		
	0 кл/мл	10 <sup>4</sup> кл/мл	10 <sup>6</sup> кл/мл	10 <sup>8</sup> кл/мл	10 <sup>4</sup> кл/мл	10 <sup>6</sup> кл/мл	10 <sup>8</sup> кл/мл
<i>S.pasteurii</i> + цеолит							
7 дней	29,8	32,2	33,2	32,7	8,1	11,4	9,7
14 дней	40,3	44,8	46,5	44,9	11,2	15,4	11,4
28 дней	48,9	54,8	56,9	55,0	12,1	16,4	12,5
<i>S.pasteurii</i> + пемза							
7 дней	30,1	33,0	33,9	33,3	9,6	12,6	10,6
14 дней	41,1	45,6	47,4	45,8	10,9	15,3	11,4
28 дней	51,7	57,9	60,6	58,8	12,0	17,2	13,7
<i>B.subtilis</i> + цеолит							
7 дней	29,8	32,8	34,0	33,0	10,1	14,1	10,7
14 дней	40,3	44,6	46,4	45,1	10,7	15,1	11,9
28 дней	48,9	55,1	57,8	55,9	12,7	18,2	14,3
<i>B.subtilis</i> + пемза							
7 дней	30,1	33,2	34,4	33,5	10,3	14,3	11,3
14 дней	41,1	45,7	47,6	46,3	11,2	15,8	12,7
28 дней	51,7	58,9	62,1	59,6	13,9	20,1	15,3
<i>S.sureae</i> + цеолит							
7 дней	29,8	31,7	32,8	32,1	6,4	10,1	7,7
14 дней	40,3	43,4	44,7	43,8	7,7	10,9	8,7
28 дней	48,9	53,1	55,5	53,8	8,6	13,5	10,0
<i>S.sureae</i> + пемза							
7 дней	30,1	32,1	33,1	32,6	6,6	10,0	8,3
14 дней	41,1	44,4	45,9	45,0	8,0	11,7	9,5
28 дней	51,7	56,8	59,3	57,1	9,9	14,7	10,4

Из приведенных в таблице данных следует: для образцов с иммобилизованными в цеолите бактериями вида *S.pasteurii* увеличение прочности на сжатие (в %) в течение 7 дней оказалось равным 8,1; 11,4 и 9,7 % для концентрации 10<sup>4</sup>, 10<sup>6</sup> и 10<sup>8</sup> кл/мл соответственно. Установлено, что после выдержки в течение 14 дней увеличение этого параметра было выше, чем у 7-дневного образца и составляло 11,2; 15,4; и 11,4 % для концентраций 10<sup>4</sup>, 10<sup>6</sup> и 10<sup>8</sup> кл/мл соответственно. Наибольшее увеличение прочности на сжатие (в %) наблюдалось у 28-дневного образца. Установили, что оно составляло 12,1; 16,4; и 12,5 % для концентрации клеток 10<sup>4</sup>, 10<sup>6</sup> и 10<sup>8</sup> кл/мл соответственно. Следовательно, полученные результаты подтвердили повышение прироста прочности на сжатие (в %) с увеличением возраста образцов. Аналогичные результаты получили для образца с иммобилизованными в пемзе бактериями вида *S.pasteurii*, при этом наибольший прирост прочности на сжатие также наблюдали для 28-дневного образца. Установили, что



он составлял соответственно 12; 17,2 и 13,7 % для концентрации клеток  $10^4$ ,  $10^6$  и  $10^8$  кл/мл. В то же время в случае образца возрастом 7 дней прирост составлял 9,6; 12,6 и 10,6 %, а в случае образца возрастом 14 дней – соответственно 10,9; 15,3 и 11,4 % для концентрации клеток  $10^4$ ,  $10^6$  и  $10^8$  кл/мл. Наблюдаемая тенденция к увеличению повышения прочности на сжатие (в %) с возрастом обосновывает влияние процесса самовосстановления на образцы, обработанные бактериями. Аналогично результатам, полученным для образца, обработанного бактериями *S.pasteurii* (таблица), наибольшее увеличение прочности на сжатие (в %) наблюдали у 28-дневного образца с иммобилизованными как в цеолите, так и пемзе бактериями *B.subtilis* (таблица). Полученные значения составили 12,7; 18,2 и 14,3 % для иммобилизованных в цеолите бактерий *B.subtilis* и 13,9; 20,1 и 15,3 % для иммобилизованных в пемзе бактерий *B.subtilis* соответственно для концентрации клеток  $10^4$ ,  $10^6$  и  $10^8$  кл/мл. В то же время для 7-дневного образца увеличение прочности на сжатие (в %) оказалось равным 10,1; 14,1 и 10,7 % для бактерий *B.subtilis*, иммобилизованных в цеолите, и 10,3; 14,3 и 11,3 % для бактерий *B.subtilis*, иммобилизованных в пемзе, тогда как для 14-дневного образца увеличение прочности на сжатие (в %) отмечалось как 10,7; 15,1 и 11,9 % для бактерий *B.subtilis*, иммобилизованных в цеолите, и 10,3; 14,3 и 11,3 % для бактерий *B.subtilis*, иммобилизованных в пемзе, для концентрации клеток  $10^4$ ,  $10^6$  и  $10^8$  кл/мл соответственно (таблица). В случае бактерий вида *S.ureae* (таблица) процентное увеличение прочности на сжатие для 28-дневного образца (наибольший прирост, наблюдаемый в случае бактерий *S.pasteurii* и *B.subtilis*) составляло 8,6; 13,5 и 10 % для *S.ureae*, иммобилизованных в цеолите, и 9,9; 14,7 и 10,4 % для *S.ureae*, иммобилизованных в пемзе, при концентрации клеток  $10^4$ ,  $10^6$  и  $10^8$  кл/мл соответственно. Соответствующие значения для иммобилизованных в цеолите бактерий *S.cureae* составляли только 6,4; 10,1 и 7,7 % для 7-дневного образца и 7,7; 10,9 и 8,7 % для 14-дневного образца. Аналогичным образом для иммобилизованных в пемзе бактерий *S.cureae* процентное увеличение прочности на сжатие составляло 6,6; 10,0 и 8,3 % в случае 7-дневных образцов и 8; 11,7; и 9,5 % в случае 14-дневных образцов при концентрации клеток  $10^4$ ,  $10^6$  и  $10^8$  кл/мл соответственно. Из приведенных в таблице данных можно сделать вывод, что иммобилизованные в пемзе бактерии способствовали лучшему приросту прочности на сжатие (17,2 % для *S.pasteurii*; 20,1 % для *B.subtilis* и 14,7 % для *S.ureae* через 28 дней) по сравнению с бактериями, иммобилизованными в цеолите (16,4 % для *S.pasteurii*, 18,4 % для *B.subtilis* и 13,5 % для *S.ureae* через 28 дней). Аналогичную тенденцию можно заметить для 7- и 14-дневных образцов со всеми тремя выбранными видами бактерий (таблица). Несмотря на то, что изменения этих значений минимальные, можно сделать вывод, что пемза обеспечила лучшую защиту бактерий, чем цеолит. Следовательно, пемзу можно рассматривать как предпочтительный материал-носитель для бактерий. Из таблицы также следует, что процентное увеличение прочности на сжатие было максимальным при концентрации  $10^6$  кл/мл для бактерий *S.pasteurii*, иммобилизованных в цеолите (17,2; 15,3 и 12,6 % в течение 28, 14 и 7 дней соответственно) и пемзе (17,2; 15,3 и 12,6 % в течение 28, 14 и 7 дней соответственно). Аналогичные тенденции наблюдали в случае иммобилизованных в цеолите/пемзе бактерий вида *B.subtilis* и *S.ureae* (таблица). На рис. 1 представлена зависимость прочности на сжатие образцов, отвержденных в течение 28 суток, с тремя различными концентрациями клеток для трех видов бактерий: *S.pasteurii*, *B.subtilis* и *S.ureae*. Из графиков видно, что прочность на сжатие повышалась с увеличением концентрации бактериальных клеток до  $10^6$  кл/мл, а



затем снижалась при концентрации  $10^8$  кл/мл для всех выбранных видов бактерий. Максимальное увеличение прочности на сжатие достигали при концентрации  $10^6$  кл/мл, которую выбрали в качестве оптимальной концентрации клеток для дальнейшего исследования.

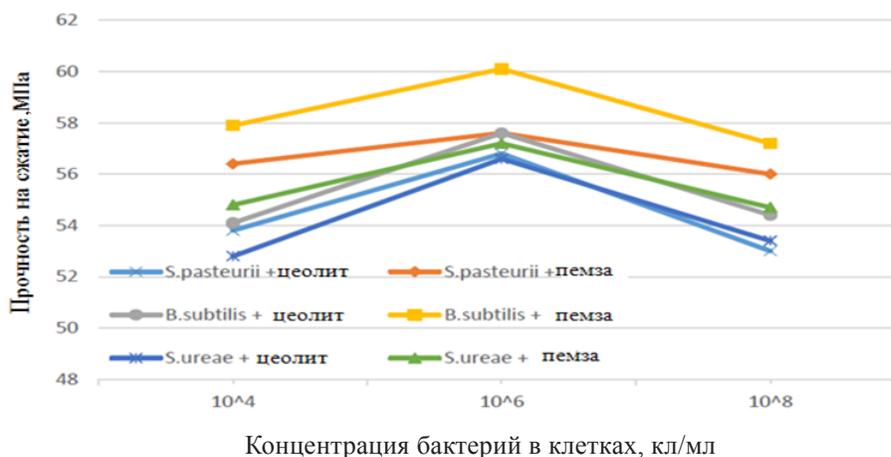


Рис. 1. Прочность на сжатие 28-дневных кубиков из цементного раствора с различной концентрацией бактерий

Что касается бактерий, то вид *B.subtilis* обеспечивал наибольший (в %) прирост прочности на сжатие (20 %), затем бактерии вида *S.pasteurii* (17,2 %). Бактерии вида *S.ureae* (14,7 %) обеспечили наименьший прирост прочности на сжатие по сравнению с другими двумя выбранными бактериальными видами (таблица). Из рис. 1 также следует, что максимальную прочность на сжатие обеспечили бактерии *B.subtilis* (62 МПа) при концентрации клеток  $10^6$  кл/мл. Поэтому все три выбранных бактериальных вида можно рассматривать в качестве восстанавливающего средства в процессе самовосстановления с участием бактерий, среди которых вид *B.subtilis* можно выбрать в качестве наиболее предпочтительного.

На рис. 2 приведено сравнение прочности на сжатие кубиков цементного раствора для всех 9 смесей с концентрацией клеток  $10^6$  кл/мл в разном возрасте. Из этих данных следует, что добавление различных видов бактерий обуславливает различную прочность на сжатие. Образцы с иммобилизованными в цеолите бактериями *Sporosarcina pasteurii* обладают максимальной прочностью на сжатие в течение длительного времени, затем следуют бактерии *Bacillus subtilis subsp. Spizizenii*. Прочность на сжатие кубиков цементного раствора, содержащих микробные клетки, значительно увеличивалась, независимо от типа последних, в сравнении с контрольными образцами (из обычного цементного раствора). Следовательно, можно сделать вывод, что добавление в матрицу цементного раствора бактерий и питательных веществ в долгосрочной перспективе не оказывало негативного влияния на ее структурную целостность.

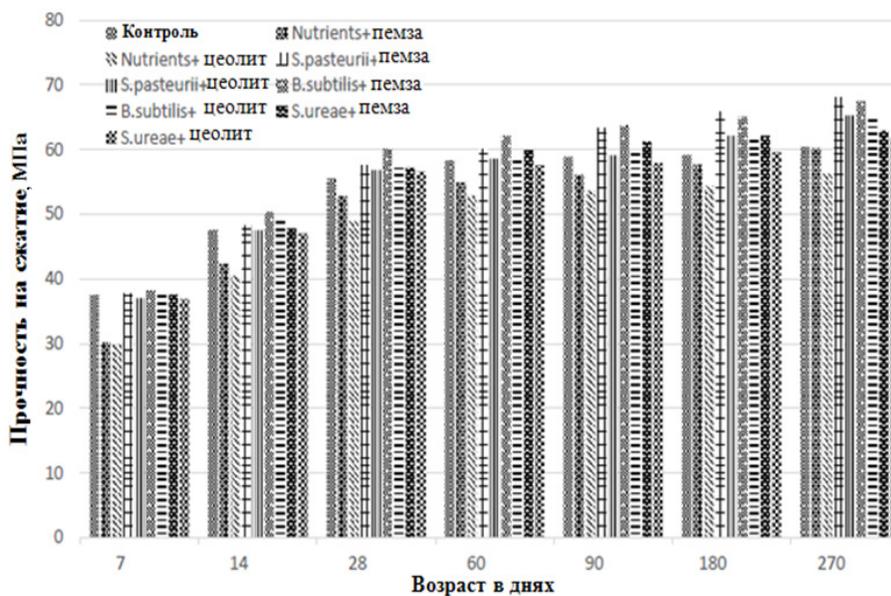


Рис. 2. Прочность на сжатие кубиков из 9 смесей цементного раствора разного возраста с концентрацией бактерий  $10^6$  кл/мл

Значение предпочтительной концентрации бактерий для проведения дальнейших исследований определяли, изучая образцы обычного цементного раствора с различными видами и концентрациями бактерий и разными материалами-носителями с углубленным анализом полученных результатов. Опираясь на эти данные, проводили дальнейшие эксперименты с фиброармированным цементным раствором с целью установить влияние включения бактерий на прочность при сжатии и степень заживления. В случае армированного волокном цементного раствора все три разные вида бактерий использовали в концентрации только  $10^6$  кл/мл, поскольку на основании предыдущих результатов испытаний именно это значение определили в качестве оптимальной концентрации, как описано в предыдущем разделе. Полученные результаты изображены на рис. 3. Тщательное изучение приведенных на рис. 3 данных показало, что в случае фиброармированного цементного раствора наблюдалась та же тенденция, что и для обычного цементного раствора. Даже если добавление питательных веществ слегка уменьшало прочность на сжатие, введение бактерий нейтрализовало это уменьшение и в целом немного повышало прочность на сжатие. На этом этапе можно сделать вывод, что добавки бактерий и питательных веществ не влияли на структурную целостность цементного раствора. Фактически они улучшали прочностные свойства материала. Полученные данные показали, что с увеличением возраста образца постепенно увеличивалась его прочность на сжатие. Лучшие результаты получены для комбинации *S.pasteurii* + цеолит: наблюдаемая прочность на сжатие составляла 100 МПа, что на 11 % выше, чем у контрольного образца в возрасте 270 дней. Интересно отметить, что вначале выбор пемзы в качестве материала-носителя обеспечивал более высокую прочность образцов вплоть до возраста 90 дней, но впоследствии цеолит (как защитный носитель) проявил себя лучше. Это подтверждает, что цеолит как защитный материал-носитель обеспечивает длительную жизнеспособность бактерий.

Другим важным результатом является то, что при выборе бактерий вид *B.subtilis* немного лучше влиял на прочность образцов при сжатии (примерно на 2 % выше) по сравнению с видом *S.pasteurii* при выдержке до 90 дней, а вид *S.pasteurii* обеспечивал лучшую прочность (примерно на 4 % выше) при выдержке в течение 270 дней. Эффективность бактерий вида *S.ureae* была на 10 % ниже по сравнению с другими бактериями при выдержке образцов в течение длительного срока (270 дней). Хотя первоначально, в возрасте образцов 28 дней, эффективность бактерий *S.ureae* была близка к эффективности двух других видов бактерий (около 4 %). Из этих наблюдений вытекает, что бактерии вида *S.ureae*, по всей видимости, не являются идеальным выбором с точки зрения долгосрочной жизнеспособности по сравнению с другими выбранными бактериями.

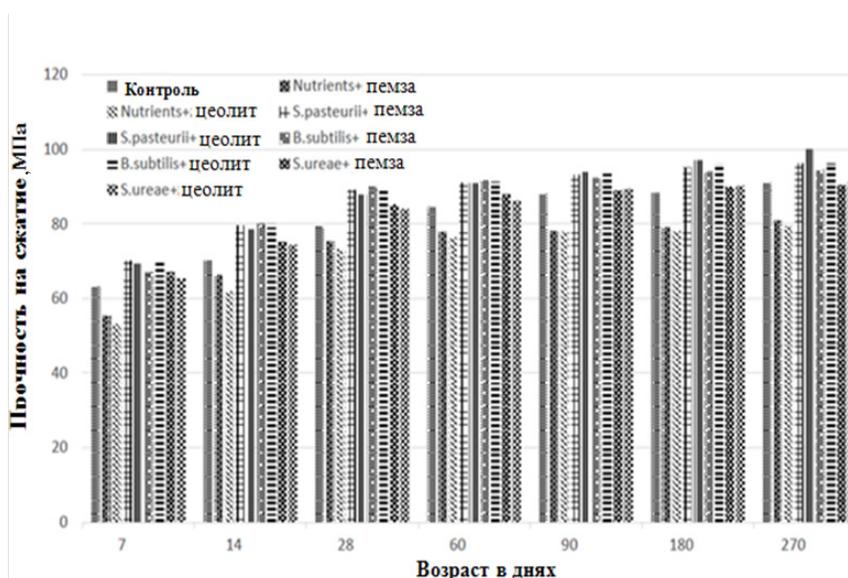


Рис. 3. Прочность на сжатие кубиков из всех 9 смесей фиброармированного цементного раствора в разном возрасте

Наблюдаемое в этой исследовательской работе улучшение прочности на сжатие образцов с добавлением выбранных бактерий, вероятно, обусловлено осаждением  $\text{CaCO}_3$  на поверхности клеток микроорганизмов и в порах цементного раствора. Аналогичные результаты были опубликованы другими исследователями [5, 6, 7]. Эти результаты показали, что с помощью бактерий можно получить бетон с повышенной прочностью и низкой проникающей способностью. Увеличение прочности матрицы цементного раствора за счет введения бактериальных клеток, в конечном итоге, повысит общую длительность периода его эксплуатации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Железобетонные изделия и конструкции : научн.-технич. справ. / ред. Ю. В. Пухаренко, Ю. М. Баженов, В. Т. Ерофеев. – Санкт-Петербург : Профессионал, 2013. – 1048 с.



2. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций / Н. И. Карпенко, С. Н. Карпенко, В. Н. Ярмаковский, В. Т. Ерофеев // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 1. – С. 93–102.

3. Прочность и параметры разрушения цементных композитов : монография / И. Н. Максимова, Н. И. Макридин, В. Т. Ерофеев, Ю. И. Скачков ; Мордовский гос. ун-т им. Огарева. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2015. – 360 с. : ил.

4. Коротких, Д. Н. Трещиностойкость современных цементных бетонов (проблемы материаловедения и технологии) : монография / Д. Н. Коротких ; Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Воронеж, 2014. – 141 с.

5. Achal, V. Lactose mother liquor as an alternative nutrient source for microbial concrete production by *Sporosarcina pasteurii* / V. Achal, A. Mukherjee, P. C. Basu, M. S. Reddy // Journal of Industrial Microbiology Biotechnology. – 2009. – Vol. 36. – № 3. – P. 433–438.

6. Ghosh, P. Use of microorganism to improve the strength of cement mortar / P. Ghosh, S. Mandal, B. D. Chattopadhyay, S. Pal // Cement and Concrete Research. – 2005. – Vol. 35. – № 10. – P. 1980–1983.

7. Ramakrishnan, V. A novel technique for repairing cracks in high performance concrete using bacteria / V. Ramakrishnan, S. S. Bang, K. S. Deo // Proceedings of the International Conference on High Performance High Strength Concrete. – Perth (Australia), 1998. – P. 597–618.

**EROFEEV Vladimir Trofimovich, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor, dean of the faculty of architecture and construction, holder of the chair of building materials and technologies; AL DULAIMI SALMAN DAWOOD SALMAN, postgraduate student**

### **STUDY OF CHANGES IN STRENGTH CHARACTERISTICS OF CEMENT COMPOSITES, DEPENDING ON THE BACTERIA CONCENTRATION IN THEM AND AGE OF SAMPLES**

Ogaryov Mordovian State University

24, Sovetskaya St., Saransk, 430005, Russia. Tel./fax: +7 (8342) 48-25-64;

e-mail: salmoon-1985@mail.ru

*Key words:* S.Pasteurii, cement, bacteria, zeolite, pumice, *S.Ureae*, *B.Subtilis*, strength, concentration.

---

*The article shows that reinforced concrete structures during the operation are subject to cracking under the influence of various factors. A detailed analysis of the results of various experiments carried out on samples of conventional cement mortar, fibro-reinforced cement mortar and modified cement composites for the purpose of quantitative evaluation of the self-recovery process is presented.*

---

#### REFERENCES

1. Zhelezobetonnye izdeliya i konstruksii [Reinforced concrete products and structures]: nauchn.-tekhnich. sprav. Red. Yu. V. Pukharenko, Yu. M. Bazhenov, V. T. Erofeev. Saint-Petersburg: Professional, 2013. 1048 p.

2. Karpenko N. I., Karpenko S. N., Ermakovskiy V. N., Erofeev V. T. O sovremennykh metodakh obespecheniya dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstruksiy [On modern methods of ensuring durability of reinforced concrete structures]. Academia. Arkhitektura i stroitelstvo [Architecture and construction]. 2015. № 1. P. 93–102.

3. Maksimova I. N., Makridin N. I., Erofeev V. T., Skachkov Yu. I. Prochnost i parametry razrusheniya tsementnykh kompozitov [Strength and fracture parameters of cementitious composites]: monografiya. Mordovskiy gos. un-t im. Ogaryova. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2015. 360 p.: il.



4. Korotkikh D. N. Treschinnostoykost sovremennykh tsementnykh betonov (problemy materialovedeniya i tekhnologii) [Crack resistance of modern cement concretes (problems of materials science and technology)]: monografiya. Voronezh. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Voronezh, 2014. 141 p.

5. Achal, V., Mukherjee A., Basu P. S., Reddy M. S. Lactose mother liquor as an alternative nutrient source for microbial concrete production by *Sporosarcina pasteurii*. Journal of Industrial Microbiology of Biotechnology, 2009. Vol. 36, № 3. P. 433–438.

6. Gosh P., Mandal S., Chattopadhyay B. D., Pal S. Use of microorganism to improve the strength of cement mortar. Cement and Concrete Research, 2005. Vol. 35, № 10. P. 1980–1983.

7. Ramakrishnan V. A., Bang S. S., Deo K. S. A novel technique for repairing cracks in high performance concrete using bacteria. Proceedings of the international conference on high performance high strength concrete, Perth, Australia, 1998. P. 597–618.

© **В. Т. Ерофеев, Аль Дулайми Салман Давуд Салман, 2018**

Получено: 05.07.2018 г.

УДК 626/627

**А. В. ЯНЧЕНКО**, канд. техн. наук, гл. методист ректората, проф. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений

### **О ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ ПОВЫШЕННОГО УРОВНЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 280-83-74;  
факс: (831) 430-53-48; эл. почта: desm@nngasu.ru

*Ключевые слова:* гидротехнические сооружения, безопасность, надежность, уровень ответственности, повышенная ответственность.

---

*Проведен анализ нормативных правовых документов в части возможности отнесения гидротехнических сооружений к гидротехническим сооружениям повышенной ответственности в контексте образовательного стандарта высшего образования и к гидротехническим сооружениям повышенного уровня ответственности в контексте идентификационных признаков сооружений. Обоснованы условия, при которых гидротехнические сооружения в том или ином контексте могут быть отнесены к сооружениям повышенной ответственности и сооружениям повышенного уровня ответственности.*

---

В федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений [1] одной из специализаций является «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности». Какие из гидротехнических сооружений (объектов капитального строительства) относятся к сооружениям повышенной ответственности в образовательном стандарте не определено. В то же время в соответствии с п. 1 ст. 4 Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [2] здания и сооружения идентифицируются по следующим 7 признакам: назначение; принадлежность к объектам транспортной инфраструктуры и к другим объектам, функционально-технологические особенности которых влияют на их безопасность; возможность опасных природных процессов и явлений и техногенных воздействий на территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция и эксплуатация здания или сооружения; принадлежность к опасным производственным объектам; пожарная и взрывопожарная опасность; наличие помещений с постоянным пребыванием людей; уровень ответственности. В статье предлагается разрешение вопроса отнесения гидротехнических сооружений к сооружениям повышенной ответственности в контексте образовательного стандарта высшего образования и к сооружениям повышенного уровня ответственности в контексте идентификационных признаков сооружений.

К гидротехническим сооружениям, согласно п. 1 ст. 3 «Основные понятия» Федерального закона от 21.07.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений», отнесены плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъемники; сооружения, предназначенные для защиты



от наводнений, разрушений берегов и дна водохранилищ, рек; сооружения (дамбы), ограждающие хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций; устройства от размывов на каналах, а также другие сооружения, здания, устройства и иные объекты, предназначенные для использования водных ресурсов и предотвращения негативного воздействия вод и жидких отходов, за исключением объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, предусмотренных Федеральным законом от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» [3].

Из приведенного определения следует, что перечень объектов, относимых к гидротехническим сооружениям, является открытым. При этом обобщающими признаками являются вид объекта и его функциональное назначение – использование водных ресурсов и предотвращение негативного воздействия вод и жидких отходов.

Под негативным воздействием вод в соответствии с п. 16 ст. 1 Водного кодекса Российской Федерации понимается затопление, подтопление, разрушение берегов водных объектов, заболачивание и другое негативное воздействие на определенные территории и объекты [4].

В состав СП 58.13330.2012 [5] включено приложение А. Применение на обязательной основе приложения А в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 26.12.2014 № 1521 [6] обеспечивает соблюдение требований Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ [2]. В этом приложении приведен уже перечень постоянных (основных и второстепенных) гидротехнических сооружений:

– «к основным гидротехническим сооружениям относятся: плотины; устои и подпорные стены, входящие в состав напорного фронта; дамбы обвалования; берегоукрепительные (внепортовые), регуляционные и оградительные сооружения; водосбросы, водоспуски и водовыпуски; водоприемники и водозаборные сооружения; каналы деривационные, судоходные, водохозяйственных и мелиоративных систем, комплексного назначения и сооружения на них (например, акведуки, дюкеры, мосты-каналы, трубы-ливнеспуски и т. д.); туннели; трубопроводы; напорные бассейны и уравнивательные резервуары; здания гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций, насосных станций; отстойники; судоходные сооружения (шлюзы, судоподъемники и судоходные плотины); рыбопропускные сооружения, входящие в состав напорного фронта; гидротехнические сооружения портов (причалы, набережные, пирсы), судостроительных и судоремонтных предприятий, паромных переправ, кроме отнесенных к второстепенным; гидротехнические сооружения тепловых и атомных электростанций; гидротехнические сооружения, входящие в состав комплексов инженерной защиты населенных пунктов и предприятий; гидротехнические сооружения инженерной защиты сельхозугодий, территорий санитарно-защитного назначения, коммунально-складских предприятий, памятников культуры и природы; гидротехнические сооружения морских нефтегазопромыслов; гидротехнические сооружения средств навигационного оборудования; сооружения (дамбы), ограждающие золошлакоотвалы и хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций;

– к второстепенным гидротехническим сооружениям относятся: ледозащитные сооружения; разделительные стенки; отдельно стоящие служебно-вспомогательные причалы; устои и подпорные стены, не входящие в состав напорного фронта; берегоукрепительные сооружения портов; рыбозащитные



сооружения; сооружения лесосплава (бревноспуски, запаны, плотоходы) и другие, не перечисленные в составе основных гидротехнических сооружений. В зависимости от возможного ущерба при разрушении и при соответствующем обосновании второстепенные сооружения допускается относить к основным сооружениям».

В соответствии с п. 23 ст. 2 Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ [2] под сооружением понимается «результат строительства», а сооружение состоит из «строительных конструкций».

Постановлением Правительства Российской Федерации от 02.11.2013 № 986 [7] утверждены критерии классификации гидротехнических сооружений, согласно которым гидротехнические сооружения подразделяются на четыре класса:

I класс – гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности;

II класс – гидротехнические сооружения высокой опасности;

III класс – гидротехнические сооружения средней опасности;

IV класс – гидротехнические сооружения низкой опасности.

Какие из гидротехнических сооружений относятся к сооружениям повышенной ответственности вышеназванными документами не определено.

В соответствии с абз. 2 п. 4.5 СП 58.13330.2012 [5] при проектировании гидротехнических сооружений надлежит обеспечивать и предусматривать (в том числе): безопасность и надежность сооружений на всех стадиях их строительства и эксплуатации.

Безопасность гидротехнических сооружений п. 3.1 СП 58.13330.2012 [5] определена как «Свойство гидротехнического сооружения, позволяющее обеспечить защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, имущества физических и юридических лиц, окружающей среды».

Термин «надежность гидротехнического сооружения как строительного объекта» определен пп. 2.1.5 ГОСТ 27751-2014 [8] как «способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации».

В соответствии с абз. 2 п. 8.20 СП 58.13330.2012 [5] «Расчетные сроки службы основных гидротехнических сооружений, воспринимающих гидравлический напор, в зависимости от их класса должны приниматься равными: для сооружений I и II классов – 100 лет; для сооружений III и IV классов – 50 лет».

В соответствии с п. 3.1 ГОСТ 27751-2014 [8] «Для каждого сооружения необходимо установить его класс (КС-1, КС-2 или КС-3) в зависимости от его назначения, а также социальных, экологических и экономических последствий их повреждений и разрушений».

В результате идентификации здания или сооружения по признаку «уровень ответственности», предусмотренному п. 7 ч. 1 ст. 4 Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ [2], здание или сооружение должно быть отнесено к одному из следующих уровней ответственности: 1) повышенный; 2) нормальный; 3) пониженный.

К зданиям и сооружениям повышенного уровня ответственности относятся здания и сооружения, отнесенные в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации [9] к особо опасным, технически сложным или уникальным объектам.

В ГОСТ 27751-2014 [8] включено приложение А, применение которого на обязательной основе в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 26.12.2014 № 1521 [6] обеспечивает соблюдение требований Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ [2], в котором приведена следующая классификация сооружений:



Класс сооружений КС-1	Класс сооружений КС-2	Класс сооружений КС-3
<p>а) теплицы, парники, мобильные здания (сборно-разборные и контейнерного типа), склады временного содержания, в которых не предусматривается постоянного пребывания людей;</p> <p>б) сооружения с ограниченными сроками службы и пребыванием в них людей.</p>	<p>здания и сооружения, не вошедшие в классы КС-1 и КС-3.</p>	<p>а) здания и сооружения особо опасных и технически сложных объектов.</p> <p><i>Примечание 1. Перечень (или классификация) опасных и технически сложных объектов устанавливается национальным законодательством.</i></p> <p><i>Примечание 2. Для отдельных зданий и сооружений опасных производственных объектов допускается устанавливать класс КС-3 в том случае, если:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- на них не предусматривается постоянных рабочих мест и</li> <li>- они не относятся к классу КС-1 по другим критериям;</li> </ul> <p>б) все сооружения, при проектировании и строительстве которых используются принципиально новые конструктивные решения и технологии, которые не прошли проверку в практике строительства и эксплуатации;</p> <p>в) объекты жизнеобеспечения городов и населенных пунктов;</p> <p>е) тоннели, трубопроводы на дорогах высшей категории или имеющие протяженность более 500 метров;</p> <p>ж) строительные объекты высотой более 100 метров;</p> <p>и) пролетные строения мостов с пролетом более 200 метров;</p> <p>к) большепролетные покрытия строительных объектов с пролетом более 100 метров;</p> <p>л) строительные объекты с консольными конструкциями более 20 метров;</p> <p>м) строительные объекты с заглублением подземной части более чем на 15 метров.</p>

Категория особо опасных, технически сложных и уникальных объектов раскрывается в ст. 48.1 Градостроительного кодекса Российской Федерации [9]. Так, согласно ч. 1 ст. 48.1 Градостроительного кодекса Российской Федерации [9] к особо опасным и технически сложным объектам относятся (в том числе): «гидротехнические сооружения первого и второго классов, устанавливаемые в соответствии с законодательством о безопасности гидротехнических сооружений» [3, 7].

В соответствии с п. 10.2 ГОСТ 27751-2014 [8] класс и уровень ответственности сооружений, а также численные значения коэффициента надежности по ответственности устанавливаются генпроектировщиком по согласованию с заказчиком в задании на проектирование, но не ниже тех, которые указаны в



табл. 2 ГОСТ 27751-2014 [8], а именно: для класса сооружений КС-3 уровень ответственности устанавливается не ниже чем повышенный с минимальным значением коэффициента надежности по ответственности 1,1; для класса сооружений КС-2 – не ниже чем нормальный с минимальным значением коэффициента надежности по ответственности 1,0; для класса сооружений КС-1 – не ниже чем пониженный с минимальным значением коэффициента надежности по ответственности 0,8.

В соответствии с пунктом 8.16 СП 58.13330.2012 [5] коэффициент надежности по ответственности гидротехнического сооружения при расчетах по предельным состояниям первой группы принимается для класса сооружений: I – 1,25; II – 1,20; III – 1,15; IV – 1,10, что превышает (или равно) минимальное значение, установленное для класса сооружений КС-3 с повышенным уровнем ответственности.

На основании проведенного анализа надо понимать, что к гидротехническим сооружениям повышенного уровня ответственности безусловно относятся сооружения I класса – гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности и II класса – гидротехнические сооружения высокой опасности, а также в случае отнесения гидротехнических сооружений к классу сооружений КС-3, и сооружения III класса – гидротехнические сооружения средней опасности и IV класса – гидротехнические сооружения низкой опасности.

К гидротехническим сооружениям (объектам капитального строительства) повышенной ответственности в контексте образовательного стандарта высшего образования с учетом вышеизложенного относятся гидротехнические сооружения I и II классов и могут быть отнесены основные гидротехнические сооружения III и IV классов опасности, если они относятся: либо к уникальным, либо при проектировании и строительстве которых используются принципиально новые конструктивные решения и технологии, которые не прошли проверку в практике строительства и эксплуатации, либо относятся к объектам жизнеобеспечения городов и населенных пунктов. Определением «гидротехнические сооружения повышенного уровня ответственности» могут руководствоваться проектные организации и заказчики проектов гидротехнических сооружений, а также органы, осуществляющие контроль их технического состояния и декларирование безопасности. Определением «гидротехнические сооружения повышенной ответственности» могут руководствоваться образовательные организации высшего образования при формировании основной профессиональной образовательной программы (например, при определении объекта (объектов) профессиональной деятельности). И в целях однозначной терминологической идентификации гидротехнических сооружений предлагается следующее наименование специализации: «Строительство гидротехнических сооружений повышенного уровня ответственности».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Министерство образования и науки Российской Федерации. Приказы. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений [Электронный ресурс] : приказ Мин-во образования и науки Рос. Федерации от 31.05.2017 № 483. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.



2. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс] : федер. закон Рос. Федерации от 30.12.2009 № 384-ФЗ : [ред. от 02.07.2013]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.

3. Российская Федерация. Законы. О безопасности гидротехнических сооружений [Электронный ресурс] : федер. закон Рос. Федерации от 21.07.1997 № 117-ФЗ : [ред. от 03.07.2016]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.

4. Российская Федерация. Законы. Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон Рос. Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ : [ред. от 29.07.2017]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.

5. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения : свод правил. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. [Электронный ресурс] : утв. приказом Мин-ва регионального развития Рос. Федерации от 29.12.2011 № 623 : [ред. от 20.10.2016]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Технические нормы и правила. ВерсияПроф.

6. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [Электронный ресурс] : постановление Правительства Рос. Федерации от 26.12.2014 № 1521 : [ред. от 07.12.2016]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.

7. Российская Федерация. Правительство. О классификации гидротехнических сооружений [Электронный ресурс] : постановление Правительства Рос. Федерации от 02.11.2013 № 986. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.

8. ГОСТ 27751-2014. Межгосударственный стандарт. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. [Электронный ресурс] : введен в д. приказом Росстандарта от 11.12.2014 № 1974-ст. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Технические нормы и правила. ВерсияПроф.

9. Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон Рос. Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ : [ред. от 31.12.2017]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.

**YANCHENKO Andrey Vladimirovich, candidate of technical sciences, chief methodologist of the rectorate, professor of the chair of hydraulic and transport structures**

#### **ON THE HYDRAULIC STRUCTURES OF INCREASED RESPONSIBILITY AND THE HYDRAULIC STRUCTURES OF INCREASED LEVEL OF RESPONSIBILITY**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 280-83-74;  
fax: +7 (831) 430-53-48; e-mail: desm@nngasu.ru  
*Key words:* hydraulic structures, safety, reliability, level of responsibility, increased responsibility.

*The article analyzes normative legal documents in an attempt to find possibility of qualifying waterworks as hydraulic structures of increased responsibility in the context of the educational standard of higher education and hydraulic structures of increased level of responsibility in the context of the structures' identification signs. Conditions are substantiated under which hydraulic structures in this or that context may be referred to the constructions of increased responsibility and those of increased level of responsibility.*



REFERENCES

1. Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii. Prikazy. Ob utverzhdenii federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta vysshego obrazovaniya – spetsialitet po spetsialnosti 08.05.01 Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy [Ministry of education and science of the Russian Federation. Orders. On the assertion of the federal state educational standard of higher education – spetsialitet in specialty 08.05.01 Construction of unique buildings and facilities]. [Electronny resurs] : prikaz Min-va obrazovaniya i nauki Ross. Federatsii ot 31.05.2017 № 483. Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.
2. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Tekhnicheskii reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy [The Russian Federation. Laws. Technical regulations on safety of buildings and structures]. [Electronny resurs] : feder. zakon Ros. Federatsii ot 30.12.2009 № 184-FZ [red. ot 02.07.2013]. Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.
3. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. O bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [The Russian Federation. Laws. On the safety of hydraulic structures]. [Electronny resurs] : feder. zakon Ros. Federatsii ot 21.07.1997 № 117-FZ [red. ot 03.07.2016]. Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.
4. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Vodny kodeks Rossiyskoy Federatsii [The Russian Federation. Laws. Water Code of the Russian Federation] [Electronny resurs]: feder. zakon Ros. Federatsii ot 03.06.2006 № 74-FZ [red. ot 29.07.2017]. Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.
5. SP 58.13330.2012. Gidrotekhnicheskie sooruzheniya. Osnovnye polozheniya [Hydraulic structures. General]: svod pravil. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 33-01-2003 [Electronny resurs] : utv. prikazom Min-va regionalnogo razvitiya Ros. Federatsii ot 29.12.2011 № 623 [red. ot 20.10.2016]. Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Tekhnicheskie normy i pravila. VersiyaProf.
6. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitelstvo. Ob utverzhdenii perechnya natsionalnykh standartov i svodov pravil (chastey takikh standartov i svodov pravil), v rezul'tate primeneniya kotorykh na obyazatel'noy osnove obespechivaetsya sobludenie trebovaniy Federal'nogo zakona “Tekhnicheskii reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy” [The Russian Federation. Laws. On the assertion of the List of national standards and regulation (parts of such standards and regulation), in the result of application of which the observance of the requirements of the federal law “Technical regulations on safety of buildings and structures” is implied]. [Electronny resurs] : postanovlenie Pravitelstva Ros. Federatsii ot 26.12.2014 № 1521 [red. ot 07.12.2016]. Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.
7. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitelstvo. O klassifikatsii gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [The Russian Federation. Laws. On the classification of the hydraulic structures]. [Electronny resurs]: postanovlenie Pravitelstva Ros. Federatsii ot 02.11.2013 № 986. Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.
8. GOST 27751-2014. Mezhhgosudarstvenny standart. Nadyozhnost stroitelnykh konstruksiy i osnovaniy. Osnovnye polozheniya [Intergovernmental standard. Reliability of structures and bases. General]. [Electronny resurs] : vvedyon v d. prikazom Rosstandarta ot 11.12.2014 № 1974-st. Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Tekhnicheskie normy i pravila. VersiyaProf.
9. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Gradostroitelny kodeks Rossiyskoy Federatsii [The Russian Federation. Laws. The Town-planning Code of the Russian Federation]. [Electronny resurs] : feder. zakon Ros. Federatsii ot 29.12.2004 № 190-FZ [red. ot 31.12.2017]. Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

© А. В. Янченко, 2018

Получено: 19.05.2018 г.

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

---

УДК 628:544

Э. Р. МИХЕЕВА<sup>1</sup>, канд. биол. наук, науч. сотр.; И. В. КАТРАЕВА<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц. кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; Ю. В. ЛИТТИ<sup>3</sup>, канд. биол. наук, ст. науч. сотр.; Е. А. МОРАЛОВА<sup>2</sup>, ст. преп. кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; Д. Л. ВОРОЖЦОВ<sup>1</sup>, канд. хим. наук, вед. инж.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДНОСТУПЕНЧАТОЙ ТВЕРДОФАЗНОЙ АНАЭРОБНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКОЙ ФРАКЦИИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» Россия, 603950, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, д. 23. Тел.: (831) 462-35-35; эл. почта: biomikheeva@gmail.com, dmvorozh@gmail.com

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-92; эл. почта: lab4-5@mail.ru, L.moralova@yandex.ru

<sup>3</sup>ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН Россия, 119071, г. Москва, Ленинский пр., д. 33, стр. 2. Тел.: (495) 954-52-83; эл. почта: litty-yuriy@mail.ru

*Ключевые слова:* твердые коммунальные отходы (ТКО), одноступенчатая твердофазная анаэробная ферментация, органическая фракция твердых коммунальных отходов (ОФ-ТКО), термофильный процесс, биогаз.

---

*Рассмотрена актуальная проблема технологии переработки органической фракции твердых коммунальных отходов (ТКО) с использованием биотехнологического метода – твердофазной анаэробной ферментации. Приводятся результаты лабораторных исследований одноступенчатой твердофазной анаэробной ферментации органической фракции ТКО. В ходе эксперимента анализировались такие показатели, как количество сухого вещества, влажность, зольность сбраживаемой смеси, количество и состав образующегося биогаза, летучие жирные кислоты (ЛЖК), рН. Отмечается перспективность применения в России предлагаемой технологии для переработки органической фракции ТКО.*

---

В настоящее время задача грамотного обращения с отходами производства и потребления является одной из актуальных. Нарастающая кризисная ситуация в сфере отходов привела к тому, что из второстепенной проблемы она превратилась в глобальную, требующую незамедлительного решения.

В общем объеме ежегодно образующихся отходов значительную долю занимают твердые коммунальные отходы (ТКО), образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. Также к ТКО относят отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами [1].

Ежегодно в Российской Федерации образуются 55–60 млн тонн ТКО, что составляет около 400 кг отходов на человека в год. По статистическим данным на пе-



переработку в России отправляются 5–7 % объема отходов, а в странах Европейского союза – 60 %. Из этого следует, что более 90 % отходов в России вывозятся на полигоны и несанкционированные свалки. Дополнительно остроту данной проблеме придает тот факт, что объемы ТКО с каждым годом прогрессивно возрастают [2, 3].

Согласно последним расчетам, количество ТКО, образуемых населением и объектами инфраструктуры Нижегородской области, составляет 1 199,4 тыс. тонн. Из них в среднем 807,9 тыс. тонн захораниваются на специализированных объектах, а 394,6 тыс. тонн (33 %) несанкционированно размещаются в окружающей среде. По статистике Росприроднадзора РФ, за последние пять лет количество несанкционированных свалок в Нижегородской области увеличилось в 10 раз и по данным на 2015 год составляло свыше 1,3 тыс. объектов.

В настоящее время в рамках государственной программы «Охрана окружающей среды Нижегородской области», утвержденной постановлением Правительства Нижегородской области от 30.04.2014 № 306, реализуется отдельная подпрограмма «Развитие системы обращения с отходами производства и потребления». Она представляет собой комплекс мероприятий, направленных на создание и развитие современной инфраструктуры на этапах сбора, вывоза, утилизации и переработки отходов, а также на снижение объемов полигонного захоронения отходов.

Отсутствие налаженной системы обращения с отходами на сегодняшний день оказывает крайне негативное воздействие на окружающую среду и требует внедрения альтернативных методов утилизации ТКО, отвечающих требованиям экологической безопасности и ресурсосбережения.

Если рассматривать состав основных фракций ТКО (ОФ-ТКО) в России, то биоразлагаемые пищевые отходы составляют 24–30 % по массе и имеют влажность 72–85 %. Усредненный состав пищевых отходов в крупных городах России представлен в таблице [4].

**Усредненный состав пищевых отходов в крупных городах России, %**

Состав	Сезон года	
	лето – осень	зима – весна
Картофель и его очистки	25–38	38–50
Другие овощи	25–38	9–15
Фрукты	20–25	18–24
Мясо и мясные продукты	3–5	3–5
Мясные кости	3–4	3–4
Рыба и рыбные кости	2–3	2–3
Хлеб и хлебобудничные продукты	2	2
Молочные продукты	0,5	0,5
Яичная скорлупа	0,5	0,5
Непищевые примеси, упаковка	5–8	5–15

Биотехнологический метод утилизации ОФ-ТКО путем твердофазной анаэробной ферментации в биореакторах (содержание сухого вещества СВ составляет 15–40 %) является перспективным, поскольку осуществляется в системах, не имеющих контакта с окружающей средой и поэтому не оказывающих негативного воздействия на нее. Кроме того, не требуется тщательное измельчение и со-



ртировка ОФ-ТКО, а также для ведения данного процесса нужно меньше воды, чем для жидкофазной анаэробной ферментации. При анаэробном сбраживании ОФ-ТКО образуется биогаз, содержащий не менее 60 % метана, который может быть использован в качестве топлива, а также для получения тепла и электроэнергии, сброженную биомассу можно направить для получения ценного компоста [5].

Технология может быть реализована в биореакторах непрерывного и периодического действия. Основными преимуществами реакторов, работающих в периодическом режиме (*batch digesters*), являются их относительная простота, минимальные требования к техническому обслуживанию, низкие потери энергии и прежде всего минимальная стоимость [6]. В России данная технология до настоящего времени не применялась, хотя она получила достаточное развитие и практическое применение в мировой практике.

Основной целью данной работы было исследование процесса одноступенчатой анаэробной твердофазной ферментации ОФ-ТКО, проводимой в аппарате периодического действия в термофильном режиме.

Для изучения и моделирования процесса одноступенчатой анаэробной твердофазной ферментации ОФ-ТКО была смонтирована лабораторная установка, схема и внешний вид которой представлены на рис. 1, 2. Установка представляла собой пластиковый (PP) реактор с герметично закрывающейся винтовой крышкой объемом 1 л, оборудованный тремя штуцерами. Один штуцер использовался для отведения газов, второй – для системы орошения, третий – для отвода личатов. Личаты, образующиеся в нижней конусной части аппарата, подавались с помощью насоса в его верхнюю часть в систему орошения. Орошение осуществлялось 12 раз в сутки в течение 1 минуты, для чего был использован розеточный таймер. Линия рециркуляции личатов была оборудована пробоотборником. Исходная смесь загружалась на решетку с диаметром отверстий 0,2 мм.

Процесс твердофазной ферментации проводили в термофильном режиме  $55 \pm 1$  °С. Для создания необходимых условий установка была помещена в суховоздушный шкаф с принудительной конвекцией FD 53 (*Binder*, Германия). Измерение количества образующегося биогаза осуществлялось с помощью газового счетчика MGC-1 V3.3 РММА (*Ritter*, Германия), состав биогаза определяли с использованием газового хроматографа GC-2010 Plus (*Shimadzu*, Япония). Содержание общего углерода ( $C_{total}$ ) и общего азота ( $N_{total}$ ) определяли на элементном анализаторе *Vario EL cube* (*Elementar*, Германия). Количество и состав образующихся в процессе анаэробной ферментации летучих жирных кислот определяли на газовом хроматографе Кристалл 5000.2 (Россия). Количество сухого вещества (СВ), зольность (З) и влажность ( $W$ ) исходной и сброженной смеси определялись с использованием стандартной методики [7].

