ISSN 1995-2511

# ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

3 2019

ISSN 1995-2511

# ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**Периодическое научное издание**

**№ 3**

**Сентябрь 2019**

**Нижний Новгород**

ББК 95; я5
П 75
ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 3 (51)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2019. 148 с., 8 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 28.12.2018 г.

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

чл.-корр. РААСН, д-р арх., проф. Е. А. АХМЕДОВА; чл.-корр. РААСН, проф. В. Н. БОБЫЛЕВ; засл. деят. науки РФ, д-р техн. наук, проф. В. И. БОДРОВ; д-р техн. наук, проф. А. М. БРАГОВ; д-р техн. наук, проф. А. Л. ВАСИЛЬЕВ; д-р биол. наук, проф. Д. Б. ГЕЛАШВИЛИ; чл.-корр. РААСН, д-р арх., проф. А. Л. ГЕЛЬФОНД; д-р наук, проф. Р. ГРЭФЕ; засл. деят. науки РФ, чл.-корр. 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.-корр. 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 20.09.2019 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная
Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,3 + вкл. 1,4. 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.ннгасу.рф
**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, 2019**

ISSN 1995-2511

# THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL

**Scientific periodical**

**№ 3**

**September 2019**

**Nizhny Novgorod**

THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL, № 3 (51)

Scientific periodical. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2019. 148 p., 8 p. of colour illustrations.

**Founder & Publisher:** The Nizhny Novgorod State University of Archite--cture 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 – «Conctruction and architecture». A new version of the list is approved by decision of the Ministry of Education and Science of Russia on 28.12.2018.

**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. M. BRAGOV; 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 20.09.2019. Format 70×108/16. Offset paper.
Offset printing. Ref. publ. p. 13.3 + illust. 1,4. 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.

ISSN 1995-2511 **© NNGASU, 2019**

## С О Д Е Р Ж А Н И Е

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

**Бобылев В. Н., Гребнев П. А., Щеголев Д. Л., Монич Д. В.** Исследования звукоизлучения ограждающей конструкцией с применением интенсиметрического комплекса ..... 9

**Бобылев В. Н., Монич Д. В., Гребнев П. А., Попов С. Р.** Исследования звукоизоляции ограждающих конструкций с присоединенными элементами ..... 13

**Хазов П. А., Санкина Н. В.** Резонансный анализ конструктивных схем каркасного здания с учетом податливости основания при ветровых и штормовых воздействиях ..... 18

**Шеховцов Г. А., Кочетова Э. Ф.** Определение планово-высотного положения подкрановых путей фотографическим способом ..... 28

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

**Федосов С. В., Федосеев В. Н., Воронов В. А.** Использование низкопотенциальной теплоты окружающего воздуха в испарительно-конденсационном блоке воздушного теплового насоса ..... 37

**Бодров В. И., Болдин В. П., Кузин В. Ю.** Исследования применения приточных и вытяжных устройств в системах естественной вентиляции современных многоквартирных домов ..... 46

**Бодров В. И., Бодров М. В., Смыков А. А.** Исследование систем лучистого отопления на базе низкотемпературных инфракрасных излучателей ..... 52

**Рымаров А. Г.** Исследование применения крытых дворов в холодный период года .... 58

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

**Тарасов А. С., Васильев А. Л.** Экологические аспекты функционирования предприятий текстильной промышленности ..... 65

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

**Митина Е. А., Новичков П. И., Сыромясов А. О., Балатханова Э. М., Макаров Ю. А.** Оценка теплотехнических свойств и прочности трехслойных ограждающих конструкций на основе каркасных бетонов с помощью программного комплекса “ANSYS workbench” ..... 72

### ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

**Соболь С. В., Чжан Р. В.** Фрактальные показатели действующих водохранилищ криолитозоны ..... 82

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

**Гельфонд А. Л.** Особенности архитектурной типологии мультимедийных музеев «Россия – моя история» ..... 94

**Шумилкин А. С.** Эволюция отношения к сохранению отечественного наследия архитектуры с позиции теории временных циклов ..... 100

**Шумилкин С. М., Шумилкин М. С.** Этапы нижегородской реставрации XX века .... 106

**Худин А. А.** Двойное кодирование в архитектуре постмодернизма ..... 113

**Зайцев А. А.** Аспекты контекстуализма при формировании нового здания в исторической среде ..... 121

**АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Генералова Е. М.** Вертикальные торговые центры ..... 125

**Гоголева Н. А.** Взаимосвязь конструктивного и пластического решений в куполах и сводах ..... 130

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ**

Юбилей профессора Р. Г. Стронгина ..... 137

Юбилей профессора В. П. Сучкова ..... 139

Новые издания ..... 140

Перечень требований и условий, предоставляемых для публикации в периодическом научном издании «Приволжский научный журнал» ..... 142

**НА ОБЛОЖКЕ:** Набережная р. Волги в г. Самаре. Фото О. А. Соболь

## CONTENTS


### BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES

**Bobylyov V. N., Grebnev P. A., Schyogolev D. L., Monich D. V.** Research of sound emission by an enclosing structure applying an intensimetric complex ..... 9

**Bobylyov V. N., Monich D. V., Grebnev P. A., Popov S. R.** Research of sound insulation of enclosing structures with connected elements ..... 13

**Khazov P. A., Sankina N. V.** Resonance analysis of constructive schemes of frame buildings adjusted for compliance of the foundation under wind and storm exposure ..... 18

**Shekhovtsov G. A., Kochetova E. F.** Determination of the planned-high-altitude position of crane tracks by a photographic method ..... 28

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

**Fedosov S. V., Fedoseev V. N., Voronov V. A.** The use of low-grade heat of the ambient air in the evaporator-condenser unit of an air heat pump ..... 37

**Bodrov V. I., Boldin V. P., Kuzin V. Yu.** Study of application of supply and exhaust devices in the systems of natural ventilation of modern apartment houses ..... 46

**Bodrov V. I., Bodrov M. V., Smykov A. A.** Study of radiant heating systems on the basis of low-temperature infrared radiators ..... 52

**Rymarov A. G.** A study of use of covered yards in the cold season ..... 58

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

**Tarasov A. S., Vasilev A. L.** Ecological aspects of operation of textile industry enterprises ..... 65

### CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

**Mitina E. A., Novichkov P. I., Syromyasov A. O., Balatkhanova E. M., Makarov Yu. A.** Evaluation of heat engineering properties and strength of three-layer enclosing structures based on frame concrete using the “ANSYS workbench” software package ..... 72

### HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTION

**Sobol S. V., Chzhan R. V.** Fractal indicators of acting cryolithozone reservoirs ..... 82

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

**Gelfond A. L.** The features of architectural typology of multimedia museums “Russia – my history” ..... 94

**Shumilkin A. S.** Evolution of the attitude to preservation of domestic heritage of architecture from the position of the theory of time cycles ..... 100

**Shumilkin S. M., Shumilkin M. S.** Stages of Nizhny Novgorod restoration of the XX century ..... 106

**Khudin A. A.** Double coding in architecture of postmodernism. ..... 113

**Zaytsev A. A.** Contextualism in the formation of a new building in historical environment ..... 121

**ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. CREATIVE CONCEPTS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY**

**Generalova E. M.** Vertical shopping centres..... 125

**Gogoleva N. A.** Interrelation of constructive and plastic solutions in domes and vaults..... 130

**INFORMATION SECTION**

Jubillee of professor R. G. Strongin..... 137

Jubillee of professor V. P. Suchkov ..... 139

New publications..... 140

List of requirements for publication in the scientific periodical “Privolzhsky Scientific Journal” 142

**COVER PAGE:** The Volga river embankment in the city of Samara. Photo by O. A. Sobol

**УДК 699.844**

**В. Н. БОБЫЛЕВ, чл.-корр. РААСН, проф., зав. кафедрой архитектуры; П. А. ГРЕБНЕВ, канд. техн. наук, начальник УНИЦ «Строительные конструкции», доц. кафедры архитектуры; Д. Л. ЩЕГОЛЕВ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры; Д. В. МОНИЧ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры**

# ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗЛУЧЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕНСИМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.
Тел.: (831) 430-19-46; эл. почта: dmitriy.monich@mail.ru
*Ключевые слова:* звукоизлучение, уровень звукового давления, звукоизоляция, ограждающая конструкция, интенсиметрический комплекс.

*Представлены результаты экспериментальных исследований звукоизоляции и звукоизлучения однослойной тонкой ограждающей конструкцией с применением методов акустической интенсиметрии. Измерения проводились в лабораторных условиях, в реверберационных камерах. Приведены сведения об экспериментальной установке.*

Для измерений звукоизоляции ограждающих конструкций зданий в лабораторных условиях применяется стандартная методика ГОСТ 27296-2012. При этом измеряются уровни звукового давления в диффузном звуковом поле двух смежных реверберационных камер. Однако такие измерения не позволяют исследовать звукоизлучение ограждением в ближнем звуковом поле, что представляет особый интерес для изучения механизма прохождения звука. Решение данной задачи возможно с помощью методов акустической интенсиметрии [1]–[4].

В лаборатории акустики Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета проведены первые эксперименты с применением интенсиметрического комплекса "*Sinus*" (Германия). В качестве объекта исследований было использовано однослойное тонкое ограждение – гипсоволокнистый лист (ГВЛ) толщиной 12,5 мм, закрепленный по контуру в проеме реверберационных камер.

На первом этапе были проведены измерения звукоизоляции ограждения по методике ISO 15186-1:2000 (см. рис. 1).

Звукоизоляция образца определялась по формуле:

$$R_{I,M} = L_{p1} - 6 - [L_{In} + 10\lg(S_m/S)] + K_c\,, \qquad (1)$$

где $L_{p1}$ – средний уровень звукового давления в КВУ, дБ; $L_{In}$ – средний уровень интенсивности звука на измерительной поверхности в КНУ, дБ; $S_m$ – площадь измерительной поверхности, м$^2$; $S$ – площадь образца, м$^2$; $K_c$ – адаптирующий коэффициент, дБ.

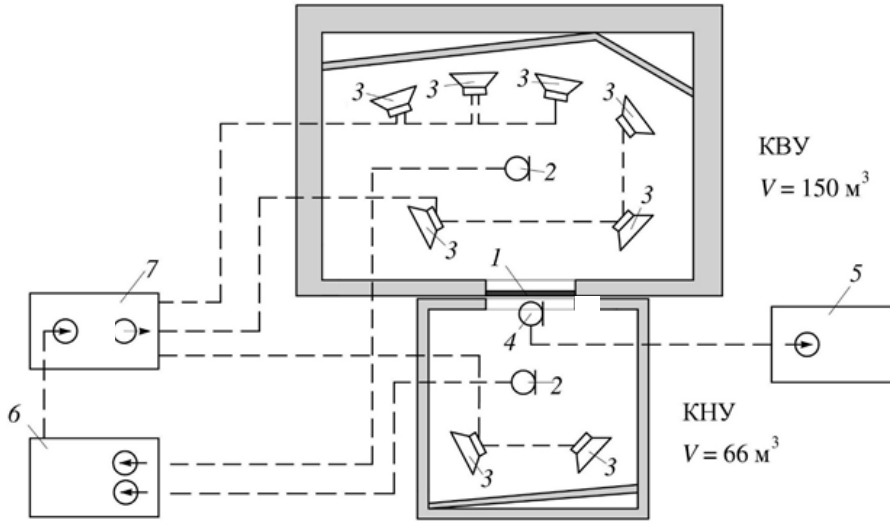



Рис. 1. Схема экспериментальной установки по измерению звукоизоляции ограждающей конструкции с использованием интенсиметрического комплекса: *1* – исследуемый образец; *2* – измерительный микрофон; *3* – электроакустические излучатели; *4* – интенсиметрический зонд; *5* – измерительная аппаратура с программным обеспечением для обработки сигнала; *6* – шумомер со встроенным генератором сигнала; *7* – усилитель мощности; КВУ – камера высокого уровня; КНУ – камера низкого уровня

На рис. 2 представлены результаты проведенных измерений в сравнении с частотной характеристикой звукоизоляции ограждения, измеренной по стандартной методике.

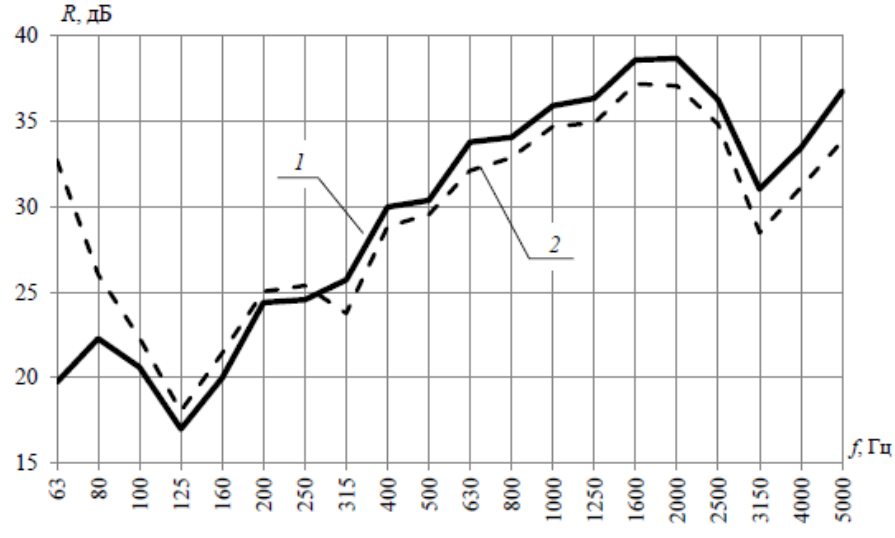
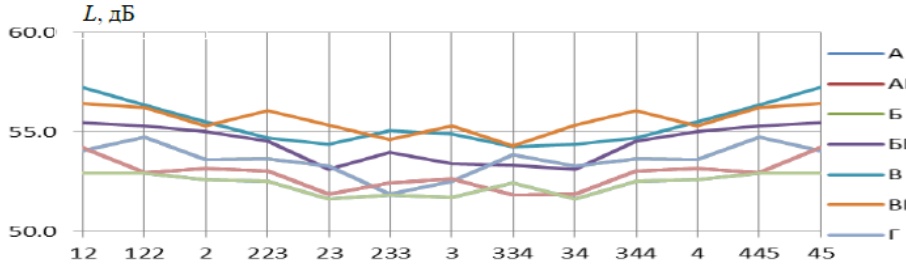
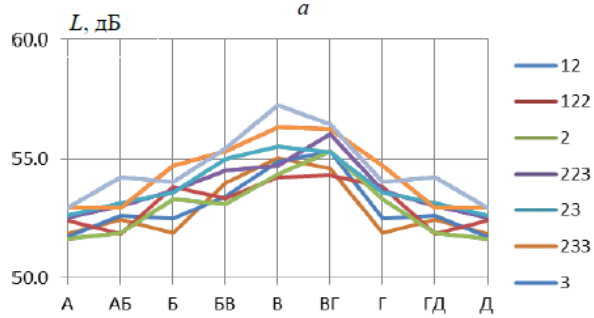



Рис. 2. Экспериментальные частотные характеристики звукоизоляции исследуемой однослойной тонкой ограждающей конструкции (ГВЛ толщиной 12,5 мм): *1* – по результатам измерений с использованием интенсиметрического комплекса по ISO 15186-1:2000; *2* – по результатам измерений по стандартной методике ГОСТ 27296-2012