В качестве инокулята был использован сброженный осадок из метантенка Нижегородской станции аэрации ( $W = 97,9$  % и  $З = 48,3$  %) и осадок из метантенка, обезвоженный на ленточном фильтр-прессе ( $W = 79,3$  % и  $З = 51,7$  %). Осадки подвергались дображиванию при  $55 \pm 1$  °С в течение недели.

В исследуемый аппарат была загружена гомогенизированная вручную сбраживаемая смесь, включающая инокулят – 80 % по массе и субстрат, состоящий из ОФ-ТКО – 10 % по массе, и измельченного картона – 10 % по массе. Картон в том числе способствовал формированию пористой структуры смеси.

Инокулят включал в себя 50 % по массе сброженного осадка из метантенка и 50 % по массе осадка из метантенка, обезвоженного на фильтр-прессе. ОФ-ТКО была смоделирована в соответствии с данными, представленными в таблице.

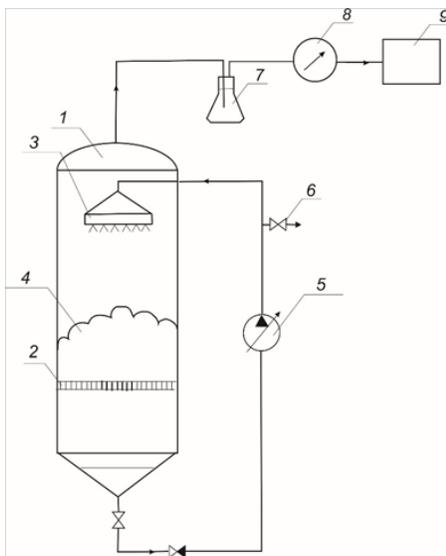


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной установки для проведения процесса одноступенчатой твердофазной анаэробной ферментации: 1 – герметичный аппарат; 2 – сетка; 3 – система для орошения; 4 – сбраживаемая смесь; 5 – насос рециркуляции личатков; 6 – пробоотборник; 7 – гидрозатор; 8 – счетчик биогаза; 9 – сборник биогаза

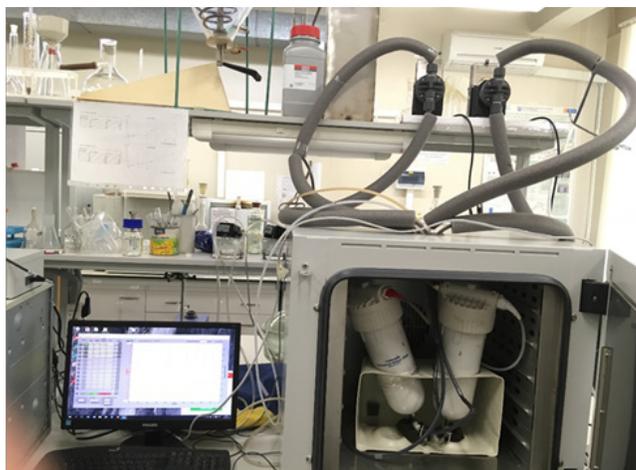


Рис. 2. Внешний вид экспериментальной установки для проведения процесса одноступенчатой твердофазной анаэробной ферментации

Сбраживаемая смесь имела следующие характеристики: СВ = 23 %;  $Z = 26,85\%$ ;  $C_{total}/N_{total} = 14,9$ . Соотношение  $oCB_{\text{Оф-ТКО}}/oCB_{\text{инкулятора}}$  составляло 0,49, что соответствовало необходимым требованиям для создания достаточной метаболической активности для процесса с низкой влажностью [8].

Выделение биогаза было зафиксировано на шестой день проведения эксперимента, оно достигло максимума на одиннадцатый день и снизилось вновь до нуля к двадцать пятому дню (рис. 3). На рис. 3 можно также видеть содержание



основных компонентов биогаза в разные периоды протекания процесса анаэробной ферментации. Общее содержание ЛЖК в рециркулируемых личатах в период максимального выхода биогаза составило 1,07 г/л, при завершении процесса ферментации – 0,06 г/л.

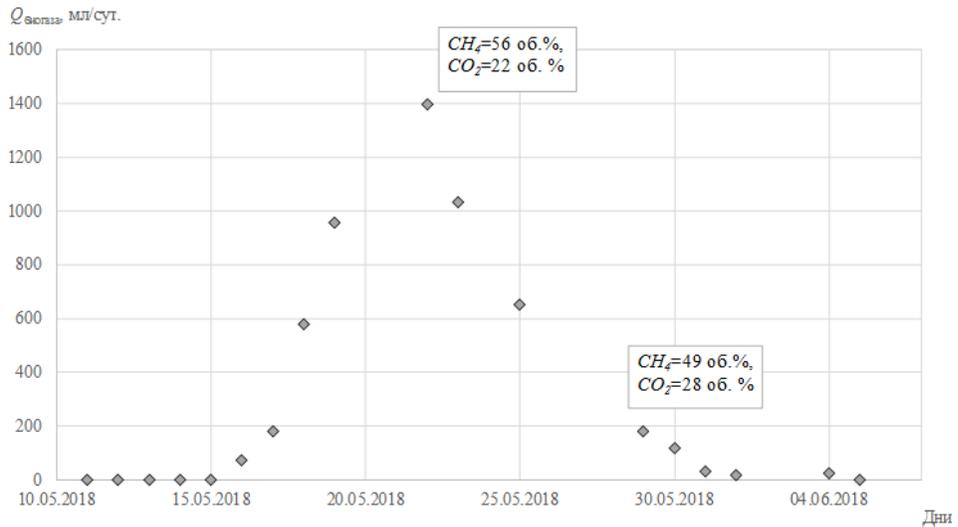


Рис. 3. Динамика выделения биогаза в процессе эксперимента одноступенчатой твердофазной анаэробной ферментации ОФ-ТКО

После завершения процесса ферментации ОФ-ТКО был произведен анализ сброженной смеси. Снижение массы смеси по сравнению с ее исходным значением составило 41,75 %, значение рН водной вытяжки – 8,83. Было установлено снижение количества СВ и увеличение зольности, а также изменение соотношения  $C_{total}/N_{total}$ , что представлено на рис. 4.

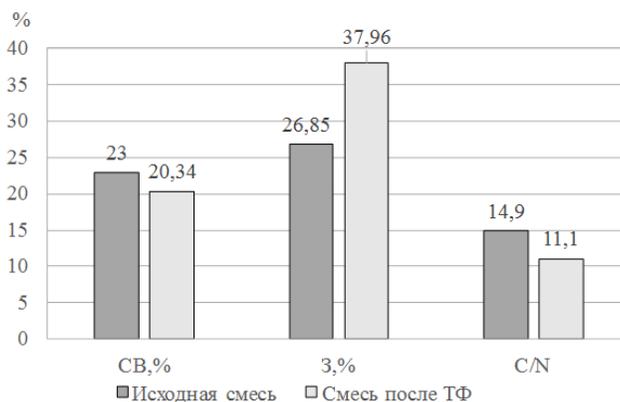


Рис. 4. Изменение количества сухого вещества, зольности, соотношения  $C_{total}/N_{total}$  до и после процесса одноступенчатой твердофазной анаэробной ферментации



При описанных выше условиях процесс одноступенчатой твердофазной анаэробной ферментации был стабильным. ЛЖК в личатах не накапливались до очень высоких значений (более 5–6 г/л), поэтому закисления твердофазной ферментации не наблюдалось. Выход биогаза из сбраживаемой смеси составил 184,5 л/кг органического сухого вещества (оСВ) с содержанием метана в нем до 56 % по объему. Процент распада оСВ составил 43,69 %. С учетом того, что оСВ сбраживаемой смеси наполовину состояло из хорошо выброженного инокулята, можно предположить, что выход биогаза из оСВ субстрата был примерно в 2 раза больше, чем выход из оСВ сбраживаемой смеси (инокулят и субстрата). Это согласуется с литературными данными по выходу биогаза из ОФ-ТКО. Время пребывания сухого вещества в аппарате (SRT) составляло 25 суток.

#### **Выводы:**

1. Анализ литературных данных и результаты проведенных исследований показали, что биотехнологическая переработка ОФ-ТКО путем твердофазной анаэробной ферментации является перспективным методом, который всецело сможет отвечать указанным выше требованиям.

2. Дальнейшие исследования должны быть направлены на повышение эффективности, стабильности и глубины протекания процесса ТФ ОФ-ТКО с целью создания надежных и экологически безопасных комплексов утилизации ТКО.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научно-го проекта № 18-38-00275.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российская Федерация. Законы. Об отходах производства и потребления [Электронный ресурс] : федер. закон Рос. Федерации от 24.06.1998 № 89-ФЗ : [ред. от 31.12.2017]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.
2. Биотехнология и микробиология анаэробной переработки органических коммунальных отходов : коллективная монография / общ. ред. и сост. А. Н. Ножевникова, А. Ю. Каллистов, Ю. В. Литти, М. В. Кевбрин. – Москва : Унив. кн., 2016. – 320 с.
3. Current status and potential of bioenergy in the Russian Federation / Z. B. Namsaraev, P. M. Gotovtsev, A. V. Komova, R. G. Vasilov // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Vol. 81. – P. 625–634.
4. Государственное управление отходами в рамках концепции устойчивого развития / А. Н. Мирный, В. Е. Мурашов, В. Е. Корецкий ; под ред. А. Н. Мирного. – Москва : Акад. коммун. хоз-ва им. К. Д. Памфилова, 2012. – 351 с. : ил.
5. Cunsheng, Zhang. Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production / Zhang Cunsheng, Haijia Su, Jan Baeyens, Tianwei Tan // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2014. – Vol. 38. – P. 383–392.
6. Геммеке, Б. Биогаз на основе возобновляемого сырья. Сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии / Б. Геммеке, К. Ригер, П. Вайланд. – Гюльцов (Германия) : Спец. агентство возобновляемых ресурсов, 2010. – 115 с. : ил.
7. ФР 1.31.2008.04399. Методика выполнения измерений зольности сырого осадка, активного ила. – Москва : АКВАРОС, 2008.
8. Litti, Yu. Influence of cationic Polyacrilamide Flocculant on high-solids anaerobic Digestion of Sewage Sludge under thermophilic Condition / Yu. Litti, A. Nikitina, D. Kovalev [et al.] // Environmental Technology. – 2017. – Vol. 14. – P. 1–26.



**MIKHEEVA<sup>1</sup> Elsa Ravilevna**, candidate of biological sciences, researcher;  
**KATRAEVA<sup>2</sup> Inna Valentinovna**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry;  
**LITTY<sup>3</sup> Yury Vladimirovich**, candidate of biological sciences, senior researcher;  
**MORALOVA<sup>2</sup> Elena Anatolevna**, senior teacher of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry; **VOROZHTSOV<sup>1</sup> Dmitry Leonidovich**, candidate of chemical sciences, leading engineer

## USAGE OF SINGLE-STAGE SOLID-STATE ANAEROBIC FERMENTATION FOR PROCESSING ORGANIC FRACTION OF MUNICIPAL SOLID WASTES

<sup>1</sup>Lobachevsky Nizhny Novgorod State University

23, Gagarin St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 462-35-35; e-mail: biomikheeva@gmail.com, dmvorozh@gmail.com

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-54-92; e-mail: lab4-5@mail.ru, L.moralova@yandex.ru

<sup>3</sup>Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences  
33, Leninsky prospect, build. 2, Moscow, 119071, Russian Federation.

Tel: +7 (495) 954-52-83; e-mail: litty-yuriy@mail.ru

*Key words:* municipal solid wastes, single-stage solid-state anaerobic fermentation, organic fraction of municipal solid wastes (OFMSW), thermophilic process, biogas.

---

*The article is dedicated to the actual problem of utilization of the organic fraction of municipal solid wastes using biotechnological method of solid-state anaerobic fermentation.*

*The results of laboratory studies of the single-stage solid-state anaerobic fermentation of the organic fraction of the solid municipal wastes are presented. Such parameters were analyzed during the experiment as the amount of dry matter, humidity, ash content of the fermented mixture, amount and composition of the produced biogas, volatile fatty acids, pH. The proposed technology is considered promising for processing organic fraction of solid municipal wastes in Russia.*

---

### REFERENCES

1. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya [On wastes of production and consumption]. [Elektronny resurs]: feder. zakon Ros. Federatsii ot 24.06.1998 №. 89-FZ (red. ot 31.12.2017). Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

2. Biotekhnologiya i mikrobiologiya anaerobnoy pererabotki organicheskikh kommunalnykh otkhodov [Biotechnology and microbiology of the anaerobic processing of organic municipal wastes]: kollektivnaya monografiya / obshaya red. i sostav. A. N. Nozhevnikova, A. Yu. Kallistov, Yu. V. Litti, M. V. Kevbrin. Moscow : Univ. kn. 2016. 320 p.

3. Namsaraev Z. B., Gotovtsev P. M., Komova A. V., Vasilov R. G. Current status and potential of bioenergy in the Russian Federation. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 81. P. 625–634.

4. Mirny A. N., Murashov V. E., Koretskiy V. E. Gosudarstvennoe upravlenie otkhodami v ramkakh kontseptsii ustoychivogo razvitiya [Public waste management within the concept of sustainable development]; pod red. A. N. Mirnogo. Moscow. Akad. kommun. khoz-va im. K. D. Pamfilova, 2012. 351 p.: il.

5. Cunsheng, Zhang. Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production / Zhang Cunsheng, Haijia Su, Jan Baeyens, Tianwei Tan. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. Vol. 38. P. 383–392.



6. Gemmeke B., Riger K., Vayland-Gyultsov P. Biogaz na osnove возобновляемого сырья. Sravnitelny analiz shestidesyati odnoy ustanovki po proizvodstvu biogaza v Germanii [Biogas on the basis of renewable raw materials. Comparison analysis of sixty one gas producing plants in Germany]. Spets. agentstvo возобновляемых ресурсов. 2010. 115 p.: il.

7. FR 1.31.2008.04399. Metodika vypolneniya izmereniy zolnosti syrogo osadka, aktivnogo ila [Methods of measuring ash content of wet sediment, activated sludge]. Moscow : AKVAROS, 2008.

8. Litti Yu., Nikitina A., Kovalev D., Ermoshin A., Mahajan R., Goel G., Nozhevnikova A. Influence of cationic polyacrilamide flocculant on high-solids anaerobic digestion of sewage sludge under thermophilic condition. Environmental Technology. 2017. Vol. 14. P. 1–26.

© Э. Р. Михеева, И. В. Катраева, Ю. В. Литги, Е. А. Моралова, Д. Л. Ворожцов, 2018  
Получено: 05.07.2018 г.

УДК 625.7(470.341)

**М. В. ЗАБОЛУХИН<sup>1</sup>**, ст. преп. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений; **В. И. КОСТИН<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доц. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений; **Д. В. КОСТИН<sup>2</sup>**, директор

### **ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ В Г. БОР НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-42-89;  
эл. почта: gs@nngasu.ru

<sup>2</sup>ООО НПО «Арсенал-НН»  
Россия, 603014, г. Н. Новгород, ул. Сормовское шоссе, д. 24Л. Тел.: (831) 281-65-11;  
факс: (831) 281-65-11; эл. почта: arsenal-nnov@yandex.ru

*Ключевые слова:* транспортная развязка, пропускная способность, транспортный поток, уровень загрузки.

---

*Выполнена оценка транспортной работы узла и приведено обоснование инженерных решений при реконструкции транспортной развязки на пересечении Стеклозаводского шоссе с автомобильной дорогой по ул. Луначарского в г. Бор Нижегородской области.*

---

«Адресной инвестиционной программой капитальных вложений городского округа г. Бор» № 5202 от 07 ноября 2016 г. предусмотрено дальнейшее развитие дорожно-транспортной инфраструктуры города. Одним из первоочередных объектов является реконструкция транспортного узла на пересечении Стеклозаводского шоссе с ул. Луначарского в продолжении вновь построенного Южного обхода г. Бор.

В статье приводятся основные результаты по разработке инженерных решений при реконструкции указанного выше узла с обоснованием их функциональности и технико-экономической эффективности для обеспечения беспрепятственного разъезда автотранспорта без существенного изменения существующей дорожно-транспортной инфраструктуры города и соблюдением требований экологической безопасности.

Работа реализована в два этапа.

**I этап – анализ объекта автотранспортной инфраструктуры**



С логистической точки зрения данный узел является одним из связующих элементов улично-дорожной сети города, определяющих связь его центральной части с периферийными районами Борской агломерации и прежде всего транзитных транспортных потоков в направлении г. Н. Новгорода со стороны автодороги Н. Новгород – Валки. На момент начала работ объект характеризовался следующими техническими показателями:

- 1) с позиций организации движения – пересечение представляет собой нерегулируемый Т-образный перекресток;
- 2) со стороны автодороги Бор – Валки – Стеклозаводское шоссе имеет 2 полосы движения (по одной в каждом направлении);
- 3) со стороны ул. Луначарского – также примыкает двухполосная дорога.
- 4) со стороны ул. Степана Разина к перекрестку подходят 3 полосы движения (одна из центра и две в центр г. Бор). Поворот со Стеклозаводского шоссе из центра в направлении ул. Луначарского осуществляется с одной полосы посредством правоповоротного съезда.

Оценка существующей схемы организации движения на подходах к пересечению выполнена с использованием исполнительной съемки (паспортизации) элементов обстановки объекта с использованием передвижной видеолaborатории ДВК-05 ООО НПО «Арсенал-НН». Результаты съемки показали, что расстановка средств организации дорожного движения на территории объекта как нерегулируемого перекрестка в целом не вызывает возражений.

С целью оценки эффективности транспортного узла было проведено натурное обследование транспортных потоков при въезде на территорию рассматриваемого объекта с различных направлений после ввода Южного обхода (рис. 1 цв. вклейки).

Полевые измерения проводились в ноябре 2016 г. посредством видеосъемки и визуального учета на 5 стационарных постах. Дальнейшая обработка велась согласно п. 8.3 [1]. Проведенный анализ полученной информации позволил сформулировать следующие выводы:

1. Натурное обследование свидетельствует о том, что в настоящее время в транспортном узле наиболее загруженным (потокообразующим) является Стеклозаводское направление, где среднечасовая интенсивность движения в измеренный пиковый период составила от 600 до 900 авт./час (табл. 1). Данные показатели не превышают теоретически возможной пропускной способности на перегонах проезжей части дорог, работающих в подобных условиях.

Таблица 1

**Матрица корреспонденций в транспортном узле**

Номер транспортного потока	Интенсивность транспортного потока ед./ч								Расчетная
	8.00–9.00	9.00–10.00	11.00–12.00	12.00–13.00	13.00–14.00	14.00–15.00	15.00–16.00	16.00–17.00	
1	613	651	698	557	553	549	685	544	685
2	75	62	54	43	31	29	28	182	28
3	584	611	632	638	351	658	662	656	662
4	289	237	226	236	243	238	258	248	258
5	169	171	172	181	204	238	259	241	259
6	17	21	28	29	26	25	27	24	27

**К СТАТЬЕ М. В. ЗАБОЛУХИНА, В. И. КОСТИНА, Д. В. КОСТИНА  
«ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ  
РАЗВЯЗКИ В Г. БОР НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ  
ТРЕБОВАНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»**

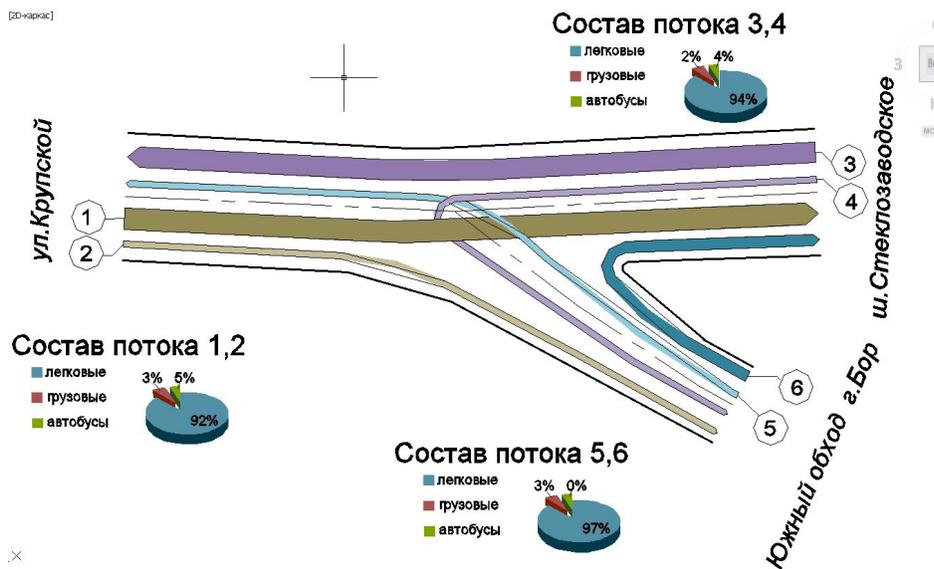


Рис. 1. Картограмма интенсивности транспортных потоков: цифры 1–6 соответствуют номерам № 1–№ 6 направлений транспортных потоков, обозначенных по тексту статьи

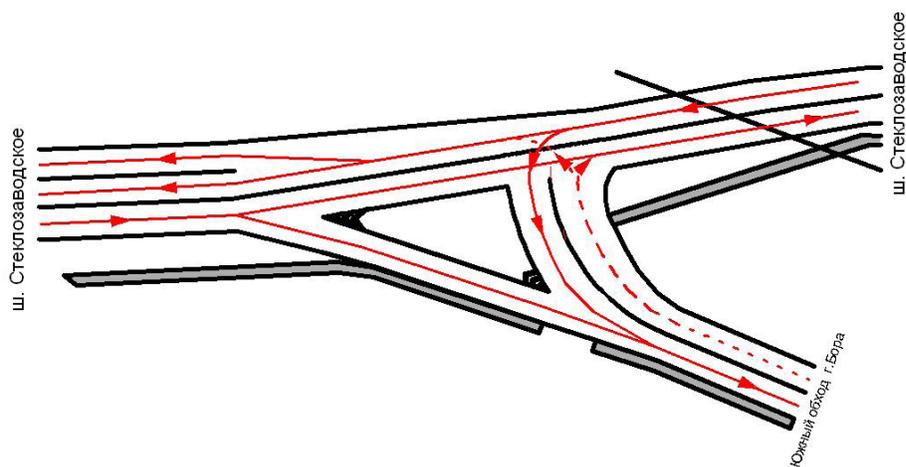


Рис. 2. Схема движения транспорта в узле

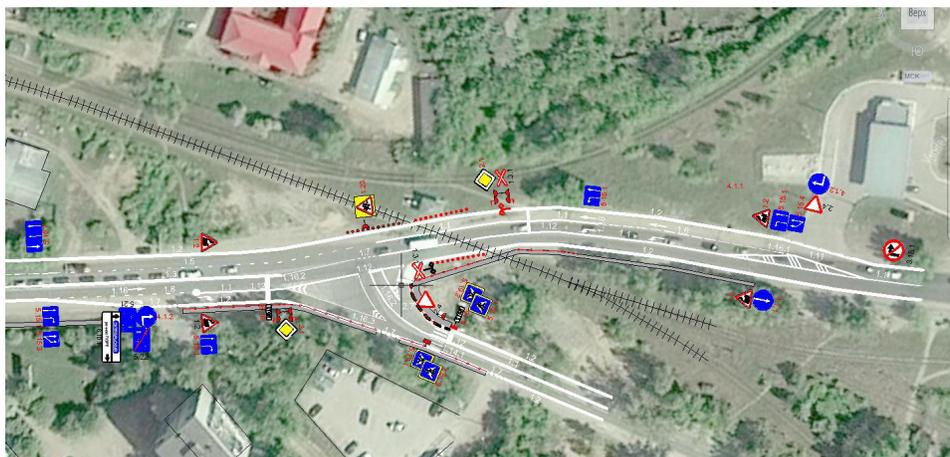


Рис. 3. Схема организации движения по варианту № 1

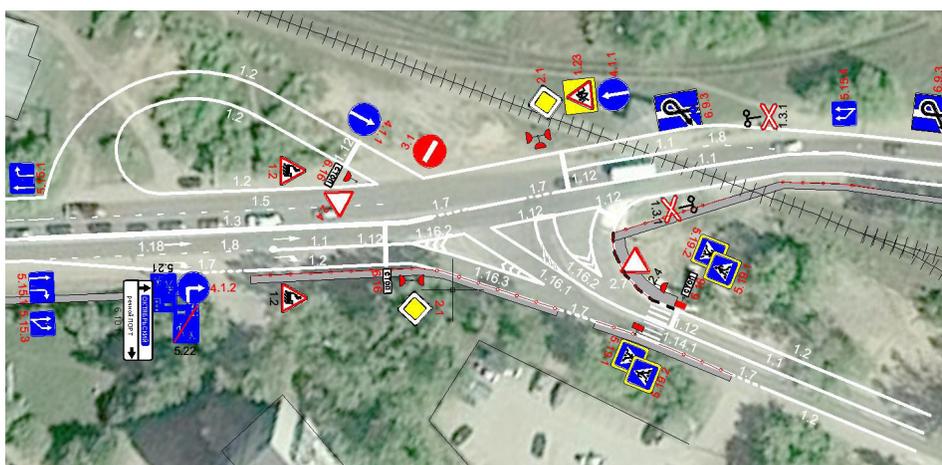


Рис. 4. Схема организации движения по варианту № 2



Тем не менее при наличии на пересечении дорог транспортных потоков с интенсивностью, составляющей до 30 % от объема движения потокообразующего, последние могут вызывать серьезные осложнения для движения по главному, в данном случае Стеклозаводскому шоссе. Причем проблему представляют собой прежде всего левоповоротные потоки. Это обстоятельство послужило основанием не только для оптимизации схемы организации движения, но и внесения изменений в архитектурно-планировочные решения рассматриваемого объекта.

## 2. Организация движения в транспортном узле (существующие условия)

Организация движения в рассматриваемом транспортном узле в настоящее время решена как на примыкании в одном уровне нерегулируемого движения. Разъезд транспортных средств (см. рис. 2 цв. вклейки) осуществляется, руководствуясь правилами дорожного движения (ПДД) и установленными в узле знаками приоритета.

Право первоочередного проезда принадлежит транспортным потокам, движущимся по ул. Стеклозаводское шоссе (*сплошные линии*):

→ из центра в сторону Моховых гор – потоки прямого и правоповоротного направлений из одной полосы движения;

→ в сторону центра г. Бор – потоки прямого и левоповоротного движения в сторону ул. Луначарского также из одной полосы движения.

Право- и левоповоротные потоки со стороны автомобильной дороги по ул. Луначарского (*пунктирные линии*) не обладают подобным правом и вынуждены предоставлять первоочередность проезда транспортным потокам, движущимся по ул. Стеклозаводское шоссе – ул. Крупской.

Кроме того, на пересечении основного направления с ул. Луначарского осуществляется пропуск пешеходов по оборудованному пешеходному переходу, что провоцирует конфликт с транзитными автомобильными потоками. На основании картограммы интенсивности транспортных потоков проведена оценка пропускной способности и уровня загрузки примыкающих транспортных узлов движением.

Уровень загрузки движением в узле определялся по п. 6.1 [1] для пересечений в одном уровне нерегулируемого движения. По результатам расчетов установлено, что уровень загрузки перекрестка движением составляет 1,82. Согласно данным табл. 17 [1] предельно допустимое значение коэффициента загрузки при реконструкции (уровень С) не должно превышать значения 0,65. Рекомендуемый уровень обслуживания перекрестка назначен по табл. 3 [1] для въездов в города, обходов и кольцевых дорог вокруг больших городов. Следует также отметить, что согласно данным табл. 1 п. 7 [2] (условие 1) транспортный узел должен быть переведен в режим регулируемого пересечения в одном уровне.

Общезвестно, что вблизи дорог с большой интенсивностью движения состояние воздушного бассейна является одной из наиболее опасных сред, определяющих экологическую обстановку не только для проживающего рядом с ними населения, но и для самих участников дорожного движения – водителей, пассажиров, пешеходов. Таким образом, обозначенные выше транспортные проблемы только усугубляют и без того негативную экологическую ситуацию в непосредственной близости к объекту. Выбросы токсичных веществ от стоящих в очереди автомобилей (на подходах и в зоне перекрестка) с работающими двигателями в разы превышают допустимые нормы и тем самым наносят серьезный ущерб здоровью человека [3–7].



## II этап – разработка инженерных решений с обоснованием их технико-экономической эффективности, функциональности

В данном разделе отображено вариантное решение реконструкции транспортного узла ул. Стеклозаводское шоссе на пересечении с ул. Луначарского в плане организации движения.

### Вариант № 1 (рис. 3 цв. вклейки)

Транспортный узел переводится в режим светофорного регулирования. Работа светофорной сигнализации организована по трехфазному циклу.

В первой фазе выпускаются потоки прямого направления (№ 1 и № 3 рис. 1 цв. вклейки) по ул. Стеклозаводское шоссе по направлению в центр города и из центра в сторону Моховых гор. Движение подразумевается по существующим полосам движения. За перекрестком для пропуска встречных потоков прямого направления выполняется строительство дополнительной полосы слева. Для пропуска пешеходных потоков через проезжую часть ул. Луначарского правоповоротные потоки (№ 2 рис. 1 цв. вклейки) по направлению Стеклозаводское шоссе – ул. Луначарского выпускаются со специально предусматриваемой дополнительной полосы движения с задержкой по времени порядка 15 с.

Во второй фазе разрешается движение левоповоротным потокам (№ 4) со стороны Стеклозаводского шоссе в сторону ул. Луначарского. Для обеспечения максимальной пропускной способности на подходе со стороны Моховых гор с помощью разметки за счет встречной полосы устраивается зона ожидания (карманы-накопители). При этом основное движение в прямом направлении остается неизменно стабильным, т. е. не зависящим от наличия очереди на центральной полосе.

В третьей фазе начинают движение право- и левоповоротные потоки (№ 5, 6) с ул. Луначарского по направлению на ул. Стеклозаводское шоссе.

Уровень загрузки движением в узле по варианту № 1 транспортной развязки определялся по [2]. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Расчетное значение коэффициента загрузки перекрестка движением составляет 0,78 (в таблице выделено серым цветом), что не превышает предельно допустимого значения равного 1,00.

Таблица 2

**Обоснование уровня загрузки перекрестка**

Номер створа	Номер полосы	Направление	Интенсивность, ед./ч	Радиус поворота, м	Скорость движения, км/ч	Безопасное расстояние, м	Динамический габарит, м	Поток насыщения, ед./ч	Пропускная способность, ед./ч	Фазовый коэффициент
1	2	прямо	685	12	15	3,5	10,84	1875	1384	0,37
	1	направо	28	12	15	4,0	11,74	1597	1278	0,02
2	1	прямо, налево	920	12	15	3,5	10,84	1540	1384	0,60
3	2	налево, направо	286	12	15	3,5	10,84	1597	1384	0,18

### Вариант № 2 (рис. 4 цв. вклейки)

Отличием является запрет левого поворота со стороны ул. Стеклозаводское шоссе по направлению ул. Луначарского (поток № 4) и вынос его за пределы перекрестка посредством устройства левоповоротного съезда (петли) с целью умень-



шения объемов строительных работ. Работа светофорной сигнализации при этом будет организована по двухфазному циклу.

В первой фазе выпускаются потоки прямого направления (№ 3, 4) с ул. Стеклозаводское шоссе по направлению в центр города Бор и из центра в сторону Моховых гор. Движение подразумевается по существующим полосам движения. Для пропуска пешеходных потоков через проезжую часть ул. Луначарского правоповоротные потоки по направлению Стеклозаводское шоссе – ул. Луначарского выпускаются со специально предусматриваемой дополнительной полосы движения с задержкой по времени, составляющей порядка 15 с.

Во второй фазе регулирования начинают движение право- и левоповоротные потоки (№ 5, 6) с ул. Луначарского по направлению ул. Стеклозаводское шоссе, а также поток (№ 4) с построенного левоповоротного съезда (петли) в направлении автомобильной дороги по ул. Луначарского.

Уровень загрузки движением в узле по варианту № 2 определялся в соответствии с [2]. Результаты расчета приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Обоснование уровня загрузки перекрестка**

Номер створа	Номер полосы	Направление	Интенсивность, ед./ч	Радиус поворота, м	Скорость движения, км/ч	Безопасное расстояние, м	Динамический габарит, м	Поток насыщения, ед./ч	Пропускная способность, ед./ч	Фазовый коэффициент
1	2	прямо	685	12	15	3,2	10,29	1875	1384	0,37
	1	направо	28	12	15	3,5	10,84	1597	1278	0,02
2	1	прямо	920	12	15	3,5	10,84	1875	1384	0,49
3	1	налево, направо	286	12	15	3,5	10,84	1597	1384	0,18
4	1	прямо	258	12	15	3,5	10,84	1597	1384	0,16

Расчетное значение коэффициента загрузки перекрестка движением составляет 0,67 (в таблице выделено серым цветом), что не превышает предельно допустимого значения равного 1,00.

В ходе дальнейшего анализа ситуации выявлено, что существенное влияние на работу перекрестка оказывает находящийся рядом с ним железнодорожный переезд.

Согласно п. 9.5 [1] однопутный железнодорожный переезд в существующих условиях обеспечивает следующую пропускную способность и загрузку проезжей части движением. Результаты расчета приведены в табл. 4.

По результатам натурного измерения скорости движения транспортных средств на переезде установлено, что максимальная фактическая скорость движения транспортного потока в зоне переезда в настоящее время составляет 22 км/ч (в таблице выделено серым цветом).



Таблица 4

## Пропускная способность железнодорожного переезда

Плотность потока, авт./км			Скорость движения км/ч, $V_0$	Пропускная способность ж/д переезда, Р.ж.п.		Интенсивность движения, ед./ч		Уровень загрузки	
$q_0$		$q_{max}$		прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
прямо	обратно								
14	18	80	50	1218	1283	717	883	0,6	0,7
18	22		40	1031	1105			0,7	0,8
24	29		30	856	949			0,8	0,9
33	40		22	742	883			1,0	1,0

На основании анализа представленных результатов сделаны следующие выводы:

1. Для обеспечения уровня обслуживания в зоне переезда аналогичного основной дороге (0,7 согласно табл. 3 [1]) необходимо осуществлять пропуск транспортных средств со скоростью не менее 50 км/ч.

2. С целью повышения пропускной способности железнодорожного переезда для обоих вариантов предлагается строительство дополнительной полосы движения слева с переустройством средств сигнализации (звуковой, световой и визуальной) и существующего настила из асфальтобетона на резиножелезобетонный.

3. При всех очевидных функциональных достоинствах рассмотренных вариантов для достижения цели настоящего проекта каждый из них имеет определенные недостатки, связанные, прежде всего, со стесненностью условий производства работ.

Сравнение вариантов проводилось по следующим критериям:

- 1) основные геометрические параметры съездов;
- 2) объемы работ по дорожной части;
- 3) стоимостные показатели строительства;
- 4) дополнительные факторы, усложняющие условия реализации проекта;
- 5) объективно неучтенные факторы в процессе эскизной проработки вариантов.

В плане цены варианты распределились в следующей последовательности: вариант № 1 – 3,246 млн руб; вариант № 2 – 3,504 млн руб.

С учетом прогноза прироста интенсивности движения транспортных потоков на перспективу (коэффициент прироста 5 % в год) по линейной зависимости одинаково по всем направлениям движения получены следующие результаты:

Вариант № 1 – предложенные конструктивно-планировочные решения обеспечивают нормальное функционирование перекрестка ориентировочно на период 10–12 лет при условии необходимости корректировки продолжительности цикла регулирования в интервале 60–120 с.

Вариант № 2 – предложенные конструктивно-планировочные решения перекрестка при тех же условиях корректировки обеспечивают его нормальную работу ориентировочно на период 15–17 лет.

Результаты прогноза работы перекрестка на перспективу подтвердили, что вариант № 2 предпочтителен, так как имеет больший ресурс работы по времени.

Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом в контрольных точках (табл. 5) показала, что принятые проектные решения по реконструкции транспортной развязки удовлетворяют требованиям экологиче-



ской безопасности, природоохранного законодательства и рационального использования природных ресурсов и не вызовут значительных или опасных изменений в существующем состоянии окружающей среды района.

Таблица 5

**Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха в районе реконструкции**

Код	Наименование вещества	ПДК м.р. мг/м <sup>3</sup>	Расчетная максимальная концентрация в долях ПДКм.р.							
			КТ1 Жилой дом № 56	КТ3 Жилой дом № 92	КТ5 Жилой дом № 90	КТ7 кафе дом № 2а	КТ9 Жилой дом № 2б	КТ11 АЗС	КТ14 Производственный корпус	КТ16 Производственный корпус
304	Азота оксид	0,04	0,0002	0,0002	0,0001	0,0004	0,0002	0,0004	0,0002	0,0002
337	Углерод оксид	3,00	0,0019	0,0038	0,0013	0,0038	0,02	0,04	0,019	0,019
2732	Керосин	1,2 (ОБУВ)	0,0005	0,0005	0,0003	0,001	0,0003	0,0003	0,0005	0,0005
2704	Бензин	1,5	0,0078	0,0016	0,0010	0,0031	0,0010	0,0010	0,0016	0,0016
2907	Пыль неорганическая >70 % SiO <sub>2</sub>	0,15	0,09	0,30	0,30	0,09	0,60	0,60	0,22	0,22
2908	Пыль неорганическая 70–20 % SiO <sub>2</sub>	0,3	0,03	0,10	0,10	0,03	0,20	0,20	0,07	0,07

Представленные выше обосновывающие материалы, как и последующий проект, прошли все необходимые согласования, государственную экспертизу и будут реализованы МКУ «Борстройзаказчик» в 2018 г.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ОДМ 218.2.020-2012. Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог (Электронный ресурс) : утв. Федер. дор. агентством Росавтодор: ввод в д. 01.10.2014. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Технические нормы и правила. Строительство.
2. ОДМ 218.6.003-2011. Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах (Электронный ресурс) : утв. Федер. дор. агентством Росавтодор : ввод в д. 17.02.2012. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Технические нормы и правила. Строительство.
3. Разработка модели расчета параметров автомобильных пробок для экологического мониторинга / А. В. Иванов, В. И. Костин, Ю. А. Бабилова, И. С. Сердцева // Великие реки'2016 : тр. науч. конгр. 18-го Междунар. науч.-промышл. форума : в 3 т. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т ; отв. ред. А. А. Лапшин. – Нижний Новгород, 2016. С. 137–140.
4. Социо-эколого-экономический мониторинг транспортных потоков для разработки систем мобильности нового поколения / А. В. Иванов, В. И. Костин, А. Ю. Платов // Великие реки' 2015 : тр. конгр. 17-го Междунар. науч.-промышл. форума : в 3 т. / Нижегород. гос. ар-



хитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2015. – С. 159–162.

5. Концепция интерактивного экологического мониторинга автомобильных пробок / А. В. Иванов, В. И. Костин, А. Ю. Платов // Великие реки' 2015 : тр. конгр. 17-го Междунар. науч.-промышл. форума : в 3 т. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2015. – С. 213–215.

6. Оценка экологической безопасности скоростных магистралей крупного промышленного центра / Р. Ю. Агафонов, В. И. Костин, А. В. Иванов, М. А. Сергеева // Великие реки' 2013 : тр. конгр. 15-го Междунар. науч.-промышл. форума : в 3 т. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2013. – С. 108–109.

7. Костин, В. И. Стратегия инновационного развития автотранспортной инфраструктуры города Нижнего Новгорода / В. И. Костин // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2010. – № 1. – С. 96–106.

**ZABOLUKHIN Mikhail Vladimirovich<sup>1</sup>, senior teacher of the chair of hydraulic engineering and transport structures; KOSTIN Valeriy Ivanovich<sup>1</sup>, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of hydraulic engineering and transport structures; KOSTIN Dmitriy Valerevich<sup>2</sup>, director**

#### **SUBSTANTIATION OF DECISIONS ON RECONSTRUCTION OF TRAFFIC INTERCHANGES IN BOR OF NIZHNY NOVGOROD REGION ADJUSTED FOR ECOLOGICAL SAFETY**

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Pjinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-42-89; e-mail: gs@nngasu.ru

<sup>2</sup>JSC "Arsenal-NN"

24L, Sormovskoe highway, Nizhny Novgorod, 603014, Russia. Tel.:+7 (831) 281-65-11; fax: +7 (831) 281-65-11; e. mail: arsenal-nnov@yandex.ru

*Key words:* traffic interchange, traffic capacity, traffic flow, level of road load.

---

*The article assesses traffic streams at the intersection of Steklozavodskoye Highway and Lunacharsky street in Bor of Nizhny Novgorod region and substantiates engineering. solutions of its reconstruction.*

---

#### REFERENCES

1. ODM 218.2.020-2012. Otrasleyevy dorozhny metodicheskiy dokument. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke propusknoy sposobnosti avtomobilnykh dorog [Branch road methodical document. Methodical recommendations for assessing the carrying capacity of motor roads]. [Elektronny resurs]: utv. Feder. dor. agentstvom Rosavtodor: vvod v d. 01.10.2014. Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Tekhnicheskie normy i pravila. Stroitelstvo.

2. ODM 218.6.003-2011. Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu svetofornnykh obektov na avtomobilnykh dorogakh [Methodical recommendations on the design of traffic light facilities on highways]. [Elektronny resurs]: utv. Feder. dor. agentstvom Rosavtodor: vvod v 17.02.2012. Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Tekhnicheskie normy i pravila. Stroitelstvo.

3. Ivanov A. V., Kostin V. I., Babikova Yu. A., Serdtseva I. S. Razrabotka modeli raschyota parametrov avtomobilnykh probok dlya ekologicheskogo monitoringa [Development of a model of calculating traffic jam parameters for ecological monitoring]. Tr. nauch. kongr. 18-go Mezhdunar. nauch.-promyshl. foruma "Velikie Reki'2016" [Proceedings of the science congress of the 18th International Scientific and Industrial Forum "Great Rivers'2016]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Otv. red. A. A. Lapshin. Nizhny Novgorod, 2016. P. 137–140.

4. Ivanov A. V., Kostin V. I., Platov A.Yu. Sotsio-ekologo-ekonomicheskii monitoring



transportnykh potokov dlya razrabotki sistem mobilnosti novogo pokoleniya [The socio-ecological-economic monitoring of traffic streams for the development of new generation mobility]. Tr. nauch. kongr. 17-go Mezhdunar. nauch.-promyshl. foruma “Velikie Reki’2015” [Proceedings of the science congress of the 17th International Scientific and Industrial Forum “Great Rivers’2015]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2015. P. 159–162.

5. Ivanov A. V., Kostin V. I., Platov A. Yu. Kontseptsiya interaktivnogo ekologicheskogo monitoringa avtomobilnykh probok [The concept of interactive environmental monitoring of traffic jams]. Tr. nauch. kongr. 17-go Mezhdunar. nauch.-promyshl. foruma “Velikie Reki’2015” [Proceedings of the science congress of the 17th International Scientific and Industrial Forum “Great Rivers’2015]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2015. P. 213–215.

6. Agafonov R. Yu., Kostin V. I., Ivanov A. V., Sergeicheva M. A. Otsenka ekologicheskoy bezopasnosti skorostnykh magistralei krupnogo promyshlennogo tsentra [Assessment of environmental safety of speed highways of large industrial centers]. Tr. nauch. kongr. 15-go Mezhdunar. nauch.-promyshl. foruma “Velikie Reki’2013” [Proceedings of the science congress of the 15th International Scientific and Industrial Forum “Great Rivers’2013]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2013. P. 108–109.

7. Kostin V. I. Strategiya innovatsionnogo razvitiya avtotransportnoy infrastruktury goroda Nizhnego Novgoroda [Strategy of innovation development of transport infrastructure of Nizhny Novgorod city]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2010. № 1. P. 96–106.

© **М. В. Заболухин, В. И. Костин, Д. В. Костин, 2018**

Получено: 19.05.2018 г.

УДК 72.036

**О. В. ОРЕЛЬСКАЯ, чл.-кор. РААСН, д-р арх., проф. кафедры архитектурного проектирования**

**ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ АРХИТЕКТОРА Ю. Н. БУБНОВА  
(к 100-летию со дня рождения)**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;  
эл. почта: arch@nngasu.ru, olgalero2015@yandex.ru

*Ключевые слова:* архитектор, проектная и педагогическая деятельность, жилые и общественные здания.

---

*Представлено творчество Заслуженного архитектора России, основателя архитектурного факультета в ГИСИ (ННГАСУ), профессора Ю. Н. Бубнова. Дается анализ его архитектурно-градостроительной деятельности. На примере его произведений прослеживаются направления поисков и характерные особенности региональной горьковской (нижегородской) архитектуры 1940–1980-х годов.*

---

В этом году сотни выпускников архитектурного факультета ГИСИ (ныне ННГАСУ), работающих во многих городах страны, вспоминают профессора Юрия Николаевича Бубнова (1918–2005), Заслуженного архитектора России, который дал им возможность получить прекрасное архитектурное образование (см. рис. 1 цв. вклейки). Они хранят добрую память о своем Учителе.

В предвоенном 1940 г. Юрий Николаевич окончил факультет промышленного и гражданского строительства ГИСИ им. В. П. Чкалова. Затем был участником Великой Отечественной войны. Начиная с 1946 г. работал в проектно-институте «Горьковгражданпроект» (с 1950 по 1962 гг. – его директором), а с 1962 г. был главным архитектором г. Горького и Горьковской области. В 1966 г. Ю. Н. Бубнов основал архитектурный факультет в ГИСИ, став его первым деканом. В 1972 г., получив степень кандидата архитектуры и звание профессора, возглавил кафедру архитектурного проектирования. Проектная деятельность всегда была у него на первом месте, что и позволяло успешно преподавать архитектурное проектирование, делится своим огромным практическим опытом. Основное отличие горьковской архитектурной школы с той поры связано с ориентацией на тесную связь с практической архитектурной деятельностью.

Если в послевоенные годы в столице возводились многоэтажные сталинские высотки, ставшие символами Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг., то в г. Горьком 72 % жилых домов возводились 2-3-этажными и только 5 % 4-5-этажными. За серию 2-3-этажных типовых домов, получившую широкое распространение в стране в 1956–1959 гг. Ю. Н. Бубнов был награжден Почетной грамотой Верховного Совета РСФСР. В условиях тяжелого экономического положения послевоенных лет многие предприятия для своих сотрудников строили одно-двухэтажные дома. Так, автозавод в 1947–1948 гг. построил для старых производственников 150 двухквартирных домов с приусадебными участками, завод «Красное Сормово» в 1949 году – 60 одноквартирных домов. Среди них: дома по проектам Ю. Н. Бубнова на ул. Вождей революции; на ул. Бекетова в



Советском районе. С участием Ю. Н. Бубнова появились такие поселки как «Дарьино» в Сорновском районе, «Караваиха» и «Дубенки» в Приокском районе, на ул. Родионова в Нижегородском районе. В конце 1940-х годов в городе до 33 % повысились объемы жилищного строительства 4-5-этажных ведомственных жилых домов. Были сделаны первые шаги на пути индустриализации и типизации: перегородки, лестницы, перекрытия и фундаменты выполнялись из изделий заводского изготовления [1].