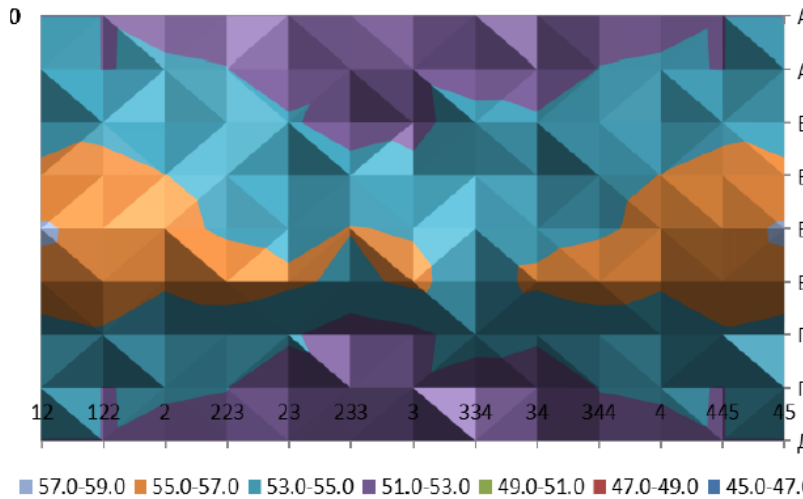
**К СТАТЬЕ В. Н. БОБЫЛЕВА, П. А. ГРЕБНЕВА, Д. Л. ЩЕГОЛЕВА, Д. В. МОНИЧА «ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗЛУЧЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕНСИМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА»**




*а*

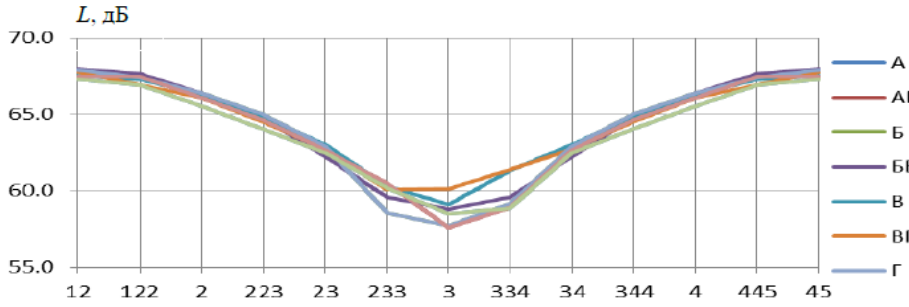



*б*

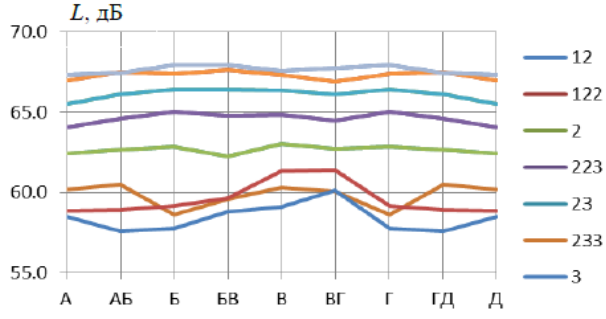



*в*

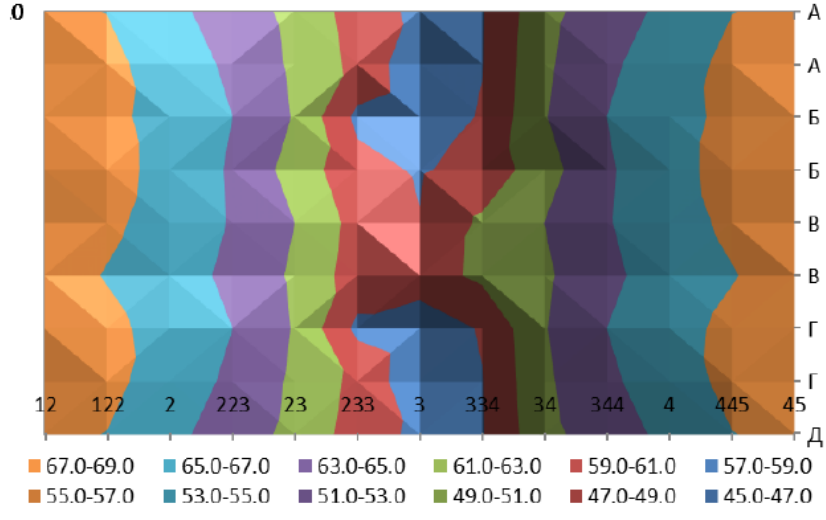
Рис. 1. Уровни звукового давления в ближнем поле ограждения ($f$ = 50 Гц): *а* – по длинной стороне ($a$ = 2,0 м); *б* – по короткой стороне ($b$ = 1,2 м); *в* – визуализация по результатам измерений




*а*

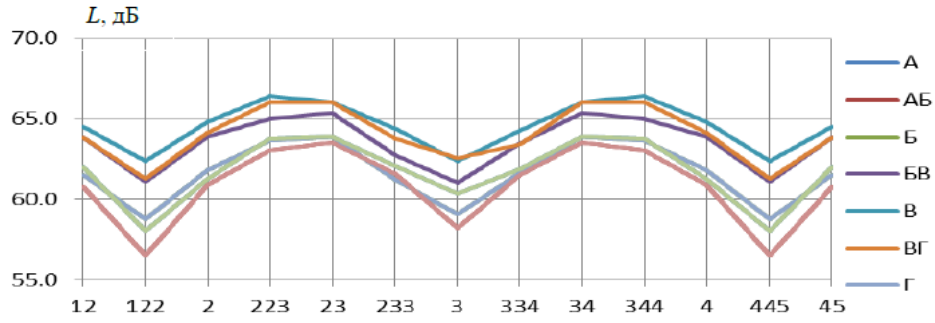



*б*

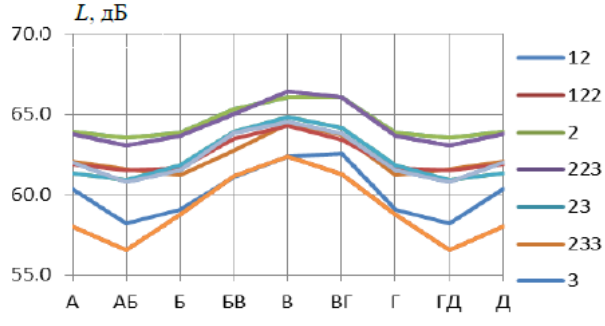



*в*

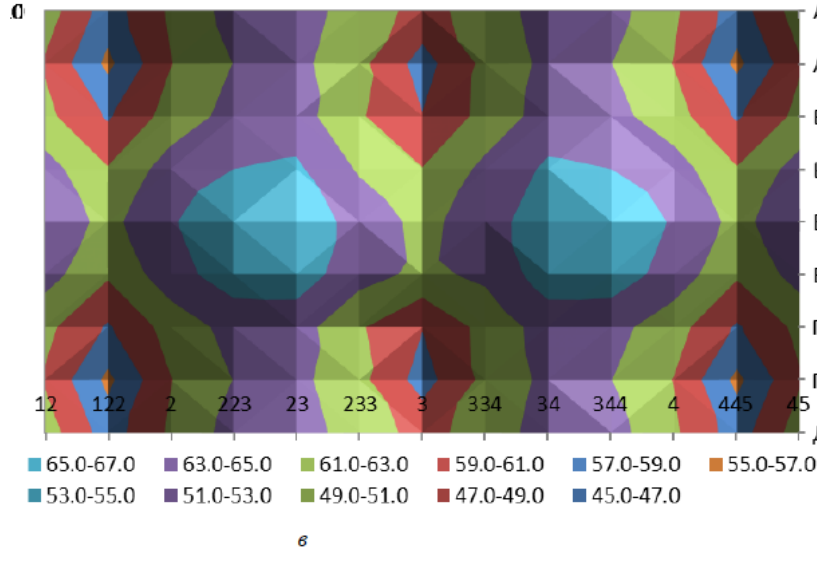
Рис. 2. Уровни звукового давления в ближнем поле ограждения ($f$ = 160 Гц): *а* – по длинной стороне ($a$ = 2,0 м); *б* – по короткой стороне ($b$ = 1,2 м); *в* – визуализация по результатам измерений