Здания, построенные по индивидуальным проектам в 1940–1950-е годы (ныне архитектурное наследие), относящиеся к «стилю Победы», а точнее к советскому неоклассицизму послевоенных лет, который продолжил стилистические поиски архитекторов предвоенных 1930-х годов. Этот стиль в архитектуре часто называют «советским ампиром». Здесь использовались формы античности, которые придавали внешнему облику зданий парадность и декоративность. Для этого стиля характерна символика, идущая от Римской империи: щиты, копья, доспехи, шлемы, факелы, гирлянды и венки Славы из лавровых листьев, античные вазы. Стиль был призван увековечить Победу советского народа и передать образами архитектуры триумф и оптимистическую веру в светлое мирное будущее, за которое было отдано столько жизней и понесено столько утрат. Горьковские зодчие послевоенного времени достаточно глубоко изучали историю архитектуры как европейскую, так и русскую. Это позволяло создать целостные и законченные произведения и ансамбли. Послевоенная архитектура по своим поискам была неоднородной. Одни архитекторы шли академическим путем, опираясь на античное наследие или используя русскую классику, русский ампир; другие пытались учитывать местные особенности; третьи – создавали профессиональную эклектику, соединяя несколько стилей.

В начале 1950-х годов пять проектов жилых домов, разработанных Ю. Н. Бубновым совместно с арх. Л. Б. Рождественской, были отмечены премиями на Всероссийском смотре лучших выстроенных зданий. В 1952 г. Управление по делам строительства и архитектуры при Совете министров РСФСР включило эти серии в альбом лучших проектов, рекомендованных для повторного применения в городах России, а в 1952 и 1953 гг. они были приняты для повторного применения и выстроены в Воронеже, Куйбышеве, Ижевске, Саратове, Ярославле и др. городах страны. Были разработаны две серии жилых домов: первый вариант – с плоскостным решением фасадов с декоративными фрагментами и большими квартирами и второй вариант – с небольшими квартирами с использованием в пластике фасадов объемных элементов в виде эркеров и балконов. В г. Горьком по этим проектам были построены семь домов на ул. Коминтерна (например, дом № 199), Страж революции (дома № 18, № 20) в районе Станкозавода (см. рис. 2 цв. вклейки), на ул. Белинского № 106-а, № 106-б, пр. Гагарина, 112, где основным приемом было использование эркеров в решении уличных фасадов. Характерные формы и детали, используемые Ю. Н. Бубновым для придания фасадам большей представительности, это классические портики, ордера, ризалиты, арки. Лучшим из них является жилой дом на Верхневолжской набережной, 6 (арх. Ю. Н. Бубнов, 1954 г.) (см. рис. 3 цв. вклейки). Здесь для автора в оформлении фасадов важным становится выявление объемных элементов – ризалитов с эркерами, которые на третьем, четвертом и пятом этажах состоят из попарно соединенных граненых эркеров, дополненных круглыми колоннами дорического ордера в заглаблении между ними. В нижней части эркеров проходит ряд волнообразных гирлянд. По оси каждого из трех ризалитов имеется вход в обрамлении арочного проема.

**К СТАТЬЕ О. В. ОРЕЛЬСКОЙ  
«ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ АРХИТЕКТОРА Ю. Н. БУБНОВА  
(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)»**



Рис. 1. Юрий Николаевич Бубнов  
(1918–2005)



Рис. 2. Жилой дом на ул. Станкозаводской, 1953 г.



Рис. 3. Жилой дом на Верхневолжской наб., 6,  
1954 г.



Рис. 4. Жилой дом на ул. Красносельской,  
168, 1955 г.



Рис. 5. Жилой дом на пл. Горького, 2, 1955 г.



Рис. 6. Жилой дом на ул. Б. Покровской,  
30-а, 1954 г.





Поскольку главный фасад пятиэтажного жилого дома ориентирован на реку, автор завершает его выступающими аттиками для создания активного силуэта. Первый и второй этажи декорированы рустом под «циклопическую кладку».

Аналогично решается композиция фасадов жилого дома по ул. Красносельской, 168 (арх. Ю. Н. Бубнов, 1955 г.), где тема граненых эркеров также определяет их богатую пластику (см. рис. 4 цв. вклейки). В отличие от жилого дома с эркерами на Верхневолжской набережной, 6 данный дом занимает угловое положение на пересечении ул. Красносельской и ул. Краснофлотской (ныне ул. Ильинской) и имеет Г-образный план. По оси всех трех ризалитов (с эркерами в верхних двух этажах) на первом этаже имеются входы, которые заглублены по отношению к плоскости ризалита и обрамлены по бокам от дверного проема круглыми колоннами дорического ордера. На втором этаже над входом располагаются полуциркульного очертания ниши лоджий, что создает впечатление наличия крупной двухэтажной арки. Полуциркульные ниши второго этажа обрамлены широкими архивольтами, которые украшены барельефами в виде пяти венков Славы с растительным лепным орнаментом между ними. Венки украшают и выступающие по оси симметрии ризалитов объемы аттиков с треугольными фронтонами. Верхние два этажа ризалита отделяются от нижних (рустованных) поясом с волной из гирлянд, перевитых лентами. Под карнизом над эркерами идет лепной фриз в виде спиралевидных завитков с цветами.

Ряд домов по проектам Ю. Н. Бубнова отличались отсутствием в решении фасадов таких объемных элементов как эркера. Примером может служить семиэтажный жилой дом на пл. Горького, 2 (1955 г.) Симметрию его фасада (см. рис. 5 цв. вклейки) подчеркивают лучковые аттики боковых ризалитов. Ризалиты в верхних трех этажах украшены четырьмя каннелированными пилястрами сложного композитного авторского ордера. В ризалитах под окнами седьмого и шестого этажей размещены венки Славы. Под профилированным поясом, отделяющим пятый этаж от четвертого, в ризалитах пропущена декоративная волна, состоящая из ряда растительных гирлянд, перевитых лентами. Под карнизом в ризалитах имеется фриз с орнаментом растительного характера. Плоскость стены между ризалитами по первым двум этажам украшают арки витрин бывшего книжного магазина (ныне ресторана «Макдональдс»), обрамленные веерным рустом.

Также Ю. Н. Бубнов использует в своем творчестве прием, который впервые был применен академиком И. В. Жолтовским в известных жилых домах в Москве на Б. Калужской ул. и Смоленской пл., где главные фасады, обращенные на магистрали, имеют ряд из «декоративных пятен»: обрамлений окон двух этажей лепными декоративными элементами, членение горизонтальными поясами и мощные карнизы. Творчество Жолтовского внимательно изучалось нижегородскими зодчими. При этом горьковские архитекторы не стремились к точному копированию и воспроизведению исторических форм и деталей прошлого, они достаточно свободно интерпретировали пластические средства художественной выразительности, придавая каждому зданию свою индивидуальность.

Жилой дом военного ведомства на ул. Б. Покровской, 30-а (см. рис. 6 цв. вклейки) также построен по проекту Ю. Н. Бубнова (1954 г.). Для главного фасада дома характерно выделение боковых ризалитов на верхних трех этажах четырьмя каннелированными пилястрами коринфского ордера. Плоскость стены между ризалитами отмечена метрическим рядом «декоративных пятен», объединяющих по вертикали по два окна на третьем и четвертом этажах. Здесь проездная арка,

ведущая на переулок Холодный, расположена не по оси симметрии здания и украшена массивным замковым камнем с акантовым листом. Среди жилых домов Нижнего Новгорода, построенных по аналогичной схеме, можно выделить пятиэтажный секционный жилой дом на ул. Культуры, 2 (см. рис. 7 цв. вклейки) (арх. Ю. Н. Бубнов, 1954 г.). Дом имеет П-образную конфигурацию в плане и фланкирует жилой квартал. Особенностью его архитектурного решения является фиксация углов главного фасада, обращенного в сторону ул. Коминтерна, четырьмя парами каннелированных пилястр высотой в три верхних этажа. Над капителями пилястр с авторским рисунком на тему коринфского ордера расположены по два венка Славы, перевитые лентами, по сторонам которых находятся факелы, что позволяет отнести архитектуру к стилю советского ампира. Нижние рустованные два этажа воспринимаются как пьедестал для них. Плоскость фасада между ними равномерно членится четырьмя декоративными «пятнами» [2]. В декоративном обрамлении окон участвуют детали: щит и два «рога изобилия», наполненных фруктами и цветами, являющимися символами и знаками благополучия и счастливой послевоенной жизни. По оси симметрии главного фасада имеется проездная арка с декоративным обрамлением. Различие фасадов жилых домов на ул. Культуры, 2, на ул. Б. Покровской, 29 отмечается практически только в индивидуальном рисунке декоративных элементов.

Два фигурных аттика, завершающие выступающие из плоскости фасада трехколонные портики приставных лоджий, восходят к необарокко XIX века и украшают жилой дом по пр. Гагарина, 112 (арх. Ю. Н. Бубнов, 1949 г.), придавая ему живописный силуэт (см. рис. 8 цв. вклейки). Приставные лоджии формируют ризалит, который завершается на уровне четвертого этажа открытой террасой, огражденной балясинами, а окна верхнего этажа на террасе обрамлены архивольтом (полуциркульной аркой). Кроме ризалитов фасадную плоскость дома членят и четыре декоративных обрамлений окон второго и третьего этажей.

Характерным для этого периода было обогащение угловых домов башенными надстройками, примером служат проекты жилого дома завода «Красное Сормово» (1950 г.), жилого дома на пл. 1 Мая (ныне пл. Горького) (см. рис. 9 цв. вклейки). Особенностью произведений Ю. Н. Бубнова, безусловно, был интерпретационный характер архитектуры, хотя послевоенная горьковская архитектура развивалась в русле отечественного зодчества, и ее особенностью был синтез искусств. В настоящее время ряд этих домов, относящихся к творчеству Ю. Н. Бубнова, являются объектами культурного наследия регионального значения, состоят на госохране в качестве памятников архитектуры своего времени.

1955 год стал переломным в стилистической направленности в советской архитектуре. Был взят курс на индустриализацию массового строительства в условиях жесткой экономии средств. Началась эра типизации и индустриализации в строительстве и архитектуре. Было отвергнуто «украшательство» послевоенных лет. В начале 1960-х годов Ю. Н. Бубнов активно занимается градостроительной деятельностью, участвуя в проектировании генплана Горького и в 1967 г. во Всесоюзном конкурсе на проект застройки центра города. В г. Горьком с участием Ю. Н. Бубнова было построено девять жилых комплексов в авторских коллективах. Например, микрорайон «Лапшиха» (1965–1971 гг.); жилой район «Дарьино» (1961–1966 гг.); Северо-западная часть центра города (1965–1970 гг.); микрорайоны «Ляхово-Щербинки» (1964–1969 гг.); квартал по ул. Веденяпина (1968–1976 гг.); ПДП центра г. Горького (1976 г.). В 1970–1980-е годы Бубнов принимал участие в формировании застройки пл. Горького и ул. Горького (см. рис. 10 цв. вклейки).



В 1978 году на персональной выставке в Доме архитекторов Ю. Н. Бубнов продемонстрировал не только живописные работы, но и более своих 70 построек, среди них – здание архитектурного факультета ГИСИ (1977 г.) (см. рис. 11 цв. вклейки) и административное здание УВД на ул. Горького (совм. с арх. В. И. Ровновым и О. П. Титовым, 1978–1982 гг.) (см. рис. 12 цв. вклейки), которое стало вехой в переходе архитектурных поисков к новому витку частичного историзма в нижегородской архитектуре. Юрий Николаевич, воспитанный на классических традициях, с воодушевлением приветствовал изменение стилистической направленности в архитектуре 1980–1990-х годов, когда наметился поворот к сочетанию истории и современности. Занимаясь основной педагогической деятельностью в эти годы, он продолжал участвовать и в проектной деятельности, в которую вовлекал молодежь. Наряду с этим вел научно-методическую работу, опубликовал около 50 статей в области градостроительства, типологии жилищ и методики подготовки студентов-архитекторов и две монографии по архитектуре города Горького. К настоящему времени удалось детально изучить творчество выдающегося нижегородского архитектора Ю. Н. Бубнова и определить его доминирующую роль и значение в общем процессе развития архитектуры г. Горького в 1940–1980-е годы XX века. Произведения Ю. Н. Бубнова наглядно иллюстрируют творческий путь, пройденный советской архитектурой во второй половине XX века, их можно отнести к лучшим образцам советской архитектуры в г. Горьком (ныне Нижнем Новгороде).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бубнов, Ю. Н. Архитектура города Горького / Ю. Н. Бубнов, О. В. Орельская. – Горький : Волго-Вятск. кн. изд-во, 1986 г. – 191 с.
2. Орельская, О. В. «Стиль Победы» в архитектуре города Горького / О. В. Орельская. – Нижний Новгород : Кварц, 2015. – 32 с. : ил.

**ORELSKAYA Olga Vladimirovna, corresponding member of RAACS, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design**

#### **THE CAREER OF ARCHITECT YU. N. BUBNOV (to the 100th anniversary)**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;  
e-mail: arch@nngasu.ru, olgalero2015@yandex.ru

*Key words:* architect, designing and teaching activities, residential and public buildings.

---

*The article presents the creative work of honored architect of Russia, founder of the faculty of architecture in GISI (NNGASU), professor Yu. N. Bubnov. An analysis of his architectural and urban planning work is given. By the example of his works, the directions of research and regional characteristics of the Gorky (Nizhny Novgorod) architecture of the 1940s – 1980s are traced.*

---

#### REFERENCES

1. Bubnov Yu. N., Orelskaya O. V. Arkhitektura goroda Gorkogo [Architecture of the city of Gorky]. Gorky: Volgo-Vyatsk. kn. izd-vo, 1986, 191 p.
2. Orelskaya O. V. “Stil Pobedy” v arkhitekture goroda Gorkogo [The “Victory Style” in the architecture of the city of Gorky]. Nizhny Novgorod: Kvarz, 2015. 32 p.: il.

© **О. В. Орельская, 2018**

Получено: 05.07.2018 г.



УДК 72.01

Э. В. ДАНИЛОВА, канд. арх., доц., проф. кафедры градостроительства

## ТЕОРИЯ ХАРАКТЕРА В АРХИТЕКТУРЕ

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Академия строительства и архитектуры

Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244.

Тел.: (846) 339-14-05; факс: (846) 332-19-65; эл. почта: red\_avangard@mail.ru

*Ключевые слова:* архитектурная экспрессия, характер, художественный образ, значение, сценарий, интерьер.

---

*Рассматривается теория характера, развитая в эпоху Просвещения, причины ее появления, ее методологические основания. Анализируются интерпретации в работах Жермена Боффрана, Жака-Франсуа Лонделя, Николя Ле Камю де Мезьера. Делается вывод о значении теории характера для развития архитектурной мысли.*

---

Теория характера была разработана в французской архитектуре XVIII века, хотя предпосылки ее появления формируются во второй половине предыдущего столетия. Нормативный государственный французский классицизм, утвержденный Французской академией архитектуры в качестве официального архитектурного языка, оставлял немного места для художественной выразительности и творческой индивидуальности, что и послужило причиной поиска новых оснований для создания разнообразия в самой ордерной системе. Клод Перро в трактате «Ордера пяти видов колонн согласно методу древних» (1683 г.) впервые использует в теории архитектуры слово «характер» для описания ордеров и декора. К этому времени работа Р. Декарта «Страсти души» (1649 г.), в которой ученый объясняет эмоции и устанавливает их связь с телесными движениями, уже приобрела популярность среди просвещенной публики. В изобразительном искусстве перевод страстей на язык рисунка осуществил Шарль Лебрен в 1668 г., прочитав знаменитую публичную лекцию «Об общих и конкретных экспрессиях», на которой демонстрировались таблицы различных эмоциональных состояний.

Научный опыт классификации эмоций, визуальный опыт их передачи, иллюстрации Лебреном различных характеров послужили примерами для разработки архитектурной экспрессии и создания характера посредством изменения пропорций архитектурных ордеров по аналогии с мышцами лица. Перро обращается к историческому разнообразию архитектурной практики, указывая, что пропорции и характеры ордеров изменялись на протяжении истории. Он приводит примеры отдельных деталей одного и того же ордера, утверждая, что «вариации в характере являются также различными» [1]. На протяжении всего трактата слово «характер» используется как дополняющее по отношению к пропорциям – тому, что подвластно архитектору в жестких рамках классицизма.

Появление массового заказа на городской особняк в XVIII столетии – отель – определило потребность в выражении социального статуса владельца в экстерьере и создании уникального пространства интерьера, отражая рост рационалистического индивидуализма во французском обществе. Одновременно в литературе, изобразительном искусстве, театре происходило развитие жанров. В театре классицистическое триединство времени, места и действия сменилось концепцией представления, в котором сюжет разворачивался в различных



пространствах. Декорации на сцене отражали чередование контрастных сцен ради создания зрелища, все больше востребованного публикой. В живописи бытовой и героический жанры обращались к различным характерам, и точная передача психологических тонкостей означала высокое мастерство художника. Эмоциональная сфера раскрывалась через богатую палитру экспрессивных оттенков, присущих каждому характеру сценического ампула, персонажа картины, героя литературного произведения. В соответствии с духом времени интерьер особняка становился своеобразной сценой, где разыгрывался самый зрелищный и интересный спектакль частной жизни. И именно архитектура интерьера становится областью, в которой развивается теория характера в архитектуре. Все три главных архитектурных трактата XVIII века, в которых сформировалась теория характера, были связаны с проблематикой интерьера.

Жермен Боффран (1667–1754 гг.) становится первым автором, который ищет способ обосновать происходящие изменения архитектурного заказа и профессионального мышления. В своей «Книге об архитектуре» (1745 г.) Боффран обращается к тексту Горация «Об искусстве поэзии» (18–10 гг. до н. э.). Он проводит сравнения правил античной поэзии с правилами архитектуры: «Гораций обеспечивает некоторые превосходные принципы в «Искусстве поэзии» и, хотя он не говорит об архитектуре, мне кажется, что они тесно связаны с теми, что даны для нас в Архитетуре древними и современниками, и что они могут обогатить ее дальше, создавая современный характер» [2]. Боффран утверждает, что архитектурные объекты могут быть классифицированы по своему назначению так же, как стихи различаются по жанрам. Архитектор считает, что недостаточно руководствоваться только функциональным определением при проектировании, необходимо учитывать эмоциональное воздействие здания на зрителей и посетителей. Характер здания становится значимым.

Для Боффрана главным средством выразительности является линия – основа основ культа геометрии классицизма. Архитектор считает, что характер всех сооружений формируется тремя типами линий: прямой, вогнутой и выпуклой. Абстрактная геометрия выступает в качестве инструмента, способного разрешить противоречие классицизма фасада и рококо интерьера отеля. Здесь очевидна связь архитектурной теории Боффрана с теорией Альберти, который излагал концепцию очертаний как ведущую с точки зрения архитектурного формообразования. Согласовывая экстерьер и интерьер, Боффран предлагает рассмотреть архитектурную форму как построенную одними и теми же линиями в различных вариациях. Архитектор приравнивает роль контуров в архитектурной форме к роли слов в разговоре. Контур способен передавать любые значения и содержать любое послание для зрителя.

Так же, как три классических архитектурных ордера с разным значением и характером созданы тремя типами линий, так и любой характер с точки зрения геометрии может быть реализован на основе композиции линий. Если контур является словом, то композиция контуров с точки зрения архитектурной риторики аналогична литературной и музыкальной фразам, сценическому и изобразительному жестам, что позволяет проводить параллели архитектуры со всеми видами искусств. Геометрия дает возможность архитектору выразить различные интонации в своем послании. Сохраняя приверженность классической традиции и обращаясь к античности, Боффран меняет представление о цели искусства как имитации природы. Задача искусства и архитектуры как искусства, как считает Боффран, заключается в выражении характера, что позволяет



сконцентрироваться на главной цели искусства – создании выразительного художественного образа.

Жак Франсуа Блондель (1705–1774 гг.) в 1743 г. издал в шести томах «Курс архитектуры» (1771–1777 гг.), где изложил свой подход к проектированию. Блондель вслед за Бофраном утверждал, что каждое здание должно иметь свой характер, аналогично поэтическому высказыванию или мелодии. Так же, как поэзия и музыка, архитектура с помощью пропорций и ритма членений способна создать настроение. Характер, благодаря своей ведущей роли в архитектурном проектировании, препятствует непродуманному смешению форм и обеспечивает целостность композиции. Разнообразие характеров, в свою очередь, позволяет создавать множество уникальных образов.

Блондель развивает вариации возможных значений архитектуры, утверждая, что архитектура способна выражать не только общественные послания, но и любые движения души. Разрабатывая параллели с различными видами искусств, заимствуя средства и инструменты из музыки, театра, живописи, Блондель обновляет теорию композиции классической архитектуры. Архитектор устанавливает различия между мужской и женской архитектурой, основанные на различиях ордеров. «Мужская» архитектура, предназначенная для общественных зданий, основывается на массивности, твердости, простоте, сдержанности форм и небольшом количестве украшений. «Женская» архитектура, уместная в частных пространствах, камерных постройках, а также сакральных объектах соответствует пропорциям ионического ордера, передает чувство комфорта, разумности, легкости.

Архитектор, выбирая соответствующий тип характера, изначально решает проблему общих пропорций. Далее на уровне масс он устанавливает настроение, которое в музыке играет мажорный и минорный лады. Затем начинается работа с нюансами. Существует огромное количество нюансов возможных значений – перечень их в трактате занимает тридцать страниц. Он писал: «Именно с помощью этих незаметных нюансов мы способны проводить различие <...> предпочитая в одном стиль совершенный, высочайший, благородный и возвышенный; в другом характер наивный, простой и истинный» [3]. Нюансы выражаются различиями молдингов, которые служат для архитектурного объекта такими же проводниками выразительности, что и части человеческого лица. Здесь Блондель напрямую обращается к физиогномике Лебрена. Он исследует, например, ордер тосканского профиля, сравнивая его вариации у Палладио, Виньолы и Скамоцци, демонстрируя, как изменяющиеся пропорции определяют «физиогномику» карниза. Вариации архитекторов имеют разные выражения, что изменяет характер архитектуры в целом. Нюансы в пропорциях позволяют архитектору в рамках строгих правил ордеров передавать множество выражений. Меняя пропорции, акцентируя те или иные элементы молдинга, варьируя сочетания малых и больших деталей, архитектор способен создать целостный характер, избегая при этом однозначности. Так, архитектура способна через игру контрастов и нюансов достичь той же степени выразительности, что и картина или пьеса с множеством героев.

Николя Ле Камю де Мезьер (1721–1793 гг.) – французский архитектор, теоретик, литератор. Его главный трактат – «Дух архитектуры» (1780 г.) – руководство по проектированию отелей. Театр стал источником вдохновения архитектора. Ле Камю предлагает разрабатывать для каждого объекта сценарий, в котором зрителю через променады по отелю постепенно открывается весь внутренний мир и характер владельца, выраженный в архитектуре пространства. Этот же принцип последовательного разворачивания действия положен в основу



структуры трактата, в котором архитектор раскрывает свою концепцию через описание декораций каждого пространства анфилады в последовательности от входа в объект до самых укромных его частей. Ле Камю подчеркивает ключевую роль архитектора, который является режиссером всего действия и организатором всего пространства: «Он один предписывает формы, определяет родство, решает соответствия, присваивает приличия, фиксирует степень экспрессии и устанавливает характер целого» [4].

Каждое пространство отеля демонстрирует только одно из множества значений, формирующих общий характер, и поэтому необходимо постоянно придерживаться последовательности как в литературном произведении или театральном представлении, имеющих пролог, развитие сюжета, кульминацию и развязку. Индивидуальность становится способной к выражению в архитектуре благодаря вариативности пространственных компонентов и расставлению акцентов в соответствии с образом жизни владельца. Функция помещения определяет характер пропорций и соотношение масс. Выбор карниза является важным, так как карниз представляет собой, как в живописи, раму для архитектурного пространства. Все элементы архитектурного рисунка – линии, контуры, профили, деталь, орнамент – должны соответствовать доминирующему характеру. Цвет включается в общий сценарий и играет важную роль, в воздействии на зрителя. Оттенки и тон, насыщенность, контрасты и нюансы включаются в игру, превращая интерьер в художественный артефакт, равный по силе эмоционального воздействия произведению искусства. Ле Камю первым в теории архитектуры выделил свет (естественный и искусственный) как значимый инструмент по созданию архитектурно-художественного образа пространства. Рассеянный или направленный, интенсивный, подчеркивающий рельеф или смягчающий контуры, обобщающий массы, свет способен придать пространству множество различных образов, сменяющих друг друга в течение суток и времен года. Сценографическая композиция архитектурного пространства, включающая разнообразие характеров отдельных частей и элементов, стала основой для последующего развития теории и практики «говорящей архитектуры» Клода-Николя Леду и Этьена-Луи Булле.

Теория характера позволила выйти за границы архитектурной теории, до этого момента следовавшей Витрувианскому канону. Она положила начало научному дискурсу об архитектурной экспрессии, который был способен включить достижения Барокко, прежде находившиеся вне теоретического поля архитектуры. Теория характера обеспечила трансляцию методов из других видов искусств и литературы, открыв путь разнообразию средств и методов художественной выразительности в архитектуре. Кроме того, теория характера расширила общее теоретическое поле архитектуры, в котором далее на фундаментальном уровне развивались вопросы стиля, значения и выразительности. Таким образом, теория характера стала смысловым связующим звеном между классической и современной теорией архитектуры. Сегодня теория характера вновь является предметом архитектурных дискуссий [5], обретая актуальную значимость в контексте развития новых подходов к созданию уникальной архитектуры общественных пространств и экспрессивных образов архитектурных объектов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Perrault C. Ordonnance for the Five Kinds of Columns after the Method of the Ancients / C. Perrault. – Oxford : Oxford University Press, 1996. – P. 60.



2. Boffrand G. Architecture Containing the General Principles of the Art / G. Boffrand. – Aldershot : Ashgate Publishing, 2003. – P. 37.
3. Mallgrave H. F. Architectural Theory : Vol. I – An Anthology from Vitruvius to 1870 / H. F. Mallgrave – Hoboken : Wiley-Blackwell, 2005. – P. 197.
4. Le Camus de Mezieres N. The Genius of Architecture or The Analogy of That Art with Our Sensations / N. Le Camus de Mezieres – Oxford : Oxford University Press, 1996 – P. 65.
5. Conference : Architecture as Character [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.archdaily.com/805046/conference-architecture-as-character>.

**DANILOVA Elna Viktorovna, candidate of architecture, associate professor, professor of the chair of town-planning**

### THEORY OF THE CHARACTER IN ARCHITECTURE

Samara State Technical University, Academy of Civil Engineering and Architecture  
244, Molodogvardeyskaya St., Samara, 443001, Russia.

Tel.: +7 (846) 339-14-05; fax: +7 (846) 332-19-65; e-mail: [red\\_avangard@mail.ru](mailto:red_avangard@mail.ru)

*Key words:* architectural expression, character, artistic image, meaning, script, interior.

---

*The article is devoted to the theory of character developed in the Age of Enlightenment. The reasons for the appearance of the theory of character; its methodological grounds are considered. Interpretations are analyzed in the works of Germain Boffrand, Jacques-Francois Blondel, Nicolas Le Camus de Mezieres. A conclusion is drawn on the importance of the theory of character for the development of architectural thought.*

---

© Э. В. Данилова, 2018

Получено: 19.05.2018 г.

УДК 72.036

**А. А. ХУДИН, канд. арх., доц. кафедры архитектурного проектирования**

### ЗНАК И МЕТАФОРА В ТЕОРИИ ПОСТМОДЕРНИСТСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;  
эл. почта: [arch@nngasu.ru](mailto:arch@nngasu.ru)

*Ключевые слова:* постмодернизм, модернизм, метафора, знак, архитектура, современная архитектура.

---

*Анализируется феномен метафоры в архитектуре, актуализированный в постмодернистской архитектуре. Производится попытка рассмотрения данной проблемы на стыке теории архитектуры и семиотики. Рассматривается проблема перехода от модернизма к постмодернизму как переход от молчащей архитектуры к «дискурсивной».*

---

Искусство архитектуры предполагает языковую систему, искусство оперирования знаками, формирование сообщения, которое предполагает эстетический результат, и здесь, в этом контексте, мы можем говорить о «языке архитектуры» как «языке поэзии». Естественно предположить, что стиль может



восприниматься не только как норма, но как некое «отклонение» (deviation), отличие «поэтического» языка от «нормативного языка». Язык искусства чаще всего сводится к нарушению языковых норм, актуальных в обыденности и ориентированных на правильность, понятность, доступность. С другой стороны, любое «отклонение» в какой-то момент становится общеупотребительным как часть привычной базовой языковой практики, как некий переход от «поэзии» к «прозе», от уникального сооружения к типовому, рядовому. Обиходный и разговорный язык типовых сооружений той или иной эпохи в какой-то момент прерывается «отклонением» (deflection), привносящим новые инварианты, рекомбинации, искажения привычных элементов в момент возникновения нового стиля, что происходит чаще всего посредством введения новых метафор, в качестве наведения мостов между теми объектами и компонентами, которые не были связанными ранее. Здесь можно увидеть переход между подвигом поэзии к простому ремеслу, которое поворачивает колесо истории архитектуры, посредством движения от революционности и отклонения от нормы к традиционности и новому нормированию, как говорил об этом французский поэт и философ П. Валери (Paul Valéry): «всякий раз, когда речь обнаруживает известное отклонение от самого непосредственного и, следовательно, самого неосязаемого выражения мысли, всякий раз, когда эти отклонения позволяют нам как бы угадывать мир отношений, отличный от мира чисто практического, мы прозреваем с большей или меньшей отчетливостью, возможность расширить эту особую сферу и осязаемо улавливаем некую долю живой благородной субстанции, которая, вероятно, поддается обработке и совершенствованию и которая, будучи обработана и использована, составляет поэзию как продукт искусства» [1, с. 373]. За счет чего производится этот переход от «прозы» к «поэзии»? Разумеется посредством метафоры: «бесспорно то, что основанием и целью всех умственных спекуляций служит расширительное толкование непрерывности посредством метафор и абстракций» [1, с. 47].

Здесь нам следует определить сущность этого понятия. Метафора – процесс, предполагающий «перенос» (transfer), при котором слова, имеющие преимущественное использование в одном контексте, имеют новое применение в другом. Она предполагает наличие двух элементов, не имеющих очевидной схожести, но имеющих неочевидную общность, проявляющуюся в процессе пересечения их смыслов. Метафора имеет своей целью освещение того или иного неясного аспекта второго элемента, за счет освещения его посредством первого в процессе создания когерентности (согласованной связи). Этот аспект «освещения» подразумевает гносеологический смысл, как писал об этом испанский философ Х. Ортега-и-Гассет (José Ortega y Gasset): «Разум склонен опираться на легкое и доступное, чтобы достигнуть более трудного и неуловимого. Подытожим: метафора – это действие ума, с чьей помощью мы постигаем то, что не под силу понятиям. Посредством близкого и подручного мы можем мысленно коснуться отдаленного и недостижимого. Метафора удлиняет радиус действия мысли, представляя собой в области логики нечто вроде удочки или ружья [2, с. 207] или, как видел познавательный смысл метафоры П. Валери: «от метафоры к метафоре и от гипотезы к гипотезе (...) восходить к осмыслению предмета» [1, с. 57]. Оперирование метафорой предполагает разрушение «прозрачности» обыденной языковой практики, в которой означающее и означаемое предельно близки. Метафора производит расторжение между ними, превращая «различительный», чисто функциональный и практичный знак в «непрозрачный» эстетический,



предполагающий новую ассоциативную цепочку, введенную посредством риторического приема.

Практика чтения архитектуры «неискушенным», «рядовым» читателем предполагает сличение и сравнение с нормой, с привычным значением, метафора же разрушает механизм сравнения, требуя оперирования сложным механизмом множественных отсылок, ассоциаций, порождений нового смысла используемым тропом (словом, усиливающим художественную выразительность речи). Риторика архитектуры постмодерна предполагает преобразования, метаболизм (изменения), избыточность, сложность, инвариантность, непрозрачность. В этом можно усмотреть нарушение прежних языковых правил, их размытие либо специфическое нестандартное применение общепризнанных средств языка, что было особенно свойственно стилю барокко и маньеризма, которые были особенно милы для теоретиков постмодернизма, ищущих в них легитимацию для своих экспериментов. Дистанцирование от нейтрального, невзрачного, общепринятого модернистского стиля требовало серьезных метаморфоз и активного метафорирования. Специфика постмодернизма кроется в пренебрежении нормой т. н. «нулевой ступени» (техническим и нейтральным дискурсом) как обязательностью и должноствоанием, «однозначность» которых слишком часто в истории становилось орудием репрессивных режимов. Оправдание ожидания унифицированного читателя, находящегося на уровне «нулевой ступени», становится незначимым ввиду исчезновения такого субъекта как такового, оставшегося в прошлом – в мире модерна. И здесь, можно отметить интересный факт, что противопоставление норме, обнаруженное нами, может восприниматься как стилепорождающая активность (по Ц. Тодорову (Tzvetan Todorov) – французскому семиотику), что может служить объяснением полистилизму постмодернизма.

Таким образом, на первый взгляд, мы видим, что «отклонение» (divergence) становится постмодернистской оппозицией «конвенции» модерна, как «поэтика» – оппозицией «прагматики», как «романтизм» – оппозицией «рациональности», как «метафоризм» – «буквализму». Модернизм – это «нулевая ступень», при которой «слово равно значению», или как писал об этом Х. Ортега-и-Гассет: «Поэзия изобретает метафоры, наука их использует, не более. Чем неусидчивее ум, тем охотнее он считает любую дискуссию всего лишь спором о словах. И, напротив, до чего же редки эти споры на самом деле! Строго говоря, вести их способен лишь тот, кто искушен в грамматике. Для других же слово равно значению» [2, с. 203]. Но метафора всегда возникает в ходе написания текста и его чтения как часть персонализации и аутентификации произведения искусства в творческом и познавательном процессе одновременно как части коммуникации между автором и адресатом. То есть это универсальный процесс, возникающий всегда во взаимодействии между архитектором и потребителем архитектуры, независимо от текущего времени. Метаформа всегда референтна, так как ссылается на что-то вне себя, и в зависимости от эпохи и стиля она может обращаться к тем или иным элементам социальной, политической, исторической и др. действительности, в зависимости от того, что является актуальным в рамках текущей парадигмы. Было бы заманчиво полагать, что модернизм это чистый антиметафоризм, постмодернизм – чистый метафоризм, но это было бы значительным упрощением, не соответствующим действительности, и мы попробуем опровергнуть наш изначальный посыл касательно принадлежности метафоры лишь постмодернизму.

Здесь стоит обратиться к трудам американского аналитика современного

**К СТАТЬЕ А. А. ХУДИНА «ЗНАК И МЕТАФОРА В ТЕОРИИ  
ПОСТМОДЕРНИСТСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ»**



Рис. 1. Дом Т. Шредер в Утрехте (Нидерланды), арх. Г. Т. Ритвельд, 1924 г.



Рис. 2. Баухауз в Дессау, (Германия), арх. В. Гропиус, 1926 г.



Рис. 3. Жилая единица в Марселе (Франция), арх. Ле Корбюзье, 1952 г.



Рис. 4. Дуглас-хаус в Харбор Спрингс, шт. Мичиган (США), 1973 г.



Рис. 5. Центр Гейдара Алиева в Баку (Азербайджан), арх. З. Хадид, 2013 г.



Рис. 6. Музей Риверсайд в Глазго, Шотландия (Великобритания), арх. З. Хадид, 2011 г.



Рис. 7. Жилой комплекс «Арены Пикассо» в Париже (Франция), арх. М. Н. Яновски, 1984 г.



Рис. 8. Кливлендская клиника – «Центр здоровья мозга» в Лас-Вегасе (США), арх. Ф. Гэри, 2009 г.



искусства Розалинды Краусс (Rosalind Krauss, 1941), нашедшей один из символов модерна, который богат своей метафоричностью, а именно метафору «решетки»: «В начале XX века в художественной практике сначала Франции, а потом России и Голландии появился пластический мотив, ставший с тех пор символом модернистского пафоса в искусстве <...> особая сила решетки, ее неслыханно долгая жизнь в отдельно взятом пространстве искусства происходит из ее способности справиться с этой неловкостью: одновременно скрывать и открывать ее. В культовом пространстве модернистского искусства решетка выступает не только как символ, но и как миф. Ибо, как все мифы, она связана с парадоксом или противоречием, но не снимает противоречие и не разрешает парадокс, а прикрывает их, так что кажется (но только кажется), будто их больше не существует. Мифическая власть решетки в том, что она заставляет нас думать, будто перед нами материализм (или иногда наука, или логика) <...> Здесь трехмерная решетка – клетка, рассматривается как теоретическая модель архитектурного пространства как такового, маленькому кусочку которого можно придать материальную форму; а на противоположном краю такого рода мышления находятся декоративные проекты Фрэнка Ллойда Райта и художников группы «Стиль», таких как Ритвельд или Вантонгерлоо» [3, с. 31]. (Так, арх. Г. Т. Ритвельд в 1924 г. построил в модернизме (неопластицизме) частный дом Т. Шредер в Утрехте, являющийся зданием-манифестом группы «Де Стиль», композиция фасадов которого строится на вертикальных и горизонтальных линиях (см. рис. 1 цв. вклейки). И, действительно, при глубоком изучении модернизма можно отметить, что при всем своем пуризме он так же не свободен полностью от использования тропов – таких как метафора функции, структуры, абстрактных геометрических метафор. Тотальность этой метафоры можно проиллюстрировать такими объектами, как Баухауз в Дессау, арх. В. Гропиус (Walter Gropius), 1926 г., (см. рис. 2 цв. вклейки), жилая единица в Марселе, арх. Ле Корбюзье (Le Corbusier), 1952 г. (см. рис. 3 цв. вклейки).

Метафоры продолжают использовать и новейший модернизм, что видно на примере творчества его лидера американского архитектора Р. Мейера (Richard Meier), например, его Дуглас-хаус в Харбор Спрингс, шт. Мичиган (США), 1973 г., (см. рис. 4 цв. вклейки). И нарушение решетки используется новым экспрессионизмом, например, Музей им. Г. Алиева в Баку (Азербайджан), арх. З. Хадид, 2013 г. (см. рис. 5 цв. вклейки) или Музей Риверсайд в Глазго, Шотландия, арх. З. Хадид, 2011 г. (см. рис. 6 цв. вклейки).

Метафора модерна может демонстрировать унифицированность и всеобщность программ современного общества, порядок и структуризацию государства, социальное единство и типичность его субъектов, равных в своих качествах следования программе тоталитарного режима, ориентированность на экономичность и рациональность в использовании ресурсов. С другой стороны, можно отметить метафоры здания как механизма, машины или фабрики, символизирующие процесс индустриализации, или более сложные метафоры геометрии и математичности как символов научно-технического прогресса, отделяющего человека от природы и создающего реальность, альтернативную товарному миру преמודерна.

---

<sup>1</sup> Имеется в виду модерн и постмодерн как эпохи, а модернизм и постмодернизм как стили этих эпох. В теории зарубежной архитектуры термин «модерн» используется как синоним «современного движения», а не как синоним стиля «ар нуво».



С другой стороны, Розалинда Краусс констатирует, что «символ решетки» как универсальный символ модернизма – это метафора молчания, более чем какой-либо речи: «мотивом «решетки», заявившим о себе в довоенной кубистической живописи и становившимся в дальнейшем все более проявленным и программным модернизм в частности провозгласил свою волю к безмолвию, свою враждебность литературности, повествовательности, дискурсивности. В этом смысле решетка сыграла свою роль на редкость успешно. Воздвигнутый ею барьер между визуальным искусством и искусством слова почти полностью превратил искусство в царство чистой визуальности и охранял его от вторжения речи» [3, с. 19]. Здесь перед нами встает коренная и глубинная проблематика в сфере современного искусства – возможна ли метафора в искусстве и архитектуре, провозглашающая молчание и символизирующая тишину? Ведь высший уровень развития модернизма в своей абстракционистской форме стремится к отказу от представления, интерпретации, переноса чего-либо в сферу чистого, нового космоса, избавленного от истории, природы, а иногда и самого «ветхого» человека. Отказ от подражательности, натурализма, отражения действительности, связей искусства с феноменами действительности, представления и отображения предметов, характерных для преמודерна, происходивший в процессах поиска чистого искусства, приводил к исповеди аскетизма, строгости, обоснованию абстракционизма. Современное движение – это стремление к «высшему абстрактному прекрасному», представляемому как вершина эволюции человеческого сознания, для которой «эстетика прямой линии» становится актом антиприродного, антиисторического явления, противостоящее хаосу и неупорядоченности природы и прошлого. Во всех его произведениях мы видим отказ от изображения предметов привычного реального мира, смерть образа через деформацию, геометризацию, различные формы растворения преמודерного реализма, с целью создания альтернативной футуро-реальности, которая ставила бы печать человеческого гения на окружающий мир, последовательно изгоняя из него символы природы и традиционной культуры. «Абстрактная картина является не чем иным как совокупностью линий, красок и поверхностей, рассматриваемых в их конкретном изображении, т. е. такими, какими их можно непосредственно воспринять (...) Абстракционистские произведения – это не схемы, не знаки; это, значит, что они не отсылают ни к вещам, ни к идеям, не отсылают ни к чему другому, кроме самих себя» [4, с. 140].

Очевидно, что для современной архитектуры характерно снижение выразительности, утрата коммуникативности произведения за счет ухода в геометризм, теряющий ассоциативные связи с реальностью, природой, предметами материального мира, утрата смысла, невозможность воспринять замысел автора, и мы соглашаемся с выводом Розалинды Краусс: «Чем глубже мы исследуем решетку, тем яснее становится, что одно из самых модернистских ее свойств – это ее способность служить парадигмой или моделью (...) антиповествования, антиистории» [3, с. 33]. Таким образом, мы видим модернистскую семиотическую ситуацию как тяготеющую к «нулю» по факту устранения разницы между «словом и значением», стремление к «*idem per idem*» – определению чего-то через него же самого, с одной стороны, с другой стороны, – по факту использования символов «нуля», «молчания» и стремления к устранению коммуникативности в принципе.

Обратимся к структуре семиозиса, в терминах итальянского специалиста по семиотике Умберто Эко (Umberto Eco), для прояснения нашей концепции. Семиозис – знаковая ситуация, процесс отношения и взаимодействия между элементами,



когда одно выступает как знак для другого, для третьего – интерпретатора.

Структура семиозиса. Энциклопедия – Код – Автор – Объект – Значение – Знак \ Символ – Интерпретанта – Объект – Адресат (Интерпретатор) – Код – Энциклопедия (где «Энциклопедия» – модель общего представления, компетенции субъекта об архитектуре в целом, содержащая в себе систему определенных стилевых кодов).

Знак (репрезентативен, представитель) – заместитель чего-то, по отношению к той идее, которую он отображает. При этом то, что он замещает, это объект (основа), то, что он передает, – значение (первичное значение, принадлежащее автору), производимая идея – интерпретанта. Знак предполагает отсылку к другому знаку, репрезентация является репрезентацией другого предмета, по отношению к которой она является интерпретантой.

Символ – разновидность знака, который связан с объектом опосредованно, без основания на сходстве, непосредственной связи, того есть метафорично, но связь сформирована на основании приписывания, вменения на основании поэтического акта. Символ – денотирует (обозначает) нечто индивидуальное, делает отсылку (референцию) к чему-либо, соотносению с чем-либо вне языка; дает определение или смысл; а также сигнифицирует (означает) некое свойство, означает все качества, на которые он указывает, формирует мыслительное понятие. В период постмодерна процесс символизации и метафоризации неотделим от партиципационного процесса, который на высоком уровне понимания являет собой акт сотворчества между архитектором и адресатом (заказчиком и потребителем), к которому обращено «открытое произведение». Символ в определенных частных случаях метафоричен.

Метафора – «*verbum cognoscendi*» (глагол познания), по Аристотелю «*theorein*» – сравнение, перенос понятия с вида на вид, происходящий из сходства между далекими вещами, метафора научает и сообщает сведения с помощью родового понятия, перенос смысла не привычным, но неожиданным образом, производя реорганизацию взгляда на предмет и изменения знания о нем. У. Эко видит в работе метафор обогащение «энциклопедии» и интерпретирует ее как познавательный инструмент, а не только эстетический, действующий через ассоциативные цепочки и образующий лингвистические пересечения, перекрестки из связей между наличными культурными единицами.

Знак являет собой модель частного опыта адресата, который его воспринимает, предполагает реакцию интерпретатора, регулирование его поведения, образование закономерности вследствие понимания знака как операционального предписания (к действию), модификацию деятельности, формирование поведенческой установки. Модификация поведения, происходящая вследствие интерпретации порождает следующий знак и соответственно новую ступень интерпретации, делая процесс бесконечным.

В условиях модерна знак предполагает однозначность, простоту и функциональность, побуждающую к предусмотренному действию, так прямота стен казармы и расчерченность прямоугольного плаца предполагает только строевой шаг, процесс марширования и движение по прямой. Модернистский знак может претендовать на трансляцию тех или иных идей, например, «свободы», но всегда в рамках централизованного мира (например, свободы – свободы европейца за счет эксплуатации колоний, свободы коммуниста за счет заключения диссидента, свободы арийского искусства за счет уничтожения дегенеративного и т. п.). Здесь снова уместно сделать ссылку на позицию Р. Краусс: «Именно потому что решетка – это стереотип, который каждый художник парадоксальным образом открывает заново,



она превращается – еще один парадокс – в тюрьму, в клетку, в которой художник, однако, чувствует себя свободным. Ведь самое удивительное свойство решетки – что она, успешно исполняя роль символа свободы, жестко ограничивает реальный опыт свободы» [3, с. 162].

В условиях постмодерна знак предполагает свободу и открытость по всем трем составляющим (объект, значение, интерпретация), по факту запрета на формирование одновекторных систем, присущих тоталитаризму, так лабиринтообразные сооружения постмодерна предполагают криволинейное, сложное движение по неопределенной траектории. Коммуникативная связь здесь может предполагать частичность, неполноту, относительность, неясность, косвенность, уклончивость знака от простой интерпретации. Здесь следует отметить, что в постмодерне «нарративная» «энциклопедия» автора может не соответствовать «энциклопедии» читателя, не претендует на «реальность» и предполагает взаимотрансформируемость. Сам факт различия между пишущим (архитектором) и читателем (потребителем), несовпадения между ними как носителями различных «энциклопедий», не унифицированной закрытой монокультурой, создает сложный узел отношений, не сводимый к линейной и простой связи возможной в монолитном мире модерна.

Объект – основа, исходная сущность, вмененные свойства знака – предполагает знакомство интерпретатора с исходной данностью перцептуальной или концептуальной. В условиях постмодерна объект может отсутствовать, являться несуществующим, возможным, воображаемым, либо из свойств объекта избирается только некий атрибут, существенный в рассматриваемом контексте. Сам факт существования объекта как некоего стабильного основания бытия подвергается сомнению, и значение имеет скорее история изменения представлений о нем и его интерпретаций. Язык искусства постмодерна предполагает язык вымысла, делающий незначительным факт реальности референта, которая являет собой более не стальной, однозначный мир фактов и не железобетонный мир вещественных объектов, но относительный и переменный мир различных точек зрения и субъективных дискурсов, как говорит об этом Умберто Эко: «мир – это лишь порождение языка, что он хрупок и слаб, и что это чистый *flatus vocis* (колебание голоса), а, значит, дело рук Поэтов, считающихся фантазерами, лжецами, подражающими ничто и способными безответственно водрузить конскую гриву на человеческое тело и превратить любое существо в химеру» [5, с. 549].

Значение – содержание выражения, доступное через синонимию, эквиваленцию, перевод, аналитичность, поиск коннотаций, значение метафорично по своей природе. В условиях постмодерна значение зашифровано, скрыто и представляет собой герметический объект, табуированный вследствие возможной однозначности и тоталитарной претензии на обладание единственно верным инвариантом толкования реальности. Значение сводится к «подвижному воинству метафор и метонимий», а не к «схемам и понятиям, (...) пирамидальному порядку каст и степеней, законов и ограничений, выстроенных языком, огромному римскому колумбарии, кладбищу созерцаний» [5, с. 548]. В период модерна он целенаправлен и носит пропедевтический, пропагандирующий, мобилизирующий или схожий смысл, если применяется для социальных целей, в таком случае оно ясно и доступно, либо же представляет собой искусство для искусства, сводимое к «Молчанию», «Нулю», «Абстракции».



Интерпретанта предполагает собой идею, концепт, нечто интеллигибельное, то, что знак порождает в сознании интерпретатора, производимое в результате умозаключения. Это процедура культурной операции создания соответствия и ассоциации одного знака с другим.

В условиях модерна интерпретанта совпадает со «значением», и расхождение между ними порицается как отклонение от нормы, ошибка, сбой в системе, неадекватность реальности.

В условиях постмодерна интерпретаната не унифицирована и не предполагает обязательной постоянной конвенции в корреляции знаков, но предполагает интерпретативное сотворчество читателя с автором. Постмодернистское мышление предполагает безграничность этого процесса, отказываясь от замкнутого, однозначно описываемого мира, «создавая мир, заключающий в себе мириады событий и персонажей, невозможно рассказать об этом мире все до конца. Можно лишь дать общий очерк и затем попросить читателя заполнить многочисленные пробелы <...> Текст, в котором излагалось бы все, что воспринимающему его человеку надлежит понять, обладал бы серьезным недостатком – он был бы бесконечен» [6, с. 2]. Процесс означивания бесконечен в плане соотношения одних знаков с другими, ассимиотичен ввиду постоянного посредничества между одними и другими знаками, расширения количества знаков и увеличения связей между ними. В постмодерне запрещена сигнификация через однозначное соотношение с физической или психической сущностью. Умножение знаков и связей между ними подобно лабиринту по своей структуре, при которой каждое прохождение по нему будет отличаться от предыдущих.

Прокладывая такую границу между модерном и постмодерном, стоит вспомнить метафоричное утверждение Мис ван дер Роэ, который в 1955 году, видя крах современного движения, сказал: «больше нет городов как таковых ... они разрастаются как лес <...> знаете, он ушел навсегда – планируемый город. Я думаю, мы должны думать о том, как дальше жить в этих джунглях и делать ставку на это» [7]. О каком лесе он говорил? Мы позволим себе перебросить метафорический мост между «лесом» Миса и «лесом» У. Эко, который полагал, что «лес – это метафора художественного текста <...> В литературном тексте читателю постоянно приходится выбирать <...> не существует закона, диктующего им, как именно читать, поэтому они зачастую используют текст как вместилище своих собственных эмоций, зародившихся вне текста или случайно текстом навеянных» [6, с. 6], что может служить образом неограниченного семиозиса, открытого текста, открытой архитектуры и открытой культуры постмодерна в целом.

Подводя итоги вышеизложенному, мы можем сказать, что постмодернизм, сделавший метафорирование своим основным инструментом, утвердил центром своей архитектуры наведение мостов между различными культурами, историческими эпохами и открыл путь метафорам разнообразия, сложности, противоречивости, незавершенности; палимпсеста, коллажа; либерализма, мультикультурализма; актуализировал метафоры исторические и стилевые, (например, жилой комплекс «Арены Пикассо» в Париже, арх. М. Н. Яновски, 1984 г., где современные здания дополнены неоклассическими аркадами и колоннами из сборного железобетона (см. рис. 7 цв. вклейки); контекстуальные, вернакулярные и региональные метафоры; метафоры гибридизации и смешения (коллажирования); концептуальные метафоры; метафоры деконструкции, (хаоса, неопределенности, фрагментации, искажения, и др.), например, центр здоровья мозга в Лас-Вегасе, арх. Ф. Гэри, 2009 г. (см. рис. 8 цв. вклейки); вместо ограниченного набора



«обнуляющих» метафор модернизма – создав ту плюралистичную, многообразную, полистилистическую и либеральную реальность, которая доступна нам в начале XXI века как сложившаяся и оформленная данность, успешно преодолевшая ограничения и «решетки» современности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Валери, П. Об искусстве / П. Валери. – Москва : Искусство, 1976. – 643 с.
2. Ортега-и-Гассет, Х. Эстетика. Философия культуры / Х. Ортега-и-Гассет. – Москва : Искусство, 1991. – 588 с.
3. Краусс, Р. Подлинность авангарда и другие художественные мифы / Р. Краусс. – Москва : Художественный журнал, 2003. – 318 с.
4. Куликова, И. С. Философия и искусство модернизма / И. С. Куликова. – Москва : Политиздат, 1980. – 312 с.
5. Эко, У. От древа к лабиринту. Исторические исследования знака и интерпретации / У. Эко. – Санкт-Петербург : Академический проект, 2015. – 560 с.
6. Эко, У. Шесть прогулок в литературных лесах / У. Эко. – Санкт-Петербург : Симпозиум, 2002. – 288 с.
7. Peter, J. The oral history of modern architecture: interviews with the greatest architects of the twentieth century / J. Peter. – New York : publ. H. N. Abrams, 1994. – 326 p.

**KHUDIN Aleksey Aleksandrovich, candidate of architecture, associate professor of the chair of architectural design**

#### SIGN AND METAPHOR IN THE THEORY OF POSTMODERN ARCHITECTURE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Pjinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;  
e-mail: arch@nngasu.ru

*Key words:* postmodernism, modernism, metaphor, sign, architecture, modern architecture.

---

*The article analyzes the phenomenon of metaphor in architecture, actualized in the postmodern architecture. An attempt is made to consider this issue at the intersection of the theory of architecture and semiotics. A problem of transition from the modernism to post-modernism as transition from the silent architecture to the "discursive" one is discussed.*

---

#### REFERENCES

1. Valeri P. Ob iskusstve [About art]. Moscow : Iskusstvo, 1976. 643 p.
2. Ortega-i-Gasset H. Estetika. Filosofiya kultury [Aesthetics. Philosophy of culture]. Moscow : Iskusstvo, 1991. 588 p.
3. Krauss R. Podlinnost avangarda i drugie khudozhestvennye mify [Authenticity of avant-garde and other artistic myths]. Moscow : Khudozhestvenny zhurnal, 2003, 318 p.
4. Kulikova I. S. Filosofiya i iskusstvo modernizma [Philosophy and the art of modernism]. Moscow : Politizdat, 1980. 312 p.
5. Eko U. Ot dreva k labirintu. Istoricheskie issledovaniya znaka i interpretatsii [From the tree to the maze. Historical research and interpretation of a sign]. Saint-Petersburg : Akademicheskii projekt, 2015. 560 p.
6. Eko, U. Shest progulok v literaturnykh lesakh [Six walks in the literature woods]. Saint-Petersburg : Simpozium, 2002. 288 p.
7. Peter J. The oral history of modern architecture: interviews with the greatest architects of the twentieth century. New York : publ. H. N. Abrams, 1994. 326 p.

© А. А. Худин, 2018

Получено: 28.06.2018 г.



УДК 72.01

**А. В. АДОНИНА**, аспирант каф. градостроительства; **Е. А. АХМЕДОВА**, чл.-кор. РААСН, д-р арх., проф., зав. кафедрой градостроительства; **А. Д. КАНДАЛОВА**, аспирант каф. градостроительства

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОЙ УТОПИИ МЕДИЙНОГО ГОРОДА

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Академия строительства и архитектуры  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244. Тел.: (846) 278-43-11;  
эл. почта: adoninanna@gmail.com

*Ключевые слова:* медиатехнологии, утопия, умный город, мегаполис, виртуальная архитектура.

---

*Описывается процесс реализации утопической концепции «умный город» в архитектурных и городских медиапространствах. Рассматривается роль утопий в развитии цифрового пространства, определяется специфика и ее потенциал. Значительное внимание уделяется изучению влияния некоторых параметров «умного города», таких как: адаптивность, мобильность, интеллектуализация, устойчивость, и безопасность. Также анализируются утопические и реализованные проекты виртуализации пространства в архитектуре. Затрагивается вопрос внедрения цифровых технологий в мегаполисы России, изучается связь между утопиями и реализованными проектами, в которых интеграция медиатехнологий приводит к формированию высокоинтеллектуального коммуникативного пространства, которое становится локомотивом глобальных преобразований. Основное внимание уделяется изучению взаимосвязи между идеальным и реальным представлениями в процессе реализации цифрового пространства. В результате исследования выдвигается гипотеза о существовании ключевых факторов и условий, способствующих успешному внедрению медиатехнологий, делается вывод о перспективах использования высоких технологий в городской среде на примере российского мегаполиса.*

---

В основе концепции «умного города» в конце XX – начале XXI века была цифровая утопия глобального плюралистического мира. Спустя двадцать лет внедрение цифровых технологий стало приоритетным направлением в развитии городской среды и движущей силой преобразования таких мегаполисов как Нью-Йорк, Лондон, Гонконг, Пекин и Москва. Первым, кто предположил, что архитектура может быть представлена в виде вычислительной машины, способной реагировать на пользователя и взаимодействовать с ним, является Николас Негропonte, основатель лаборатории *Media Lab* при Массачусетском технологическом институте. В 1970 г. он предсказал возможность объединения компьютерных технологий со строительными материалами для того, чтобы здание могло реагировать на события, происходящие внутри и вокруг него [1].

Утопическое видение умного города подразумевает то, что в нем все без исключения переплетено между собой ради увеличения продуктивности. Основы умного города сосредоточены в шести базовых понятиях с приставкой «smart»: экономика, управление, жители, передвижение/мобильность, окружающая среда и образ жизни [2].

Одной из главных характеристик современного города является интеллектуализация пространства. Внедрение технологий обеспечивает трансформацию пространства и способствует успешной интеграции города в глобальную сеть мегаполисов. Основной целью стратегии умного города становится



создание устойчивого общества благодаря эффективному использованию всех видов ресурсов (рис. 1) [3].

Наличие ресурсов, связанных с технологиями, предполагает создание некоего виртуального информационного пространства, роль которого – предвосхитить появление реального общественного пространства, привлечь к нему внимание и раскрыть его своеобразие.

Ускоренное развитие и высокое качество жизни умного города проявляется в эффективном обслуживании и удовлетворении потребностей населения, лучшем распределении ресурсов, быстром реагировании на изменения условий жизни. Элементы стратегии умного города в первую очередь реализуют следующие отрасли: государственные службы, управление городским транспортом и планирование землепользования, здравоохранение и инновационное сельское хозяйство.



Рис. 1. Составляющие Smart City  
(url: <https://www.billing.ru/blog/umnyy-gorod-eto-gorod-gde-zhivut-schastlivye-lyudi>)

Основой высокотехнологичного города является сочетание следующих базовых элементов: [4]

1) эффективность управления – единая база данных, обеспечивающая контроль за оптимизацией, улучшенным использованием ресурсов и прогнозированием возможных проблем задолго до их возникновения;

2) развитие экономики – компании, основанные на современной городской инфраструктуре, становятся лидерами в области интеллектуальных технологий;

3) престиж государства – заинтересованность в привлекательных городах для иностранных инвестиций и бизнеса.

Часто идея создания амбициозных умных городов исходит от IT-компаний, которые владеют информацией о сетевых технологиях, но не имеют представления



о реальном функционировании города. Таким образом, существует риск перехода на создание новых технологических миров: Масдар в Объединенных Арабских Эмиратах, Международный деловой район Сонгдо в Южной Корее, *PlanIT Valley* в Португалии (рис. 2), оторванных от реальных потребностей и не решающих проблемы уже существующих городов [5]. Для современных реалий характерно создание ключевых элементов «умного города». Эти элементы должны складываться как переходные по смысловому функциональному признаку на потенциальных возможностях культурных ландшафтов, так же, как естественным образом создаются «ареалы» [6].



Рис. 2. Проекты умных городов: *a* – Масдар ([url: masdar.ae](http://masdar.ae), [thenational.ae](http://thenational.ae)); *б* – PlanIT Valley ([url: newscientist.com](http://newscientist.com), [dailymail.co.uk](http://dailymail.co.uk)); *в* – Сонгдо ([url: songdoibd.com](http://songdoibd.com))

Современный «умный город» – это реализация утопии цифрового города будущего. Несмотря на то что концепция выглядит инновационной и футуристической, первоначально она основывалась на традиционной идее централизованной координации. Интеграция интеллектуальной инфраструктуры требовала значительных капиталовложений. Поэтому такая программа по городской шкале могла быть реализована только в вертикальной системе управления. Однако Интернет обеспечил инфраструктуру, которая позволила создавать независимые сообщества. Так, стратегия «умного города» плавно меняется – технологические и социальные инновации объединяются для реализации отдельных элементов.

Не стоит также утверждать, что концепция «smart city» может быть абсолютно универсальна для различных городов, так как это будет означать пренебрежение к таким важным вещам как культура, история и индивидуальность.

Важным примером реализации этого подхода является Барселона, занявшая первое место в мировом рейтинге интеллектуальных городов в 2015 году (рис. 3). Столица Каталонии является примером брендинга территории и интеграции ИКТ (информационных и коммуникационных технологий) для управления города [7].

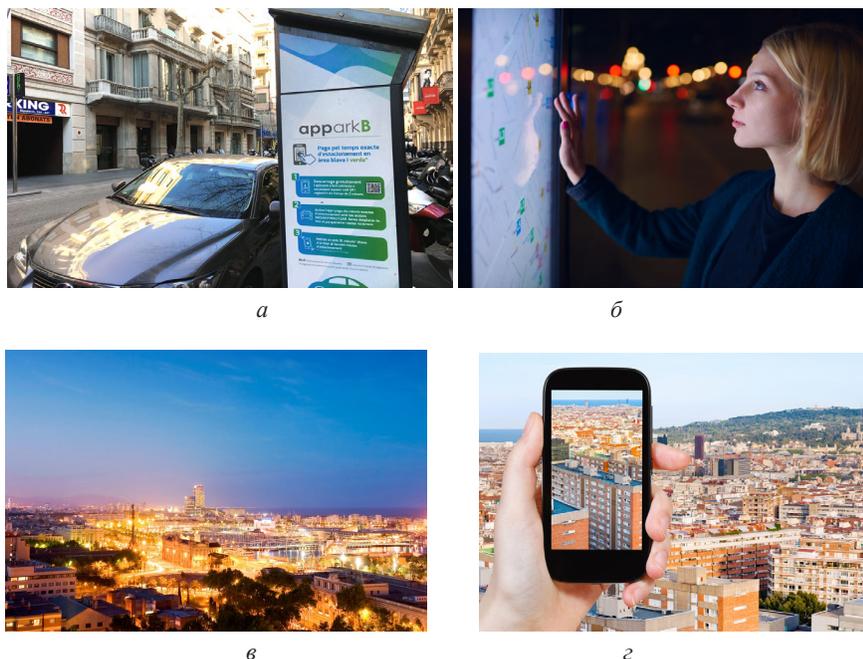


Рис. 3. Барселона: Smart City: *а* – «Умные» парковки; *б* – автобусные системы; *в* – городское освещение; *г* – городская операционная система Sentilo (url: <https://espanarusa.com/ru/news/article/599369>)

Сегодня выделяются, по крайней мере, шесть основных компонентов, позволяющих городу утверждать статус «умного города» [8]:

1. Комплексный подход к оптимизации жилищно-коммунального хозяйства поможет в долгосрочной перспективе обеспечить нулевое потребление энергии и ресурсов.

2. Оцифровка культурных и туристических маршрутов обеспечит возможность мгновенной интеграции в незнакомую среду – важнейший компонент туристической привлекательности городов.

3. Использование беспилотных летательных аппаратов позволит корректировать логистику и значительно снизить транспортные расходы.

4. Цифровизация экономики и виртуализация услуг повысят безопасность и обеспечат прозрачность транзакций.

5. Модернизация социальной сферы: здравоохранение, безопасность, образование.

6. Виртуализация города и применение инновационных технологий в строительстве. Еще в 1960-х годах идеи о внедрении современных технологий



в городском пространстве вдохновили на создание утопических моделей. В настоящее время – это широко распространенная концепция в мегаполисах Европы, Азии и Северной Америки.

Что касается архитектуры и градостроительства, одной из самых инновационных характеристик «умного города» является симбиоз различных цифровых технологий в городе. Современный город состоит из разнообразных цифровых медиа, которые дают импульс развитию открытой визуальной информации в области коммуникации. Наполнение городской среды цифровыми технологиями (медиа-фасады, различные светодиодные экраны, навигационные объекты) позволит городу стать более открытым, информативным и привлекательным, формируя медиатеку (медиа + архитектура) [9]. Искусственная световая среда – это часть жизненной среды обитания человека, обеспечивающая оптимальные комфортные условия для работы и отдыха, восстановления сил и улучшения здоровья человека [10].

Чтобы создать комфортную современную городскую среду, архитекторы должны работать в купе с другими учеными. В своей книге «Среда обитания. Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие» нейрофизиолог Колин Элллард пытается понять, как окружающая среда формирует наше поведение и эмоции, а также к созданию какого мира мы должны стремиться. Он заключает, что человечество гораздо более одержимо виртуальным миром, чем физическим. Технологии присваивают самое ценное – наше внимание [1].

Слияние виртуального и реального пространства в архитектуре стало возможным благодаря созданию медиапространств, где осуществляются те или иные процессы распространения и передачи электронной информации. Сегодня архитектурный объект становится медиа-носителем, транслирующим информацию в визуальное пространство города. С первого взгляда это совершенно новое качество пространства городской среды: информационная роль архитектуры в окружающем пространстве имеет древние традиции. Историческая эволюция знака и текста в архитектуре как средства передачи информации и средства художественной выразительности прошла несколько исторических этапов в зависимости от этапов социально-экономического развития общества. Особенностью этапа перехода от индустриального к постиндустриальному городу является развитие информационных технологий в архитектурном формообразовании объекта. Медиапространство – это продукт эволюционного исторического развития визуального информационно-коммуникативного поля города [11].

Медиа-пространство, проникая в городскую среду, сегодня представляет собой сплав продолжения традиции и новаторства, выявленный в ряде интеграций архитектуры и общества, архитектуры и информации, текста, формы, звука и цвета. Информативная функция изображений, знаков и текста в структуре архитектурного объекта с древности влияла на формирование облика города и, отражая социальные, идеологические, навигационные, коммерческие задачи общества, активно участвовала в изменении как собственно архитектурного объекта, так и самого облика города на современном этапе, выходя в открытое городское пространство и формируя новый архитектурно-пространственный феномен – визуальное информационно-коммуникативное поле города [12].

Современные медиапространства многообразны и размещаются на центральных площадях, в структуре улицы, в парковой зоне. Первопроходцами в интегрировании медиа-пространства в городскую среду являются площадь Пикадилли в Лондоне, Тайм Сквер в Нью-Йорке, Гинза в Токио и Лас-Вегас.



Внедрения современных технологий в архитектурно-пространственную среду крупнейших городов мира является необходимостью для формирования новейших сложноорганизованных городских пространств [13].

В ходе анализа медиа-объектов в мировой практике, рассмотрения их конструктивной базы, функциональных назначений, особенностей трансляции в визуально-коммуникативное поле городской среды, в исследовании можно выделить четыре теоретические модели формирования медиа-пространства:

1) механическая модель (конструктивная оболочка фасада спроектирована с использованием гидравлического или пневматического двигателя механизмов, оболочка соединяется системой кабелей с блоком управления медиафасадом; исходя из показателей заданной программы система задает вариант движения медиафасада);

2) иллюминационная модель (включает в себя конструкцию медиафасада, датчики, системный кабель, блок электроуправления здания и активный контент. В качестве активного контента может выступать мобильный телефон, интернет-проводник или спецблок интерактивного управления зданием для публики);

3) проекционная модель (видео-мэппинг, может быть адаптирована только к уже существующему зданию, ориентация предполагает использование только главного фасада; структура модели представляет собой проектор, установленный на определенном расстоянии от проецируемого фасада; в мировой практике эта модель чаще является временной, используемой во время медиафестивалей, когда на архитектурных достопримечательностях проецировались графические экспозиции);

4) отображающая модель (в принципе такая же по конструкции, как и иллюминационная, за исключением активного контента).

Каждая из моделей представляет собой структурный базис, по которому функционирует объект, в который интегрирован или заведомо спроектирован медиафасад. В ходе проектирования должно быть учтено пространство в блоке электроуправления зданием под систему управления медиафасадом, включающую в себя:

- программный компьютер;
- генератор изображения;
- генератор датчика движения или температуры и т. д.

Некоторые фирмы используют датчики движения, температуры или звука, повышающие интерактивность объекта, и с помощью генераторов полученная информация обрабатывается и передается на ПК для дальнейшей оцифровки. Так, например, в зависимости от температуры в окружающей среде здание может менять цвет графической иллюминации фасада (Дэвиса Тайувер, Бельгия) [14]. Кроме того, медиафасады могут классифицироваться по композиционно-планировочным методам реализации на основе художественного языка:

1. Абстрактно-динамический (технологии: фронтальная и реверсивная проекция, LED-технология, светодиодный кластер “ProPixel”, “Mediamesh”, “Illumesh”).

2. Фигуративный (технологии: фронтальная и реверсивная проекция, LED-технология, светодиодный кластер “ProPixel”, “Mediamesh”, “Illumesh”).

3. Текстово-композиционный (технологии: фронтальная и реверсивная проекция, LED-технология, “Mediamesh», “Illumesh”).

4. Объемно-динамический (технологии: решение “Aegis Hyposurface”, Технология Nova).



5. Коммуникативно-визуальный (технологии: LED-технология, “Mediamesh”, “Illumesh”, материал Stealth™, Интерактивные LED-плитки).

Наличие в городе ресурсов, включенных в данную классификацию, становится значительной системой формирования нового пространства социального взаимодействия [15].

Развитие интерактивных технологий обещает сделать города удобным и разумным пространством для жизни. На данный момент появляется все больше проектов, которые привлекают людей в совместное «управление» городом, начиная с решения транспортных проблем и заканчивая улучшением собственного двора. Медиаплатформы помогают создать новые модели и формы архитектурной выразительности. Технологии создают новый подход к проектированию, и архитектура представляет собой интерфейс, который реагирует на пользователя (экономическая, политическая и физическая реакция). По предварительным анализам Г. В. Есаулова, принцип планировочной организации «умных» городов проектировщики еще только нащупывают, но с течением времени все актуальнее становится задача определения роли цифровизации в территориально-пространственном развитии. Большинство городов исторически сложившихся, используя умные технологии, обретают черты, лежащие в основе новых моделей городского развития и воплотившиеся в новых «умных» городах [16]. На сегодняшний день лидерами в сфере создания «умного города» в России является Москва, Санкт-Петербург, Казань и Екатеринбург. Внедрение ряда инновационных технологий для создания комфортной среды в рамках программы «Умный город» включает такие города как Самара и Волгоград.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колин, Э. Среда обитания. Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие / Э. Колин. – Москва : Альпина Паблишер. 2016. – С. 85.

2. Есаулов, Г. В. «Умный город» как модель урбанизации XXI века / Г. В. Есаулов, Л. Г. Есаулова // Градостроительство. – 2013. – № 4. – С. 27–31.

3. Есаулов, Г. В. Информационно-коммуникационные технологии в архитектурно-градостроительном формировании среды жизнедеятельности / Г. В. Есаулов // Архитектура и современные информационные технологии. – 2015. – Спецвыпуск.

4. Концепция «умного города» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://idoorway.mirtesen.ru/blog/43838845148/Kontseptsiya-Umnogo-goroda.-Idei-i-realizatsiya>. (дата обращения : 20. 03. 2018).

5. Интеллектуальные города [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.tadviser.ru>. (дата обращения : 20.03.2018).

6. Гельфонд, А. Л. Тема адресата в формировании общественных пространств / А. Л. Гельфонд // Архитектура и строительство России. – 2016. – № 3. – С. 44–51.

7. Townsend, A. Smart cities: big data, civic hackers and a quest for a new utopia / A. Townsend. – New York : W. W. Norton & Company, 2013. – 385 p.

8. Умный город [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://status-media.com/lyudy/ekspertnoe-mnenie/umnyj-gorod/>. (дата обращения : 20.03.2018).

9. Ахмедова, Л. С. Особенности трансформации визуального информационно-коммуникативного поля города : автореф. дис... канд. архитектуры : 18.00.01 / Л. С. Ахмедова ; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2009. – 24 с.

10. Орлова Л. Н. Современный взгляд на создание энергетически эффективной световой среды / Орлова Л. Н., Бутыревская И. Н. // Великие реки-2016 : тез. докл. междунар. науч.-пром. форум, 17-20 мая 2016 г. : тр. конгр. : в 3 т. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2016. – Т. 3. – С. 216–218.



11. Дуцев, М. В. Концепция художественной интеграции в новейшей архитектуре : монография / М. В. Дуцев ; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2013. – 235 с.

12. Ахмедова, Л. С. Особенности формирования нового образа города в контексте развития информационного поля городской среды / Л. С. Ахмедова // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород. – 2009. – № 1. – С. 109–116.

13. Ахмедова, Е. А. Медиа-технологии в современном городе / Е. А. Ахмедова, А. Д. Кандалова // Градостроительство и архитектура. – 2016. – № 3(24). – С. 44–48.

14. Почему Барселона умный город, а Петербург еще нет [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.online812.ru/2017/06/05/009/> (дата обращения : 20.03.2018).

15. Щепетков, Н. И. К выходу очередного пособия Москомархитектуры по комплексному благоустройству и освещению Москвы / Н. И. Щепетков // Светотехника. – 2016. – № 3. – С. 73–75.

16. Есаулов, Г. В. «Умный» город в цифровой экономике / Г. В. Есаулов // Academia. Архитектура и строительство. – 2017. – № 4. – С. 68–74.

**ADONINA Anna Vladimirovna, postgraduate student of the chair of urban planning; AKHMEDOVA Elena Aleksandrovna, corresponding member of RAACS, doctor of architecture, professor, holder of the chair of urban planning; KANDALOVA Alla Dmitrievna, postgraduate student of the chair of urban planning**

#### REALIZATION OF DIGITAL UTOPIA OF A MEDIA CITY

Samara State Technical University, Academy of Construction and Architecture  
244, Molodogvardeyskaya St, Samara, 443001, Russia. Tel.: +7 (846) 278-43-11;  
e-mail: [adoninanna@gmail.com](mailto:adoninanna@gmail.com)

*Key words:* media technologies, utopia, smart city, megapolis, virtual architecture.

---

*The article describes a process of realization of the "smart city" utopian concept in the architectural and urban media. The role of utopia in the development of the digital space is considered, its specific features and potential are identified. Some parameters of the "smart city", such as adaptability, mobility, intellectualization, stability and safety are considered. The utopian and realized projects of space virtualization in architecture are also analyzed. Application of digital technologies in megapolises of Russia is addressed; connection between utopias and the realized projects is considered, in which the integration of digital technologies leads to formation of a high-intellectual communicative space that becomes a driving force of global changes. Special attention is paid to the study of intercommunication between the ideal and real in the course of digital space realization. As a result of the research, a hypothesis is offered about existence of some key factors and conditions that help apply successfully media technologies. By the example of a Russian megapolis, a conclusion is drawn about the prospects of high technologies application in the city environment.*

---

#### REFERENCES

1. Colin Ellard. Sreda obitaniya. Kak arkhitektura vliyaet na nashe povedenie i samochuvstvie [Places of the Heart: The Psychogeography of Everyday Life]. Moscow. Alpina Publisher, 2016, 85 p.

2. Esaulov G. V., Esaulova L. G. "Umnny gorod" kak model urbanizatsii XXI veka [Smart City as an urbanization model of the 21st century]. Gradostroitelstvo [Urban construction], 2013. № 4. P. 27–31.

3. Esaulov G. V. Informatsionno-kommunikatsionnye tekhnologii v arkhitekturno-gradostroitelnom formirovanii sredy zhiznedeyatelnosti [Information-communication technologies in architectural and town-planning formation of the habitat]. Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii [Architecture and modern information technologies], 2015. Spetsvyпуск.



4. Kontsepsiya “umnogo goroda” [“Smart city” conception]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: <http://idoorway.mirtesen.ru/blog/43838845148/Kontsepsiya-Umnogo-goroda.-Idei-i-realizatsiya> (data obrascheniya: 20.03.2018).
5. Intellektualnye goroda [Intellectual cities]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.tadviser.ru/> (data obrascheniya: 20.03.2018).
6. Gelfond A. L. Tema adresata v formirovanii obschestvennykh prostranstv [The theme of the recipient in the formation of public spaces]. *Arkhitektura i stroitelstvo Rossii* [Architecture and Construction of Russia], 2016, № 3. P. 44–51.
7. Townsend A. Smart cities: big data, civic hackers and a quest for a new utopia. New York: W. W. Norton & Company. 2013, 385 p.
8. Umny gorod [Smart city]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: <http://status-media.com/lyudy/ekspertnoe-mnenie/umnyj-gorod> (data obrascheniya 20.03.2018).
9. Akhmedova L. S. Osobennosti transformatsii vizualnogo informatsionno-kommunikativnogo polya goroda [Specific features of transformation of the city information-communicative field]. Avtoref. diss. kand. arkhitektury: 18.00.01. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2009, 24 p.
10. Orlova L. N., Butyrevskaya I. N. Sovremenny vzglyad na sozdanie energeticheskoi effektivnoy svetovoy sredy [Modern view on the creation of energy-saving illumination medium]. *Velikie reki-2016: tez. dokl. mezhdunar. nauch.-prom. Foruma 17-20 maya 2016 g. Tr. kongr.: v 3-kh tomakh* [Great River-2016. Proceedings of the scientific congress in 3 volumes]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2016. Vol. 3. P. 216–218.
11. Dutsev M. V. Kontsepsiya khudozhestvennoy integratsii v noveyshey arkhitekture [Conception of art integration in modern architecture]: monografiya. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2013, 235 p.
12. Akhmedova L. S. Osobennosti formirovaniya novogo obraza goroda v kontekste razvitiya informatsionnogo polya gorodskoy sredy [Features of formation of a new image of a city in the context of development of the information field of the city environment]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2009. № 1. P. 109–116.
13. Akhmedova E. A., Kandalova A. D. Mediatekhnologii v sovremennom gorode [Media technologies in a modern city]. *Gradostroitelstvo i arkhitektura* [Urban construction and architecture], 2016. № 3(24). P. 44–48.
14. Pochemu Barselona umny gorod, a Peterburg eschyo net [Why Barcelona is a smart city, but Petersburg is not yet]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.online812.ru/2017/06/05/009/> (data obrascheniya 20.03.2018).
15. Schepetkov N. I. K vykhodu ocherednogo posobiya Moskomarkhitektury po kompleksnomu blagoustroystvu i osveshcheniyu Moskvy [To the publication of the next manual by the Moskomarkhitektura on complex Moscow territory development and illumination]. *Svetotekhnika* [Light & Engineering], 2016. № 3. P. 73–75.
16. Esaulov G. V. “Umny” gorod v tsifrovoy ekonomike [Smart city in digital economy]. *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo* [Academia. Architecture and Construction.], 2017, № 4. P. 68–74.

© А. В. Адонина, Е. А. Ахмедова, А. Д. Кандалова, 2018

Получено: 18.06.2018 г.



УДК 725.48

**Е. Ю. АГЕЕВА, д-р филос. наук, проф. кафедры архитектуры;  
Е. А. КОЧЕТОВА, ст. преп. кафедры строительных конструкций**

## **ДВОРЦЫ КУЛЬТУРЫ СОЦГОРОДОВ КАК УНИКАЛЬНЫЕ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ОБЪЕКТЫ**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;  
эл. почта: e-mail: ag\_eu@bk.ru  
*Ключевые слова:* соцгород, советская архитектура, дворец культуры.

---

*Анализируются здания дворцов культуры соцгородов, их функциональное, объемно-планировочное решение как отражение социалистической культуры. Раскрывается основной замысел дворцов культуры, способствующих формированию человека в соответствии с идеалами нашей страны того времени.*

---

Спустя 10 лет после установления советской власти в России в период индустриализации остро встал вопрос о социалистическом расселении. И рядом со строящимся гигантом советской индустрии в 1930-е годы, как правило, строился город для рабочих – соцгород. Для строительства объекта военно-промышленного комплекса и прилегающего к нему жилого района – соцгорода – выбиралась свободная от застройки территория, где возникал новый район города. При этом производилось массовое переселение людей, сначала для строительства завода, а потом и для работы на нем. Для них строились совершенно новые по функциональному решению здания: дома-коммуны, детские сады, школы, поликлиники, фабрики-кухни, столовые, хлебозаводы, профилактории, бани общественного пользования и пр. Помимо данных типов зданий, для организации досуга населения строились клубы, Дома или Дворцы культуры, кинотеатры, организовывались парковые зоны и скверы. Самый расцвет такого рода зданий и сооружений пришелся на 1920–1930-е годы.

Клубы, Дома и Дворцы культуры должны были удовлетворять основные духовные потребности человека социалистического общества. А, значит, все аспекты архитектуры должны были способствовать формированию нового типа человека и общества. Дворцы культуры должны были не только обеспечить досуг, но и воспитывать прекрасное в человеке одним своим видом. Такие здания становились центром притяжения для жителей района всех возрастов. Работали студии и кружки художественной самодеятельности, театральные и хоровые студии для детей и взрослых, проводились концерты, вечера танцев. В зданиях ДК располагались библиотеки, читальный зал, различные кружки, кинозал и спортзал. В спортивных секциях проходили тренировки по футболу, волейболу, настольному теннису, шахматам, борьбе, велоспорту и другим видам спорта, в некоторых ДК был даже тир.

Одним из таких настоящих советских дворцов культуры является Дворец культуры и техники тракторного завода (г. Волгоград, быв. г. Сталинград). В 1935 году в рамках реконструкции Нижнего поселка тракторного завода Сталинграда было запланировано строительство Дворца культуры и парка рядом с ним (рис. 1). Здание проектировал архитектор Яков Корнфельд в стиле конструктивизма. Тогда



же, еще до войны, рядом с Дворцом культуры был заложен парк с единственной в городе танцплощадкой, где играл джазовый оркестр, шахматным клубом, множеством цветов и деревьев. Во время войны здание дворца сильно пострадало.

Здание восстановили, переработав фасады в соответствии с требованиями времени в стиле сталинского ампира. Дворец культуры состоял из двух корпусов – клубного и театрального (рис. 2). Главным украшением дворца был большой театральный зал, по форме напоминающий греческий амфитеатр. Важным моментом стало его размещение как завершение композиционной оси улицы, что было свойственно и другим Дворцам культуры соцгородов. Таким образом, все Дворцы культуры имели градостроительное значение визуального акцента застройки, подчеркивающее функцию центра притяжения для населения.

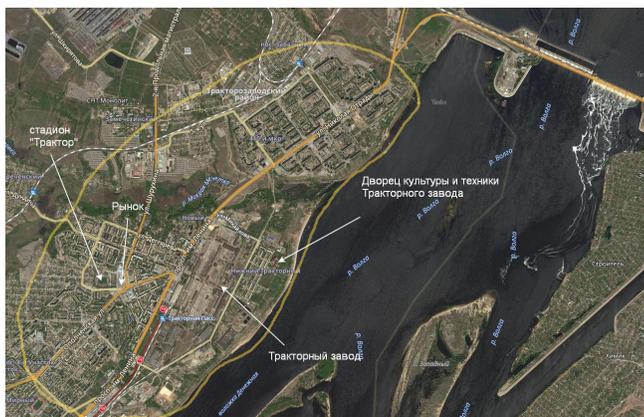


Рис. 1. Тракторозаводский район города Волгограда (быв. Сталинграда). Расположение главных культурных объектов района

В клубном корпусе располагалось много больших залов (для занятий танцами, музыкой, спортивные залы), а также всевозможных комнат для занятий небольшими группами (шахматы, живопись и читальные залы). Внутреннее оформление и убранство залов, помещений и вестибюлей поражает красотой и величием, это и росписи потолков, лепнина, мрамор, мозаичные и паркетные полы.



а



б

Рис. 2. Дворец культуры тракторного завода: а – фасад, обращенный к Волге; б – фасад, обращенный к поселку

Дворец культуры на сегодняшний день в Волгограде заброшен. В 2017 году принято решение о застройке многоэтажными жилыми домами парка около здания ДК. А сам Дворец культуры и техники сейчас находится в частных руках и никак не используется. Из-за аварийного состояния допуск посторонних в здание и на территорию рядом с ним запрещен. Здание является памятником архитектуры регионального значения.

Еще один Дворец культуры построен в городе химиков Дзержинске в 1958 году по проекту архитектора В. Емельянова. За основу был взят проект нижнетагильского Дворца культуры металлургов, построенного в 1952 г. Но Дворец культуры химиков строился уже после выхода постановления Правительства об излишествах в архитектуре, поэтому внешний облик этого Дворца лишен помпезности и более строг. Дзержинск один из немногих городов, где во главе архитектурного ансамбля центральной части города было учреждение культуры (рис. 3). Дворец стал основой композиции центра города вместо административного здания, что в то время было смелым решением, и что ценно, эта историко-архитектурная застройка сохранила свое градостроительное значение и по сей день.

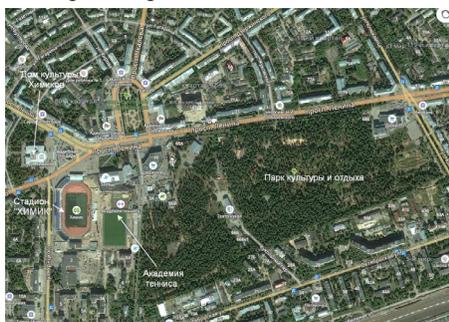


Рис. 3. Центр города Дзержинска. Расположение главных культурных объектов

Дворец был построен в стиле упрощенного неоклассицизма. Единый компактный объем здания с круглой башней-ротондой органично украшен многочисленными колоннами, пилястрами и декоративной лепниной (рис. 4). Дворец включает в себя 6 уровней: газоубежище, цокольный этаж, первый, второй, третий этажи и ротонда. Интерьер дворца богато отделан мрамором, полы паркетные. Цоколь фасада здания облицован черным гранитом. Работы с мрамором и гранитом выполнили мастера, приглашенные из Армении. Внутреннее убранство Дворца культуры химиков перекликается с оформлением московских станций метро.



*a*



*б*

Рис. 4. Дворец культуры химиков: *a* – 1959 г.; *б* – 2017 г.



В Дзержинске Дворец культуры химиков внесен в реестр памятников архитектуры, до сегодняшнего дня функционирует согласно своему назначению. Местные жители называют его «архитектурной жемчужиной Дзержинска».

В Казани Соцгород Авиастроительного района находится в северной части города и отделен от других районов железной дорогой и промышленной зоной (рис. 5). Культурным центром района стал парк культуры «Крылья советов», на территории которого расположены стадион «Рубин», спортивные площадки и главный культурный объект – Культурно-досуговый центр им. В. И. Ленина (бывшее название «Дворец культуры им. В. И. Ленина»). Перед дворцом есть небольшая благоустроенная площадь, на которой проводят массовые культурные мероприятия района.

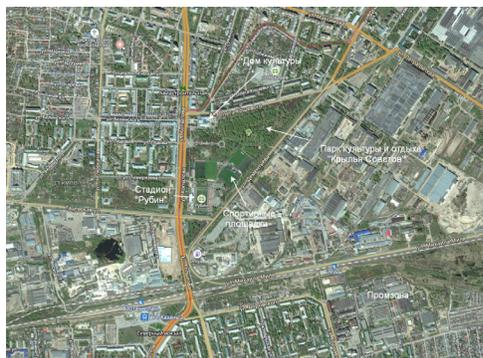


Рис. 5. Авиастроительный район города Казани. Расположение главных культурных объектов района

Дворец культуры Соцгорода в Казани имеет более простую в плане форму, высотой четыре этажа. Главный фасад выходит на небольшую площадь, он разделен на три части (рис. 6). Центральную часть фасада выделяют восемь колонн высотой на три этажа, опирающихся на пилястры первого этажа. Центральная часть украшена карнизом, лепным декором под окнами между колоннами. Первый этаж выделен цветом и пилястрами центрального ризалитного объема. Внутренняя отделка соответствует минималистичному фасаду. Она более строга, не имеет излишнего декора. Здание используется по прямому назначению и сейчас. Отметим его размещение как завершение композиционной оси улицы Копылова с застройкой исторического комплекса Соцгорода.



Рис. 6. Культурно-досуговый центр им. В. И. Ленина Авиастроительного района Казани

В городе Ижевске Дом Дружбы народов (бывшее название – Дом культуры «Октябрь») и Парк культуры и отдыха им. С. М. Кирова являются сегодня самыми значимыми культурными объектами (рис. 7). ДК «Октябрь» на улице Орджоникидзе был выстроен рабочими Механического завода, которые специально работали после смен и в выходные. Стройка закончилась в 1961 году, поэтому здание украсили лепниной, изображавшей полет Юрия Гагарина в космос. Панно «Советским космонавтам слава! 1961» на фронте ДК Октябрь утрачено в ходе реконструкции. Сильно изменился и главный фасад (рис. 8). Композиция фасадов строилась на приемах классической архитектуры – об этом говорит колоннада портика главного фасада, боковые фасады упрощенные.

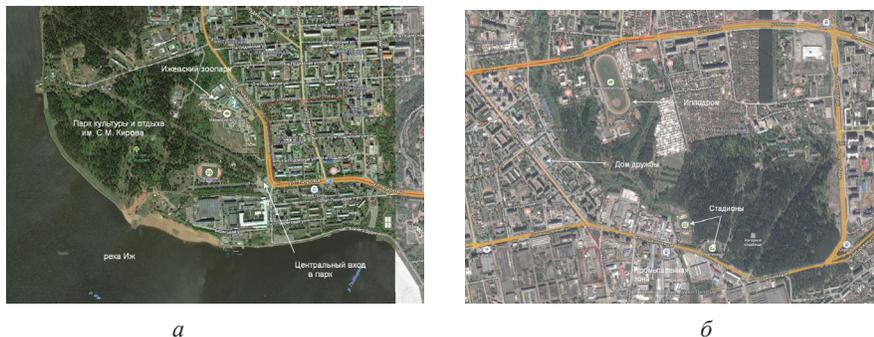


Рис. 7. Главные культурные объекты Ижевска: *а* – расположение Парка культуры и отдыха им. С. М. Кирова (ул. Песочная и ул. Кирова); *б* – Расположение Дома Дружбы народов (ул. Орджоникидзе)



Рис. 8. Дом Дружбы народов в Ижевске (ДК «Октябрь»): *а* – 1961 г.; *б* – 2017 г.

В городе Каменск-Уральский есть свой Соцгород, который называют «Городком алюминщиков» (рис. 9). Здание Дома Культуры УАЗ является одним из лучших образцов общественных зданий культурно-просветительского назначения советского периода в Уральском регионе (рис. 10). Проект здания индивидуальный, выполнен известным свердловским архитектором В. В. Емельяновым в 1943 г. А уже в 1944 году начато строительство. Первоначальное название здания – Киноконцертный зал УАЗа. Здание также является градостроительным акцентом среди окружающей застройки, но не подавляет своим масштабом. Выразительные фасады выполнены в стиле «советский классицизм». При этом отсутствует помпезность, пропорции его гармоничны.



Рис. 9. Расположение главных культурных объектов Соцгорода в городе Каменск-Уральском



*а*



*б*

Рис. 10. Дом Культуры УАЗа город Каменск-Уральский: *а* – 1970 г.; *б* – 2017 г.

Не менее интересные рассматриваемые культурные объекты находятся в Соцгороде Нижнего Новгорода. Центральной частью района стал Дворец культуры ГАЗ и сквер перед ним. За ДК располагается большой парк и отдельно стоящее здание кинотеатра (рис. 11). Культурная жизнь семей работников Горьковского автозавода и жителей района тесно связана с деятельностью Дворца культуры. С момента открытия и до сегодняшнего дня здание ДК ГАЗ является визитной карточкой района. Фасад соответствует времени постройки и лишен излишнего декора (рис. 12), но внутренняя отделка более соответствует названию Дворца. Во Дворце культуры сохранились традиции проведения культурно-массовых мероприятий для всех возрастных и социальных категорий населения: и концерты известных исполнителей и местных коллективов, спектакли для детей и гастроли известных театров страны.

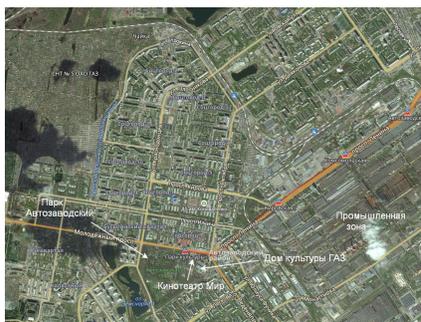


Рис. 11. Расположение главных культурных объектов Соцгорода в Нижнем Новгороде



а



б

Рис. 12. Дворец культуры ГАЗ в Нижнем Новгороде: а – 1968 г.; б – 2017 г.

Дворцы культуры были обязательными объектами строительства при возведении городов для рабочих. Одни поражают красотой фасадов и богатой внутренней отделкой, другие более строгие в декоре (согласно указу об излишествах при строительстве). Обязательным для Дворцов стал некоторый набор функциональных помещений, таких как театральная зала со сценой, а также множество небольших помещений для всевозможных кружков и секций и больших помещений для спортивных занятий. При входе во Дворец человек попадал в большое свободное пространство с огромной лестницей, что сразу задавало торжественное настроение.

Эти здания в различных городах внешне очень разные, но есть несколько особенностей, которые выделяют Дворцы культуры среди других зданий. Во-первых, акцентное градостроительное расположение. Во-вторых, ярко выраженная на фасаде входная группа: портал или колонны на всю высоту здания. В-третьих, местоположение таких зданий выбиралось таким образом, чтобы недалеко располагалась главная проходная завода, чтобы рабочие после работы спешили во Дворец Культуры. В-четвертых, перед дворцом формировали благоустроенную площадь, архитектурный ландшафт которой сочетал открытое пространство для массовых мероприятий и организованный сквер с дорожками, клумбами и скамейками для прогулок и отдыха.

Итак, все Дворцы и дома культуры соцгородов характеризуются такими признаками как уникальность градостроительного размещения, значимость для историко-культурного наследия, парадность и репрезентативность. Архитектура соцгородов вызывает научный и практический интерес с точки зрения всестороннего изучения в широком культурологическом контексте всего круга проблем, связанных с наследием, охраной и развитием современной культуры.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агеева, Е. Ю. Особенности структурирования городской культуры / Е. Ю. Агеева // Великие реки' 2016 : тр. конгр. 18 Междунар. науч.-пром. форума. В 3 т. Т. 2 / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний. Новгород, 2016. – С. 452–454.
2. История советской архитектуры (1917–1954 гг.) / Н. П. Былинкин, В. Н. Калмыкова, А. В. Рябушин, Г. В. Сергеева ; под ред. Н. П. Былинкина и А. В. Рябушина. – Москва : Стройиздат, 1985. – 256 с.
3. Гордин, А. А. Горьковского автозавода и концепция города-сада [Электронный ресурс] / А. А. Гордин, Е. В. Радченко // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – Режим доступа : <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11615>.
4. О работе по перестройке быта : постановление ЦК ВКП (б) // КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК (1898–1986). – Москва, 1984. – Т. 5. – С. 118–119.