*а*

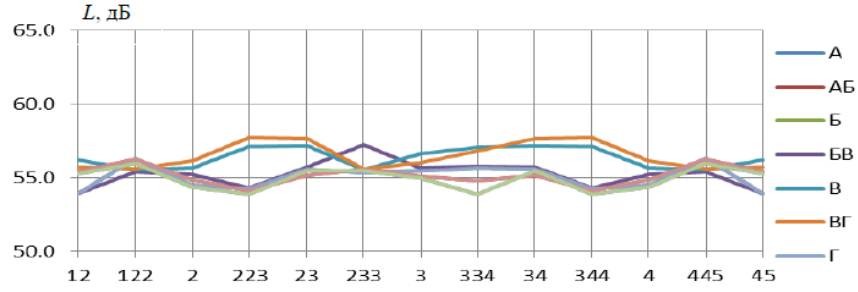



*б*

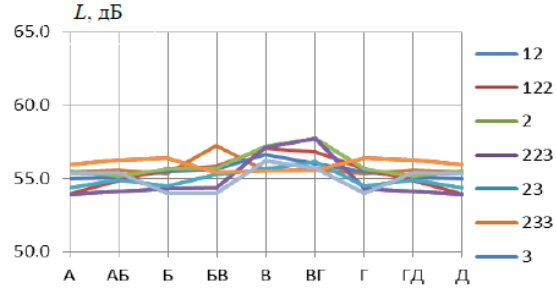



*в*

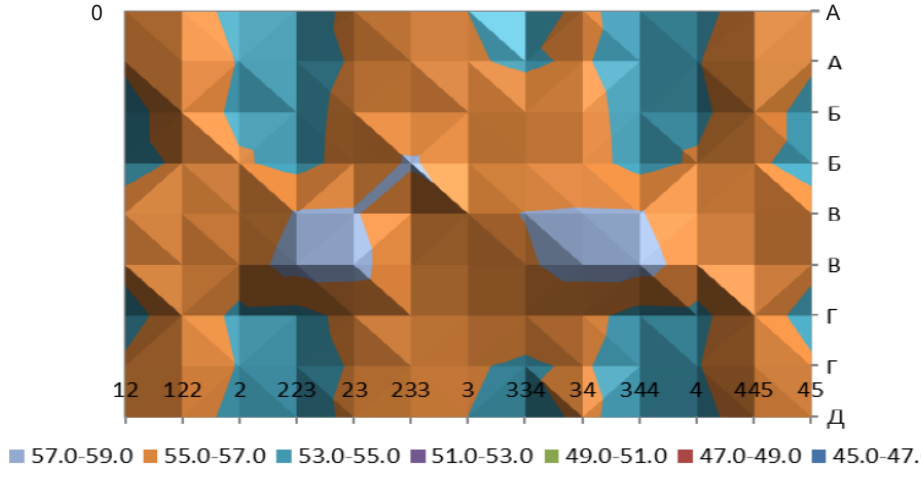
Рис. 3. Уровни звукового давления в ближнем поле ограждения ($f$ = 315 Гц): *а* – по длинной стороне ($a$ = 2,0 м); *б* – по короткой стороне ($b$ = 1,2 м); *в* – визуализация по результатам измерений




*а*




*б*




*в*

Рис. 4. Уровни звукового давления в ближнем поле ограждения ($f$ = 800 Гц): *а* – по длинной стороне ($a$ = 2,0 м); *б* – по короткой стороне ($b$ = 1,2 м); *в* – визуализация по результатам измерений

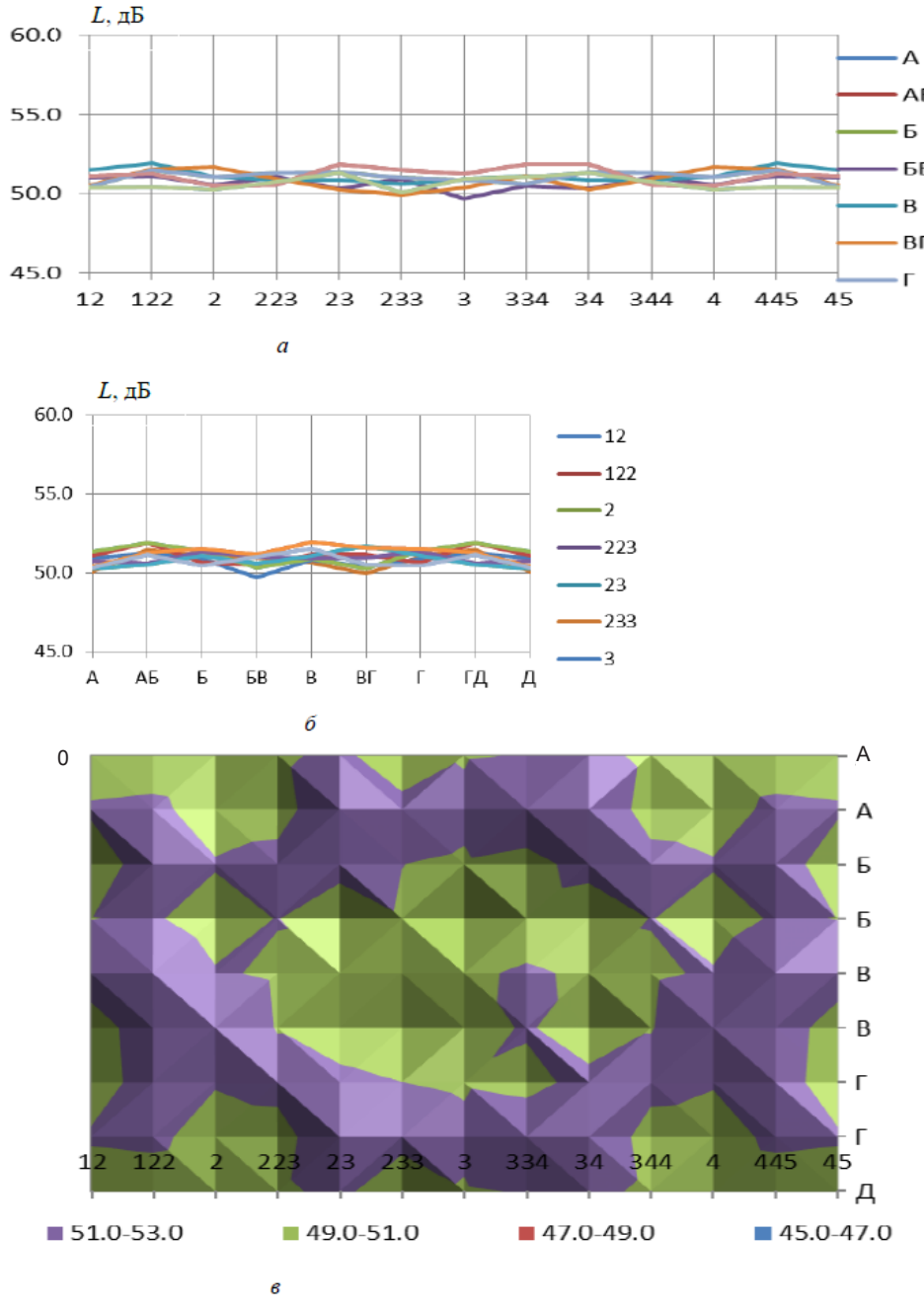
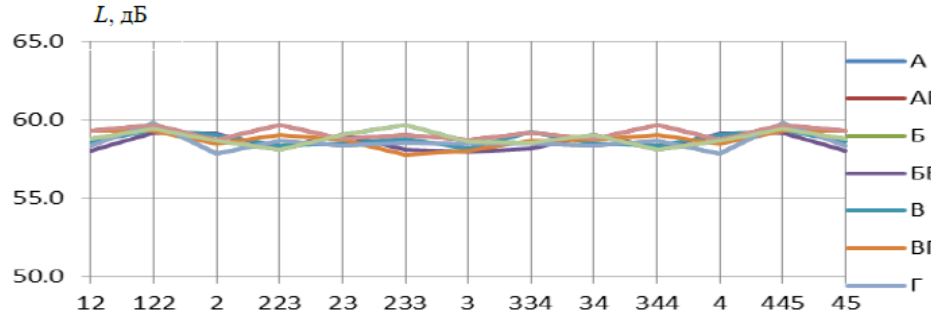
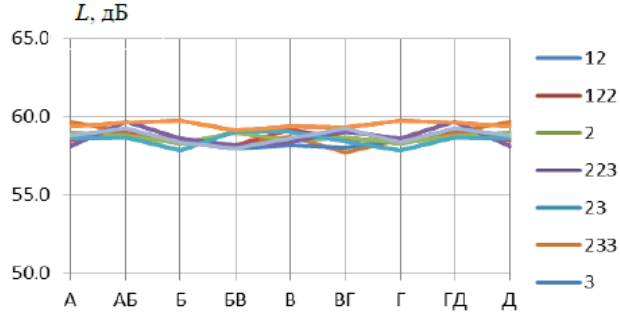


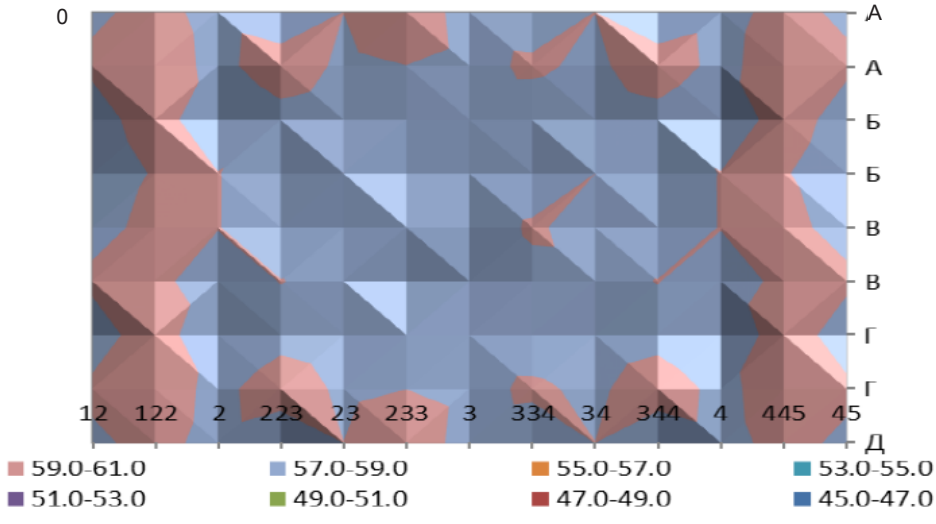

Рис. 5. Уровни звукового давления в ближнем поле ограждения ($f$ = 2000 Гц): *а* – по длинной стороне ($a$ = 2,0 м); *б* – по короткой стороне ($b$ = 1,2 м); *в* – визуализация по результатам измерений




*а*




*б*




*в*

Рис. 6. Уровни звукового давления в ближнем поле ограждения ($f$ = 3150 Гц): *а* – по длинной стороне ($a$ = 2,0 м); *б* – по короткой стороне ($b$ = 1,2 м); *в* – визуализация по результатам измерений

Анализируя представленные данные, можно видеть, что результаты измерений по двум методикам имеют неплохую сходимость в нормируемом диапазоне частот $f$ = 100–3150 Гц. Значительные расхождения в диапазоне низких частот (63 Гц, 80 Гц) вызваны отсутствием диффузного звукового поля в КНУ при измерениях по стандартной методике.

На втором этапе исследовалось звукоизлучение ограждающей конструкцией в ближнем звуковом поле. Интенсиметрический комплекс позволяет измерять параметры излучения звуковых волн в различных точках поверхности образца со стороны КНУ (см. рис. 3).

Рис. 3. Установка интенсиметрического зонда при измерениях звукоизлучения однослойной тонкой ограждающей конструкции (ГВЛ толщиной 12,5 мм) с закреплением по контуру в проеме между реверберационными камерами

По результатам проведенных измерений были построены графики распределения уровней звукового давления ($L$, дБ) по поверхности ограждения, на основании которых была выполнена визуализация (см. рис. 1–6 цв. вклейки). Полученные результаты позволяют анализировать вклад в звукоизлучение отдельных участков по площади ограждающей конструкции на различных частотах.

В дальнейшем планируется продолжение исследований с использованием интенсиметрического комплекса для других типов ограждающих конструкций.

*Исследование выполнено в рамках Государственного задания Минобрнауки России, проект № 7.8615.2017/7.8.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gade, S. Sound Intensity and its Application in Noise Control / S. Gade // Sound and Vibration. – 1985. – P. 14–26.

2. Forssen, B. Estimation of Acoustic Velocity, Surface Velocity and Radiation Efficiency by use of the Two-Microphone Technique / B. Forssen, M. J. Crocker // Journal of the Acoustical Society of America. – 1983. – Vol. 73, № 3. – P. 1047–1053.

3. Halliwell, R. E. Sound Transmission Loss: Comparison of Conventional Techniques with Sound Intensity Techniques / R. E. Halliwell, A. C. Warnock // Journal of Acoustical Society of

America. – 1985. – Vol. 77, № 6. – P. 2094–2103.

4. Шейнман, И. Л. Дифракционные погрешности при измерении интенсивности звука / И. Л. Шейнман // Техническая акустика. –. 2004 – № 15. – 10 с.

**BOBYLYOV Vladimir Nikolaevich, corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, professor, holder of the chair of architecture; GREBNEV Pavel Alekseevich, candidate of technical sciences, head of the research and development centre "Building Structures", associate professor of the chair of architecture; SCHYOGOLEV Dmitry Lvovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture; MONICH Dmitry Viktorovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture**

## RESEARCH OF SOUND EMISSION BY AN ENCLOSING STRUCTURE APPLYING AN INTENSIMETRIC COMPLEX

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia.
Tel.: +7 (831) 430-19-46; e-mail: dmitriy.monich@mail.ru
*Key words:* sound emission, sound pressure level, sound insulation, enclosing structure, intensimetric complex.

*The article presents the results of experimental studies of sound insulation and sound emission by a single-layer thin enclosing structure using acoustic intensity methods. The measurements were carried out in laboratory conditions, in reverberation chambers. Information about the experimental installation is provided.*

REFERENCES

1. Gade S. Sound Intensity and its Application in Noise Control // Sound and Vibration. 1985. P. 14–26.

2. Forssen B., Crocker M. J. Estimation of Acoustic Velocity, Surface Velocity and Radiation Efficiency by use of the Two-Microphone Technique // J. Acoust. Soc. Am. Vol. 73, № 3. 1983. P. 1047–1053.

3. Halliwell R. E., Warnock A. C. C. Sound Transmission Loss: Comparison of Conventional Techniques with Sound Intensity Techniques // Acoust. Soc. Am. Vol. 77, № 6. 1985. P. 2094–2103.

4. Sheynman I. L. Difraktsionnye pogreshnosti pri izmerenii intensivnosti zvuka [Diffraction errors in measuring sound intensity] // [Elektronny resurs]. Tekhnicheskaya akustika [Technical Acoustics]. 2004, № 15, 10 p.

**© В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев, Д. Л. Щеголев, Д. В. Монич, 2019**
Получено: 05.07.2019 г.

**УДК 699.844**

**В. Н. БОБЫЛЕВ, чл.-корр. РААСН, проф., зав. кафедрой архитектуры[1], вед. науч. сотр.[2]; Д. В. МОНИЧ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры[1], ст. науч. сотр.[2]; П. А. ГРЕБНЕВ, канд. техн. наук, начальник УНИЦ «Строительные конструкции», доц. кафедры архитектуры[1], ст. науч. сотр.[2]; С. Р. ПОПОВ, магистрант кафедры архитектуры[1], инженер[2]**

# ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИСОЕДИНЕННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.
Тел.: (831) 430-19-46; эл. почта: dmitriy.monich@mail.ru
[2]ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН»
Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21. Тел.: (495) 482-40-76
*Ключевые слова:* звукоизоляция, ограждающие конструкции, присоединенные элементы.