5. Сапрыкина, Н. С. Соцгород Яррак в Ярославле, этапы его формирования / Н. С. Сапрыкина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. «Строительство и архитектура». – 2006. – № 6. – С. 169–174.

6. Сапрыкина, Н. С. Эволюция архитектуры клубных зданий г. Ярославля (1920–1930-е гг.) / Н. С. Сапрыкина // Известия вузов. Сер. «Строительство». – 2007. – № 5. – С. 81–87.

7. Сапрыкина, Н. С. Эволюция архитектуры клубных зданий Ярославля (послевоенное десятилетие) / Н. С. Сапрыкина // Известия вузов. Сер. «Строительство». – 2007. – № 6. – С. 117–123.

8. Сапрыкина, Н. С. Эволюция архитектуры клубных зданий Ярославля (середина 1950-х – 1960-е гг.) / Н. С. Сапрыкина // Известия вузов. Сер. «Строительство». – 2007. – № 4. – С. 75–81.

9. Цапенко, М. П. О реалистических основах советской архитектуры / М. П. Цапенко. – Москва : ГИЗ по строительству и архитектуре, 1952. – 396 с.

**AGEEVA Elena Yurevna, doctor of philosophic sciences, professor of the chair of architecture; KOCHETOVA Elena Anatolevna, senior teacher of the chair of building constructions**

### **PALACES OF CULTURE OF SOCIALIST CITIES AS UNIQUE HISTORICAL AND CULTURAL OBJECTS**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Ijinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;  
e-mail: ag\_eu@bk.ru

*Key words:* sotsgorod, Soviet architecture, palace of culture.

---

*The buildings of palaces of culture of socialist cities, their functional, volume-planning solution as a reflection of socialist culture are analyzed. The main idea of the palaces of culture that contributed to the formation of the man in accordance with the ideals of our country of that time is revealed.*

---

#### REFERENCES

1. Ageeva E. Yu. Osobennosti strukturirovaniya gorodskoy kultury [Features of structuring the urban culture]. Velikie reki' 2016: tr. kongr. 18 Mezhdunar. nauch.-prom. Foruma. V 3 t. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2016. P. 452–454.

2. Bylinkin N. P., Kalmykova V. N., Ryabushin A. V., Sergeeva G. V. Istoriya sovetskoj arkhitektury (1917–1954 gg.) [The history of the Soviet architecture (1917–1954)]. Pod red. N. P. Bylinkina i A. V. Ryabushina. Moscow: Stroyizdat, 1985. 256 p.

3. Gordin A. A., Radchenko E. V. Sotsgorod Gorkovskogo avtozavoda i kontseptsiya goroda-sad [Sotsgorod of the Gorky Automobile plant and the concept of the city-garden]. [Elektronnyy resurs]. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. № 1. Rezhim dostupa: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11615>.

4. O rabote po perestrojke byta. Postanovlenie TsK VKP (b) [About the work on restructuring everyday life. Resolution of the Central Committee of the VKP (b)]. KPSS v rezolyutsiyakh i resheniyakh sezdov, konferentsiy i plenumov TsK (1898–1986). Moscow, 1984. Vol. 5. P. 118–119.

5. Saprykina N. S. Sotsgorod Yarrak v Yaroslavle, etapy ego formirovaniya [Sotsgorod Yarrak in Yaroslavl, the stages of its formation]. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser. "Stroitelstvo i arkhitektura". 2006. № 6. P. 169–174.

6. Saprykina N. S. Evolyutsiya arkhitektury klubnykh zdaniy Yaroslavlya (1920–1930-e gg.) [Evolution of architecture of club buildings in Yaroslavl (1920s–1930s)]. Izvestiya vuzov. Ser. "Stroitelstvo" [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2007. № 5. P. 81–87.

7. Saprykina N. S. Evolyutsiya arkhitektury klubnykh zdaniy Yaroslavlya (poslevoennoe desyatiletie) [Evolution of architecture of club buildings in Yaroslavl (post-war decade)]. Izvestiya



vuzov. Ser. "Stroitelstvo" [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2007. № 6. P. 117–123.

8. Saprykina N. S. Evolyutsiya arkhitektury klubnykh zdaniy Yaroslavlya (seredina 1950-kh – 1960-e gg.) [Evolution of architecture of club buildings in Yaroslavl (mid 1950s – 1960s)]. Izvestiya vuzov. Ser. "Stroitelstvo" [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2007. № 4. P. 75–81.

9. Tsapenko M. P. O realisticheskikh osnovakh sovetskoj arkhitektury. [On the realistic foundations of the Soviet architecture]. Moscow: GIZ po stroitelstvu i arkhitekture, 1952. 396 p.

© Е. Ю. Агеева, Е. А. Кочетова, 2018

Получено: 05.07.2018 г.

УДК 72.02+351.853

**О. Т. ИЕВЛЕВА**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой графики и информационных технологий архитектурного проектирования; **М. БЕРЕТЕ**, аспирант кафедры графики и информационных технологий архитектурного проектирования

## РЕКОНСТРУКЦИЯ КОРОЛЕВСКОЙ ДЕРЕВНИ САНАНКОВО В ГВИНЕЙСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Академия архитектуры и искусств  
344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, д. 105/42. Тел.: (928) 131-72-47;  
эл. почта: ijevleva@sfedu.ru

*Ключевые слова:* историко-архитектурное наследие, виртуальная реконструкция, схема организации застройки, национальное жилище, мечеть, крепость, Гвинейская Республика.

*На основании результатов историко-архитектурных исследований осуществляется воссоздание объемно-пространственного решения королевской деревни Сананкоро (XIX в.), являющейся памятником культурного наследия Гвинейской Республики.*

Сананкоро была столицей империи Юасулу (1878–1898 гг.) – одной из самых больших империй африканского континента, располагавшейся в префектуре Керуанэ Республики Гвинея. Это была родная деревня матери императора Самори Туре – самой известной личности в истории Гвинеи, который прослужив (с целью освобождения из рабства своей матери) 13 лет в армии клана Сиссе, стал военачальником и выкупил на незаселенном холме Сананкоро земли, принадлежавшие родственникам его матери [1, 2] (рис. 1).



Рис. 1. Расположение королевской деревни и ее современный вид



Затем он обосновал там столицу своей империи и, хотя позже столица была перенесена в Биссандугу, деревня Сананкоро всегда оставалась королевской деревней и «родовым гнездом», где проживало большинство членов семьи императора и семей его соратников. Именно отсюда Самори Туре руководил завоеванием других территорий и царств, став позже основателем большой империи, частью которой была вся Гвинея, Кот-д'Ивуар, Сьерра Леоне, часть Мали, Либерия и др. [3, 4].

Строительство столицы началось с формирования королевской деревни Сананкоро вокруг места проживания императора. Развитие поселения в виде специальным образом пространственно организованных деревенских ячеек представляет значительный интерес как с архитектурной точки зрения, так и в историческом плане, поскольку сюда собирались люди из разных мест Гвинеи, поддерживавшие Самори Туре в борьбе против колонизаторов. Таким образом, целью настоящей работы является виртуальная реконструкция объемно-пространственной схемы королевской деревни в ее оригинальном состоянии.

Проведенные исследования опирались на 3 основных фактора.

Первый – существование традиций. Жители города Керуанэ, верные традициям рода, воспринимают место проживания прародителей как духовную связь с ними. Поэтому в 80 % место проживания прародителей сохраняется, хотя форма и внешний вид построек изменились, но сегодня потомки рода все так же живут на том же месте.

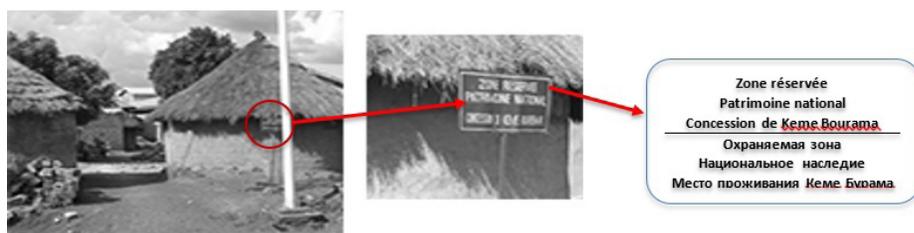


Рис. 2. Современный вид жилища Кеме Бурама, брата императора в Сананкоро

Второй – сохранность некоторых исторических архитектурных элементов на рассматриваемой территории. Этот фактор оказывает влияние в двух направлениях. С одной стороны, здесь все еще существуют элементы архитектуры, сохраненные жителями, так как они относятся к истории семей их родителей и сохранность этих элементов создает нечто вроде связи внутри рода. С другой стороны, есть ряд других элементов, которые были заброшены и понесли утраты от воздействия погоды и времени, но сегодня они тоже взяты на учет как памятники муниципального значения.



Рис. 3. Современный вид общественного квартала в королевской деревне Сананкоро

Третьим фактором является тотальное отсутствие архивов и печатных источников, описывающих пространственную и планировочную организацию исследуемого объекта исторического наследия.

В настоящем исследовании основные сведения о пространственной организации королевской деревни были получены в результате интервьюирования ряда старейшин известных семей. На сегодняшний день самым близким прямым потомком императора Самори Туре является сын его брата (Самори Кембурама) Ельхадж Мамади, которому история деревни была передана в рассказах.

Таким образом, исследования существующей планировочной ситуации города Керуане, визуальный осмотр руин королевской деревни и сохранившихся архитектурных фрагментов застройки, анализ и обработка интервью Ельхадж Мамади и других собеседников позволили осуществить реконструкцию схемы пространственной организации королевской деревни в изначальном виде.

По своей пространственной организации Сананкоро – королевская деревня императора Самори Туре представляет собой радиальную схему, характерную для организации деревень верхней Гвинеи – места проживания этноса «манинка» (рис. 4). Она разделена на три зоны: 1) королевский квартал, являющийся административной зоной и зоной управления; 2) зона проживания охранников и кавальеров деревни (соффа) и 3) зона проживания остальных жителей деревни.

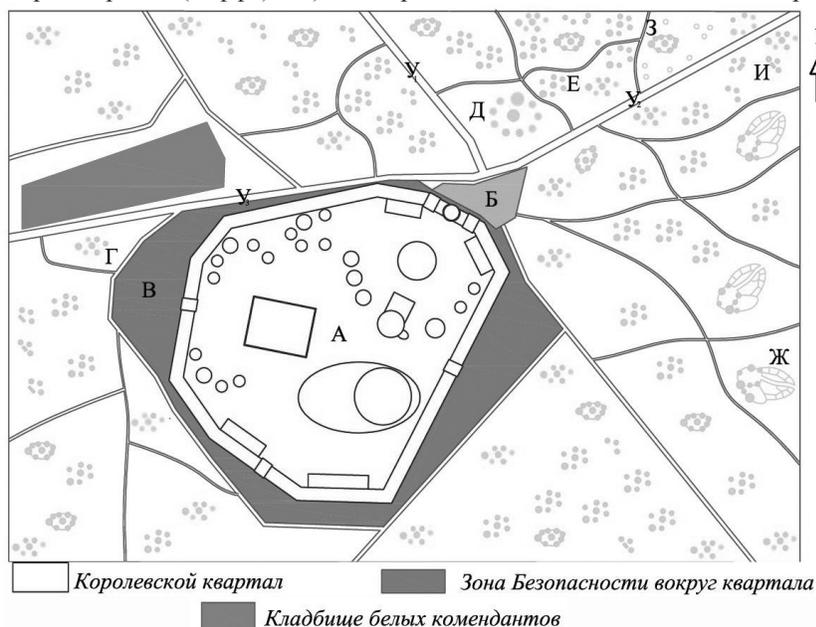


Рис. 4. Схема организации королевской деревни Сананкоро: А – Королевский квартал; Б – Общая площадь и рынок деревни; В – зона безопасности вокруг королевского квартала; Г – хижины кавальеров (соффа); Д – жилище Кембурама; Е – жилища манинка; Ж – жилища зажиточных манинка; З – жилища фулани; И – жилища соссю; У – основные дороги

**Королевский квартал Сананкоро** (рис. 4, А) являлся сердцем административной власти не только для деревни, но и для всей империи Юасулу все то время, пока Сананкоро была столицей империи.

Анализ руин в этом квартале подтверждает, что мечеть и дворец правителя



являются самыми значительными сооружениями комплекса.

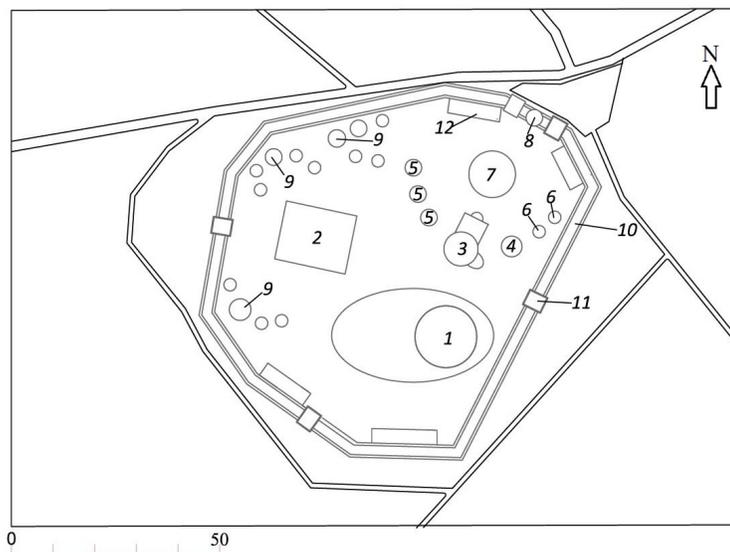


Рис. 5. Схема внутренней организации королевского квартала: 1 – мечеть; 2 – дворец; 3 – хижина императора; 4 – хижина первой жены Саранке; 5 – хижины остальных жен императора; 6 – хижины детей Самори; 7 – центральный вестибюль; 8 – главный вход в крепость; 9 – жилища соффа (охранников, кавалеров); 10 – крепостная стена; 11 – сторожевые башни; 12 – спуски

**Мечеть королевского квартала** (рис. 5, 1) в плане представляет собой комбинацию эллипса и круга: на подиум эллиптической формы со смещением центра поставлен круглый объем.

Подиум поднят относительно окружающей территории на 60 см и должен был восприниматься как святое место, недоступное грязи. Подиум образует террасу вокруг молитвенного места мечети. Молитвенная хижина представляет собой в плане окружность радиусом 18 м с глиняными стенами высотой 8 м и толщиной 60 см. Стены мечети укрепляли глиняные пилястры, которые вместе с двумя рядами колонн (по 4 в ряду) и самой высокой центральной колонной поддерживали специальную несущую конструкцию, на которой лежала соломенная крыша. Крыша покрывала не только молитвенную хижину, но и большую часть подиума.

**Дворец правителя** (рис. 5, 2) является единственной прямоугольной постройкой квартала. Он полностью был построен из глины и имел внушительные габариты. По архитектурно-планировочной структуре дворец является зданием зального типа. Основной зал имеет размеры 8,4×14,36 м, к его внутренним стенам примыкают более мелкие помещения: склад пороха для пушек, склад свинцовых ядер, склад оружия, а по восточной стене – комнаты главных военачальников и императора, куда доступ имели только указанные лица.

Конструктивно дворец представляет собой каркасно-стенную систему. Вертикальные нагрузки воспринимает система колонн, большая часть которых встроена в наружные или внутренние стены и только 2 колонны, находящиеся в середине зала военачальников, являются отдельно стоящими. Во дворце с целью



защиты складов боеприпасов были сооружены 2 глиняных потолка: один – тонкий, горизонтальный, толщиной 60 см, а через 80 см другой – наклонный с водоотводом по желобам.

Вход во дворец осуществлялся через 2 двери на западе и юге сооружения. Каждая из этих дверей находилась под надзором специального охранника, обязательно имеющего жилище на территории королевского квартала.

Дворец в этом ансамбле играл военно-административную роль, в нем проходили все военные совещания, строились дальнейшие планы, решалась судьба простого народа.

**Хижина Самори Туре** (рис. 5, 3) после мечети и дворца – самая важная постройка квартала. Она отличалась от всех остальных хижин квартала размером и композицией. Радиус плана хижины составлял 3,50 м, а высота стен более 5 м. Перед хижинной Самори Туре располагался большой навес прямоугольной формы, под которым находилось королевское кресло императора.

По своему расположению хижина Самори находится на одной оси с главным входом в крепость и центральным вестибюлем, что указывает на роль ее хозяина для жителей квартала.

Справа и слева от хижины Самори Туре расположены хижины его четырех жен. Среди них самой большой и высокой являлась хижина его первой жены Саранке (рис. 5, 4), а слева от нее 3 хижины остальных жен (рис. 5, 5), которые имеют разные размеры в плане, но самая большая из их – хижина второй жены. Ее фундамент в настоящее время сохранился и составляет 2,5 м в диаметре.

Здесь же рядом с выходом на площадь располагались места проживания детей Самори Туре (рис. 5, 6). Их жилища были поставлены отдельно и имели меньший размер по сравнению с остальными хижинами квартала.

Главное место в семейной организации занимает **центральный вестибюль** (рис. 5, 7). Это сооружение, согласно типовой схеме организации традиционного жилища этой зоны Гвинеи, является основой семейного авторитета и одной из важных ее опор – местом, где принимаются важные решения. Центральный вестибюль похож на хижину, но с большим диаметром основания и высотой стены, не доходящей до крыши. В этой стене (толщиной 60 см) находятся 4 двери, ориентированные по странам света. Внутри вестибюля стелились козьи и овечьи шкуры, а также воловья кожа, на которые садились люди.

Центральный вестибюль королевского квартала был возведен на подиуме высотой 60 см от уровня земли, материал для ее создания – смесь глины с блоками камней. Эта площадка по всему периметру имеет 4 ступеньки, что указывает на социальный характер этого помещения.

Перед центральным вестибюлем на одной оси с хижинной проживания Самори находился главный вход в крепость (рис. 5, 8), который в настоящее время сохранился не более чем на 60 %. Он тоже построен как простая хижина, но отличается тем, что является составной частью крепостной стены и имеет два проема: первый (внешний) закрывался деревянными воротами, второй (внутренний) – без ворот. Это был единственный вход в королевский квартал. Проемы главного входа были гораздо ниже по сравнению с высотой крепостной стены и остальными хижинами, и эта особенность вынуждала всякого приходящего сходить с лошади и опускать голову, что является признаком уважения и покорности.

В пространственной организации построек в общественных кварталах деревни жилье каждой семьи располагалось в строго определенном месте в соответствии со статусом главы семьи и его положением в административной или



воинской иерархии. Каждая семья имела свою личную функцию в жизни квартала. Так, например, семьи, имевшие жилье с ориентацией на дворец, осуществляли охрану дворца и отвечали за его безопасность.

Все сооружения королевского квартала ограждались крепостной стеной (рис. 5, 10) полигональной формы. Она полностью была построена из глины и гарантировала изоляцию, безопасность семьи и стратегических сооружений этого места. Ее роль скорее оборонительная, она служит барьером, преграждающим доступ к мечети и дворцу, а также дающим защиту от нападков извне. Сегодня существует только один, но очень хорошо сохранившийся фрагмент этой крепостной стены.

Устройства восхождения и спуска с крепостной стены представляли собой насыпь, называющуюся спуском (рис. 5, 12). Спуски были прямоугольными в плане ступенчатыми элементами, начинающимися от поверхности земли внутри королевского квартала и заканчивающимися наверху крепостной стены. Всего таких спусков 4, и они расположены по два на противоположных сторонах крепостной стены. Их максимальные размеры: 2,50 м по ширине и 5 м по высоте. Как показал анализ фрагмента, конструкция сооружена из смеси глины, гравия, мелких блоков камней и масла сального дерева. Наличие этих конструкций отличало архитектурный ансамбль королевского квартала, от других оборонительных сооружений империи Юасулу.

На поверхности крепостной стены находились специальные сооружения, предназначенные для обзора, наблюдения и защиты – сторожевые башни (рис. 5, 11), которые имели прямоугольную форму, были поставлены в различных местах крепости и позволяли осуществлять обзор вокруг крепости, а также видеть горную цепь, опоясывающую весь город Керуане.

Сторожевые башни полностью построены из глины и состояли из глиняного прямоугольного потолка, опирающегося на 4 прямоугольные колонны также из глины. Они создавали своеобразный акцент, подчеркивая оборонительный характер архитектурного ансамбля королевского квартала.

Непосредственно перед королевским кварталом находился рынок (рис. 4, Б), который демонстрировал тесную связь населения с жизнью императора, именно поэтому его расположение очень важно в пространственной организации деревни.

Рынок королевской деревни имел полигональную форму и был очень просторным, принимавшим торговцев из всех регионов империи.

В схеме деревни после королевского квартала и рынка, сразу расположены жилища соффа – охранников деревни (рис. 4, Г). Они по архитектурно-планировочной организации являются типичным жильем верхней Гвинеи, которое представляет собой своеобразный жилой комплекс: в центре находится центральный вестибюль для семейного собрания и отдыха, вокруг него располагаются хижины проживания главы семьи, его жены, детей и гостей.

Отдельные хижины соффа не соединены между собой стеной и расположены друг от друга на расстоянии, позволяющем пройти лошади. Высота этих жилищ варьируется в зависимости от статуса семьи. Чем выше статус семьи, тем больше размер хижины в семейном пространстве.

Жилища соффа располагаются сразу после зоны безопасности (рис. 4, В) вокруг крепости и внутри королевского квартала под крепостными стенами.

Среди них самым большим было жилище Кемебурама (рис. 4, Д) – брата императора. Это сооружение еще сегодня существует, и представляет собой типичную хижину верхней Гвинеи большого размера. Она имеет широкий навес,

а ее внутренняя часть разделена на два помещения: спальное помещение и склад личных воинских вещей.

Места проживания остального населения находились между жилищами соффа. Их расположение не имеет определенных закономерностей, а размер варьируется в зависимости от численности семьи.

В каждом квартале как у соффа, так и в других кварталах были нотабли (именитые жители), которые могли решить общественные конфликты, и только если этот конфликт принимал угрожающие размеры, для решения его обращались к императору.

По архитектурно-пространственной и композиционной организации жилища королевской деревни отличались друг от друга в зависимости от региона происхождения хозяев. Таким образом, королевская деревня Сананкоро имела очень многообразное архитектурное лицо, что делало ее весьма космополитичным образованием. Отражалось это разнообразие архитектурной организацией различных типов традиционных жилищ Гвинеи, соседствовавших друг с другом.

Приведенные в настоящей статье исследования кроме вскрытых исторических событий, происходивших в Гвинее в конце XIX в., позволили воссоздать реальную схему планировки и организации традиционных деревень этого времени.

Воссозданная схема дает возможность выявить и понять существовавшую систему расселения, касающуюся основных планировочных элементов – королевского квартала, общественных пространств деревни, кладбища белых комендантов, жилищ охранников (соффа) и нескольких нотаблей, вокруг которых располагались все остальные компоненты формирования деревни.

Вся схема показывает, что королевская деревня являлась защитным механизмом, выстроенным вокруг императора и символов империи. Первым компонентом этой системы защиты является крепостная стена со сторожевыми башнями, которая из соображений безопасности имела только один выход/вход. Второй компонент – защитная зона, которая свободна от застройки и располагается вокруг всего королевского квартала, что позволяло наблюдать все подозрительные перемещения в квартале. Третий компонент – расположение и организация жилищ охранников (кавалеров) вблизи квартала. Эти жилища не являлись составляющими частями квартала, но образовывали реальную систему защиты, находящуюся на пересечении дорог королевской деревни. Четвертый компонент – жилища кавалеров, расположенные на периферии деревни. Они позволяли охранять и защищать население от нападения, а также контролировать все перемещения в деревню и из нее (рис. 6).



Рис. 6. Оборонительная схема королевской деревни Сананкоро



Еще один фактор, привлекающий внимание к этой деревне, – разнообразие представителей этносов жителей. Так, в этой деревне появилось много тысяч разнообразных типов жилых объектов традиционной архитектуры, представляя традиционное жилище этносов: манинка, фулани, сосо и герзэ.

Однако общая структура планировочной организации деревни несет черты структуры национальной деревни «манденг» – традиционной группы населения в Верхней Гвинее, Мали, Нигере, Гане, Гамбии и т. д. Адекватность созданной схемы реконструкции подтверждается совпадением всех существующих объектов с их историческим местоположением.

Воссозданная схема практически носит универсальный характер, поскольку кроме того, что она фактически является схемой королевской деревни Сананкоро, она также может являться общей моделью описания планировки для всех королевских деревень культуры «манденг», распространенной в Гвинее, Кот-д’Ивуаре, Нигере, Гане, Сьерра Леоне, Либерии и т. д.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Yves Person, Samori La renaissance de l’empire Mandingue / Y. Person : Broche, 1976. 171 p.
2. Ibrahima Khalil Fofana, Samori Toure, empereur: récit historique / I. K. Fofana : Présence africaine, 11 juillet, 2000. 136 p.
3. Camara Anzoumana, Ibrahima Khalil Fofana, Samori Toure, empereur / I. K. Fofana et A. Camara: Esprit libre junior, 08 mars, 2017. 64 p.
4. Julie d’Andurain, La capture de Samory (1898). L’achèvement de la conquête de l’Afrique de l’Ouest / J. d’Andurain : Edition COTECA, 2012. 209 p.

**IEVLEVA Olga Tikhonovna, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of graphics and information technologies of architectural design; BERETE Mory, postgraduate student of the chair of graphics and information technologies of architectural design**

#### RECONSTRUCTION OF THE ROYAL VILLAGE SANANKORO IN THE REPUBLIC OF GUINEA

Southern Federal University, Academy of Architecture and Fine Arts  
105/42, Bolshaya Sadovaya St., Rostov-on-Don, 344006, Russia; Tel.: +7 (928) 131-72-47;  
e-mail: ijevleva@sfnu.ru

*Key words:* historical and architectural heritage, virtual reconstruction, planning scheme, national housing, mosque, fortress, Republic of Guinea.

---

*The article presents reconstruction of a three-dimensional solution of Sanankoro Royal village (XIX century), a monument of cultural heritage of the Republic of Guinea, on the basis of the results of historical-architectural research.*

---

© О. Т. Ивлева, М. Берете, 2018

Получено: 19.05.2018 г.



УДК 72.01:502.3 (32)

А. С. А. АМЕР, аспирант кафедры архитектурного проектирования

## ЭКОАРХИТЕКТУРА НОВОГО СООБЩЕСТВА СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ В ПУСТЫНЕ БЕХЕИРСКОЙ ПРОВИНЦИИ ЕГИПТА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;  
эл. почта: Ahmed.amer@sh-eng.menofia.edu.eg

Ключевые слова: сельские районы, устойчивое развитие, экоархитектура, участие сообществ, «зеленая» архитектура.

---

*Стратегия архитектурного проектирования строительства сооружений для новых сельских поселений в пустынях является одной из основных проблем Египта, поскольку пустынные районы составляют 92 % от его общей площади. Эти новые поселения противостоят суровым условиям окружающей среды и должны быть образцами решения экологических задач. Анализируются способы применения принципов «зеленая архитектура» и «зеленая пирамида» в проектировании и строительстве, а также формулируются критерии существования человеческих сообществ в пустыне.*

---

Для того чтобы архитектурная модель здания или сооружения приводила к устойчивому развитию поселения, необходимо учитывать множество характерных факторов в условиях местности. Локальная архитектура должна следовать путем выбора и использования возможностей каждого региона. К тому же из-за глобального изменения климата, увеличения выбросов парниковых газов необходимо принимать немедленные решения в проектировании зданий и сооружений, снижающих риски существования будущих поколений. Обновление системы экоархитектуры в новых сельских пустынных районах основывается на внимании к климатическим условиям в соответствии с правилами «зеленой пирамиды», повышающими жизнеспособность сообществ в плане потребления энергии и комфортного проживания.

### 1. Новые сельские общины в пустынной среде

Для строительства зданий и сооружений в новых сельских общинах в пустыне необходимы решения по использованию природных ресурсов, таких как солнечная энергия и энергия ветра. При этом нужно учитывать качественные характеристики строительных материалов, обеспечивающих температурный комфорт в помещениях, где используется пассивное испарительное охлаждение в условиях жаркого климата пустыни [1].

Экодизайн зданий и сооружений в пустынях должен обеспечить:

– во-первых, максимальное удовлетворение потребности в энергии: ориентацию основных фасадов и окон (их размер и расположение), детали оформления окон, стен и цвет крыш, а также качество и текстуру строительных материалов [2].

– во-вторых, максимальное использование природных ресурсов, доступных в пустыне для отопления и искусственного испарительного охлаждения, таких как солнечная энергия, вода из подземных и наземных источников, прохладная ночь.

Эти природные ресурсы могут обеспечить необходимые энергетические потребности, и их использование часто может быть достигнуто с помощью простых и недорогих технических решений.



## 2. Создание здорового устойчивого сообщества в условиях пустыни может быть достигнуто:

- включением новейших изобретений в строительные технологии: ориентаций зданий с учетом повышенной инсоляции; использования энергоэффективных, профильных строительных материалов, использования переработанной непищевой воды для орошения, а также для надлежащего увлажнения и вентиляции помещений [3];
- защитой качества воды: разработка должна минимизировать негативное воздействие на качество воды, вызванное эрозией почвы [4];
- интегрированием естественной пустынной среды в экологическом дизайне [5];
- поощрением энергоэффективного дизайна зданий и сооружений и рейтинговой системы «зеленая пирамида».

## 3. Зеленая система рейтинга пирамид

Зеленая пирамидальная рейтинговая система (GPRS) является египетской местной экосистемой, которая поощряет глобальное внедрение устойчивого зеленого строительства посредством внедрения эталона проектирования [6]. Этот ориентир включает в себя показатели, наиболее важные для засушливой среды, такие как: экономия энергии, эффективность использования воды, сокращение выбросов углекислого газа, улучшение качества внутренней среды и материалов. Он учитывает жизненный цикл здания от проектирования до строительства, а затем работает и поддерживается, чтобы обеспечить основу для определения и реализации практического и измеримого экологического дизайна, как показано на рис. 1.

Экологическая реконструкция опирается на пути использования природных процессов; эти пути намечаются естественными науками, в особенности географическим ландшафтоведением, в котором наиболее четко проявляется динамика ландшафтов. Все виды деятельности человека: промышленность, сельское и лесное хозяйство, энергетика, добыча полезных ископаемых – формируют искусственные экосистемы или системы антропогенных ландшафтов. К системам антропогенных ландшафтов особой сложности следует отнести города и поселения всех уровней [6].



### Составные части системы GPRS:

1. Устойчивое развитие состояния среды, доступность и экология составляют 15 % пунктов рейтинга
2. Энергоэффективность составляет 25 % пунктов рейтинга
3. Водосбережение составляет 30 % пунктов рейтинга
4. Материалы и ресурсы составляют 10 % пунктов рейтинга
5. Качество окружающей среды в помещении составляет 10 % пунктов рейтинга
6. Управление составляет 10 % пунктов рейтинга
7. Иновации и добавленная стоимость составляют 10 % пунктов рейтинга

Рис. 1. Составные части системы GPRS [7]



#### **4. Отражение экологической проблемы архитектуры**

Саммит Земли в Рио-де-Жанейро 1992 года, в котором участвовали более ста мировых лидеров, согласовал всеобъемлющий план возможных областей устойчивого развития [8]. Из всех сорока разделов четвертая часть этого плана, посвященная управлению населенными пунктами, представляющая наибольший интерес для архитекторов и градостроителей, выделила наиболее важные рекомендации строительства зданий и сооружений на осваиваемых территориях:

- 1) использование местных материалов;
- 2) стимулирование продвижения традиционных методов с региональными ресурсами и стратегий самопомощи;
- 3) регулирование энергоэффективных принципов проектирования;
- 4) использование трудоемких, а не энергоемких методов строительства;
- 5) реструктуризацию кредитных организаций, чтобы позволить бедноте покупать строительные материалы и услуги;
- 6) распространение микрокредитов;
- 7) изучение методов поощрения и облегчения повторного использования строительных материалов, особенно тех, которые требуют интенсивного потребления энергии при их изготовлении;
- 8) использование «чистых технологий».

Эти рекомендации были приняты многими архитекторами с начала XX века как критерии строительства новых поселений. Хасан Фатхи был одним из первых, кто признал и высказался против того, что он считал эстетической диктатурой международного стиля модернизма [9]. Он был одним из инициаторов проведения обширных исследований народных прототипов местных строений, чтобы выяснить причины их климатической эффективности. Хасан Фатхи известен своей книгой «Архитектура для бедных», кроме того, он выполнил более пятидесяти проектов с тем, что он назвал «подходящей технологией» [10].

#### **5. Тематическое исследование, сельские дома в провинции Бехеира Египет. Географическое положение и климатические особенности**

Территория, расположенная в географических границах 30° 25' 48" северной широты и 30° 36' 36" западной долготы, является районом рекультивации в провинции Эль Бехеира, расположенном на западе от берега Нила, примерно в 120 км к северо-западу от Каира. Эта сельская местность, характеризуется условиями западной пустыни, которая является очень жарким и засушливым местом с редкими осадками. Понимание климатических условий очень важно при энергоэффективном проектировании и оптимизации природных энергий для создания комфортных условий жизни. В области температуры менее 1 °С в самый холодный месяц (между декабрем и февралем) и в самое жаркое время (между июнем и августом, когда температура может достигать более 46 °С), были зарегистрированы: испарительная мощность воздуха 8 мм/сут в январе и до 26 мм/сут – в июне. Эта территория была жизнеспособной благодаря доступу к воде из подземных источников (на 60–100 м ниже поверхности) [11].

#### **6. Новая сельская городская ткань**

Уличный стиль в сельской местности характеризуется отдельными или полураздельными домами, как показано (рис. 2). Конечно, это не идеальное решение для жаркого засушливого климата, поскольку оно максимизирует объем поверхности здания, прямое излучение Солнца, но это новый тип, который подходит фермерам.



Рис. 2. Область исследования, показывающая сельские здания (Автор: Амер А. С. А.)

### 7. Современная архитектура в контексте проекта

Архитектура вышеозначенной области основывается на интеграции четырех типов зданий в каждом фермерском подворье, как показано на рис. 3. Эти здания могут быть связаны или разделены в макете. Наиболее важным из этих зданий является жилое здание (рис. 3), которое обычно выделяется как традиционное сельское здание со средней площадью 120 кв. м или более в зависимости от количества членов семьи.

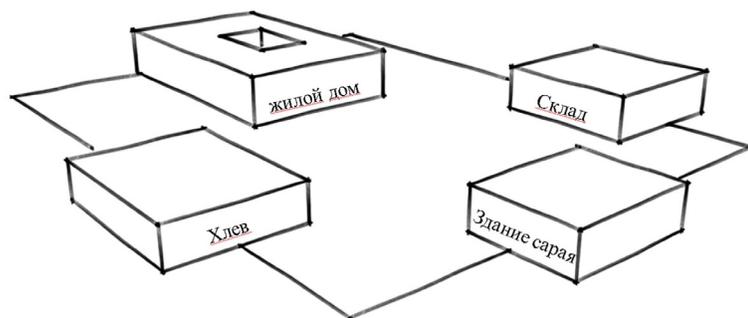


Рис. 3. Компоненты локализации пустынной сельской архитектуры

Второй тип здания – это здание сарая (рис. 3), которое считается основным источником дохода для каждой сельской семьи, площадью около 100 кв. м. Он может быть подключен визуально и пространственно к жилому зданию. Третье здание – хранилище-склад, которое используется для хранения сельскохозяйственной техники и инструментов. Это обычно одна или две комнаты в зависимости от площади сельскохозяйственных угодий. И, наконец, здание источника воды, которое представляет собой комнату, содержащую водный колодец и водяной насос.

В тематическом исследовании будут применяться критерии GPRS для оценки того, насколько эта деревня жизнеспособна, а именно:

- здоровье человека и окружающей среды;
- устойчивое развитие площадки;
- эффективность экономии воды;
- энергоэффективность;
- выбор материалов;
- качество окружающей среды в помещениях;

- местонахождение и связи объектов строительства;
- осведомленность и образование строителей;
- и, наконец, инновации в области дизайна и регионального приоритета.

### 8. Новое неформальное сельское хозяйство как устойчивое сообщество

Неформальный сельский район рассматривается как устойчивое соседство по использованию традиционных материалов, естественной вентиляции, экономии энергии. В основном он использует солнечную энергию, неочищенную воду и утилизирует отходы, которые он производит.

*Устойчивое развитие сайта:* На сайте по развитию ранее неразвитой пустынной земли максимально используется тематическое исследование ее инсоляции, растительности, геологических особенностей, минимизации воздействия на экосистему.

*Водосберегающая эффективность:* фермерское сообщество развивающихся пустынных территорий стремится к разумному использованию подземных вод, защите их от загрязнения, а также использованию сырой воды при орошении после фильтрации. Фермерская система водоснабжения должна обеспечить отдельные хозяйства и подворья чистой водой (рис. 4).

*Энергоэффективность:* сообщество фермеров учитывает необходимость сокращения потребления энергии, используя естественное освещение и вентиляцию, затенение крыш зелеными растениями, чтобы уменьшить количество солнечного света, особенно в жаркие летние месяцы (рис. 5). Большинство фермеров не могут приобрести фотоэлементы солнечных батарей сразу, но это возможно в долгосрочной перспективе.

*Выбор материалов:* сообщество фермеров стремится к выбору традиционных строительных материалов, повторного использования старых кирпичей и деревянных заготовок в новом строительстве (рис. 6).



Рис. 4. Традиционный жилой дом в сельской местности (Автор: Амер А. С. А.)

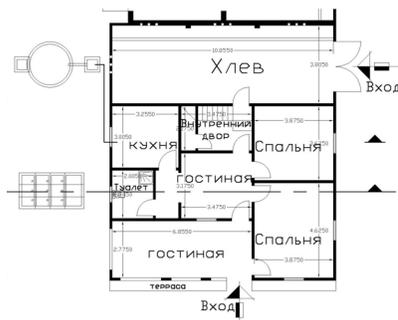


Рис. 5. План сельского дома (Автор: Амер А. С. А.)

*Внутреннее качество окружающей среды:* все здания и сооружения должны иметь доступ к естественному дневному свету, естественной вентиляции на соответствующем уровне в дополнение к верхним окнам, чтобы избавиться от горячего воздуха, что повышает комфорт проживания.

*Расположение и связи:* сообщество, расположенное в пустынной местности вдали от экологически чувствительных мест, стремится к здоровому образу жизни за счет жизнестойкого окружения.



*Осведомленность и образование:* знание и понимание того, что делает это сообщество новых осваемых территорий экологически чистым, может распространять культуру устойчивости в окружающих сообществах.

*Региональный приоритет:* сообщество новых осваемых территорий получает региональный приоритет из-за его значимости и является важным в качестве тематического исследования экоразвития в сельских пустынных районах.



Рис. 6. Использование экологических архитектурных форм  
(Автор: Амер А. С. А.)

Рис. 7. Использование  
солнечных нагревателей

*Инновации в дизайне:* сообщество характеризуется инновационной стратегией в строительном дизайне, согласно которой жители решили создать ассоциацию для решения своих проблем (рис. 7).

#### **Выводы и рекомендации:**

1. Увеличение доказательств экологических проблем привело к тому, что ряд институциональных инициатив, руководствуясь решениями Организацией Объединенных Наций, потребовали от людей во всем мире сохранения невозобновляемых ресурсов.

2. Ответственные архитектурные движения в соответствии с этими требованиями используют понятия «устойчивая экологическая, зеленая, естественная, интегрированная или органическая архитектура».

3. «Зеленая архитектура» охватывает многие проблемы, связанные с архитектурой, такие как справедливость распределения ресурсов, глобальное сообщество, социально-экономические проблемы, использование возобновляемых материалов, понимание жизненной мудрости традиционной или народной архитектуры.

4. Принципы GPRS выносят устойчивость развития новых территорий в пустынных районах на новые уровни. Следуя принципам GPRS, сельские общины могут достичь своих целей в области устойчивого природоподобного развития, сократить потребление электроэнергии, используемой для внутреннего освещения, снижения расходов на охлаждение и улучшения здоровья и благосостояния местных жителей.

5. В настоящей статье предлагается комплексное исследование местных структурных моделей, которое должно быть совмещено с критериями оценок для зданий и сооружений и реализовано как «зеленая» модель в архитектурном проектировании пространств с качеством самовоспроизводства.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Farghaly Yasser, Aly Sherine, Rebuilding the desert: A new ecological vision for the desert environment / Yasser Farghaly, Sherine Aly. – 5th international conference, ARCHCAIRO, 2009. P. 577–588.
2. USGBC. “LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System.” (2016 revision) Washington, DC: US Green Building Council Publications. Retrieved [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: [http://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%202009%20RS\\_NC\\_07.01.14\\_clean\\_0.pdf](http://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%202009%20RS_NC_07.01.14_clean_0.pdf). (data obrascheniya: 15.01.18).
3. Pitchford. M, Paul Henderson, Making spaces for community development / M. Pitchford, Henderson Paul. -Policy press, 2008. P. 7–15.
4. Silverman N. and Mydin, A. Green Technologies for Sustainable Building / N. Silverman, A Mydin -Acta Technica Corviniensis–Bulletin of Engineering Tome, 7(3), 2014. P. 87–94.
5. USGBC. (2014). What is green building? [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: [www.usgbc.org: http://www.usgbc.org/articles/whatgreen-building](http://www.usgbc.org/articles/whatgreen-building) (data obrascheniya: 15.05.17).
6. Mikulina E. M., Blagovidova N. G. Architectural ecology: Textbook for students of institutions of higher professional education . Moscow. Academy, 2013. P. 11-27. The Green Pyramid Rating System (GPRS) - First Edition," (The Housing and Building National Research Center (HBRC), The Egyptian Green Building Council, Cairo:2010). P. 5–25.
7. United Nations Conference on Sustainable Development, Rio+20. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: <https://sustainabledevelopment.un.org/rio20> (data obrascheniya: 1.12.17).
8. Fathy, H., and others, Natural energy and vernacular architecture 1986 / Hassan Fathy-Chicago: Published for the United Nations University by the University of Chicago Press. XXIII, 1986, 172 p.
9. Jencks Charles, Theories and Manifestoes of Contemporary Architecture/ Charles Jencks (Wiley-Academy, England) 2006. P. 378–381.
10. De Filippi, F, Traditional architecture in the Dekhle Oasis, Egypt: Space form and building systems / F De Filippi - PLEA2006- The 23rd conference on passive and low Energy Architecture, Switzerland, 2006. P. 112–115.

**Ahmed Said AbdAlla Amer, postgraduate student of the chair of architectural design**

**ECO-ARCHITECTURE FOR THE NEW INFORMAL RURAL DESERT  
COMMUNITY. CASE STUDY OF BEHEIRA GOVERNORATE-EGYPT**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;

e-mail: [Ahmed.amer@sh-eng.menofia.edu.eg](mailto:Ahmed.amer@sh-eng.menofia.edu.eg), [amer.ahmedsaid@gmail.com](mailto:amer.ahmedsaid@gmail.com)

*Key words:* Rural development, sustainable development, ecological architecture, urban design, public participation, innovation, "Green" architecture.

---

*The suitable strategy for designing built environments in new rural deserts is a major world concern, as Desert areas make up a third of the world's land, and 92 % of the total area of Egypt. Despite of the challenges facing the desert areas it's have the opportunity to confront the Harsh environment constrains and serve as models for the solution to ecological problems of our time. In addition, this research will demonstrate ways of applying Green architecture and Green pyramids principals to affect the design and construction process positively. The case study will discuss examples to identify criteria for desert communities, so the Importance of this research is to highlighting new approach.*

---

© А. С. А. Амер, 2018

Получено: 19.05.2018 г.



УДК 728.83 (470.341-25)

**А. С. ШУМИЛКИН, канд. арх., доц. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования**

### **ШУХОВСКАЯ БАШНЯ В Г. ВЫКСЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ. РЕСТАВРАЦИЯ ПАМЯТНИКА ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;  
эл. почта: ist\_arh@nngasu.ru

*Ключевые слова:* индустриальное наследие, гиперboloидные башни В. Г. Шухова, методика научной реставрации.

---

*Рассматриваются актуальные задачи сохранения культурного наследия в условиях современной архитектурно-градостроительной деятельности. На примере уникального памятника индустриального наследия – водонапорной башни В. Г. Шухова в Выксе – анализируется проблема выбора методологических подходов в реставрации. Приводятся основные решения проекта реставрации и приспособления для современного использования с обоснованием примененных методик.*

---

Интересы укрепления позиций России в динамично меняющемся мировом пространстве дают импульс развитию различных сфер научно-прикладной деятельности. Одной из актуальных задач отечественной культурной политики сегодня является сохранение культурного достояния в условиях интенсивно развивающихся городов. При этом проблема адаптации объектов культурного наследия к требованиям современной жизни вызывает серьезные идеологические противоречия между теорией и практикой реставрационной деятельности.

В настоящее время наметилась тенденция переосмысления предыдущего опыта в этой сфере деятельности, целью которого является пересмотр традиционной парадигмы – иными словами, «перезагрузка» реставрационного сознания. Проблема выбора того или иного методологического подхода во многом связана с типологическим многообразием феноменов наследия и неравнозначностью его ценностных характеристик, степенью сохранности, уникальными особенностями или, напротив, принадлежностью к фоновой среде. В этой связи представляется важным, опираясь на существующий опыт, проанализировать обоснованность применения реставрационных методик при работе с различными категориями наследия с целью его дальнейшего обобщения и приведения к единой системе.

В данной статье пойдет речь о сохранении уникального памятника индустриального наследия – водонапорной башни, расположенной в городе Выксе Нижегородской области на территории ОАО «Выксунский металлургический завод». Башня относится к числу шести выявленных на территории области сооружений, связанных с именем выдающегося инженера-конструктора Владимира Григорьевича Шухова (1853–1939) [1]. Являясь частью исторического усадебно-промышленного комплекса Баташевых-Шепелевых, она взята на государственную охрану как объект культурного наследия федерального значения и является главной достопримечательностью индустриального наследия города Выксы.

Сооружение водонапорной башни пришлось на период коренной реконструкции Выксунских металлургических заводов, осуществлявшейся с начала 1930-х годов. К числу важнейших объектов относился новый мартеновский цех, а одной из вспомогательных построек нового мартена и частью единой



системы водоснабжения становилась водонапорная башня. Примечательно, что подобная конструкция башни была впервые продемонстрирована инженером В. Г. Шуховым на Всероссийской промышленно-художественной выставке в Нижнем Новгороде в 1896 г. В качестве несомненного достоинства водонапорной башни отмечалась прочность ее конструкции, противодействующей внешним усилиям при значительно меньшей затрате материала, а также простота и изящество архитектурного облика. Впоследствии за сравнительно короткое время гиперboloидные башни, выстроенные по уникальной системе В. Г. Шухова, распространились по многим городам, став своеобразным элементом и заметной деталью промышленного ландшафта России. Шуховская конструкция гиперboloидных башен была признана международными экспертами одним из высших достижений инженерного искусства и внесена в число архитектурных шедевров русского авангарда.

Принципиальная конструктивная схема и основные параметры выксунской башни были близки решению, предложенному В. Г. Шуховым еще в 1924 году для водонапорной башни в городе Иваново-Вознесенске (современный город Иваново). В значительной мере она напоминает и водонапорную башню в городе Кинешме (1929 год, не сохранилась). Вместе с тем известно, что в 1930–1931 годах под руководством В. Г. Шухова составлялись и были утверждены новые стандартные проекты напорных башен, позднее изданы атласы и предложены методики разработки сравнительных смет для башен различных типов [2]. Один из этих стандартных проектов и был принят за основу к реализации в Выксе. Выксунскую водонапорную башню можно атрибутировать как самую позднюю водонапорную башню гиперboloидного типа, построенную по патенту Шухова [3].

Проект разрабатывался государственным трестом стальных конструкций и мостов «Стальмост», где В. Г. Шухов трудился главным инженером. Чертежи, сохранившиеся в фондах Музея истории завода, позволяют говорить о том, что основная часть документации трестом «Стальмост» (позднее – институт «Гипростальмост») была выполнена к осени 1932 года. В дальнейшем она подверглась некоторой корректировке и пополнялась детальными рабочими чертежами [4]. Возведение башни началось не ранее 1933 года, однако ввод башни в эксплуатацию был осуществлен лишь в период послевоенной реконструкции предприятия около 1950 года.

В проектном исполнении башня представляла собой решетчатую опору, имевшую форму гиперboloида и конструктивно решенную в виде сетки из прямолинейных стержней, на которой покоился окруженный обходной галереей массивный резервуар. Из центра опорного кольца к резервуару шла металлическая винтовая лестница. Сужающаяся кверху ажурная конструкция башни подчеркивала высоту сооружения и давала интересный контрастный силуэт, выявляя массивность верхнего яруса – многотонного резервуара для аварийного запаса воды. Резервуар с плоским днищем (вероятно, изначально предполагалась его деревянная обшивка) был выполнен в форме цилиндра с двумя ярусами вертикальных оконных проемов, расположенных по пяти световым осям. По верхнему периметру проходил карниз на металлических наклонных консолях (рис. 3 цв. вклейки).

Расположившись в южной части заводской территории на участке близ северного берега Нижнего пруда (одного из системы искусственно созданных выксунских прудов), водонапорная башня общей высотой около 40 м стала градостроительной доминантой всего прилегающего района и хорошо просматривалась при подъезде к городу.

**К СТАТЬЕ А. С. ШУМИЛКИНА  
«ШУХОВСКАЯ БАШНЯ В Г. ВЫКСЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.  
РЕСТАВРАЦИЯ ПАМЯТНИКА ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ»**



Рис. 1. Шуховская башня. Общий вид. Фото 2016 г.



Рис. 2. Шуховская башня. Вид на верхнюю площадку. Фото 2016 г.



Рис. 3. Шуховская башня до пожара 1980-х гг.

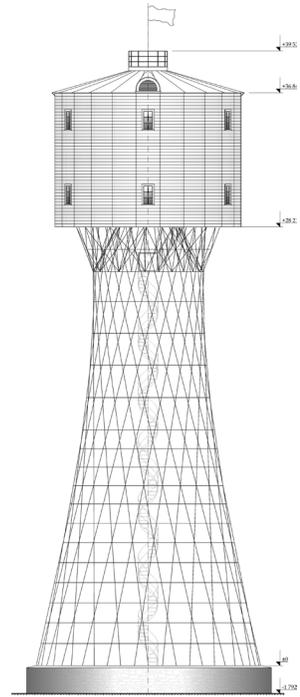


Рис. 4. Проект реставрации и приспособления



Рис. 5. Макет Шуховской башни



По своему назначению водонапорная башня использовалась очень недолго – всего три с небольшим десятка лет. Уже в 1970-е годы в связи с очередной реконструкцией завода предполагался ее снос. Вопрос о дальнейшей судьбе башни вновь был поднят в начале 1980-х годов, когда в результате пожара сгорел бак, утепленный деревянными защитными полотнами. Идеи демонтажа башни все же не были осуществлены, а попытки ее переноса на территорию Верхнего завода оказались безрезультатными из-за колоссального веса конструкции. В виде металлического остова башня простояла до наших дней, не имея функциональной нагрузки. Во второй половине XX века винтовая лестница в нижнем уровне обстраивалась кирпичным тамбуром, впоследствии демонтированным.

Сохранившаяся к настоящему времени опора башни представляет собой гиперboloид вращения и состоит из 50 наклонных стальных стержней, связанных по горизонтали двадцатью уменьшающимися в диаметре по высоте кольцами жесткости (рис. 1, 2 цв. вклейки). Четные ноги ориентированы внутрь, нечетные – наружу исходной геометрической фигуры. Диаметр нижнего кольца 14,60 м, верхнего – 7,47 м. Нижнее опорное кольцо передает нагрузку на обрез фундамента. Общая высота сооружения от обреза фундамента до верхней опорной площадки составляет 28,46 м. Узлы пересечения четных и нечетных ног и горизонтальные кольца, выполненные в разных уровнях, образуют треугольные ячейки, обеспечивающие геометрическую неизменяемость конструкции. Соединения стальных конструкций выполнены на клепках.

При проведении комплексного инженерно-технического обследования объекта культурного наследия было выявлено отклонение фактических размеров поперечных сечений ног от проектных размеров. Наблюдается уменьшение толщин поперечных сечений элементов в результате развития коррозионных процессов (поверхностная коррозия, коррозия пятнами, щелевая коррозия). Установлено наличие дефектов и механических повреждений, погубей и деформаций элементов сооружения. Выявлены дефекты фундамента в виде разрушения облицовочной кладки из керамического кирпича, увеличения расстояния от обреза фундамента до уровня планировки. На винтовой лестнице выявлены дефекты в виде сквозной коррозии, локальных и общих погубей, разрывов вертикальных несущих элементов и ограждающих конструкций, приводящих ее в аварийное техническое состояние.

Выполнены детальные архитектурно-археологические обмеры с привлечением высокоточного оборудования, проведено инженерно-технологическое обследование памятника. В целях сохранения объекта культурного наследия федерального значения был разработан проект его реставрации и приспособления для современного использования.

Предусмотренные на памятнике работы обеспечили восстановление конструктивно-технических характеристик водонапорной башни и ее первоначального архитектурно-художественного облика с сохранением и восстановлением основных особенностей, составляющих предмет охраны: объемно-пространственных параметров, конструктивных особенностей и материалов. Таким образом, основные задачи и мероприятия проекта можно разделить на два аспекта: технологический и стилистический.

Проектом предполагается приведение строительных конструкций башни в работоспособное состояние. Предусмотрены мероприятия по устранению выявленных дефектов и повреждений, связанных с коррозией металлических конструкций (поверхностная коррозия, коррозия пятнами, щелевая коррозия). В составе работ по реставрации объекта культурного наследия предполагается



замена опорных элементов и частей ног башни, устранение локальных и общих погибей, замена соединительных элементов, восстановление облицовки оголовка фундамента из керамического кирпича. Предусмотрена замена вертикальных несущих элементов и восстановление горизонтальных связей лестницы.

Проектом предусмотрено восстановление конструкций верхнего яруса – резервуара и площадки с ограждением. Конструкция, имитирующая бак, состоит из наружных и внутренних стоек, покрытия и системы связей. Стойки опираются на существующие опорные балки утраченного бака. Геометрические параметры резервуара соответствуют первоначальным проектным характеристикам (восстанавливаются по чертежам «Гипростальмост»). Для снижения нагрузки на сохранившуюся металлическую конструкцию опоры обшивка цилиндрического бака выполняется из дерева. На его фасадах предусмотрено устройство двух рядов прямоугольных световых проемов с шестичастной расстекловкой, расположенных на пяти световых осях. В шатре предполагается устройство слухового проема полукруглой формы с жалюзийной решеткой (рис. 4, 5 цв. вклейки).

Восстановление функционального использования водонапорной башни по первоначальному назначению не предусматривалось в связи с отсутствием производственной необходимости. Итоговой целью проекта приспособления является музеефикация памятника – выдающегося достижения инженерной мысли первой половины XX века – как объекта музейного показа с целью максимального сохранения и выявления его историко-культурной, научной и художественной значимости. В качестве основного метода сохранения объекта культурного наследия применена консервация с элементами стилистической реставрации (в части восстановления бака для воды). Обоснованием выбранной методики, допускающей стилистическую реставрацию первоначального проектного облика сооружения, служит тот факт, что ценностные характеристики водонапорной башни связаны с ее уникальными конструктивными особенностями и формами, заключенными в целостную пространственную структуру. Исключительная научная ценность башни как сооружения, выполненного по оригинальным чертежам выдающегося русского инженера-конструктора на основе уникальных разработок, принесших ему мировую известность, также свидетельствует о необходимости применения методов целостной реставрации.

Восстановление водонапорной башни В. Г. Шухова имеет важное значение для развития научного потенциала региона и способствует возвращению в культурно-историческое пространство Нижегородской области одного из его знаковых элементов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградова, Т. П. В. Г. Шухов. Нижегородские проекты / Т. П. Виноградова ; под ред. Н. Г. Багдасарьян // Гений В. Г. Шухова и современная эпоха : материалы междунар. конгр. – Москва, 2015. – С. 108–114.
2. Ковельман, Г. М. Творчество почетного академика инженера Владимира Григорьевича Шухова / Г. М. Ковельман. – Москва : Госстройиздат, 1961. – 363 с.
3. В. Г. Шухов: нижегородские проекты. Территория уникальных объектов : книга-альбом / С. В. Зеленова, Т. П. Виноградова, Д. И. Коротаева, Г. Н. Ометова. – Нижний Новгород : Нижегород. ист.-этнолог. лаб., 2016. – 224 с. : ил.
4. Отдел капитального строительства Выксунского металлургического завода. Технический проект водонапорной башни / Фонды Музея истории завода усадеб.-промышл. комплекса Баташевых-Шепелевых. – 1937. – № 284/10.



**SHUMILKIN Aleksandr Sergeevich, candidate of architecture, associate professor  
of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design**

**SHUKHOV TOWER IN VYKSA OF NIZHNY NOVGOROD REGION.  
RESTORATION OF THE MONUMENT OF FEDERAL IMPORTANCE**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-37;  
e-mail: ist\_arh@nngasu.ru

*Key words:* industrial heritage, hyperboloid towers by V.G. Shukhov, methods of scientific restoration.

---

*The article deals with actual problems of preservation of cultural heritage in contemporary architecture and urban planning. A problem of selection of methodological approaches in restoration is examined by the example of a unique monument of industrial heritage – a water tower by V. G. Shukhov in Vyksa. Main solutions of the restoration project and adaptation for modern use with justification of the applied methods are presented.*

---

REFERENCES

1. Vinogradova T. P. V. G. Shukhov. Nizhegorodskie proekty [V. G. Shukhov. Nizhny Novgorod projects]. Pod red. N. G. Bagdasaryan. Geniy V. G. Shukhova i sovremennaya epokha: materialy mezhdunar. kongr. [The genius of V. G. Shukhov and the modern era. Proceedings of the International Congress]. Moscow, 2015. P. 108–114.
2. Kovelman G. M. Tvorchestvo pochyotnogo akademika inzhenera Vladimira Grigorevicha Shukhova [The work of honorary academician engineer Vladimir Grigorevich Shukhov]. Moscow. Gosstroyizdat, 1961. 363 p.
3. Zelenova S. V., Vinogradova T. P., Korotaeva D. I., Ometova G. N. V. G. Shukhov: nizhegorodskie proekty. Territoriya unikalnykh obektov: kniga-albom [V. G. Shukhov: Nizhny Novgorod projects. The territory of the unique features: the book-album]. Nizhny Novgorod. Nizhegor. ist.-etnol. lab., 2016. 224 p.: il.
4. Otdel kapitalnogo stroitelstva Vyksunskogo metallurgicheskogo zavoda. Tekhnicheskiy proekt vodonapornoy bashni [The Department of capital construction of the Vyksa metallurgical plant. Technical design of a water tower]. Fondy Muzeya istorii zavoda usadeb.-promyshl. kompleksa Batashyovykh-Shepelevykh. 1937. № 284/10.

© А. С. Шумилкин, 2018

Получено: 19.05.2018 г.



УДК 725.4 (470.314)

**Н. В. ГАРНОВА, аспирант кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования**

### **ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСАДЬБЫ Г. ИВАНОВО-ВОЗНЕСЕНСКА XIX В. (НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕЛА ИВАНОВО)**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;  
эл почта: ist\_arh@nngasu.ru, Иваново-Вознесенска  
*Ключевые слова:* промышленная усадьба, строение, завод, село, город.

---

*Рассматриваются особенности возникновения и развития промышленных усадеб г. Иваново-Вознесенска в XIX в. Показано, что архитектурный облик усадеб формировался с учетом естественно-географических, экономических и социально-исторических факторов.*

---

Промышленная усадьба – имение или землевладение, представляющее собой ограниченную хозяйственно-жилую территорию с наиболее экономически и практически рациональной организацией строений, предназначенных для осуществления жилых, хозяйственно-бытовых, административных, складских, торговых и производственных функций.

Общность путей архитектурно-типологического развития и объемно-пространственного построения промышленных усадеб в городах и селениях центральной России позволяет предположить, что они начали появляться в середине XVIII в. на основе традиционной хозяйственной усадьбы-фермы в малоэффективных для развития сельского хозяйства регионах, где ремесленная деятельность населения преобладала над сельскохозяйственной. От своей предшественницы промышленная усадьба унаследовала правильную геометрическую форму в виде квадрата или прямоугольника, четкое деление на жилую и хозяйственную зоны, при котором жилая зона ориентировалась на юг, юго-запад или юго-восток, а хозяйственная располагалась позади жилой и была отделена от нее садом, огородом, забором или строением [1]. В промышленных усадьбах хозяйственная зона разделилась на хозяйственно-жилую, формирующую комплекс строений жилого двора, и хозяйственно-производственную, обслуживающую нужды предприятия и формирующую комплекс строений производственного двора.

Вторым этапом становления сельской промышленной усадьбы можно считать конец XVIII в., когда она испытала на себе влияние иностранной фабрики, а затем и крупной русской мануфактуры. Расположение крупных указных предприятий вблизи сложившихся центров ремесленной промышленности Центральной России определило отраслевую направленность промышленности расположенных вокруг них селений и архитектурный облик производственных строений в усадьбах. Вероятно, этим можно объяснить схожий внешний вид производственных строений одного и того же производственного типа в усадьбах разных губерний.

Крупная фабрика неизбежно порождала мелкое производство [2]. Примером этого может служить павловская железная промышленность, на стремительное развитие которой оказали влияние старинные Балашовские заводы и железоделательная фабрика с иностранными специалистами, устроенная



владельцем села графом Шереметевым. После ее учреждения железоделательное ремесло стало ведущим в крестьянских владениях Павлово. Также благодаря устройству ножевого заведения графом Варенцовым, привлечшим к работе немцев, возникла кузнечно-слесарная промышленность села Бурмакино Ярославского уезда, процветавшая и после закрытия заведения в виде домашней крестьянской мануфактуры. Аналогичные процессы происходили в Вятской, Пермской и других губерниях. Полотняное и ситценабивное производства г. Иваново-Вознесенска стали основными отраслевыми направлениями промышленности среди населения после устройства в 1720 г. голландцем Тамесом фабрики в соседнем с Иваново селе Кохме.

Архитектурно-планировочному формированию промышленных усадеб по образу и подобию фабрик также способствовало закрепление крепостных крестьян для обучения и работы на крупных предприятиях Москвы и Петербурга. По окончании контракта они возвращались домой и на базе крестьянского владения устраивали собственные заведения. Например, в описании архитектурно-планировочной организации строений ситценабивной фабрики Лимана в Шлиссельбурге просматривался внешний облик фабричных строений разных усадеб г. Иваново-Вознесенска XIX в. [3], что неудивительно, т. к. на этой фабрике в конце XVIII в. проходили обучение крестьяне села. Аналогичные производственные строения существовали в промышленных усадьбах Владимирской, Московской, Казанской, Ярославской, Костромской и др. губерниях Российской Империи.

Распространению текстильной промышленности среди крестьянства способствовали Указы Екатерины II 1762 и 1775 гг., прекратившие монополию в ситцевом производстве и позволившие любому гражданину страны иметь ремесленное производство. Таким образом, к дворянским и купеческим заведениям присоединились крестьянские. С этого времени точное количество фабричных заведений, установить невозможно, т. к. только в 1860 году начала действовать единая система учета предприятий [4]. Существовавшие в крестьянских владениях предприятия практически не конкурировали с дворянскими, их продукция была ориентирована на низшие слои населения или сдавалась в виде полуфабриката на ближайшие фабрики.

Текстильная промышленность породила многообразие архитектурно-пространственных типов крестьянских промышленных усадеб [5]. Свойственная отрасли технологическая многоэтапность и раздробленность операций требовали большого количества разнообразных по размерам помещений для получения готового продукта. Простота некоторых фабричных операций позволила выполнять на дому отдельные этапы производства, а со временем и ряд этапов в границах одного владения. К началу XIX в. практически в каждом крестьянском владении велась та или иная производственная деятельность. Таким образом, с начала XIX в. одновременно с фабрикой существовало огромное количество функционально-планировочных типов крестьянских усадеб.

Фабричными считались любые строения, в которых производилась работа с огнем, водой или газом, производственные здания, склады, резервуары, хранилища здания администрации, казармы, бани и кухни для рабочих, инженерные конструкции, иными словами, все то, что обеспечивало работу предприятия. Длительное время к промышленным, помимо производственных предприятий, относились торговые лавки и торговые бани [6].

В соответствии со Строительным Уставом 1835 года, архитектурный облик заводских и фабричных строений должен был соответствовать только их функциональному назначению. Так как никаких специальных эстетических



требований к решению фасадов не предъявлялось, выросшее в недрах крестьянского дома производство долгое время осуществлялось в строениях, аналогичных жилым и хозяйственным, о чем свидетельствуют многочисленные архивные чертежи, найденные в ГАИО. Однако исследователями уже было отмечено, что несмотря на положения Строительного Устава, в городах некоторых губерний при возведении промышленных строений, формирующих внешний облик улицы, в богатых дворянских или купеческих усадьбах первой половины XIX в., использовались образцовые проекты жилых зданий [7]. В селениях, где преобладающим социальным классом были крепостные крестьяне, характер застройки контролировал помещик. Однако в Иваново, по распоряжению графа Шереметева, управлением владения занимались выборные крестьяне. Согласно Я. П. Гарелину, выборными крестьянами могли быть только «лица высшего разряда», т. е. богатые фабриканты и торговцы, большинство которых составляли представители старообрядчества [8]. Тесные религиозно-экономические связи старообрядцев с представителями общины крупных промышленных центров страны способствовали стремительному развитию торгово-экономической деятельности села и проникновению «образцовой» архитектуры в застройку. Однако при строительстве допускалось отступление от проектов в угоду функционально-технологической необходимости. Среди промышленных построек встречались строения начала и середины XIX в., выполненные в соответствии с образцовыми проектами классицизма, но упрощенные или лишенные ордерного декора. Они получили отделку только в конце XIX – начале XX в. Использование классицистических пропорций для возведения производственных корпусов позволило без труда переустраивать их в доходные жилые дома или общественные заведения в начале XX в.

В отличие от дворянских и некоторых купеческих промышленных усадеб конца XVIII – начала XIX в., складывавшихся по первоначальному проекту архитектора/инженера и представляющих собой стилистически цельный архитектурно-художественный ансамбль (например, проекты заводских усадеб Гусевского и Выксунского заводов Замосковского горного округа [9]), промышленные усадьбы бывшего села Иваново, возникшие до середины XIX века, были отражением хозяйственного быта крепостных крестьян и представляли собой многослойные пространственно-развитые комплексы, несомненным преимуществом которых стала возможность динамического изменения планировочной структуры в соответствии с производственной необходимостью. Особенностью их архитектурного облика стало внешнее отражение изменений сословной принадлежности владельца: на примере некоторых усадеб можно было отследить развитие небольшого крестьянского заведения до крупной купеческой мануфактуры.

Практически ни одна промышленная крестьянская усадьба бывшего села Иваново не дошла до нынешнего времени в виде целостного комплекса. Архивные планы промышленных усадеб г. Иваново-Вознесенска, единичные сохранившиеся каменные строения первых мануфактур отразили этапы перехода от ремесленной избы к капиталистическому предприятию.

О наличии крупного производства в усадьбе XIX в. свидетельствовали:

1. *Каменные строения на участке.* Согласно статистическим данным, основная гражданская застройка Иваново-Вознесенска XIX века была деревянной. Ввиду частых пожаров складские, производственные и торговые строения выстраивались преимущественно из камня. Фабриканты стремились возводить



кирпичные постройки не только для долговечности, но и чтобы увеличить экономическую эффективность застройки, т. к. каменные строения могли устраиваться на расстоянии друг от друга в 4,3 метра (деревянные – 8,5 метров).

2. *Увеличенная протяженность строений*, достигающих в длину более 25,6 метров (12 сажений). Часто протяженные строения формировались путем многократной пристройки/встройки дополнительных строений. Встраиваемые и присоединяемые здания получали общее стилистическое решение: кирпичные пояски, карнизы, ритм и размер окон и т. д.

3. *Периметральная застройка участка* формировалась постепенно, обычно благодаря присоединению строений, и была характерна для крупных усадеб, развивавшихся длительный период времени.

4. *Разнообразие высот строений*. Промышленные строения выполнялись в 1-4 этажа, хозяйственные и жилые – в 1-2. Блокированные строения могли различаться по высоте и материалу исполнения, уклону крыш, высоты брандмауэров, создавая живописный силуэт усадьбы. Дымовые трубы располагались внутри усадебного комплекса, выступали главной высотной доминантой усадьбы и визуально фиксировали производственный двор со стороны улицы.

5. *Многослойность*. Согласно архивным источникам, строения в усадьбах постоянно перестраивались. В конце XIX в. активно использовалась надстройка этажей, пристройка строений основных производственных зданий, флигелей, замена деревянных строений каменными. Используемые в набойных корпусах под вешала 3-4 этажи в последней четверти XIX века перестраивались под дополнительный производственный этаж.

Высокая плотность застройки, централизация технологических процессов и необходимость в расширении производственных площадей повлияли на устройство надземных связей между строениями усадьбы. В нескольких промышленных усадьбах г. Иваново-Вознесенска в конце XIX в. встречаются надземные каменные и деревянные крытые переходы между жилыми и производственными зданиями, что может свидетельствовать о регулярном использовании данного приема. Переходы могли быть изолированными, являться частью надстройки или встраиваться на всю высоту между строениями. В строениях, формирующих уличный фронт усадьбы, они располагались над въездами. Переходы между зданиями внутри усадьбы образовывали взаимосвязанную систему замкнутых дворов, как в усадьбе Степана Борисова на ул. Новой Волостной бывшего села Иваново (рис. 1).

По заказу иваново-вознесенского фабриканта Д. Г. Бурлына с помощью деревянного надземного перехода были соединены бывший хозяйственно-жилой блок по ул. Покровской и расположенный напротив него через ручей Кокуй производственный блок промышленной усадьбы И. И. Шавина, выходящий на ул. Приказной мост. Позже в хозяйственно-жилой блок было перенесено производство. Таким образом, использование перехода позволило сформировать единый производственный комплекс. Соединение переходом двух блоков, состоящих из заблокированных 2-3-х этажных строений, придало промышленной усадьбе Д. Г. Бурлына динамичный, горизонтально развитый силуэт, характерный крупным Ивановским фабрикам начала XX в.

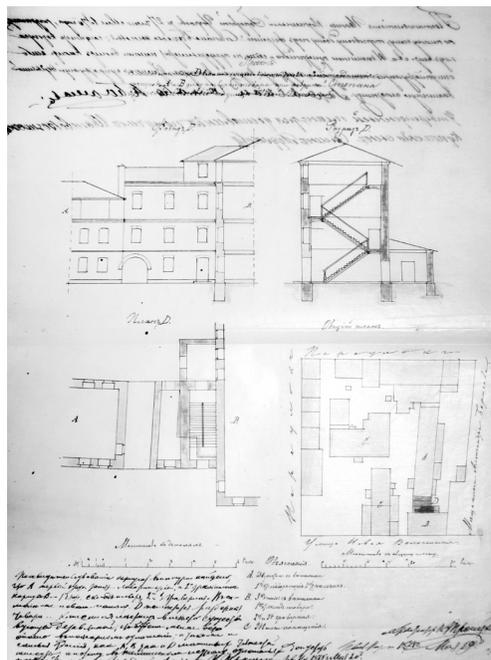


Рис. 1. Проект надземного перехода между корпусами ситценабивной фабрики «Товарищество Степана Борисова и Сыновья» по ул. Новая Волостная, г. Иваново-Вознесенск. 1878 г. Из архива ГАИО

6. *Различное стилистическое решение* отдельных строений было обусловлено постоянными планировочными изменениями промышленных усадеб, многие из которых развивались на протяжении всего XIX века.

7. *Инженерные строения.* При невозможности обеспечения производства достаточным количеством воды мытилка могла быть устроена во владениях с низким уровнем грунтовых вод, где в зависимости от расположения ключей вырывались подземные водоносные каналы, снабжающие проточной водой мытилку. Согласно найденным архивным планам усадеб, мытилки могли располагаться не только в усадьбах на берегу реки Уводи, как предполагалось ранее, но и в центральных кварталах села.

Для устройства дымовых труб от производственных зданий закладывались подземные дымопроводы, поэтому в некоторых усадьбах после разбора котельных можно было увидеть стоящую на отдалении от производственного корпуса дымовую трубу. Трубы были весьма разнообразны, их высота, тип и материал исполнения выбирался исходя из расчета.

В усадьбах можно было встретить круглые, овальные и криволинейные в плане резервуары для хранения топлива.

8. *Утрата жилой функции и хозяйственно-жилого двора.* В некоторых промышленных усадьбах последней четверти XIX века отсутствовала жилая зона. Существовавшие жилые строения были снесены или реконструированы в производственные.

На протяжении XIX века в г. Иваново-Вознесенске и в других промышленных селениях мирно сосуществовали фабрики и промышленные усадьбы. Крупные



промышленные усадьбы, находящиеся на территории бывшего села Иваново в последнюю четверть XIX века, приобрели характерные черты фабрик, но полноценными фабриками не стали. Ограниченные в расширении и технологическом развитии они более не отвечали потребностям производства, а выступали как дополнительные производственные или административные площадки. В конце XIX в. сельская промышленная усадьба перестала отвечать и хозяйственно-жилым потребностям разбогатевших фабрикантов. Освободившись от крепостной зависимости, они стремились к созданию представительских купеческих усадеб и городских особняков вблизи своих фабрик.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулешов, С. Усадьбы-фермы / С. Кулешов // Зодчий. – 1879. – № 4. – С. 53–55.
2. Туган-Барановский, М. Русская фабрика в прошлом и настоящем. История развития русской фабрики в XIX веке / М. Туган-Барановский. – Москва : [б. и.], 1922. – 428 с.
3. Дмитриев, И. Н. Первые русские ситценабивные мануфактуры XVIII в. / И. Н. Дмитриев. – Москва ; Ленинград : ОГИЗ, 1935. – 310 с.
4. Керов, В. В. «Реэстры», «счета» и «кассы» московских текстильных фабрик первой половины XIX в. Документы «управленческого учета» как источники по истории старообрядческого предпринимательства / В. В. Керов // Вестник РГГУ. Сер. «Исторические науки. Историография, источниковедение, методы исторических исследований». – 2009. – № 4/09. – С. 124–126.
5. Гарнова, Н. В. Функционально-планировочные типы промышленных усадеб села Иваново Шуйского уезда Владимирской губернии в середине XIX в. / Н. В. Гарнова // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2017. – № 1 (41). – С. 100–105.
6. Свод законов Российской Империи. Уставы путей сообщения, телеграфический, строительный и пожарный. – Санкт-Петербург : Тип. Второго Отд-ния Собственной Е. И. В. Канцелярии, 1857. – Т. 12. Ч. 1. – 664 с.
7. Экземплярский, П. М. История города Иванова. Ч. 1 / П. М. Экземплярский. – Иваново : [б. и.], 1958. – 161 с.
8. Гарелин, Я. П. Город Иваново-Вознесенск или бывшее село Иваново и Вознесенский Посад (Владимирской губернии). Ч. 1-2 / Я. П. Гарелин. – Шуя : [б. и.], 1884. – 325 с.
9. Цыганкин, Г. С. Заводская усадьба Замосковского горного округа конца XVIII – первой половины XIX в. : дис. ... канд. ист. наук / Г. С. Цыганкин. – Саранск, 2009. – 262 с. : ил.

**GARNOVA Natalya Vladimirovna, postgraduate student of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design**

#### **INDUSTRIAL ESTATES OF IVANOVVO-VOZNESENSK OF THE XIX CENTURY (THE TERRITORY OF FORMER IVANOVVO VILLAGE)**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-37;  
e-mail: ist\_arh@nngasu.ru  
*Key words:* industrial estate, building, factory, village, city.

---

*The article considers particularities of emergence and development of industrial estates of Ivanovo-Voznesensk in the XIX century. It reveals that formation of the architectural appearance of the estates took into account natural geographic, economic, and socio-historic factors.*



## REFERENCES

1. Kuleshov S. Usadby-fermy [Farmsteads-farms]. Zodchiy [Architect]. № 4. P. 53–55.
2. Tugan-Baranovsky M. Russkaya fabrika v proshlom i nastoyaschem. Istoriya razvitiya russkoy fabрики v XIX veke [Russian factory in the past and present. History of the development of the Russian factory in the XIX century]. Moscow. 1922. 428 p.
3. Dmitriev I. N. Pervye russkie sittse-nabivnye manufakturny XVIII veka [The first Russian calico-printing factories in the 18th century]. Moscow; Leningrad. OGIZ, 1935. 310 p.
4. Kerov V. V. "Reestry", "scheta" i "kassi" Moskovskikh tekstilnikh fabrik pervoy poloviny XIX veka. Dokumenty "upravlencheskogo ucheta" kak istochniki po istorii staroobryadcheskogo predprinimatelstva ["Reesters", "accounts" and "cash desks" of Moscow textile factories of the first half of the 19th century. Documents of "management accounting" as sources on the history of Old Believers' business]. Vestnik RGGU. Seria: Istoricheskie nauki. Istoriografia, istochnikovedenie, metody istoricheskikh issledovaniy [RSHU Bulletin. Series: Historical Sciences. Historiography, sources of study, methods of historical research]. 2009. № 4 / 09. P. 124–126.
5. Garnova N. V. Funktsionalno-planirovochnye tipy proizvodstvennikh usadeb sela Ivanovo Shuyskogo uezda Vladimirskoy gubernii v seredine XIX veka [Functional and planning types of industrial farmsteads of Ivanovo village of Shuya district of Vladimir province in the middle of the XIX century]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2017. № 1 (41). P. 100–105.
6. Svod zakonov Rossiyskoy Imperii. Ustavy putey soobscheniya, telegraficheskiy, stroitelny i pozharny [Code of Laws of the Russian Empire. The charters of communications, telegraphic, construction and fire]. Saint-Petersburg. Tip. Vtorogo otdeleniya sobstvennoy E. I. V. kantselyarii, 1857. T. 12. Part 1. 664 p.
7. Ekzempl'yarsky P. M. Istoriya goroda Ivanovo [History of Ivanovo city]. Ivanovo, 1958. 161 p.
8. Garelin Ya. P. Gorod Ivanovo-Voznesensk ili byvshee selo Ivanovo i Voznesenskiy Posad (Vladimirskoy gubernii) [The City of Ivanovo-Voznesensk or the former village of Ivanovo and Voznesensky Posad (Vladimir province). Part 1–2. Shuya, 1884. 325 p.
9. Tsygankin G. S. Zavodskie usadby Zamoskovnogo gornogo okruga v kontse XVIII – pervoy poloviny XIX veka [Factory estate of the Zamoskovny mountainous district of the late XVIII – early XIX century]: dis. kand. ist. Nauk. Saransk, 2009. 262 with: il.

© Н. В. Гарнова, 2018

Получено: 10.04.2018 г.

УДК 72.03:71(470.23)

**С. М. ШУМИЛКИН, д-р арх., проф., зав. кафедрой истории архитектуры и основ архитектурного проектирования**

### **БОЛЬШАЯ САДОВАЯ УЛИЦА – ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГА КОНЦА XIX – НАЧАЛА XX В.**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;  
эл. почта: ist\_arh@nngasu.ru

*Ключевые слова:* торговые здания, рынки, типология, Петербург.

---

*Рассматривается архитектурно-планировочное построение торговых комплексов на Большой Садовой улице в Санкт-Петербурге, выявлена планировочная типология торговых зданий.*



Санкт-Петербург во второй половине XIX – начале XX в. сохранил лидерство крупнейшего торгового центра. Характерной особенностью развития выступала его роль как главного портового города на Балтийском море. Торговое значение Петербурга усилилось в связи с превращением его в крупный железнодорожный узел. За это время произошло утроение населения, если в 1852 г. в нем проживало 532 тыс. человек, то в 1900 г. – 1 450 тыс. человек. Все эти факторы способствовали активному росту городской торговли, своеобразием которой, как отмечали современники, являлось чрезвычайное развитие рознично-мелочной формы торговли, составлявшей в начале XX в. около 60 % всего торгового оборота. Во второй половине XIX в. получила развитие не только стационарная торговля в зданиях, но и временная, касавшаяся в основном мелочной торговли в открытых помещениях.

Сложившаяся в первой половине XIX в. структура торговых зданий в связи с усилением капиталистических отношений получила сильный толчок к архитектурно-пространственным преобразованиям. Это выразилось в возрастании количества торговых помещений (лавок, магазинов), располагавшихся вдоль основных магистралей, а также в концентрации их в ранее сложившихся торговых местах, главным из них являлась зона, пространственным стержнем которой выступала Б. Садовая ул. от Невского пр. до Крюкова канала. Крупным явлением стало формирование Невского пр. на отрезке от Адмиралтейства до Николаевского вокзала в качестве торгового центра с развитой структурой торговых, деловых и развлекательных зданий (рис. 1). В этот период продолжали активно функционировать старые частные рынки (Андреевский, Никольский, Литовский, Круглый, Пантелеймоновский, Ямской, Старо-Александровский и Сытный).

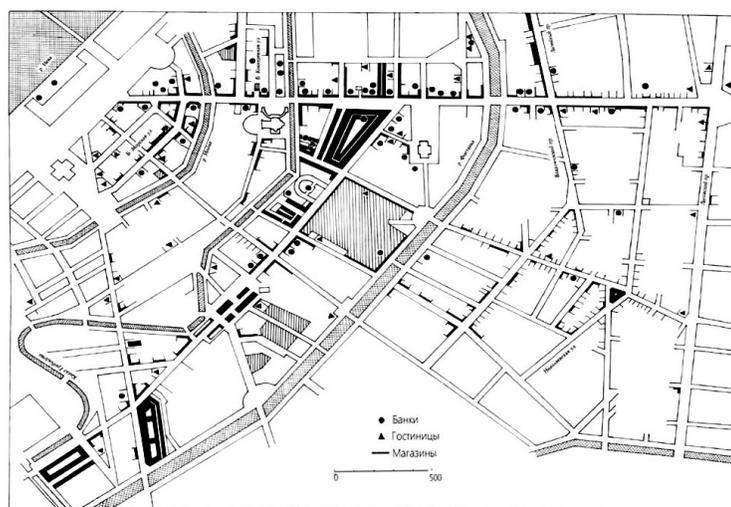


Рис. 1. Структура торгового центра Санкт-Петербурга начала XX в. с указанием торговых и им сопутствующих зданий. (Жирными линиями и тоном выделены торговые здания. Чертеж автора)

Роль центрального торгового здания сохранил Б. Гостиный двор на Невском пр. Однако если частные рынки сохранили свое архитектурно-пространственное построение, то в районе Б. Садовой ул. произошли наиболее крупные преобразования торговых пространств. Они коснулись как отдельных зданий, так и больших торговых зон. Важным фактором такого масштабного преобразования

района было наличие мощной водной магистрали – Фонтанки, проходившей параллельно Б. Садовой ул. Именно в этой зоне, не получившей к середине XIX в. капитальной застройки, сформировались новые обширные рынки [1].

В 60-х гг. XIX в. отношение к торговым зданиям значительно меняется. На смену 1-2-этажным торговым рядам пришли крупные торговые сооружения, которые объединялись в большие пространственные структуры. В первую очередь это проявилось при строительстве новых торговых комплексов – Апраксина и Щукина дворов, после пожара 1862 г. (рис. 2).

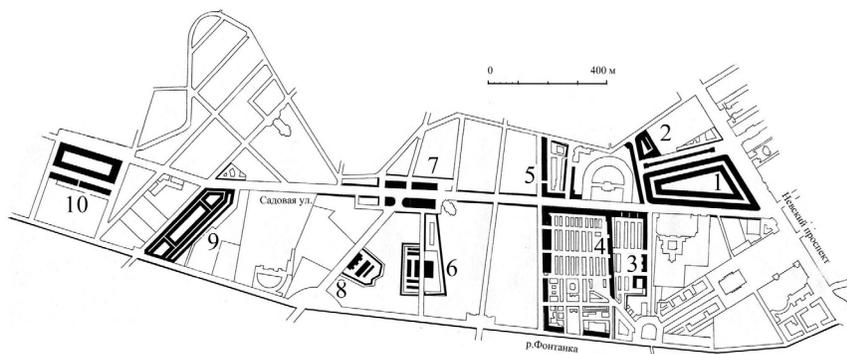


Рис. 2. План района Б. Садовой ул. начала XX в.: 1 – Б. Гостиный двор; 2 – М. Гостиный двор; 3 – Щукин двор; 4 – Апраксин двор; 5 – Железные ряды; 6 – Горсткий рынок; 7 – Сенной рынок; 8 – Новый рынок; 9 – Ново-Александровский рынок; 10 – Никольский рынок. (Чертеж автора. Тонем выделены торговые здания)

Апраксин двор представлял собой огромную торговую территорию, протянувшуюся от Б. Садовой до Фонтанки. В июле 1863 г. был утвержден проект планировки нового рынка, разработанный петербургским архитектором И. Д. Корсини. По проекту Апраксин двор представлял грандиозный торговый комплекс, включавший многочисленные и разнообразные торговые корпуса, с трех сторон заключенные в сплошную периметральную застройку. Внутренняя планировка отличалась регулярным построением с плотно поставленными параллельными торговыми линиями, протянувшимися вдоль всего участка более чем на 400 м. Продольные линии пересекались поперечными улицами, выходившими в Апраксин переулок. Важными планировочными элементами выступали две площади – Ягодная и Фруктовая [1].

Апраксин двор проектировался как сложное функциональное образование, объединяющее торговые и жилые здания. Жилым домам как доходному жилищу отдавалась значительная территория, проходившая широкой полосой сплошной застройки по Апраксину переулку и набережной. В проекте Корсини использовал несколько типов торговых зданий. Центральная часть рынка была образована 12 одинаковыми по величине торговыми зданиями. Но наибольший интерес представляет включение нового типа – пассажа, в котором пространство между корпусами было перекрыто стеклянными, как говорится в проекте, «светлыми крышами». Первый пассаж был построен в 1862 г.: два корпуса Ягодных рядов, длиной около 70 м были объединены двускатной прозрачной крышей [2]. По проекту подобные пассажи предполагалось разместить параллельно Б. Садовой ул.

и набережной. В отличие от первого примера, в них Корсини группирует большее число корпусов, объединяя их в своеобразные блоки. Так, вдоль Б. Садовой блок включал четыре корпуса, а вдоль Фонтанки – шесть, протяженностью около 40 м. В проекте предусмотрено размещение трех часовен. Таким образом, этим проектом Корсини заложил планировочные основы для создания гигантского рынка, отличавшегося пространственно-выраженной полифункциональной структурой (рис. 3).

Корсини разработал не только планировку рынка, но и стал автором многочисленных зданий. Он выполнил ряд проектов и построил несколько торговых корпусов, которые показывают поиски новых планировочных и фасадных решений. В проекте корпуса для фруктовых лавок арочные проемы пролетом около 3 м превращены в большие витражи. Для удобства покупателей вдоль корпуса над входами предполагался металлический навес – «зонтик». Каждая лавка занимала отсек на всю ширину здания и имела двухъярусное построение. Кроме того, подо всем корпусом находился подвал-склад с самостоятельными входами [2]. Этот проект Корсини использовал для постройки Ягодного ряда – пассажа (1862).

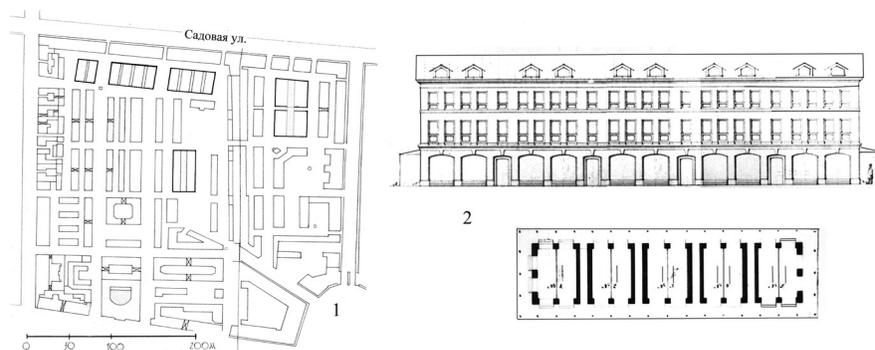


Рис. 3. 1 – план Апраксина двора и Мариинского рынка; 2 – фасад и план торгового корпуса, проект 1861 г., арх. И. Д. Корсини

В 1861 г. Корсини разработал проекты 3-этажных торговых корпусов. Первый этаж включает 10 лавок, отмеченных на фасаде широкими арочными проемами и периметральным широким навесом на тонких металлических опорах (рис. 3). Особенностью построения являются четыре сквозных прохода для лучшего подхода к лавкам. Помещения верхних двух этажей, а также чердачное пространство объединялись с нижней лавкой внутренними лестницами. Своеобразно фасадное построение, отличающееся сдержанной пластикой и четким ритмом арок и оконных проемов. Несмотря на утилитарность постройки, архитектор стремился к ясности и выразительности построения фасадов. Этот корпус послужил Корсини образцом для разработки второго пассажа.

В первоначальных проектах и отдельных постройках Корсини просматривается, с одной стороны, продолжение классицистических традиции торговых зданий, с другой – выполнение требований новых условий: замена громоздких открытых галерей легкими металлическими навесами, использование чердачных пространств, а также применение больших окон. В отношении пассажа архитектор также нашел простые, но выразительные решения, подчиненные жесткой функциональной схеме торговли.



Постройка в 1863 г. нового торгового корпуса вдоль Б. Садовой ул. по проекту Корсини явилась важным этапом как в формировании планировочной структуры, так и архитектурного облика торговых зданий второй половины XIX в. В этом здании Корсини применил многочисленный ряд однотипных торговых лавок-ячеек, протянувшийся вдоль улицы почти на 280 м, что поставило новую постройку в ряд крупнейших торговых сооружений столицы [4]. Этот корпус получил название Александровской линии.

При новом строительстве Корсини удалось осуществить 4-ярусное построение торговых лавок. Каждая лавка соответствовала пролету аркады и имела вертикальную структуру: в двух верхних этажах и чердаке находились кладовые, связанные между собой единой лестницей. Под каждой лавкой находилось складское помещение, вход в которое был со стороны двора. Подобная структура нашла логическое отражение на фасаде. Каждая ячейка имела симметричное построение: главным акцентом выступал широкий арочный проем аркады, по второму этажу выделялось большое византийское окно. Применив динамичную ленту открытой аркады и широкий шаг оконных проемов, Корсини придал зданию крупный градостроительный масштаб, который был необходим для формирования нового облика торговой магистрали – Б. Садовой ул., а также способствовал органичной пространственной связи с близстоящим Б. Гостиным двором. Корсини предлагал продолжить корпус по Щукину двору.

Стремление к максимальному использованию земли способствовало не только вертикальному развитию торговой функции, но и сосредоточению торговых лавок вдоль узких проходов при наличии устройства над ними стеклянной крыши. Такой процесс вызвал образование специфического типа – отдельно стоящего пассажа. Подобные пассажи были выстроены в 1863 г. по проектам архитекторов И. Д. Корсини и Г. А. Бертельса вдоль Александровской линии в соответствии с утвержденным планом [2].

Существенным элементом Апраксина рынка стала постройка в 1878 г. по проекту арх. Л. Ф. Фонтана здания Малого театра – крупного культурно-развлекательного сооружения. Специфика планировки театра проявилась в окружении театральных помещений торговыми лавками. Это был первый в русском градостроительстве пример объединения театральных и торговых помещений в одном здании. Заметную роль в структуре рынка выполняли культовые постройки. На территории были выстроены две часовни: одна – при входе с Чернышевой пл., а другая – около главного входа с Б. Садовой ул. Кроме того, на набережной была возведена Воскресенская церковь (1894, арх. Л. Ф. Фонтана), к которой был пристроен корпус богадельни. В начале XX в. усилилась деловая функция рынка. В 1907 г. была учреждена фруктовая, чайная и винная биржа, в здание театра открыты Общество Взаимного кредита и отделение страхового общества «Россия».

Таким образом, в течение второй половины XIX – начале XX в. Апраксин двор сформировался как новый тип торгового центра, который имел регулярную планировочную сеть улиц и включал свыше 40 торговых строений с 650 лавками, а также ряд зданий культурно-развлекательного, культового и делового назначения.

Другим крупнейшим торговым центром стал перестроенный Щукин двор, получивший название Мариинского рынка, строительство которого велось в 1863–1864 гг. после возведения Александровской линии. Рынок занимал территорию около 3 га и простирался почти на 300 м от Б. Садовой ул. до Торгового пер., ведущего на Чернышеву площадь.

По генеральному плану, разработанному архитектором А. И. Кракау и утвержденному 20 июня 1863 г., рынок представлял собой систему многочисленных торговых корпусов, сгруппированных в протяженные линии так же, как на Апраксином дворе (рис. 4). В основе планировки лежали два продольных прохода и протяженный корпус, образовавший сплошной фронт застройки по Б. Садовой ул. и частично по Чернышеву пер. По проекту видно, что А. Кракау в построении генплана рынка, в отличие от Апраксина двора, стремился к большей целостности и взаимосвязи между отдельными корпусами и внутренними проходами. Центром планировки служило здание пассажа, продольная ось которого соответствовала сквозному проезду с Б. Садовой ул. Единство планировочной структуры проявилось в том, что в основе планировки корпусов был заложен своеобразный модуль – ширина лавки (2 сажени). Как и на Апраксином дворе, кроме торговых корпусов с однорядным расположением лавок, были применены пассажи. В первом пассаже торговые лавки группировались на основе крестообразного плана. В глубине рынка А. Кракау размещал второй пассаж – Фруктовый ряд. Важное место было отведено культовым зданиям. В середине рынка на угловой треугольной площадке ставилась небольшая часовня, ориентированная главным фасадом на основную внутреннюю улицу.