*Представлены результаты исследования звукоизоляции ограждающих конструкций с присоединенными элементами из листовых материалов. Приведены результаты экспериментальных исследований в лабораторных условиях для нескольких типов образцов. Проведен анализ частотных характеристик звукоизоляции ограждений.*

В настоящее время в условиях городской застройки актуальной является защита населения от шума. Данная задача важна при строительстве новых и реконструкции существующих зданий. Рабочие места в общественных и, особенно, в промышленных зданиях подвержены воздействию повышенных уровней шума (технологическое оборудование, подъемно-транспортное оборудование, инженерно-техническое оборудование и др.). Создание новых типов звукоизолирующих ограждений (акустических экранов, звукоизолирующих выгородок шумных участков, стенок звукоизолирующих кожухов для шумного оборудования), обеспечивающих требуемое снижение шума на рабочих местах, является актуальной задачей для строительства.

Интерес представляет повышение звукоизоляции ограждений без значительного увеличения массы. На рис. 1 представлена схема нового типа звукоизолирующей ограждающей конструкции с присоединенными элементами из листового материала [1].

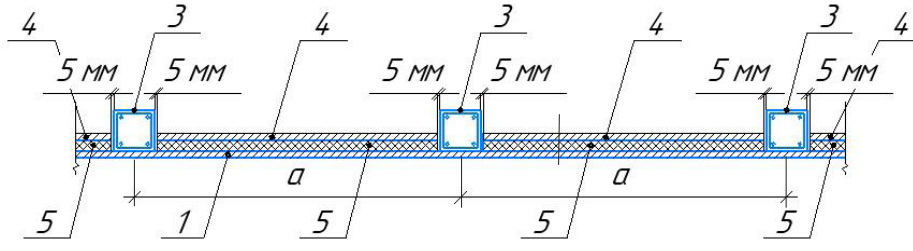



Рис. 1. Схема звукоизолирующего ограждения с присоединенными элементами из листового материала: *1* – базовая листовая обшивка, закрепленная на каркасе; *2* – стойки каркаса (показаны условно); *3* – присоединенные элементы прямоугольной формы, выполненные из листового материала; *4* – слой упругого материала

В качестве базовой листовой обшивки могут применяться различные материалы, широко используемые в настоящее время в строительстве – гипсоволокнистые листы (ГВЛ), гипсокартонные листы (ГКЛ), цементно-стружечные плиты (ЦСП) и др. Присоединенные элементы также могут выполняться из вышеуказанных листовых материалов, что обеспечивает высокий уровень унификации при производстве ограждающих конструкций. Данные элементы имеют крепление к базовой листовой обшивке стальными саморезами с шагом 50–100 мм (на рис. 1 условно не показаны). Каркас может выполняться из различных материалов (металл, дерево и др.), а шаг стоек определяется исходя из условий прочности и устойчивости ограждения (оптимальной является величина: $a$ = 500–600 мм).

На рис. 2 показан один из вариантов практического применения разработанного звукоизолирующего ограждения в помещении общественного или промышленного здания в качестве акустического экрана или звукоизолирующей выгородки шумного участка.

На рис. 3, 4 приведены частотные характеристики звукоизоляции, которые были получены путем экспериментальных измерений в реверберационных камерах лаборатории акустики ННГАСУ по стандартной методике ГОСТ 27296-2012.

Как видно из сравнения графиков на рис. 3, звукоизоляция разработанного ограждения превышает звукоизоляцию исходной конструкции (ГВЛ толщиной 12,5 мм) на величину от 1 до 8 дБ во всем нормируемом диапазоне частот. Увеличение толщины присоединенных элементов в 2 раза (с 12,5 мм до 25 мм) привело к дополнительному повышению звукоизоляции ограждения на 1–5 дБ. Наибольший эффект повышения звукоизоляции ограждения отмечается в диапазоне низких частот ($f$ = 100–250 Гц), что особенно важно для снижения шума технологического оборудования в промышленных зданиях.

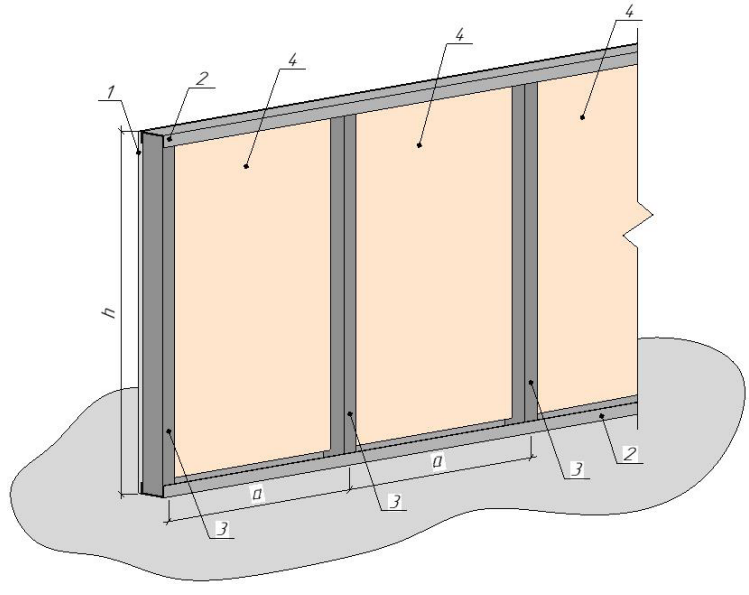



Рис. 2. Схема установки звукоизолирующего ограждения в помещении общественного или промышленного здания (в качестве акустического экрана или звукоизолирующей выгородки шумного участка), высота $h$ = 1,0–2,5 м: *1* – базовая листовая обшивка, закрепленная на каркасе; *2* – направляющие профили каркаса; *3* – стойки каркаса; *4* – присоединенные элементы прямоугольной формы, выполненные из листового материала

На рис. 4 показано влияние толщины упругого слоя на звукоизоляцию разработанного ограждения. Увеличение толщины слоя упругого материала в 5 раз (с 4 мм до 20 мм) привело к дополнительному повышению звукоизоляции ограждения на 1–4 дБ. Повышение звукоизоляции ограждения отмечается в диапазоне низких частот ($f$ = 100–250 Гц), а также в диапазонах средних и высоких частот ($f$ = 400–5000 Гц).

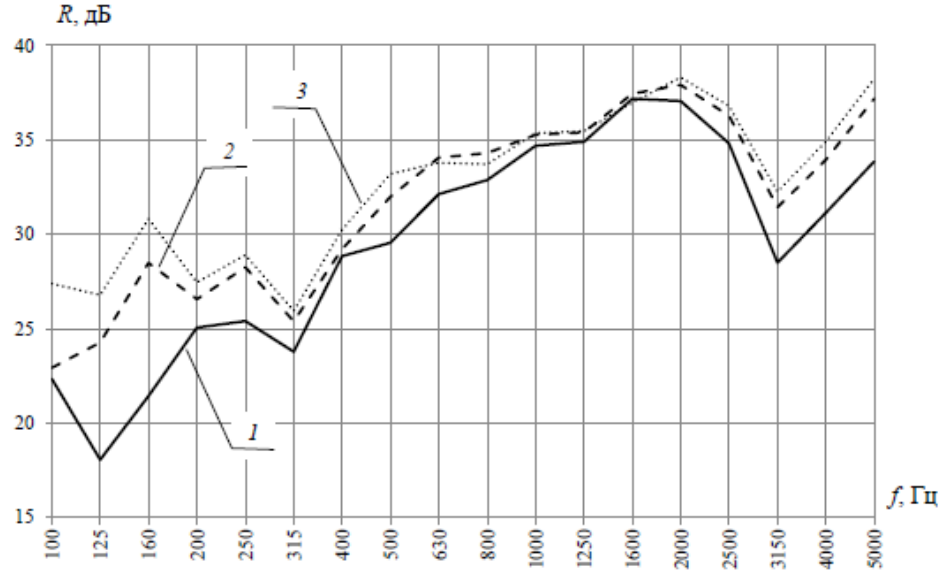



Рис. 3. Экспериментальные частотные характеристики звукоизоляции ограждающих конструкций: *1* – базовая листовая обшивка (ГВЛ толщиной 12,5 мм), закрепленная на каркасе; *2* – разработанное звукоизолирующее ограждение (ГВЛ толщиной 12,5 мм), закрепленное на каркасе; между стоечными профилями каркаса закреплены присоединенные элементы прямоугольной формы (ГВЛ толщиной 12,5 мм), через слой упругого материала (мат из полиэфирного волокна толщиной 4 мм); *3* – то же с присоединенными элементами из ГВЛ толщиной 25 мм, через слой упругого материала (мат из полиэфирного волокна толщиной 4 мм)

Анализируя результаты экспериментальных исследований, можно видеть, что путем изменения толщины присоединенных элементов и толщины слоя упругого материала, расположенного между ними и базовой листовой обшивкой, можно регулировать повышение звукоизоляции ограждения в различных диапазонах частот, в зависимости от спектра изолируемого шума.