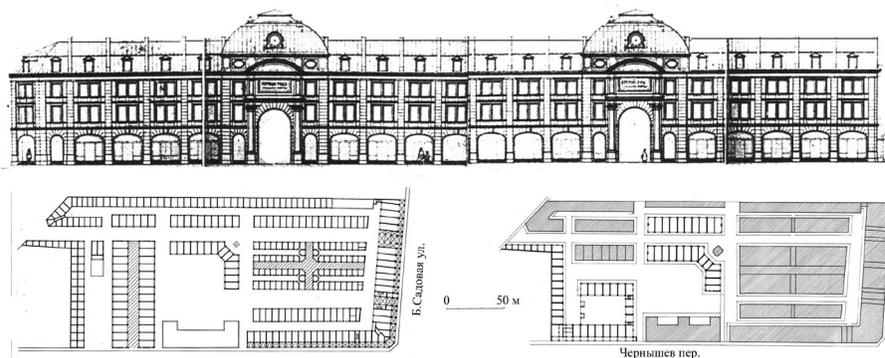


Рис. 4. Мариинский рынок. Фасад по Б. Садовой ул. Планы: проект 1863 г. (слева); проект 1864 г. (справа)

В 1863 г. Мариинский рынок был в основном построен, за исключением второго пассажа. На его месте по проекту 1864 г., разработанному также А. Кракау, были построены при участии архитектора Л. Фонтана два корпуса Курятных рядов с небольшим внутренним двором.

Самым значительным сооружением рынка был 3-этажный корпус, получивший название Мариинская линия, расположенный по Б. Садовой ул. Это здание, по структуре повторяя Александровскую линию, являлось ее органичным продолжением и способствовало формированию гигантского фасада нового торгового центра протяженностью 350 м. Важным новшеством в построении фасада стало выделение двух главных входов высокими арками с выступающими колоннами по сторонам и массивными куполами крыш. Кракау добился большей целостности фасада, используя рустованные пилястры в простенках арок, одинаковые сдвоенные окна в верхних этажах, которые эффектно контрастировали со сложными по рисунку и скульптурными по пластике входами (рис. 4). Корпус отличался новой функциональной схемой. Кракау отказался от единого 4-ярусного

построения: лавки первого этажа и верхние помещения имели отдельные входы. Складские подвальные помещения также имели свой вход [3].

Вторым крупным сооружением рынка стало здание пассажа, предназначенное для торговли фруктами. Подобно пассажи Апраксина двора, лавки имели 3-ярусное построение, включая мансардное помещение и подвал-склад. Пассажная линия шестиметровой ширины была перекрыта высокой стеклянной крышей, в которой впервые в торговых зданиях были применены металлические конструкции.

Возведение новых рынков послужило толчком к реорганизации торговой структуры всей Б. Садовой ул. и строительству еще одного Ново-Александровского рынка. По проекту 1865 г., разработанному архитектором А. К. Бруни, рынок располагался между Б. Садовой ул. и Фонтанкой, занимая территорию целого квартала вдоль Вознесенского пр. (рис. 5). Этот рынок имел принципиально иную планировочную структуру: его основу составляли две пассажные линии: Большая пассажная и Владимирская и три внутренних двора-площади. Линии проходили по периметру участка и вместе с двумя поперечными пассажами образовывали замкнутый контур общей протяженностью более 700 м, что ставило его в ряд с крупнейшими пассажами мира.

Основу планировки здания составляла типовая торговая ячейка, которую по Большой пассажной линии полностью занимала одна лавка, а по Владимирской – делилась на две лавки: одна была обращена в пассаж, другая – на внутреннюю площадь. Каждая ячейка имела трехъярусное построение. Ново-Александровский рынок стал одним из крупнейших рынков столицы, который в условиях интенсивного роста городской торговли приобрел гигантские размеры и выразился в архитектурно-пространственной форме пассажа-квартала.

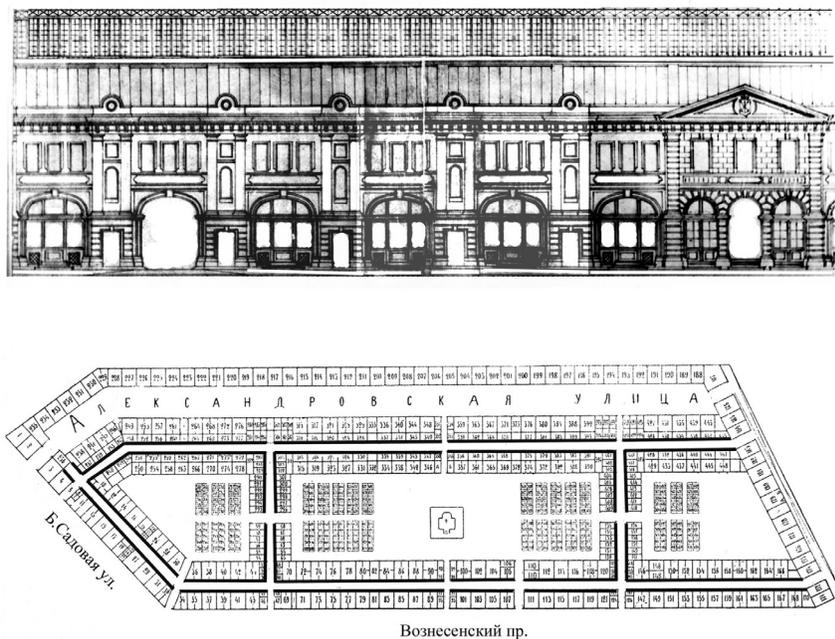


Рис. 5. Ново-Александровский рынок. Фрагмент фасада. План



Постройка новых рынков способствовала заполнению торговой функции пространства всей улицы от Б. Гостиного двора до Никольского рынка. Началась коренная перепланировка ее центрального звена – Сенной пл. и территории до Фонтанки, где разместились новые торговые павильоны и образовались два новых рынка.

Торговые павильоны, возведенные на Сенной площади по проекту архитектора И. С. Китнера в 1885 г., явились новым шагом в развитии торговых зданий и отметили появление нового типа – крытого рынка на основе использования сборных типовых металлических элементов [4].

Возведение торговых павильонов, во-первых, способствовало большей концентрации торговых лавок на Сенной пл., значительно улучшило условия торговли и благоустройство самой площади, во-вторых, павильонная застройка сохранила целостность торгового пространства площади. Благодаря единообразному построению корпусов площадь сложилась новым интересным архитектурным ансамблем, в котором роль главной вертикали сохранила Успенская церковь (рис. 2). При постройке четырех крытых рынков учитывалась специфика по видам товаров. Так, один корпус предназначался для торговли рыбой, другой – мясом и овощами, третий – молочными продуктами и четвертый – дровами. На павильонную планировку площади и характер архитектуры корпусов существенно повлиял известный Центральный рынок Парижа (1870, арх. В. Балтар).

По плану города 1880 г. на пустующей территории между Сенной пл. и набережной Фонтанки прокладывается новая улица и организуется новый рынок, получивший название Горсткин (1880–1883). Рынок занимал прямоугольный участок, вытянутый вдоль улицы почти на 170 м и включал шесть торговых корпусов, сгруппированных на основе симметричной композиции (рис. 2). Корпуса имели однотипную двухъярусную планировочную структуру и были выдержаны в одном характере архитектуры, что придавало целостность всему комплексу. Горсткин рынок специализировался на продаже живой птицы. В начале XX в. рынок расширяется, на противоположной стороне Горсткиной улицы формируется новая торговая зона, доходившая до Сенной пл. В ее центре был построен основной корпус. Рядом с Горсткиным рынком по плану урегулирования города 1880 г. было отведено место Новому городскому рынку, выходившему на Забалканский пр., где впоследствии были выстроены три параллельных друг другу торговых корпуса.

Таким образом, в конце XIX в. в районе Б. Садовой ул. сформировался крупнейший торговый центр столицы, включавший в себя комплекс из шести новых рынков, построенных с использованием новых архитектурно-планировочных типов зданий. Эти рынки показывают эволюцию формирования торговых зданий с развитием торговой функции как по вертикали и образовании 3-4-ярусного построения торговых лавок, так и в горизонтальной плоскости с появлением разнообразных по планировке пассажей: от отдельно стоящих до пассажей-кварталов, и крытых рынков.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шумилкин, С. М. Торговые центры европейской части России второй половины XIX – начала XX в. / С. М. Шумилкин. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2013. – 239 с.
2. Шумилкин, С. М. Пассажи Европы и России во второй половине XIX в. / С. М. Шумилкин // Архитектурное наследство. – Москва, 2001. – Вып. 44. – С. 196–209.
3. Лисовский, В. Г. Санкт-Петербург: очерки архитектурной истории города. В 2 т. Т. 2 / В. Г. Лисовский. – Санкт-Петербург : Коло, 2009. – 584 с.



4. Русское градостроительное искусство. Градостроительство России середины XIX – начала XX века. В 2 кн. Кн. 2. – Москва : Прогресс-Традиция, 2003. – 560 с.

**SHUMILKIN Sergey Mikhaylovich, doctor of architecture, professor, holder of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design**

**BOLSHAYA SADOVAYA STREET – A TRADE COMPLEX OF  
ST. PETERSBURG OF THE LATE XIX – EARLY XX CENTURIES**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Pjinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-37;  
e-mail: ist\_arh@nngasu.ru

*Key words:* trade buildings, markets, typology, Petersburg.

---

*The article studies architectural-planning construction of the trade complexes on B. Sadovaya street in Petersburg; the planning typology of trade buildings is revealed.*

---

REFERENCES

1. Shumilkin S. M. Torgovye tsentry evropeyskoy chasti Rossii vtoroy poloviny XIX – nachala XX v. [Trade centers of the European part of Russia of the second half of the XIX – early XX centuries]. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2013. 239 p.
2. Shumilkin S. M. Passazhy Evropy i Russii vo vtoroy polovine XIX v. [Passages in Europe and Russia of the second half the XIX century]. Arkhitekturnoe nasledstvo [Architectural inheritance]. Moscow, 2001. Вып. 44. P. 196–209.
3. Lisovsky V. G. Sankt-Peterburg: ocherki arkhitekturnoy istorii goroda [Saint-Petersburg: stories of the architectural history of the city]. Saint-Petersburg, Kolo, 2009. 584 p.
4. Russkoe gradostroitelnoe iskusstvo. Gradostroitelstvo Russii serediny XIX – nachala XX veka. [Russian town-planning art. Town-planning of Russia of the middle of the XIX – early XX centuries]. V. 2 kn. Кн. 2. Moscow. Progress-Traditsiya, 2003. 560 p.

© С. М. Шумилкин, 2018

Получено: 10.04.2018 г.

УДК 726.71(470.341)

**Т. В. ШУМИЛКИНА, канд. арх., доц. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования; М. С. ШУМИЛКИН, канд. арх., доц. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования**

**К ВОПРОСУ ВОЗРОЖДЕНИЯ МОНАСТЫРЕЙ  
НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950 г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;  
эл. почта: ist\_arh@nngasu.ru

*Ключевые слова:* возрождение, архитектура монастырей, Нижегородская область, реставрация монастырских объектов.



*Анализируется процесс возобновления монастырской жизни в России, в частности возрождение Нижегородских монастырских комплексов. Прослеживается процесс исторического развития и современного обновления на примере нескольких монастырей Нижегородской области.*

Монастыри играли огромную роль в церковной, экономической, политической и культурной жизни Руси. Они свято хранили историю Отечества, превращаясь в центры средоточия культуры: образования, литературы, архитектуры, живописи, монументального и декоративно-прикладного искусства. Монастыри вели большую просветительскую работу. Концентрируя в себе огромную духовную силу, эти обители объединяли людей, помогая им выстоять против любых врагов. Это были мощные форпосты православия и государственности. Монастырское строительство не прекращалось до начала прошлого столетия и, пережив трудности советского времени, сохранили свою духовную и культурную значимость.

Возникая в один исторический период, они частично достраивались или дополнялись новыми постройками, представляя собой очень живой, постоянно развивающийся организм. Этот динамизм, большое число напластований является характерной особенностью русских монастырей, с которой, очевидно, связан также активный процесс возрождения обителей.

Анализ современной жизни монастырей выявил, что наиболее перспективной тенденцией становится ревитализация (обновление) существующих монастырей с учетом их приспособления к современным условиям, а также новое строительство в монастыре, необходимое в связи с увеличением потока паломников и туристов. Возрождение монастырской жизни стало признаком духовного обновления общества в России на рубеже XX–XXI столетий. По словам Святейшего Патриарха Кирилла, приведены в движение великие народные силы России [1]. Это отразилось в активном росте числа православных храмов, возрождении старых монастырских комплексов, а также строительстве новых. Важнейшим событием российского масштаба стало возрождение Ново-Иерусалимского монастыря в подмосковном городе Истра. В 2008 г. он был передан Русской Православной Церкви. С этого момента произошло возрождение уникального ансамбля русского монастырского зодчества. После завершения реставрационных работ освящен возрожденный Воскресенский собор, а также полностью восстановлена утраченная во время Великой Отечественной войны 7-ярусная колокольня.

На рубеже XX–XXI столетий процесс возрождения монастырских комплексов происходит и в Нижегородской области. История этих обителей насчитывает более 700 лет. Первоначально это были деревянные сооружения. Постепенно часть из них перестраивалась в каменные. В XVII столетии на Нижегородской земле появились знаменитые каменные монастыри: Печерский Вознесенский, Благовещенский, Макарьевский Желтоводский, призванные укреплять русскую государственность. Они имеют особое мемориальное значение не только в истории Нижегородского края, без этих обителей невозможно представить себе историю всей России. В советский период большинство монастырей было приспособлено под складские, учебные, административные помещения, учреждения закрытого типа, а некоторые практически полностью утрачены. Сильно пострадали монастыри древнерусского периода (XIV–XVII вв.), часть их была упразднена в XVIII веке, и от них сохранились как самостоятельные объекты лишь отдельные приходские церкви. Наибольшую сохранность представляют поздние монастыри XIX и начала XX



веков, которые находятся в Нижегородской области. Значительное место среди них занимают обители второй половины XIX века, созданные при непосредственном участии и во имя преподобного Серафима Саровского: Свято-Успенская Саровская пустынь, Ардатовский, Зеленогорский и Серафимо-Дивеевский монастыри. Эти монастыри представляют особый интерес как архитектурные ансамбли, поскольку позволяют проследить эволюцию этапов развития, а также процесс «наслоения» стилей в новых и старых постройках. Но даже эти святые обители не избежали участи разрушений и утрат советского периода. К сожалению, часть нижегородских обителей по сей день имеют существенные утраты, поэтому состояние их в настоящее время вызывает тревогу [2]. Несмотря на то, что большинство существующих комплексов внесены в список ОКН (23 комплекса), 10 комплексов не имеют статуса ОКН по причине утраты основных построек. Нам представляется, что значимость их для отечественной архитектуры еще не вполне оценена. Рассматриваемые объекты в той или иной мере продолжают сохранять ценные компоненты историко-архитектурного наследия (элементы ландшафта, архитектурно-планировочную структуру, фрагменты исторических зданий и т. д.). Восстановлению в них подлежат элементы целостного ансамбля, архитектурные доминанты, создающие силуэтное своеобразие комплекса. Таким образом, возрождение ансамблей нижегородских монастырей является важнейшим культурным потенциалом Нижегородского края.

В Нижегородской области в настоящее время действуют 15 монастырей, которые переданы Нижегородской митрополии Русской Православной Церкви. Мы сделали попытку проследить процесс возрождения нескольких нижегородских монастырей в аспекте реставрации и воссоздания утраченных объектов монастырских ансамблей. В этой связи необходимо отметить, что процесс реставрации монастырей был начат уже в 60-х гг. XX в. в результате создания Горьковской специальной научно-реставрационной производственной мастерской, главным архитектором которой был С. Л. Агафонов. Этот процесс коснулся реставрации Печерского, Благовещенского монастырей и Макарьевского Желтоводского монастыря (Лысковский район).

В конце XX столетия, когда большинство монастырей были переданы Русской православной Церкви, процесс их возрождения продолжился, а в начале XXI в. обращение к своим православным святыням набирает темп. В Арзамасе реализуется программа по восстановлению храмов и монастырей «Золотые купола», в том числе Никольского монастыря. В 2005 г. был вновь открыт Спасо-Преображенский монастырь, основанный в 1555 г. На рубеже XX–XXI вв. ремонтно-реставрационные работы проводились в Свято-Троицком Серафимо-Дивеевском монастыре, Свято-Успенской Флорищевой пустыни и Саровской пустыни. Наиболее крупные восстановительные работы произошли в Федоровском, Дудине, Оранском и Абабковском монастырях. В числе самых последних событий по возрождению монастырских объектов следует назвать воссоздание центрального соборного храма Свято-Успенской мужской обители – Саровской пустыни.

Ярким примером начавшегося процесса возрождения нижегородских монастырских комплексов стал **Федоровский Городецкий монастырь**. Это один из древнейших нижегородских монастырей, легендарная история которого связана с именами Георгия (Юрия) Долгорукого и святого благоверного князя Александра Невского. Годом основания его архитектурного комплекса считается 1700 г. В том же году был построен храм в честь Федоровской иконы Божией Матери. Развитие



монастыря продолжалось до начала XX столетия. К этому времени он представлял собой развитый ансамбль, в создании которого, по исследованию А. В. Лисицкой, принимали участие архитекторы И. И. Межецкий, Л. В. Даль, Н. М. Вешняков и А. К. Никитин [3]. Судьба монастыря в советское время оказалась печальна – он был закрыт в 1927 году. Большинство строений монастыря было разрушено. Но в XXI столетии происходит возрождение нижегородской святыни. Оно началось в мае 2009 года, когда Священный Синод благословил открытие в Городце мужского монастыря в честь Федоровской иконы Божией Матери. По проекту ЗАО ТИК «Старый Нижний Новгород» была проведена реставрация восточных и южных братских корпусов, а также воссоздана церковь во имя Федоровской иконы Божией Матери. В связи с особым почитанием святого Александра Невского обитель обретает большой потенциал как паломнический и просветительский центр.

В 2006 г. началось возрождение **Дудина Амвросиева монастыря**. Это совсем небольшой комплекс в Богородском районе, первое упоминание о котором относится к 1408 году. В XVII столетии в монастыре кроме каменной колокольни насчитывались три деревянных храма: рубленный Успенский собор, Никольская церковь и на берегу Оки церковь Илии Пророка. В 1677 г. был заложен Успенский храм – единственный частично сохранившийся до XX века. Архитектурно-пространственная структура монастырского комплекса была очень проста и представляла собой расположенные на возвышенности храм с колокольней и два небольших корпуса. В 1910 г. обследование монастырских построек занимался нижегородский архитектор Леонид Дмитриевич Агафонов – отец С. Л. Агафоновой, а в XXI веке (2007) проект реконструкции монастыря разрабатывался научно-исследовательским предприятием «Этнос» под руководством внучки Леонида Дмитриевича – Ирины Святославовны Агафоновой [2]. До 2006 г. работы проводились силами нескольких человек с целью предотвратить разрушение монастыря. Но в мае 2007 года ситуация изменилась. Архиепископ Нижегородский и Арзамасский Георгий благословил создание попечительского совета по восстановлению Дудина монастыря, после чего в монастыре возобновились службы. В настоящий момент в Дудином монастыре завершена реставрация Успенского храма и воссоздана колокольня, а также строительство зимнего корпуса.

**Оранский Богородицкий монастырь (Богородский р-н)** был основан в 1634 году как пустынь в честь Оранской иконы Божией Матери. Обитель много раз разрушалась. Архитектурно-планировочная структура монастыря сложилась в начале XIX века и представляла собой почти симметрично расположенные три храма, корпуса келий и колокольня на главной оси комплекса. В 1920 году монастырь был закрыт. Во время Великой Отечественной войны на территории монастыря был организован лагерь НКВД, в котором содержались военнопленные. Лишь в 1993 г. монастырь был передан Русской Православной Церкви. После советского периода состояние монастыря было удручающим: храмы частично разрушены, колокольня утрачена [2]. Возрождение монастыря началось в августе 2004 года, а к лету 2009 года уже были проведены ремонтно-восстановительные работы и началось обследование фундамента колокольни. Основной задачей было восстановление колокольни и реставрация храмов. В 2011 г. были освящены три отреставрированных храма, а в 2013 году была освящена новая монастырская колокольня. В настоящее время архитектурный ансамбль Оранского Богородицкого монастыря полностью восстановлен, в том числе и постройки за пределами монастырской ограды. Облик храмов и братских корпусов восстановлен в



соответствии с их описанием в архивных источниках XIX века за исключением монастырской колокольни, которая выстроена значительно выше, что делает ее доминантной всего монастырского ансамбля.

Восстановление разрушенного храма произошло и в **Абабковском Георгиевском монастыре**. Он был основан в 1818 году по благословению Серафима Саровского как богадельня для вдов и девиц. В начале XX века велось активное строительство, в ходе которого возникли девятиглавый храм, больничный корпус, несколько каменных и деревянных корпусов, трапезная, две гостиницы. Имелась школа, больница, странноприимный двор, белошвейная и иконописная мастерские [4]. Таким образом, планировочная структура комплекса представляла собой довольно развитый комплекс с двумя крупными храмами и различными службами. Однако в 1928 году монастырь был ликвидирован, храмы взорваны, территория передавалась различным организациям. Возрождение обители началось в 1995 г. после передачи его Нижегородской епархии. В 2005 г. было принято решение о воссоздании утраченного Покровского собора. Одновременно велись работы по строительству келейного корпуса и православной гимназии, а в феврале 2010 года, в день празднования 15-летия возрождения обители, архиепископ Георгий освятил второе здание детского приюта.

**Островоезерский** Свято-Троицкий монастырь в Ворсменском районе был основан в конце XVI века. Обитель была поставлена на острове посреди Ворсменского озера, отчего и получил название Островоезерского. С XVI по XVIII вв. несколько поколений князей Черкасских вкладывали средства в строительство монастыря, первые постройки которого были деревянные, а в XVII столетии все храмы (Троицкий и Казанский), келейные корпуса обители были перестроены в каменные. Монастырь упразднен в 1930-е годы, после чего все его постройки были разрушены, сохранились только полуразрушенные братский корпус, фрагменты ограды и надвратная церковь с колокольней. В таком виде он просуществовал до начала XXI в. [4]. Возрождение обители началось в 2007 г., когда в апреле на месте монастыря был совершен первый молебен о возобновлении будущей обители. Постепенно были отреставрированы башни ограды, начались работы по восстановлению храмов. В январе 2010 года специалисты мастерской «Ковчег» завершили работу над иконами для иконостаса надвратной церкви во имя святого Михаила Малеина. Одновременно началось строительство Троицкого собора и колокольни, которая стала самой высокой точкой монастыря. Через год строительство храма было закончено и началась закладка других храмов. В настоящий момент восстановлены: Троицкий и Казанский храм, колокольня, церковь в честь преп. Михаила Малеина.

Анализ приведенных примеров реставрационных и восстановительных работ демонстрирует устойчивую тенденцию возрождения монастырских комплексов Нижегородской земли. Огромный потенциал монастырей как духовных, паломнических, культурно-просветительских и туристических центров усиливает актуальность их исследования в контексте современных требований. Дальнейшее изучение нижегородских монастырей, вопросов преемственности и региональных традиций должно способствовать восстановлению утраченных комплексов, что позволяет более качественно решить проблему сохранения регионального наследия.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Доклады патриарха Кирилла [Электронный ресурс] // Монастырский вестник / Синод. отд. по монастырям и монашеству Русск. Правосл. Церкви. – Режим доступа : <http://monasterium.ru/>.
2. Шумилкин, М. С. Особенности архитектуры нижегородских монастырей XVIII – начала XX в. / М. С. Шумилкин // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2012. – № 3. – С. 146–152.
3. Лисицына, А. В. Архитектурный комплекс Федоровского монастыря в г. Городце в начале XX в. / А. В. Лисицына // Святые земли Нижегородской : материалы регион. науч.-практ. конф. – Нижний Новгород, 2008. – С. 61–71.
4. Иллюстрированный каталог объектов культурного наследия (памятников истории и культуры), расположенных на территории Павловского района Нижегородской области. – Нижний Новгород : Кварц, 2015. – 560 с.

**SHUMILKINA Taisiya Vasilevna, candidate of architecture, associate professor of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design; SHUMILKIN Mikhail Sergeevich, candidate of architecture, associate professor of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design**

### TO THE QUESTION OF REVIVAL OF MONASTERIES OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-37;  
e-mail: [ist\\_arh@nngasu.ru](mailto:ist_arh@nngasu.ru)

*Key words:* revival, architecture of monasteries, Nizhny Novgorod region, restoration of monastic objects.

---

*The article analyzes the process of renewal of monastic life in Russia, in particular, revival of Nizhny Novgorod monastic complexes. The process of historical development and modern renewal is traced by the example of several monasteries of Nizhny Novgorod region.*

---

### REFERENCES

1. Doklady patriarkha Kirilla [Papers by patriarchy Kirill] [Elektronny resurs]. Monastyrskiy vestnik [Monastic Herald]. Sinod. отд. po monastyryam i monashestvu Russk. Pravosl. Tserkvi. Rezhim dostupa: <http://monasterium.ru/>.
2. Shumilkin M. S. Osobennosti arkhitektury nizhegorodskikh monastyrey XVIII – nachala XX v. [Features of the architecture of the Nizhny Novgorod monasteries of the XVIII – early XX century]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2012. № 3. P. 146–152.
3. Lisitsyna A.V. Arkhitekturny kompleks Fyodorovskogo monastyrya v g. Gorodets v nachale XX v. [The architectural complex of the Fyodorovsky Monastery in the city of Gorodets at the beginning of the 20th century]. Svyatyni zemli Nizhegorodskoy: Materialy region. nauch.-prakt. konf. [Shrines of the Nizhny Novgorod land: Materials of the regional scientific-practical conference]. Nizhny Novgorod, 2008. P. 61–71.
4. Ilyustrirovanny katalog obektov kulturnogo naslediya (pamyatnikov istorii i kultury), raspolozhennykh na territorii Pavlovskogo rayona Nizhegorodskoy oblasti [Illustrated catalog of the objects of cultural heritage (historical and cultural monuments) located on the territory of the Pavlovsky district of the Nizhny Novgorod region]. Nizhny Novgorod: Kvarc, 2015. 560 p.

© Т. В. Шумилкина, М. С. Шумилкин, 2018

Получено: 23.03.2018 г.



УДК 719:72.03 (470.341)

**Е. М. ВОЛКОВА**, канд. арх., доц. кафедры стандартизации, метрологии и управления в технических системах

## **АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБЛИК УТРАЧЕННЫХ В XX ВЕКЕ КУЛЬТОВЫХ ЗДАНИЙ ГОРОДА ЧКАЛОВСКА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-95;  
эл. почта: skynn@mail.ru

*Ключевые слова:* архитектурный облик, культовые здания, Горьковское водохранилище, Чкаловск, Нижегородская область.

---

*Выполнен анализ архитектурного облика утраченных в XX веке культовых зданий города Чкаловска Нижегородской области в связи с созданием Горьковского водохранилища.*

---

Чкаловск – районный центр Нижегородской области с населением 15 тысяч человек, расположенный в 100 км к северо-западу от Нижнего Новгорода в пойме реки Санахты при ее впадении в Волгу, ранее он назывался Василевой Слободой. Здесь родился знаменитый летчик В. П. Чкалов (1904–1938), автор рекордных перелетов [1], в 1937 году населенный пункт переименован в его честь. В 1955 году в результате создания Горьковской ГЭС и водохранилища часть территории Чкаловска была затоплена; основой нового города стал рабочий поселок, построенный заводом имени Ульянова-Ленина. На современном гербе Чкаловска – олень – символ Нижегородской земли, парусник и самолет напоминают о том, что здесь издревле строили и ремонтировали суда, с середины XX века строят суда на подводных крыльях под руководством конструктора Р. Е. Алексеева (1916–1980).

История Василевой Слободы древняя, предположительно она была заложена в XII веке (по договорной грамоте 1405 года) в одно время с Городцом – столицей удельного княжества, где она была сторожевой крепостью на Волге. Возможно, слобода была названа в честь сына Юрия Долгорукого – Василия, княжившего в Городце. Одним из хозяев Василевой Слободы (Белогородья) был Владимир Храбрый, после него село перешло в царскую вотчину как приданое его внучки Марьи Ярославны, жены Василия Темного («Устав опричнины» Ивана Грозного 1565 года). Опричником Белогородья был В. И. Шуйский, после его смерти поселение отошло Московскому Вознесенскому женскому монастырю. С 1764 года Василева Слобода – государственное экономическое село, центр бурлачества [2] на волжском торговом пути, чему способствовало ее удобное местоположение и хорошие условия для стоянки и строительства судов в глубоком устье реки Санахты. Зимой многие жители села занимались промыслами (цепным, строчевышивальным, гончарным и др.), торговлей, с весны бурлачили.

До 1917 года Василева Слобода входила в состав Балахнинского уезда Нижегородской губернии, образованной в начале XVIII века с центром в Нижнем Новгороде, относилась к III Благочинническому округу. В конце XIX – начале XX веков здесь по данным адрес-календарей Нижегородской епархии 1888 г. [3] и 1904 г. [4] было пять церквей (рис. 1, 2, 3): двухпрестольная каменная Вознесенская (1755 г.), приписная к ней однопрестольная каменная Архангельская кладбищенская (1755 г.), 2-я при ней однопрестольная каменная теплая во имя Святой Анастасии



Узорешительницы (1797 г.) (рис. 4); трехпрестольная Воскресенская (1764 г., 1794 г.), однопрестольная каменная в честь Пресвятой Живоначальной Троицы (1801 г., 1804 г.). Таким образом, к началу XX века культовое зодчество в слободе было представлено каменными церквями середины XVIII – начала XIX веков, объемно-планировочные особенности и стилистика которых тяготела к барокко, что отражало традиции российской архитектуры времени их постройки. Система визуальных связей ансамбля была обширна, высокие шатровые колокольни и объемы Вознесенской и Воскресенской церквей служили опознаваемыми ориентирами открытых пространств вокруг села.



Рис. 1. Село Василева Слобода. Общий вид. Фото С. М. Прокудина-Горского, 1911 г. На переднем плане – Вознесенская церковь (1755 г.) [5]



Рис. 2. Село Василева Слобода. Вознесенская церковь, на заднем плане справа – церковь Анастасии Узорешительницы, слева – Воскресенская церковь. Фото начала XX в. Музей В. П. Чкалова, Чкаловск



Рис. 3. Село Василева Слобода. Церкви на Воскресенской горе весной во время разлива Волги. Фото начала XX в.



Рис. 4. Село Василева Слобода. Церковь во имя Св. Анастасии Узорешительницы. Фото начала XX в.

Ландшафтно-визуальный анализ территории на начало XX века выявил органичную взаимосвязь элементов природного и антропогенного ландшафта: красивую панораму архитектурного облика Василевой Слободы со стороны Волги (рис. 5, 6, 7), организованную пространственно-видовым каркасом застройки, ее ярусной метроритмической композиции из системы доминант ансамбля церквей, с акцентным силуэтом Вознесенского храма с колокольней у береговой линии и малоэтажными домами сельского типа на холмистом рельефе правого берега реки.

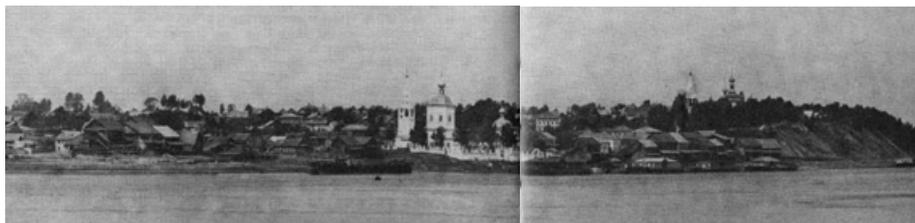


Рис. 5. Село Василева Слобода. Фото начала XX в.



Рис. 6. Село Василева Слобода. Вознесенская церковь, на переднем плане – церковь Анастасии Узорешительницы. Фото М. П. Дмитриева, 1894 г. [6]



Рис. 7. Село Василева Слобода. Вознесенская церковь, вид с запада. Слева виден купол церкви Анастасии Узорешительницы. Фото М. П. Дмитриева, 1894 г. [6]



Таким образом, композиционно значимой в архитектурном облике Василевой Слободы начала XX века была Вознесенская церковь (1755 г.). Она стояла на месте Вознесенского монастыря, одного из упраздненных в середине XVIII века, имела планировку с выраженной продольно-осевой структурой [7] типа «корабль», развитый алтарь, перекрытый трехчастной конхой на тропках, храмовую часть – «восьмерик на четверике», широкую трапезную и шатровую колокольню (рис. 8, 9). Отделанные карнизом трапезная и нижний ярус храма из большемерного кирпича были оформлены лопатками, грани восьмерика по высоте – тонкими полуколоннами на коротких пьедесталах. Вознесенский храм завершался главой, крытой «в чешую» со звездами, на круглом барабане с нишами над пологим восьмигранным куполом. Декор фасада состоял из наличников с килевидными сандриками, характерными для XVII века, в облике храма читался стиль «московское барокко». Шатровая колокольня по высоте соразмерная храмовой части имела в основании четверик, на нем – восьмерик, обработанный лопатками. Восьмигранный ярус звона отделялся снизу карнизом, сверху – арками с килевидными архивольтами, на которые опирался высокий кирпичный шатер с миниатюрной главкой на барабане, с тремя ярусами слухов, ритмически убывающими по высоте. Вознесенский храм доминировал в церковном ансамбле Василевой Слободы благодаря расположению рядом с Волгой, устремленным ввысь пропорциям, завершениям, визуально возвышавшимся над холмистым рельефом берега, подчеркивая его масштабность.

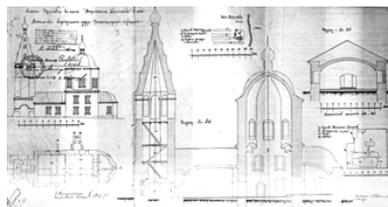


Рис. 8. Село Василева Слобода. Вознесенская церковь. Архивные чертежи, 1926 г. [7]



Рис. 9. Село Василева Слобода. Вознесенская церковь, вид с юго-востока. Фотография 1930-х гг. Музей В. П. Чкалова, Чкаловск

Архитектурный облик Василевой Слободы начала XX века был примером морфотипической сохранности фрагментов среды XVIII – XIX веков, сформированный ансамблем храмов и типологически однородной фоновой застройкой дисперсного типа, в основном представленной одноэтажными деревянными домами в три окна, выходящими на красную линию улицы, перекрытыми двускатной кровлей, с планировкой, характерной для северных районов Нижегородской области [8], редкие дома были двухэтажными, единицы –

кирпичными. Целостность восприятия исторической среды Василевой Слободы, ее гармоничной метроритмической композиции, сложившейся годами, где малоэтажная застройка была контрастным фоном для ритмических особенностей ансамбля храмов, была нарушена из-за утраты церковей в 1930–1955 годы в результате борьбы с религией и затоплением территорий Горьковским водохранилищем при строительстве ГЭС.

В облике поволжского Чкаловска сейчас нет ни одной старинной церкви, хотя наследие Чкаловского района Нижегородской области ими богато [9], можно вспомнить Пурех, Катунки и другие поселения [10]. В Чкаловске есть мемориальные объекты, например, дом-музей В. П. Чкалова (перенесен из зоны затопления водохранилищем), в котором родился летчик, ангар с его самолетами, рядом – Дом культуры имени В. П. Чкалова, построенный в 1939–1940 годах по проекту А. А. Яковлева в стиле постконструктивизма [11]. В 2009 году на основе архивных данных был сделан проект воссоздания Вознесенской церкви в центре Чкаловска на перекрестке улиц Комсомольской и Почтовой, его авторы – В. В. Коваль и Э. Г. Титов [12] (рис. 10). Церковь полностью повторит облик утраченной, но будет возведена на новом месте, поскольку старая территория Вознесенского храма теперь находится на дне водохранилища. Храм будет формировать метроритмический силуэт и панораму центра города, также улицы Почтовой, став доминантой среди зданий сталинского ампира. Церковь будет из монолитного железобетона, шатер колокольни – из кирпича на каркасе, полы в интерьерах отделаны гранитом, стены – высококачественной штукатуркой под роспись. Таким образом, воссозданный на новом месте Вознесенский храм будет пространственным ориентиром поселения, бассейн видимости которого расширится, преемственной доминантой композиции его архитектурного облика [13] на фоне морфотипически сохраненной малоэтажной застройки, одной из главных достопримечательностей Чкаловска, формирующей панораму с Волги, что повысит привлекательность города для жителей, туристов и инвесторов.



Рис. 10. г. Чкаловск. Вознесенская церковь, проект воссоздания В. В. Коваля, Э. Г. Титова, 2009 г. Компьютерная графика А. В. Власюк

#### Основные выводы исследования:

1. Пространственно-видовой каркас Василевой Слободы (с 1937 года – Чкаловск) начала XX века был сформирован гармоничной метроритмической композицией малоэтажной фоновой дисперсной застройки и доминантной системой ансамбля церквей: Вознесенской (1755 г.), Анастасии Узорешительницы (1797 г.), Архангельской кладбищенской (1755 г.), Воскресенской (1764 г., 1794 г.), Пресвятой Живоначальной Троицы (1801 г., 1804 г.), стилистически тяготеющих к барокко, что отражало традиции российской архитектуры времени их постройки.

2. Вознесенский храм с планировкой типа «корабль», в стилистике «московское барокко», доминировал в церковном ансамбле села благодаря



расположению рядом с Волгой, устремленным ввысь пропорциям, завершениям, возвышавшимся над холмистым рельефом берега, подчеркивая его масштабность.

3. Выявлена органичная взаимосвязь элементов природного и антропогенного ландшафта: панорама Василевой Слободы с Волги организована силуэтом ансамбля храмов и малоэтажной застройки на фоне холмистого рельефа берега реки – природной среды, влияющей на формирование и восприятие архитектурного облика села.

4. Усадебная застройка Василевой Слободы начала XX века была однородной по морфологии архитектурных форм, имела сельский облик одноэтажных деревянных домов в три окна, перекрытых двускатной кровлей без акцентных завершений, с планировкой, характерной для северных районов Нижегородской области, редкие дома были двухэтажными, единицы – кирпичными.

5. Архитектурный облик Василевой Слободы начала XX века – пример морфотипической сохранности среды XVIII – XIX веков, сформированный ансамблем храмов на фоне малоэтажной застройки, целостность восприятия которого была нарушена из-за утраты церкви при затоплении Горьковским водохранилищем (1955 г.), борьбой с религией в 1930-е годы.

6. Преемственность традиций архитектурного облика Чкаловска возродится через воссоздание по архивным чертежам Вознесенского храма с колокольной на новом месте из-за затопления старого, он будет пространственным ориентиром, достопримечательностью поселения, бассейн видимости которого расширится, доминантой композиции на фоне морфотипически сохранной малоэтажной среды, внесет гармонию в типологические, масштабные, стилистические и другие характеристики застройки, улучшит панораму города с Волги, повысит привлекательность города для жителей, туристов и инвесторов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев, М. А. Дом, в котором родился летчик В. П. Чкалов, в городе Чкаловске Нижегородской области / М. А. Андреев, Г. Д. Батюта, Е. М. Волкова // VII всероссийский фестиваль науки : сб. докл. В 2 т. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2017. – С. 74–79.

2. Филатов, Н. Ф. Веси Нижегородского края: очерки историй сел и деревень Поволжья / Н. Ф. Филатов. – Нижний Новгород : [б. и.], 1999. – 312 с.

3. Снежницкий, А. Адрес-календарь Нижегородской епархии [в 1888 г.] / А. Снежницкий. – Нижний Новгород : Тип. губерн. правления, 1888. – 1031 с.

4. Драницын, Н. И. Адрес-календарь Нижегородской епархии на 1904 год / Н. И. Драницын. – Нижний Новгород : [б. и.], 1904. – XVI, 308 с.

5. Прокудин-Горский, С. М. Район Волги (1911 г.), Василева Слобода. Общий вид [ном. по кат. 2550] [Электронный ресурс] / Прокудин-Горский, С. М. // Храмы России. – Режим доступа : <http://prokudin-gorskiy.ru/image.php?no=2550>.

6. Дмитриев, М. П. Волга от истока до Каспия : альбом / М. П. Дмитриев. – Москва : Товарищество Скоропечатни А. А. Левенсон, 1894.

7. ЦАНО. Василева Слобода. – Центр. архив Нижегород. обл. Ф. 1679. Оп. 2. Год 1926.

8. Волкова, Е. М. Архитектурный облик дома Мерзлякова (1860 г.) деревни Мякотино Чкаловского района Нижегородской области / Е. М. Волкова // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2017. – № 1 (41). – С. 89–95.

9. Волкова, Е. М. Памятники архитектуры Чкаловского района Нижегородской области / Е. М. Волкова // Великие реки' 2017 : тр. науч. конгр.19-го Междунар. науч.-



промышл. форума. В 3 т. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2017. – С. 210–213.

10. Волкова, Е. М. Особенности памятников архитектуры Чкаловского района Нижегородской области / Е. М. Волкова // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2017. – № 4 (44). – С. 111–122.

11. Волкова, Е. М. Архитектурный облик дома культуры имени В. П. Чкалова (1939–1940) в г. Чкаловске Нижегородской области / Е. М. Волкова // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, Вып. 9 (108). – С. 971–980.

12. Коваль, В. В. Проект воссоздания Вознесенской церкви, г. Чкаловск Нижегородской области / В. В. Коваль, Э. Г. Титов. – Чкаловск, 2009.

13. Батюта, Е. М. Особенности формирования архитектурного облика исторических улиц Нижнего Новгорода : автореф. ... канд. архитектуры / Е. М. Батюта. – Нижний Новгород, 2004. – 24 с.

**VOLKOVA Elena Mikhaylovna, candidate of architecture, associate professor of the chair of standardization, metrology and control in technical systems**

## **THE ARCHITECTURAL APPEARANCE OF RELIGIOUS BUILDINGS OF CHKALOVSK, NIZHNY NOVGOROD REGION, LOST IN THE XX CENTURY**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Pjinskaya Sr., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-95;

e-mail: skynn@mail.ru

*Key words:* architectural form, religious buildings, Gorky reservoir, Chkalovsk, Nizhny Novgorod region.

---

*The article analyzes the architectural appearance of religious buildings of the city of Chkalovsk in the Nizhny Novgorod region lost in the XX century due to the construction of the Gorky reservoir.*

---

### REFERENCES

1. Andreev M. A., Batyuta G. D., Volkova E. M. Dom, v kotorom rodilsya lyotchik V. P. Chkalov, v gorode Chkalovske Nizhegorodskoy oblasti [The house in which pilot V. P. Chkalov was born in the city of Chkalovsk in the Nizhny Novgorod region]. VII vseross. festival nauki: sb. dokl.: v 2 t [Proceedings of the VII All-Russian festival of science]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2017. P. 74–79.

2. Filatov N. F. Vesi Nizhegorodskogo kraya: ocherki istoriy syol i dereven Povolzhya [Villages of Nizhny Novgorod region: essays on the history of the villages of the Volga region]. Nizhny Novgorod, 1999. 312 p.

3. Snezhnitskiy A. Adres-kalendar Nizhegorodskoy eparkhii [v 1888 g.] [The address-calendar of the Nizhny Novgorod diocese [in 1888]. Nizhny Novgorod: Tip. gubern. pravleniya, 1888. 1031 p.

4. Dranitsyn N. I. Adres-kalendar Nizhegorodskoy eparkhii na 1904 god [The address-calendar of the Nizhny Novgorod diocese in 1904]. Nizhny Novgorod, 1904. – XVI, 308 p.

5. Prokudin-Gorskiy S. M. Rayon Volgi (1911 g.), Vasileva Sloboda. Obschiy vid [The Volga (1911), Vasileva Sloboda. General view] [nom. po kat. 2550]. [Elektronnyy resurs]. Khramy Rossii. Rezhim dostupa: <http://prokudin-gorskiy.ru/image.php?no=2550>.

6. Dmitriev M. P. Volga ot istoka do Kaspiya: albom [The Volga river from its source to the Caspian sea: album]. Moscow. Tovarischestvo Skoropechatni A.A. Levinson, 1894.

7. TsANO. Vasileva Sloboda. Tsentr. arkhiv Nizhegor. obl. F. 1679. Op. 2. God 1926.

8. Volkova E. M. Arkhitekturny oblik doma Merzlyakova (1860 g.) derevni Myakotino



Chkalovskogo rayona Nizhegorodskoy oblasti [The architectural image of the Merzlyakov house (1860) in Myakotino village of the Chkalovsk district of the Nizhny Novgorod region]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2017. № 1 (41). P. 89–95.

9. Volkova E. M. Pamyatniki arkhitckuty Chkalovskogo rayona Nizhegorodskoy oblasti [Monuments of Chkalovsk district of Nizhny Novgorod region]. Tr. nauch. kongr. 19-go Mezhdunar. nauch.-promyshl. foruma “Velikie reki' 2017” [Proceedings of the scientific congress of the 19th International scientific industrial forum “Great Rivers’2017]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2017. P. 210–213.

10. Volkova E. M. Osobennosti pamyatnikov arkhitckuty Chkalovskogo rayona Nizhegorodskoy oblasti [Features of architectural monuments of the Chkalovsk district of the Nizhny Novgorod region]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2017. № 4 (44). P. 111–122.

11. Volkova E.M. Arkhitckurny oblik doma kultury imeni V. P. Chkalova (1939 –1940) v g. Chkalovske Nizhegorodskoy oblasti [Architectural appearance of the house of culture named after V. P. Chkalov (1939-1940) in Chkalovsk in the Nizhny Novgorod region]. Vestnik MGSU. 2017. T. 12. Vyp. 9 (108). P. 971–980.

12. Koval V. V., Titov E. G. Proekt vossozdaniya Voznesenskoy tserkvi, g. Chkalovsk Nizhegorodskoy oblasti [The reconstruction project of the Ascension Church, the town of Chkalovsk in the Nizhny Novgorod region]. Chkalovsk. 2009.

13. Batyuta E. M. Osobennosti formirovaniya arkhitckurnogo oblika istoricheskikh ulits Nizhnego Novgoroda [Features of formation of the architectural appearance of the historic streets of Nizhny Novgorod]: avtoref...kand. arkhitckuty. Nizhny Novgorod, 2004, 24 p.

© **Е. М. Волкова, 2018**

Получено: 03.03.2018 г.

УДК 556(262.81)

**С. В. СОБОЛЬ**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой гидротехнических и транспортных сооружений; **Е. И. ЩЕЛАЧЕВ**, магистрант кафедры гидротехнических и транспортных сооружений

### ФРАКТАЛЬНОСТЬ ВРЕМЕННОГО РЯДА КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-42-89;  
факс: (831) 430-19-36; эл. почта: gs@nngasu.ru

*Ключевые слова:* Каспийское море, колебания уровня, фрактальный анализ.

*Представлены сведения о ежегодных колебаниях уровня Каспийского моря в XX и начале XXI вв. и результаты фрактального анализа процесса методом Херста с прогнозом на ближайшую временную перспективу.*

Каспийское море – крупнейшее озеро мира: его площадь около 4 000 тыс. км<sup>2</sup> (без залива Кара-Богаз-Гол), объем – 78 тыс. км<sup>3</sup>, отметка водной поверхности ниже нуля Балтийской системы высот.

С начала XX в. уровень моря понижался. В 1970-е гг. обмеление моря приписывали гидротехникам, связывали с зарегулированием стока р. Волги каскадом водохранилищ. Время показало, что человек бессилен повелевать природой в таких масштабах: без его участия уровень моря с 1978 г. стал вдруг повышаться и это вызвало осложнения в хозяйственной деятельности на побережье.

Согласно историческим данным изменения уровня Каспийского моря квази-периодического характера с амплитудой до 12 м являлись его характерной чертой в течение последних 2 тыс. лет. В XX в. происходили: падение уровня моря в период 1900–1977 гг. от отметки – 25,60 до отметки – 29,01 м БС; подъем в период 1978–1995 гг. до отметки – 26,90 м БС; падение к 2000 г. до отметки – 27,08 м БС с продолжением падения в 2000-е гг. (рис. 1).

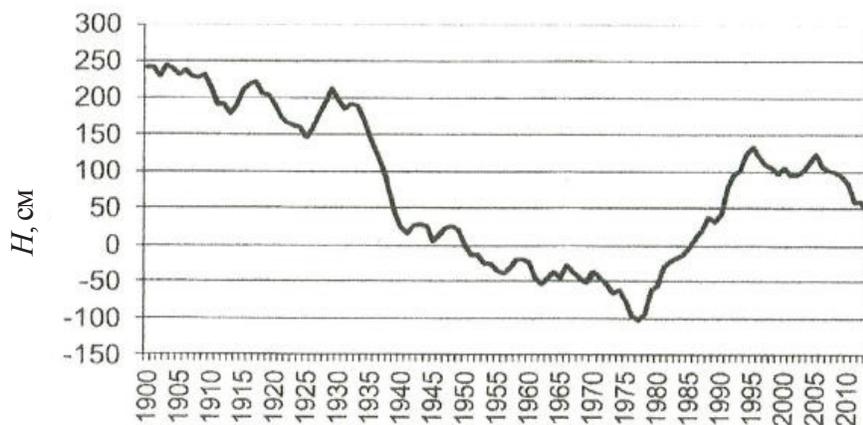


Рис. 1. Ход среднегодового уровня Каспийского моря у г. Махачкалы в XX в. и начале XXI в. Уровень приведен относительно единого нуля моря, равного 28,00 м БС [1]



Повышение уровня моря за 1978–1995 гг. более чем на 2,0 м объяснялось Росгидрометом так:

- примерно на 54 % увеличением притока речных вод (в основном р. Волги);
- на 29 % уменьшением испарения с водной поверхности;
- на 10 % увеличением количества осадков на акваторию;
- на 7 % искусственным регулированием стока из моря в залив Кара-Богаз-Гол (в 1980 г. залив был отсечен дамбой от моря, в 1992 г. дамбу прорвало).

Гидрологическое моделирование изменений уровня моря на период 2000–2030 гг. предрекало, что будут происходить его колебания в диапазоне от – 26,0 до – 30,0 м БС, при этом наиболее вероятное положение уровня к 2030 г. будет находиться в пределах отметок – 27,8... – 28,5 м БС [2]. До 2010 г. прогноз оправдывался (см. рис. 1).

Для анализа временной последовательности значений уровня моря по опубликованным данным сформирован ряд его ежегодных отметок в Балтийской системе высот за период с 1990 г. по 2010 г. (таблица 1). Отметим, что из-за различий в публикациях точность этих данных не вполне гарантирована.

**Ежегодные отметки уровня воды (УВ) Каспийского моря у  
г. Махачкалы за период с 1990 г. по 2010 г.**

Годы	УВ, м БС	Годы	УВ, м БС	Годы	УВ, м БС
1900	-25,60	1938	-26,40	1976	-29,00
1901	-25,62	1939	-26,50	1977	-29,01
1902	-25,64	1940	-26,60	1978	-28,98
1903	-25,66	1941	-26,88	1979	-28,92
1904	-25,68	1942	-27,15	1980	-28,90
1905	-25,70	1943	-27,44	1981	-28,71
1906	-25,74	1944	-27,72	1982	-28,54
1907	-25,78	1945	-28,00	1983	-28,36
1908	-25,82	1946	-27,95	1984	-28,18
1909	-25,87	1947	-27,92	1985	-28,01
1910	-25,90	1948	-27,89	1986	-28,06
1911	-25,94	1949	-27,84	1987	-28,12
1912	-25,98	1950	-27,80	1988	-28,18
1913	-26,02	1951	-27,84	1989	-28,23
1914	-26,05	1952	-27,88	1990	-28,30
1915	-26,10	1953	-27,92	1991	-27,70
1916	-26,10	1954	-27,95	1992	-27,40
1917	-26,10	1955	-28,00	1993	-27,25
1918	-26,10	1956	-28,12	1994	-27,10
1919	-26,10	1957	-28,24	1995	-26,90
1920	-26,10	1958	-28,35	1996	-26,60
1921	-26,12	1959	-28,48	1997	-26,80
1922	-26,14	1960	-28,60	1998	-26,95
1923	-26,16	1961	-28,61	1999	-27,00
1924	-26,18	1962	-28,62	2000	-27,08

Окончание таблицы

Годы	УВ, м БС	Годы	УВ, м БС	Годы	УВ, м БС
1925	-26,20	1963	-28,63	2001	-27,17
1926	-26,14	1964	-28,65	2002	-27,34
1927	-26,07	1965	-28,65	2003	-27,19
1928	-26,01	1966	-28,66	2004	-27,04
1929	-25,95	1967	-28,67	2005	-26,60
1930	-25,88	1968	-28,68	2006	-26,98
1931	-25,92	1969	-28,69	2007	-27,06
1932	-25,97	1970	-28,70	2008	-27,14
1933	-26,02	1971	-28,72	2009	-27,22
1934	-26,05	1972	-28,74	2010	-27,00
1935	-26,10	1973	-28,76		
1936	-26,20	1974	-28,78		
1937	-26,30	1975	-28,80	2015	-27,60

Временной ряд, представленный в таблице, подвергнут фрактальному анализу.

Проводя фрактальный анализ предполагают, что временной ряд на некотором интервале масштабов самоподобен и, как следствие, процессы, идущие в настоящее время, определяются предыдущими состояниями. Для анализа самоподобия временных рядов наиболее часто используют метод Херста [3], или, как его еще называют, метод нормированного размаха ( $R/S$ ). Метод основан на анализе размаха  $R$  исследуемого параметра (разницы наибольшего и наименьшего значения параметра на изучаемом отрезке времени) и его среднеквадратичного отклонения  $S$ . Воспроизведен в публикациях [4;5].

Фрактальный анализ временного ряда уровней Каспийского моря проведен методом Херста с делением расчетного периода  $T = 110$  лет на интервалы продолжительностью  $\tau = 5$  лет, 10 лет, 20 лет, 55 лет.

На рис. 2 приведены значения показателя Херста, рассчитанные для отдельных 10-летних интервалов времени. График  $H(t)$  позволяет видеть, что в 1900–1970 гг., когда происходило понижение уровня моря, значения  $H < 0,5$  указывали на антиперсистентность ряда, т. е. на последующее повышение уровня, что и наблюдалось в 1980-х гг. (см. рис. 1). Интервал минимальных уровней моря 1970–1980 гг. на графике  $H(t)$  отмечен минимальным значением показателя Херста  $H \approx 0,430$ .

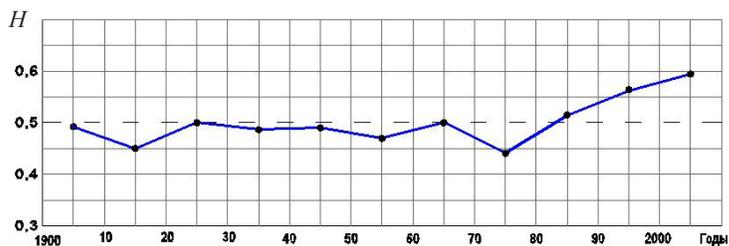


Рис. 2. Значения показателя Херста по отдельным 10-летним интервалам временного ряда отметок уровня Каспийского моря в период 1900–2010 гг.

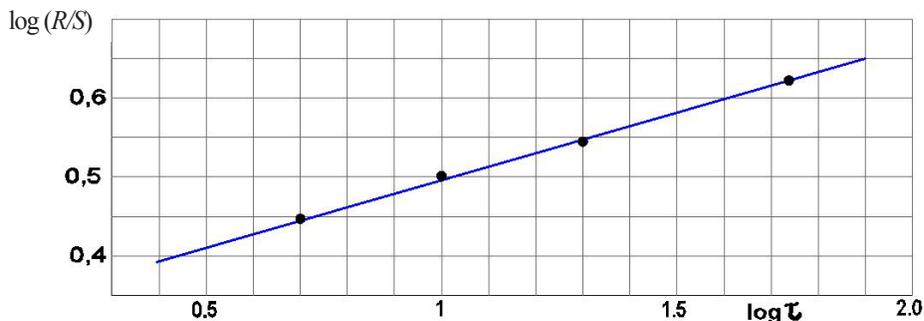


Рис. 3. График безразмерного отношения  $R/S$  как функция времени для значений уровня Каспийского моря в период 1900–2010 гг.  $H \approx 0,518$

На рис. 3 показан график отношения  $R/S$  как функции  $\tau$  в билогарифмических координатах. Линейность графика свидетельствует о фрактальности процесса.

Весь временной ряд уровней моря за 1900–2010 гг. характеризуется показателем Херста  $H \approx 0,518 > 0,5$ , что указывает на персистентность ряда, когда тенденция понижения уровня воды в прошлом предполагает в среднем ту же тенденцию в течение некоторого времени в будущем. В действительности уровень моря понижается и после 2010 г.: в 2010 г. он стоял на отметке -27,00, а к 2015 г. опустился до отметки -27,60 (см. таблицу).

Локальная фрактальная размерность ряда колебаний уровня моря за 1900–2010 гг.  $D \approx 2 - H = 2 - 0,518 = 1,482$ .

Результаты фрактального анализа пребывают в согласии с данными гидрологического моделирования, приведенными выше. Оправдается ли прогноз? – покажет время.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз : науч.-метод. пособие / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), ФГБУ «Гидрометеоролог. науч.-исслед. центр Рос. Федерации»; под ред. Е. С. Нестерова. – Москва : Триада, 2016. –376 с.
2. Бедрицкий, А. И. Повышение гидрометеорологической безопасности в бассейне реки Волги / А. И. Бедрицкий // Проблемы гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей и природной среды в бассейнах великих рек. – Санкт-Петербург : Гидрометеоздат, 2005. – С. 72–80.
3. Hurst, H. E. Long – term storage : An experimental study / H. E. Hurst, R. P. Black, Y. M. Simaika. – London : Contable, 1965. – 145 p.
4. Федер, Е. Фракталы : пер.с англ. / Е. Федер. – Москва : Мир, 1991. – 254 с.
5. Иудин, Д. И. Фракталы : от простого к сложному / Д. И. Иудин, Е. В. Копосов ; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун.-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2012. – 182 с.

© С. В. Соболев, Е. И. Щелачев

Получено: 09.06.2018 г.



УДК 627.22

**А. В. ФЕВРАЛЕВ**, канд. техн. наук, проф. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений; **И. С. МАРКОВ**, аспирант кафедры гидротехнических и транспортных сооружений

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ ПРИ ГЛОБАЛЬНОМ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-42-89;  
факс: (831) 430-19-36; эл. почта: gs@nngasu.ru

*Ключевые слова:* глобальное изменение климата, температурный режим, гидротехнические сооружения, криолитозона.

---

*Приведены данные о глобальных климатических изменениях и их влиянии на температуру воды в водохранилище, на состояние вечномерзлых грунтов и температурный режим гидротехнических сооружений, дано описание температурного режима гидротехнических сооружений.*

---

В последние 150 лет наблюдается глобальное изменение климатических факторов по всему земному шару, которые характеризуются повышением температуры воздуха и воды, изменением ветрового режима, величин испарения и осадков и др. [1].

По данным наблюдений, среднегодовая приземная температура воздуха в мире за период 1880–2012 гг. увеличилась на 0,85 °С [2]. На территории России за период 1886–2012 гг. увеличение среднегодовой приземной температуры воздуха достигло 2,4 °С, причем за период 1976–2012 гг. скорость роста в среднем составила 0,43 °С/(10 лет) [3].

Глобальное изменение климата существенно влияет на криолитозону или «вечную мерзлоту», занимающую около 60 % площади России. Повышение температуры воздуха и воды влияет на температурное состояние грунтов криолитозоны. Так, за период 1950–2009 гг. на Севере Якутии температура многолетнемерзлых грунтов увеличилась на 1 °С, а на севере Европейской территории России – на 2–3 °С [4].

Неустойчивость климата существенно влияет также на температурный режим гидротехнических сооружений криолитозоны, в результате изменения которого могут происходить:

- осадки тела и основания сооружений, а также их деформации;
- пучение тела и основания сооружений;
- криогенная дезинтеграция грунтов и горных пород;
- изменение фильтрационного режима сооружений;
- изменение устойчивости сооружений (плотин и грунтовых откосов, замораживающих систем, дренажей, грунтовых каналов).

Таким образом, прогнозирование температурного режима гидротехнических сооружений криолитозоны имеет большое значение для их безопасности и надежности.

Температурный режим гидротехнических сооружений криолитозоны формируется следующими видами переноса тепловой энергии [5]:



- кондуктивным теплопереносом (за счет передачи энергии между частицами материалов);
  - конвективным теплопереносом (передача энергии элементами, находящимися в порах материала, такими как вода, газы, водяной пар);
  - лучистым теплопереносом (передача тепловой энергии посредством теплового излучения за счет разности температур поверхностей пор);
  - переносом тепловой энергии при фазовых превращениях поровой влаги и газов.
- Учет перечисленных видов теплопереноса приводит к сложной математической модели, решение которой вызывает существенные проблемы.

Для упрощения задачи целесообразно учитывать преобладающие виды теплопереноса [5], как-то: кондуктивный перенос, конвективный перенос при фильтрации воды, таяние-замерзание поровой влаги. При этом принимается полное насыщение пор грунта влагой при оттаивании; фильтрация воды в мерзлом грунте отсутствует; в некотором малом объеме теплообмен между водой и частицами скелета грунта отсутствует; отсутствует передача тепла за счет трения при движении воды в порах; не учитывается теплообмен, связанный с миграцией влаги от талого грунта к границе замерзания под действием градиента температуры; отсутствует движение воды под градиентом температуры.

При названных предпосылках температурный режим может быть описан уравнением Фурье-Кирхгофа [5]:

$$c_{\text{тр}}\rho_{\text{тр}} \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda_{\text{тр}} \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda_{\text{тр}} \frac{\partial \vartheta}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda_{\text{тр}} \frac{\partial \vartheta}{\partial z} \right) - c_{\text{ж}}\rho_{\text{ж}} \left( V_x \frac{\partial \vartheta}{\partial x} + V_y \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + V_z \frac{\partial \vartheta}{\partial z} \right), \quad (1)$$

где  $x, y, z$  – декартовы координаты;  $C_{\text{тр}} \rho_{\text{тр}}$  – объемная теплоемкость грунта, включающая теплоемкость всех его компонентов;  $c_{\text{ж}}\rho_{\text{ж}}$  – объемная теплоемкость жидкости;  $\lambda_{\text{тр}}$  – коэффициент теплопроводности грунта;  $\vartheta$  – температура;  $V_x, V_y, V_z$  – проекции скорости фильтрации воды, м/с.

$$V_x = -k_{\Phi} \frac{\partial H}{\partial x}, \quad V_y = -k_{\Phi} \frac{\partial H}{\partial y}, \quad V_z = -k_{\Phi} \frac{\partial H}{\partial z}, \quad (2)$$

$k_{\Phi}$  – коэффициент фильтрации;  $H$  – пьезометрический напор.

Поскольку температурное поле изменяется медленней поля напора, уравнение неразрывности фильтрационного потока принимается стационарным в виде:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_{\Phi} \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_{\Phi} \frac{\partial H}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k_{\Phi} \frac{\partial H}{\partial z} \right) = 0. \quad (3)$$

Фазовые превращения поровой влаги учитываются зависимостью [6]:

$$c_{\text{тр}}\rho_{\text{тр}} \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda_{\text{тр}} \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda_{\text{тр}} \frac{\partial \vartheta}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda_{\text{тр}} \frac{\partial \vartheta}{\partial z} \right) + \rho_{\text{л}} n L \frac{\partial R}{\partial t}, \quad (4)$$

где  $\rho_{\text{л}}$  – плотность льда;  $n$  – пористость грунта;  $L$  – удельная скрытая теплота замерзания воды или плавления льда;  $R$  – относительная льдистость грунта, представляющая собой отношение массы порового льда к массе поровой влаги.

Система уравнений (1) – (4) дополняется краевыми условиями, состоящими из начального и граничных условий.

Начальное условие определяется температурно-фильтрационным состоянием объекта при  $t = 0$ ; для проектирования это состояние определяется по данным мерзлотных изысканий; для эксплуатации – по данным наблюдений.

Для задания граничных условий необходимо выделение границ рассматриваемого объекта. Такими границами в общем случае являются:

- границы со стороны долин других рек; эти границы для краткости называют боковыми;
- поверхности, соприкасающиеся с атмосферным воздухом;
- граница со стороны верхнего бьефа;
- граница со стороны нижнего бьефа;
- границы, соприкасающиеся с водой в верхнем и нижнем бьефах;
- граница со стороны основания сооружений – нижняя граница.

На боковых границах задается условие отсутствия теплового потока, т. е.:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial l} = 0, \quad (5)$$

где  $l$  – нормаль к границе.

На поверхности, соприкасающейся с атмосферой, граничное условие представляется в виде [7]:

$$-\lambda_{\text{гр}} \frac{\partial \vartheta_n}{\partial l} = S_R + S_K, \quad (6)$$

где  $\vartheta_n$  – температура грунта на дневной поверхности;  $S_K$  – конвективный теплоприток;  $S_R$  – радиационный теплоприток

$$S_K = \alpha(\vartheta_n - \Theta_A), \quad (7)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи; представляет собой эффективный  $\alpha_{\text{эф}}$  (для поверхности, покрытой снегом) или конвективный  $\alpha_k$  (при отсутствии снега) коэффициент теплоотдачи;  $\Theta_A$  – температура атмосферного воздуха.

Эффективный коэффициент теплообмена дневной поверхности грунтового массива находится по зависимости [8]:

$$\alpha_{\text{эф}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{\text{сн}}} + \frac{\delta_{\text{сн}}}{\lambda_{\text{сн}}}\right)}, \quad (8)$$

где  $\alpha_{\text{сн}}$  – коэффициент теплообмена атмосферного воздуха с поверхностью снежного покрова;  $\delta_{\text{сн}}$  – толщина слоя снега;  $\lambda_{\text{сн}}$  – коэффициент теплопроводности снега.

Конвективный коэффициент теплообмена определяется уравнением [9]:

$$\alpha_k = 0,93 \sqrt{U_1} \left(6 + \frac{6,2}{U_1}\right), \quad (9)$$

где  $U_1$  – средняя скорость ветра над дневной поверхностью, м/с.

Радиационный теплоприток находится по зависимости [8]:

$$S_P = \frac{Q_0 k (1 - A)}{t}, \quad (10)$$

где  $Q_0$  – суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность при безоблачном небе;  $k$  – коэффициент учета наклона и ориентации поверхностей [8];  $A$  – альbedo земной поверхности [8].

На границах со стороны бьефов задается отсутствие теплового потока в виде:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial l} = 0. \quad (11)$$



На границах, соприкасающиеся с водой в верхнем и нижнем бьефах, принимается распределение температуры по соответствующим поверхностям:

$$\vartheta_n = \vartheta_b(x, y, z, t), \quad (12)$$

$\vartheta_b(t)$  – температура воды у дна.

На нижней границе задается тепловой поток недр земли:

$$Q_{зем} = -\lambda \frac{\partial \vartheta}{\partial z}, \quad (13)$$

где  $Q_{зем}$  – тепловой поток недр; координата  $z$  направлена вертикально.

Кроме температурных граничных условий, необходимо задание граничных условий фильтрации.

На боковых границах задается условие отсутствия фильтрационного потока в виде:

$$\frac{\partial H}{\partial l} = 0. \quad (14)$$

На границах водных бассейнов (в верхнем и нижнем бьефах)

$$H(x, y, z) = \text{const}. \quad (15)$$

Основной сложностью реализации, описанной уравнениями (1) – (15) математической модели является прогноз изменения характеристик, таких как: температура атмосферного воздуха, температура воды рек и водохранилищ, сток воды и др.

Для оценки температуры воздуха целесообразно использовать прогнозные модели изменения климата в XXI веке экспертов Росгидромета, по результатам которых ожидается увеличение среднегодовой приземной температуры воздуха на территории России за период 2011–2030 гг. на 0,9–2 °С, за период 2041–2060 гг. – на 2–3,9 °С, за период 2080–2099 гг. – на 3,4 – 5,5 °С [3].

Прогнозные модели температуры воды водоемов (водотоков) в работах экспертов отсутствуют. В этих условиях температуру подводных элементов гидротехнических сооружений в верхнем бьефе предлагается определять из решения уравнения теплообмена в воде водохранилища, имеющему в упрощенной постановке вид [10]:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = a_s \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} \quad (16)$$

где  $a_s$  – коэффициент температуропроводности воды водохранилища.

При отсутствии ледяного покрова граничное условие на поверхности воды может быть принято в виде [10]:

$$-\lambda \frac{\partial \vartheta}{\partial z} = \alpha (\vartheta_s - \vartheta_{пов}) \quad (17)$$

где  $\vartheta_s$  – эквивалентная температура воздуха;  $\vartheta_{пов}$  – приземная температура воздуха;  $\alpha$  – коэффициент теплообмена.

$$\vartheta_s = \vartheta + (S_R + S_n) / \alpha, \quad (18)$$

где  $S_R$  – радиационный баланс;  $S_n$  – теплоотдача испарением.

При наличии ледяного покрова граничное условие на поверхности воды упрощается:

$$\vartheta = 0 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (19)$$

Наконец, температура подводных поверхностей в нижнем бьефе задается равной температуре воды, поступающей из водохранилища.

Граничное условие на дне водохранилища принимается:

– при отсутствии ледостава



$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = 0, \quad (20)$$

– при наличии льда

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = S_{\text{дн}}. \quad (21)$$

где  $S_{\text{дн}}$  – плотность теплового потока на дне.

Решение описанной модели температурного режима предполагается осуществить численными методами, например, методом конечных элементов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агеева, В. В. О влиянии глобального потепления климата на гидротехническое строительство в криолитозоне / В. В. Агеева, А. В. Февралев // Труды / Волж. гос. акад. вод. трансп. – Нижний Новгород : ВГАВТ, 2001. – Вып. 297. – С. 10–13.
2. Изменение климата, 2014 г. : Обобщающий докл. / Л. А. Мейер, Р. К. Пачаури ; Межправительственная группа экспертов по изменению климата. – Женева (Швейцария) : МГЭИК, 2014. – 163 с.
3. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / ред. А. В. Фролов ; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) – Москва : Планета, 2014. – 60 с.
4. Анисимов, О. А. Современные изменения криосферы и природной среды в Арктике / О. А. Анисимов, А. Ф. Жирков, А. Б. Шерстюков // Арктика. XXI век. Естественные науки. – 2015. – № 2. – С. 24–47.
5. Битюрин, А. К. Изменение температурного поля долин водотоков после создания водохранилищ в условиях криолитозоны / А. К. Битюрин, С. В. Соболев, А. В. Февралев // Колыма, 1993. – № 7. – С. 15–18.
6. Богословский, П. А. Расчет многолетних изменений температуры земляных плотин, основанных на толще мерзлых грунтов / П. А. Богословский // Труды / Горьк. инженер.-строит. ин-т им. В. П. Чкалова. – Горький, 1957. – Вып. 27. – С. 123–178.
7. Исаченко, В. П. Теплопередача : учеб. для студентов теплоэнергет. специальностей высш. техн. учеб. заведений / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сухомел. – Москва : Энергия, 1969. – 736 с.
8. Павлов, А. В. Расчет и регулирование мерзлого режима почвы / А. В. Павлов. – Новосибирск : Наука, 1980. – 240 с.
9. Павлов, А. В. Теплообмен почвы с атмосферой в северных и умеренных широтах территории СССР / А. В. Павлов. – Якутск : ЯКН, 1975. – 304 с.
10. Готлиб, Я. Л. Тепловой режим водохранилищ гидроэлектростанций / Я. Л. Готлиб, В. М. Жидких, Н. М. Сокольников. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1976.

© А. В. Февралев, И. С. Марков, 2018

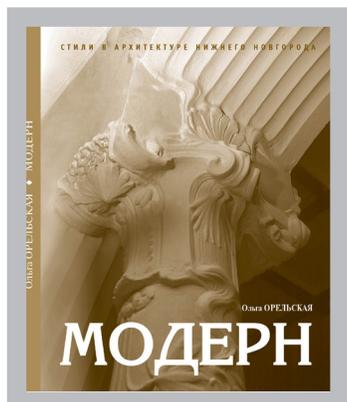
Получено: 09.06.2018 г.



## **ИСПРАВЛЕНИЕ**

В № 2, 2015 г. «Приволжского научного журнала» опубликована статья «Стратификация как фактор влияния на качество вод равнинного водохранилища». Одним из соавторов статьи является Донскова Оксана Валерьевна (Донскова О. В.)

## НОВЫЕ ИЗДАНИЯ



**Орельская, О. В. Модерн / О. В. Орельская.** – Нижний Новгород : Бегемот НН, 2018. – 176 с.: ил. – (Стили в архитектуре Нижнего Новгорода. Вып. 2). ISBN 978-5-9500977-5-1

В издательстве «БЕГЕМОТ НН» в апреле 2018 г. вышла в свет вторая книга из новой серии «Стили в архитектуре Нижнего Новгорода». Первая книга А. А. Худина «Эклектика» положила ее начало.

Автором этой научно-популярной монографии является доктор архитектуры, профессор кафедры архитектурного проектирования ННГАСУ, член-корреспондент РААСН – Орельская Ольга Владимировна. Она автор 250 научных трудов и 18 монографий. Сфера научных интересов автора – теория и история архитектуры отечественной, нижегородской и зарубежной. Студентам она читает курсы лекций по современной архитектуре и градостроительству, а также по архитектуре и градостроительству Нижнего Новгорода. В магистратуре читает курс лекций по новейшей мировой архитектуре.

Книга посвящена яркому стилистическому явлению в региональной российской архитектуре – провинциальному модерну – стилю т. н. «Серебряного века» начала XX столетия. Около ста произведений, выполненных в модерне, в настоящее время участвуют в формировании облика исторического центра древнего, почти 800-летнего города.

В монографии рассматриваются основные периоды этого стилистические направления в нижегородской архитектуре указанного периода и разновидности модерна, который за короткий срок (около 15 лет) имел различные вариации. Дается характеристика каждого из рассматриваемых вариантов модерна: раннего декоративного, «деревянного», рационалистического и историзирующего. Анализируются архитектурные произведения эпохи модерна, относящихся к творчеству известных российских и нижегородских архитекторов, лидеров того или иного направления. В приложении приводятся краткие биографические справки о жизни и деятельности мастеров архитектуры, выполнявших проекты и постройки в Нижнем Новгороде; словарь архитектурных терминов, а также список архивных дел и литературных источников.

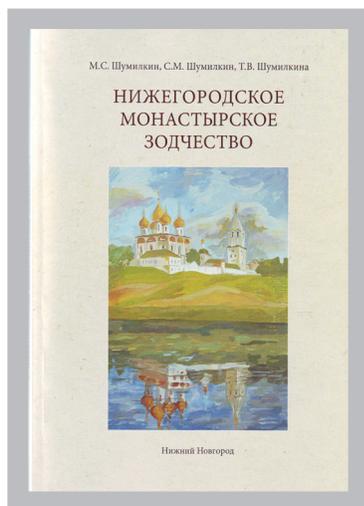
В 2000 г. вышла первая книга О. В. Орельской «Архитектура эпохи модерна в Нижнем Новгороде». Этот труд был высоко оценен специалистами и был удостоен медали Российской академии архитектуры и строительных наук в конкурсе РААСН на лучшие научные и творческие работы в области архитектуры 2001 г. И вот через 18 лет появилось новое издание, которое дополнено новыми архивными исследованиями и иллюстративными материалами. За это время в городе появились и новые произведения в стиле неомодерна, что также отражено в этой книге.

Книга полезна историкам, архитекторам, реставраторам, искусствоведам, специалистам всех гуманитарных профессий, а также студентам высших учебных заведений Нижнего Новгорода и других регионов России, обучающихся по



направлению и специальности «Архитектура», в качестве учебного пособия по истории архитектуры. Она представляет интерес также и для широкого круга читателей.

Книга иллюстрирована, снабжена ссылками на литературные источники и может быть использована в качестве учебного пособия по истории архитектуры, искусствоведению и краеведению.



**Шумилкин, М. С.** Нижегородское монастырское зодчество : монография / М. С. Шумилкин, С. М. Шумилкина, Т. В. Шумилкина; Нижегород. гос. архитектур. ун-т – Н. Новгород : ННГАСУ, 2018. – 195 с.

**ISBN 978-5-528-00263-7**

Монография посвящена истории строительства и формирования архитектурных комплексов монастырей Нижегородского края. Исследуется история возникновения российских монастырей, особенности их архитектурно-пространственного построения. Проводится комплексный анализ архитектурно-планировочной и композиционной структуры нижегородских монастырей, особенно XVIII – начала XX в.

Использованы учебные работы и обмерные чертежи кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования, архивные материалы Центрального архива Нижегородской области и Управления государственной охраны объектов культурного наследия Нижегородской области, литературные источники, приводятся графические реконструкции авторов монографии, а также научно-проектная документация Архитектурного бюро «Этюд», НИП «Этнос», ЗАО ТИК «Старый Нижний Новгород», г. Н. Новгород; ООО «РИЦ», г. Владимир, НПП «Симаргл», г. Москва.

Предназначена для студентов направлений подготовки 07.03.01 «Архитектура» и 07.03.03 «Дизайн архитектурной среды», а также историков архитектуры, архитекторов-реставраторов и краеведов.



**Шеховцов, Г. А.** Современные методы геодезического контроля ходовой части и путей мостовых кранов: монография. 2-е изд., переработанное и дополненное / Г. А. Шеховцов ; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. – 185 с.

**ISBN 978-5-528-00284-2**

Рассматриваются методы геодезического контроля кранового хозяйства промышленных предприятий в соответствии с требованиями СНиП и «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов».

Приводятся общие сведения о мостовых кранах опорного и подвесного типов. Изложены требования к геометрическим параметрам ходовой части кранов, их мостов и крановых путей. Обоснована необходимая точность определения этих

параметров и показаны условия производства геодезических работ.

Дается описание различных методов геодезических измерений непрямолинейности подкрановых рельсов, ширины колеи и нивелирования доступных и недоступных подкрановых путей. Изложены способы съемки ходовой части крана и подкрановых балок. Рассмотрены различные аспекты автоматизации геодезической съемки и оптимизации положения подкрановых путей.

Книга рассчитана на работников геодезического производства и будет полезна как специалистам, выполняющим работы по монтажу, строительству и контролю над эксплуатацией кранового оборудования, так и студентам технических вузов.



## ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И УСЛОВИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НАУЧНОЙ СТАТЬИ В ПЕРИОДИЧЕСКОМ НАУЧНОМ ИЗДАНИИ «ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»

### 1. Список материалов, необходимых для публикации научной статьи

1.1. Автор (авторы) в соответствии с приведенными ниже требованиями должен оформить материалы научной статьи: рукопись статьи и сопроводительные документы к ней. Журнал является двуязычным и материалы научной статьи могут подаваться в редакцию на русском или на английском языках (здесь имеется ввиду язык основного текста статьи, т. к. часть материалов статьи должна оформляться на обоих языках).

1.2. Рукопись статьи представляется в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4 (оформление – см. п. 2) и в электронном виде (оформление – см. п. 3). **Печатный и электронный варианты рукописи статьи должны быть идентичны.**

1.3. Сопроводительные документы к рукописи статьи должны включать в себя:

1.3.1. Сопроводительное письмо в двух экземплярах в печатном виде на листе формата А4 **по утвержденной форме**, которая приведена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> Данное письмо подписывается руководителем организации (юридического лица), откуда исходит рукопись статьи. Если автор статьи не является работником какой-либо организации, не является аспирантом, докторантом, соискателем ученой степени, то сопроводительное письмо подписывается им лично (в этом случае к сопроводительному письму должны прилагаться документы, подтверждающие статус безработного). Для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, сопроводительное письмо представлять не требуется.

1.3.2. Выписку из протокола заседания кафедры (отдела, научно-технического совета или иного правомочного органа) с рекомендацией статьи к публикации в Приволжском научном журнале в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то вместо выписки представляется рекомендация к опубликованию, подписанная научным работником, имеющим ученую степень по соответствующей специальности (определяется по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России).

1.3.3. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Данный документ оформляется по форме, утвержденной в организации, откуда исходит рукопись статьи. Форма экспертного заключения, утвержденная в ННГАСУ, размещена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> (для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, данный документ оформляется в отделе интеллектуальной собственности и трансфера технологий (корпус II, каб. 213-а, тел.: (831) 430-19-34)).

Если в организации, откуда исходит рукопись статьи, нет утвержденной формы экспертного заключения, то в качестве образца может использоваться форма ННГАСУ (при этом автор должен внести соответствующие изменения в наименования должностей и Ф.И.О. ответственных лиц). Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати представлять не требуется.

1.3.4. Документ (копия бланка подписки), подтверждающий оформление подписки на Приволжский научный журнал на 2 (два) номера или более (ин-



декс 80382 в каталоге Агентства «Роспечать»). Подписка может быть оформлена физическим или юридическим лицом. Требование по оформлению подписки **не распространяется** на следующие категории лиц: 1) на аспирантов (статус аспиранта подтверждается справкой из организации, в которой проходит обучение в аспирантуре); 2) на штатных сотрудников ННГАСУ; 3) на членов редакционной коллегии Приволжского научного журнала. *Примечание:* если соавтором статьи является лицо, не относящееся ни к одной из вышеуказанных категорий, то требование по оформлению подписки на журнал сохраняется.

1.4. Если авторами статьи являются работники различных организаций (юридических лиц), то сопроводительные документы оформляются от одной из организаций (по усмотрению авторов), а от остальных необходимо представить выписки из протоколов заседаний кафедр (отделов, научно-технических советов или иных правомочных органов) с рекомендацией статьи к опубликованию с учетом сформированного авторского коллектива. Данные выписки должны быть подписаны руководителем организации, которая заверяется печатью организации.

## **2. Правила оформления рукописи научной статьи в печатном виде**

2.1. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи **на русском языке**) должна включать в себя следующие составные элементы:

- индекс УДК (универсальная десятичная классификация);
- фамилии, инициалы авторов **на русском языке**;
- ученые степени и ученые звания авторов **на русском языке** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);
- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) **на русском языке** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);
- название статьи **на русском языке**;
- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на русском языке**;
- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на русском языке**: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;
- ключевые слова **на русском языке** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);
- аннотация статьи **на русском языке** (общий объем не более 0,3 стр.);
- основной текст статьи **на русском языке**;
- библиографический список **на русском языке** (не менее трех источников);
- фамилии, имена, отчества (полностью) авторов **на английском языке**;
- ученые степени и ученые звания авторов **на английском языке** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);
- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) **на английском языке** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);
- название статьи **на английском языке**;
- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на английском языке**;



- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на английском языке**: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;

- ключевые слова **на английском языке** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);  
- аннотация статьи **на английском языке** (общий объем не более 0,3 стр.);  
- библиографический список **на английском языке** (не менее трех источников);  
- знак охраны авторского права, состоящий из следующих элементов: латинская буква «С» в окружности, фамилии, инициалы авторов на русском языке, год направления статьи в редакцию.

**Расположение и оформление вышеперечисленных частей рукописи статьи должно соответствовать образцу оформления научной статьи, который размещен на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru>.**

2.2. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи **на английском языке**) должна включать в себя те же составные элементы, которые указаны в п. 2.1. При этом русскоязычное написание заменяется на англоязычное, а англоязычное – на русскоязычное.

2.3. При оформлении рукописи статьи необходимо соблюдать следующие требования:

2.3.1. Текст рукописи статьи набирается на компьютере в текстовом редакторе «Microsoft Word» и распечатывается на принтере на листах бумаги формата А4 с одной стороны. Плотность бумаги 80 г/м<sup>2</sup>. Размеры полей страниц: верхнее 25 мм, нижнее 25 мм, левое 25 мм, правое 25 мм. Страницы должны быть пронумерованы в нижней правой части.

2.3.2. Текст рукописи статьи набирается шрифтом Times New Roman Cyr. Шрифт № 14 с межстрочным интервалом 1,0 (одинарный) используется для набора следующих частей рукописи: индекс УДК, Ф.И.О. авторов, ученые степени и ученые звания авторов, должности авторов, название статьи. Шрифт № 14 с межстрочным интервалом 1,5 (полуторный) используется для набора следующих частей рукописи: основной текст статьи, знак охраны авторского права. Шрифт № 12 с межстрочным интервалом 1,0 (одинарный) используется для набора следующих частей рукописи: наименование организации (места работы авторов), контактная информация (адрес организации и др.), аннотация статьи, ключевые слова, библиографический список.

2.3.3. Буквы русского и греческого алфавитов (в том числе индексы), а также все цифры (в том числе индексы) необходимо набирать прямым шрифтом, а буквы латинского алфавита – курсивом. Аббревиатуры, стандартные функции (Re, sin, cos и т. п.) и символы химических элементов набираются прямым шрифтом.

2.3.4. Текст статьи может включать формулы, которые должны набираться **только с использованием редактора формул «Microsoft Word»**. При этом необходимо использовать редактор формул «MathType 6» или «Microsoft Equation 3.0». При использовании текстового редактора «Microsoft Word, Office-2010» не допускается использование редактора формул, открывающегося по команде «Вставка – Формула» (кнопка « $\pi$ » на панели быстрого доступа). В данной версии необходимо в меню «Вставка» нажать кнопку «Объект» и в выпадающем меню выбрать тип вставляемого объекта – «Microsoft Equation 3.0». Шрифт формул должен соответствовать требованиям, предъявляемым к основному тексту статьи (см. выше). В статье должен быть необходимый минимум формул, все второстепенные и промежуточные математические преобразования при необходимости могут выноситься в приложение к статье (в качестве поясняющей информации для рецензента).

2.3.5. Текст статьи может включать таблицы, а также графические материалы (рисунки, графики, фотографии и др.). Данные материалы должны иметь сквоз-

ную нумерацию и названия. На все таблицы и графические материалы должны быть сделаны ссылки в тексте статьи. При этом расположение данных объектов должно быть после ссылок на них. Шрифт таблиц должен соответствовать требованиям, предъявляемым к тексту статьи (см. выше). Шрифт надписей внутри рисунков, графиков, фотографий и др. графических материалов Times New Roman Суг, размер № 12, межстрочный интервал 1,0 (одинарный). В случае использования в статье цветных графических материалов (рисунки, графики, фотографии и др.) их необходимо скомпоновать на четном количестве страниц – либо на двух, либо на четырех отдельных страницах (но не более четырех страниц). К данным рисункам должны быть сделаны подписи, а в тексте статьи на них должны быть ссылки. Использование цветных графических материалов должно быть оправданным (в тех случаях, когда их нельзя заменить черно-белым аналогом).

2.3.6. Библиографический список должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008 (с учетом вступления в силу последующих версий данного документа). Нумерация литературных источников в списке дается в порядке последовательности ссылок. На все литературные источники должны быть ссылки в тексте статьи (в квадратных скобках). В библиографический список включаются только те работы (документы), которые опубликованы в печати на момент представления рукописи статьи в редакцию. Количество литературных источников в списке должно быть не менее 3-х. В качестве цитируемых литературных источников должны использоваться научные статьи, опубликованные за последние 5 лет в российских и зарубежных рецензируемых научных периодических изданиях. Не допускается ссылаться на учебники и учебные пособия, научно-популярную литературу, если они не являются объектом исследования. В англоязычном варианте библиографического списка русскоязычные литературные источники должны быть представлены в транслитерации, на латинице. Кроме того названия статей и названия журналов переводятся на английский язык (перевод указывается в квадратных скобках). Библиографические описания англоязычных изданий приводятся в оригинальном виде. Для изданий на других языках названия статей и названия журналов должны быть переведены на английский язык (перевод указывается в квадратных скобках).

2.3.7. Объем рукописи статьи (включая черно-белые и цветные графические материалы), оформленной с учетом вышеперечисленных требований, **не должен превышать**: а) 11 (одиннадцать) страниц при наличии в тексте не менее 3-х графических материалов (рисунков, графиков, фотографий); б) 8 (восемь) страниц во всех остальных случаях.

2.4. Рукопись статьи должна быть тщательно отредактирована и подписана всеми авторами (лично) с обратной стороны последней страницы с указанием даты представления рукописи в редакцию (число.месяц.год).

### **3. Правила оформления рукописи научной статьи в электронном виде**

3.1. В электронном виде необходимо представить файл, подготовленный в редакторе «Microsoft Word» (тип файла «doc» или «docx» или «rtf»). Данный файл должен включать рукопись статьи (подготовленной в соответствии с п. 2) со вставленными в текст графическими материалами (если они имеются). В названии файла должна присутствовать фамилия автора статьи. Файл должен быть записан на компакт-диск (CD-R или CD-RW).

3.2. Каждый отдельный графический материал (рисунок, график, фотография и др.) должен быть записан в виде отдельного файла, при этом названия файлов должны соответствовать нумерации данных материалов (например: «Рис.1»). Все графические материалы должны быть доступны для редактирования, для этого



они должны быть представлены **в исходном формате** (например, для рисунков, созданных в графическом редакторе «CorelDraw», необходимо представление файлов в формате «cdr»). Представление графиков, рисунков и т. п. графических материалов в виде отсканированных изображений **не допускается**. Файлы фотографий должны иметь расширение «jrg». Качество всех графических материалов должно быть высоким (не ниже 300 dpi).

#### **4. Порядок представления в редакцию материалов научной статьи**

Подготовленные с учетом всех вышеперечисленных требований материалы научной статьи (рукопись статьи и сопроводительные документы к ней) должны быть запечатаны в конверт формата А4, на котором указывается адрес редакции: *Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Ответственному секретарю Приволжского научного журнала Моничу Д. В.*

Конверт с материалами может быть отправлен по почте, с использованием курьерской доставки или доставлен лично автором (доверенным лицом автора). В случае отправки с использованием курьерской доставки, а также в случае личной доставки, конверт необходимо сдавать в канцелярию ННГАСУ (г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65, ННГАСУ, корпус I, 1-й этаж, каб. 127).

#### **5. Порядок рассмотрения редакцией материалов научной статьи и ее рецензирования**

5.1. После получения материалов научной статьи ответственный секретарь журнала проводит оценку их достаточности и правильности оформления. В случае отклонений от установленных требований, автору по электронной почте направляется письмо с уведомлением: «Материалы научной статьи не соответствуют требованиям, установленным редакцией журнала».

5.2. Материалы статей, оформленные в соответствии с установленными требованиями, ответственный секретарь регистрирует и направляет для рассмотрения члену редакционной коллегии журнала, который имеет соответствующую специальность (по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России). Член редакционной коллегии организует рецензирование (экспертную оценку) рукописи научной статьи в соответствии с порядком, установленным редакцией журнала. С составом редакционной коллегии, в т. ч. с научными специальностями ее членов, а также с «Порядком рецензирования научных статей» можно ознакомиться на интернет-сайте Приволжского научного журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru>

5.3. Если на статью получена положительная рецензия, то она включается в план публикации соответствующего тематического раздела журнала. Автору статьи по почте, а также по электронной почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Включено в план публикации». Сроки и очередность опубликования устанавливаются редакцией с учетом количества статей, находящихся в плане публикации соответствующего тематического раздела журнала. Как правило, дата приема статей для издания очередного номера устанавливается не позднее, чем за 4 (четыре) месяца до месяца выхода (например, для № 1 (март) этот срок должен быть не позднее 01 ноября). При этом дата устанавливается по дате получения редакцией положительной рецензии на статью.

5.4. Если на статью получена рецензия с замечаниями, но рецензент указывает на возможность публикации статьи после доработки, то автору статьи по почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «На доработку». Порядок оформления, представления и рассмотрения дорабо-



танных рукописей статей такой же, как для вновь поступающих материалов статей. К доработанной рукописи статьи необходимо приложить документ «Ответы на замечания рецензента», оформленный в печатном виде на листах формата А4, в двух экземплярах. Ответы даются на каждое замечание (по пунктам), внизу ставятся личные подписи всех авторов с указанием даты представления доработанной рукописи в редакцию (число.месяц.год). Подписи авторов должны быть заверены канцелярией или отделом кадров организации, откуда исходит рукопись статьи. Сопроводительные документы к рукописи статьи (по п. 1.3.) переформируются только в том случае, если при доработке изменяется название статьи и (или) изменяется авторский коллектив.

5.5. Если на статью получена отрицательная рецензия (рецензия с замечаниями, без указания на возможность публикации статьи после доработки), то автору статьи по почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Не рекомендуется к публикации».

#### **6. Общие требования и условия публикации**

6.1. Редакцией не принимаются к рассмотрению: 1) научные статьи, не соответствующие тематическим направлениям журнала, по которым осуществляется рецензирование (экспертная оценка). Данные направления соответствуют научным направлениям членов редакционной коллегии журнала (по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России); 2) научные статьи, публиковавшиеся ранее; 3) материалы, не соответствующие установленным редакцией требованиям; 4) рекламные материалы.

6.2. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей статей. Редакция имеет право частично или полностью предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования, а также размещать данные материалы на интернет-сайте журнала.

6.3. Авторский коллектив, направляющий научную статью в редакцию журнала, несет ответственность за неправомерное использование объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права или «ноу-хау» в полном объеме, в соответствии с действующим законодательством.

6.4. Авторские права на каждый номер журнала (в целом) принадлежат учредителю журнала – федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Перепечатка материалов «Приволжского научного журнала» без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

6.5. Материалы научных статей, направляемые в редакцию журнала, авторам не возвращаются. Вознаграждение (гонорар) за опубликованные научные статьи не выплачивается.

6.6. Оплата за рассмотрение научной статьи редакцией взимается путем оформления автором подписки на журнал (условия – см. п. 1.3.4 выше). Плата с аспирантов за публикацию научных статей не взимается.



**ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА**  
**на I полугодие 2019 г.**  
**НА ПЕРИОДИЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ**  
**«ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»**

Основан в 2006 году

**Периодичность – ежеквартально**

Журнал рассчитан на профессорско-преподавательский состав, аспирантов, а также студентов старших курсов вузов, работников научно-исследовательских и проектных институтов, инженерно-технический персонал организаций и предприятий.

**Журнал имеет разделы:**

- Строительные конструкции, здания и сооружения (05.23.01);
- Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (05.23.03);
- Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов (05.23.04);
- Строительные материалы и изделия (05.23.05);
- Гидротехническое строительство (05.23.07);
- Гидравлика и инженерная гидрология (05.23.16);
- Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства (05.23.19);
- Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (05.23.20);
- Архитектура зданий и сооружений.  
Творческие концепции архитектурной деятельности (05.23.21);
- Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (05.23.22).

**В ЖУРНАЛЕ ПУБЛИКУЮТСЯ**

статьи о результатах научных исследований по группе научных специальностей 05.23.00 «Строительство и архитектура». Статьи рецензируются.

**Каталожная цена за 6 месяцев – 1000 руб.**  
**Цена отдельного номера – 500 руб.**

**Подписной индекс по каталогу Агентства «Роспечать» –**  
**«Газеты. Журналы»: 80382**

**Адрес редакции: Россия, 603950, г. Нижний Новгород,**  
**ул. Ильинская, д. 65.**  
**Тел./факс: (831) 433-04-36, 430-19-46**

ISSN 1995-2511



9 771995 251524 >