Рассматриваемая ограждающая конструкция является колебательной системой, включающей в себя базовую листовую обшивку, присоединенные элементы (масса), элемент трения и упругости (слой упругого материала). Похожие системы исследовались различными учеными для снижения энергии изгибных волн в стержнях и пластинах в судостроении и машиностроении [2–5].

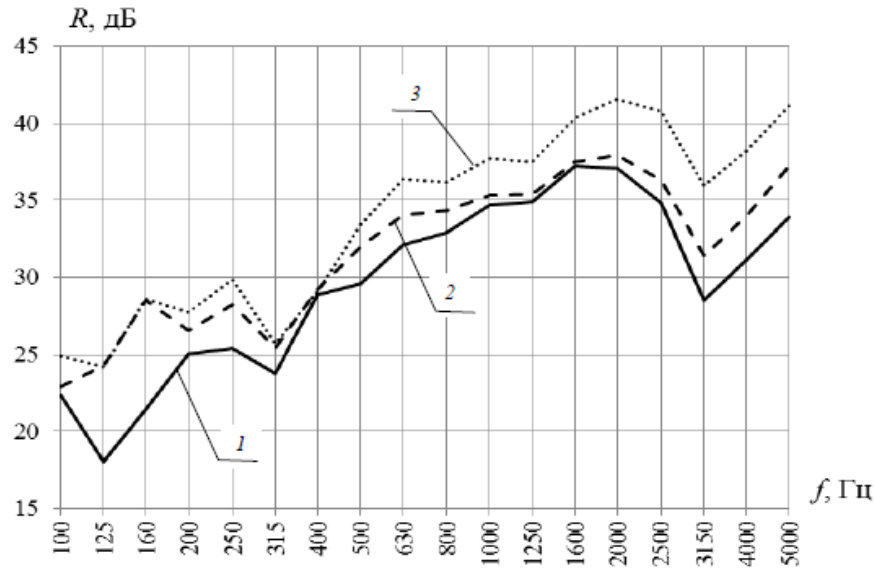



Рис. 4. Экспериментальные частотные характеристики звукоизоляции ограждающих конструкций: *1* – базовая листовая обшивка (ГВЛ толщиной 12,5 мм), закрепленная на каркасе; *2* – разработанное звукоизолирующее ограждение (ГВЛ толщиной 12,5 мм), закрепленное на каркасе; между стоечными профилями каркаса закреплены присоединенные элементы прямоугольной формы (ГВЛ толщиной 12,5 мм), через слой упругого материала (мат из полиэфирного волокна толщиной 4 мм); *3* – то же с присоединенными элементами из ГВЛ толщиной 12,5 мм, через слой упругого материала (мат из стекловолокна толщиной 20 мм)

Разработанный новый тип звукоизолирующего ограждения позволяет повышать звукоизоляцию без значительного увеличения массы и усложнения конструкции. Это позволяет применять его в качестве эффективных шумозащитных конструкций для снижения шума на рабочих местах в помещениях общественных и промышленных зданий.

*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, НИР № 7.6.15 «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. Пат. Российская Федерация. Звукоизолирующее ограждение / В. Н. Бобылев, Д. В. Монич, П. А. Гребнев, С. Р. Попов ; Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – № 2019112137 ; заявл. 22.04.19 г. – Нижний Новгород, 2019.

2. Бреховских, Л. М. Распространение волн изгиба по пластинкам / Л. М. Бреховских // Журнал технической физики. – 1944. – Т. XIV, вып. 9. – С. 568–576.

3. Клюкин, И. И. Об ослаблении волн изгиба в стержнях и пластинах при помощи резонансных колебательных систем / И. И. Клюкин // Акустический журнал. – 1960. – Т. VI, вып. 2. – С. 213–219.

4. Ковинская, С. И. О волноводной изоляции изгибных волн / С. И. Ковинская, А. С. Никифоров // Акустический журнал. – 1982. – Т. XXVIII, вып. 6. – С. 792–798.

5. Никифоров, А. С. Акустическое проектирование судовых конструкций : справочник / А. С. Никифоров. – Ленинград : Судостроение, 1990. – 200 с.

**BOBYLYOV Vladimir Nikolaevich, corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, professor, holder of the chair of architecture[1], leading researcher[2]; MONICH Dmitry Viktorovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture[1], senior researcher[2]; GREBNEV Pavel Alekseevich, candidate of technical sciences, head of the research and development centre "Building Structures", associate professor of the chair of architecture[1], senior researcher[2]; POPOV Sergey Ruslanovich, undergraduate student of the chair of architecture[1], engineer[2]**

## RESEARCH OF SOUND INSULATION OF ENCLOSING STRUCTURES WITH CONNECTED ELEMENTS

[1]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia.
Tel.: +7 (831) 430-19-46; e-mail: dmitriy.monich@mail.ru
[2]Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
21, Lokomotivny proezd, Moscow, 127238, Russia. Tel.: +7 (495) 482-40-76
*Key words:* sound insulation, enclosing structures, connected elements.

*The article presents the results of the study of sound insulation of enclosing structures with attached elements made of sheet materials. The results of experimental studies in laboratory conditions for several types of samples are given. The analysis of frequency characteristics of the sound insulation of enclosures is conducted.*

REFERENCES

1. Patent 2019112137 Russian Federation. Zvukoizoliruyuschhee ograzhdenie [Soundproof enclosures]. V. N. Bobylyov, D. V. Monich, P. A. Grebnev, S. R. Popov; Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Zayavvl. 22.04.2019.

2. Brekhovskikh L. M. Rasprostranenie voln izgiba po plastinkam [Propagation of bending waves on plates] // Zhurnal tekhnicheskoy fiziki [Journal of Technical Physics]. 1944. T. XIV, vyp. 9. P. 568–576.

3. Klyukin I. I. Ob oslablenii voln izgiba v sterzhnyakh i plastinakh pri pomoschi rezonansnykh kolebatelnykh sistem [On the attenuation of bending waves in rods and plates with the help of resonant oscillatory systems] // Akusticheskiy zhurnal [Acoustic Journal]. 1960. T. VI, vyp. 2. P. 213–219.

4. Kovinskaya S. I. O volnovodnoy izolyatsii izgibnykh voln [About waveguide insulation of bending waves] // Akusticheskiy zhurnal [Acoustic Journal]. 1982. T. XXVIII, vyp. 6. P. 792–798.

5. Nikiforov A. S. Akusticheskoe proektirovanie sudovykh konstruktsiy [Acoustic design of ship structures] / Spravochnik. – Leningrad: Sudostroenie, 1990, 200 p.

**© В. Н. Бобылев, Д. В. Монич, П. А. Гребнев, С. Р. Попов, 2019**
Получено: 23.05.2019 г.

**УДК 624.042.41**

**П. А. ХАЗОВ, канд. техн. наук, доц. кафедры теории сооружений и технической механики; Н. В. САНКИНА, магистрант кафедры теории сооружений и технической механики**

# РЕЗОНАНСНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ПОДАТЛИВОСТИ ОСНОВАНИЯ ПРИ ВЕТРОВЫХ И ШТОРМОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96;
эл. почта: natasha.sankina@gmail.com, khazov.nngasu@mail.ru
*Ключевые слова:* ветровая нагрузка, штормовые порывы, частота собственных колебаний, частота штормовых порывов.

*Проанализированы скоростные и частотные диапазоны ветровых и штормовых порывов в г. Нижнем Новгороде, на основании чего построены синтезированные анемограммы. Показано, что динамическое напряжение, возникающее в несущих элементах здания, зависит не только от скорости ветра, но и от частоты порывов. Приводится случай, доказывающий, что общее увеличение прочности здания при динамических воздействиях может приводить к резкому увеличению механических напряжений.*

Динамические нагрузки – это нагрузки, действующие на здания и сооружения и значительно изменяющиеся в течение короткого периода времени, как правило, с большим и резким перепадом значений и на разных участках. Под действием динамических нагрузок возникающие в конструкциях эффекты (механические напряжения, деформации, перемещения и т. п.) зависят не только от амплитудного значения нагрузки, но и от ряда факторов: продолжительности приложения, характера изменения во времени. К динамическим воздействиям могут быть отнесены сейсмические, ветровые, взрывные нагрузки, нагрузки, связанные с нарушениями технологических процессов. Влиянию ветровой нагрузки на здания и сооружения уделяется особое внимание [1–10].

Согласно [11], динамическая природа ветровой нагрузки учитывается введением дополнительного слагаемого, называемого пульсационной составляющей. При этом суммарная ветровая нагрузка принимается квазистатической, что позволяет упростить инженерные расчеты, но не позволяет спрогнозировать возможные резонансные явления, возникающие в изучаемой конструкции. В настоящей статье приводится оценка влияния динамического ветрового давления на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций железобетонного каркасного здания с применением различных конструктивных схем.

Динамические напряжения, возникающие в несущих конструкциях от ветровой нагрузки, зависят от двух факторов [6]:

– реальной скорости ветра, увеличивающей статическую составляющую напряжения;

– соотношения частоты ветровых порывов и собственной частоты здания.

Исходя из вышеприведенных факторов, динамическое напряжение может быть определено по формуле:

$$\sigma_д = \sigma_{ст} \cdot \nu \cdot \mu, \quad (1)$$

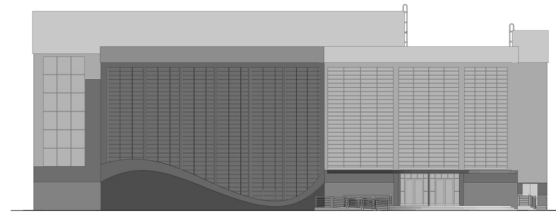
где $\nu = V_р / V_0$ – коэффициент увеличения скорости;

$V_р$ – реальная скорость потока; $V_0$ – характеристическая скорость потока;

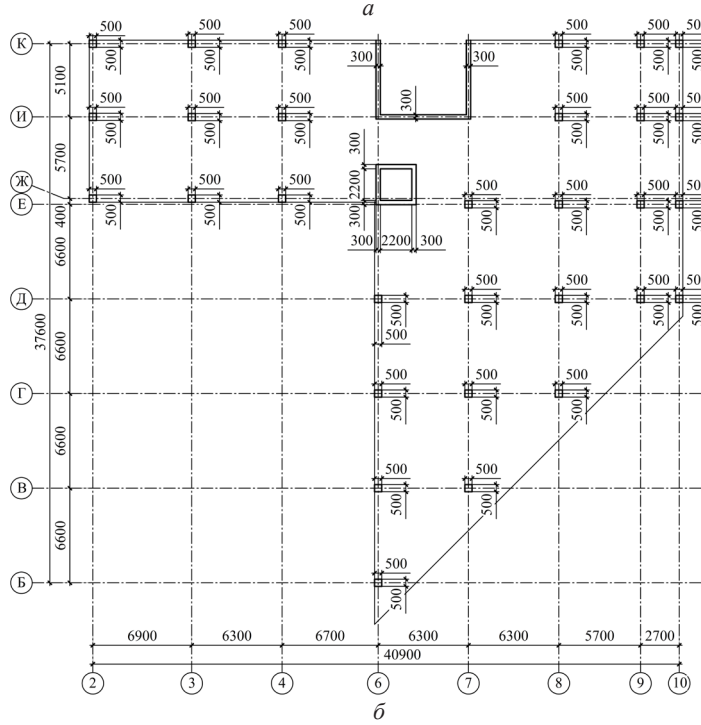
$\mu = \frac{1}{\sqrt{(1-\frac{\theta^2}{\omega^2})^2+\gamma^2\frac{\theta^2}{\omega^2}}}$, – динамический коэффициент, учитывающий соотношение круговой частоты ветровых порывов θ и круговой частоты собственных колебаний здания ω; γ = 0,1 – коэффициент неупругого сопротивления здания, стеновые заполнения которого существенно влияют на рассеивание энергии.

Динамический коэффициент близок к единице, если собственная частота многократно превышает частоту вынуждающей нагрузки, но в случае совпадения частот резко возрастает и зависит лишь от величины γ.

Объектом исследования является одна из колонн проектируемого каркасного здания аквапарка (рис. 1*а*). Принятая несущая основа пятиэтажного блока обслуживания представляет собой монолитный железобетонный каркас из вертикальных колонн размером 500×500 мм и диафрагм жесткости, объединенных поэтажными монолитными перекрытиями толщиной 250 мм (рис. 1*б*, далее – первая конструктивная схема). В расчете рассматриваются 2 типа граничных условий: жесткое защемление колонн и податливое основание.



*а*




*б*

Рис. 1. Проектируемое здание аквапарка: *а* – фасад; *б* – план расположения несущих конструкций

С целью определения деформаций, напряжений и частоты собственных колебаний в программно-вычислительном комплексе *SCAD Office* была создана пространственная конечно-элементная модель (рис. 2).

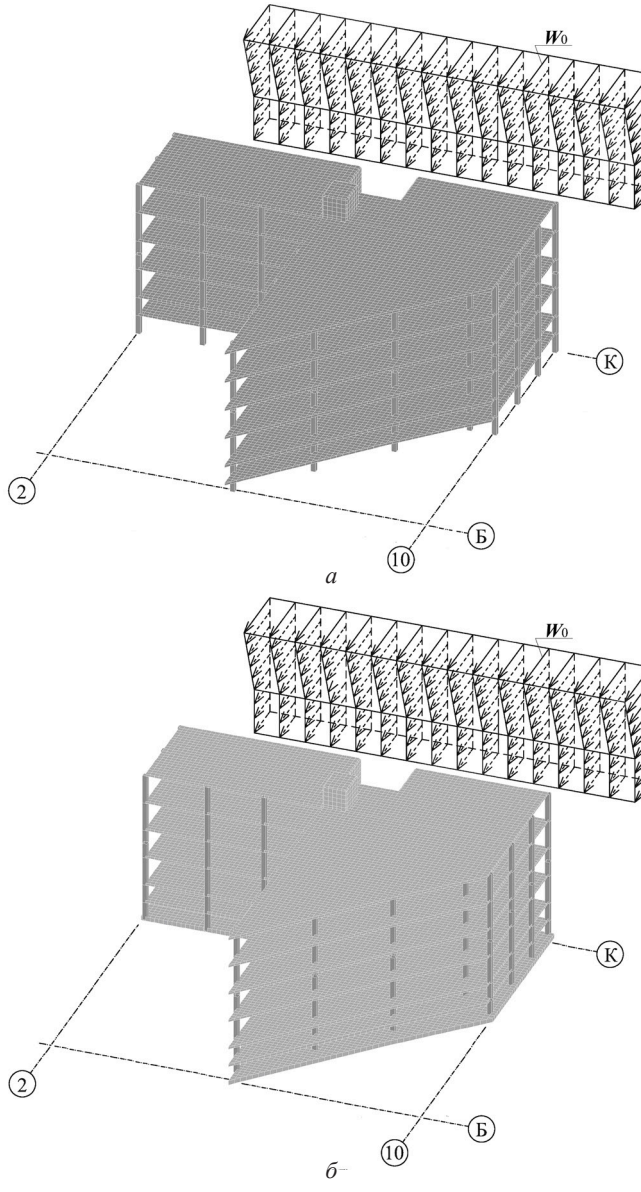



Рис. 2. Расчетная схема здания: *а* – без учета упругого основания; *б* – с учетом упругого основания; $W_0$ – характеристическое значение ветрового давления

Согласно методике, представленной в [12–14], была определена круговая частота собственных колебаний для здания: ω = 18,44 рад/с – без учета податливости основания; ω = 7,64 рад/с – с учетом податливости основания.

Расчет напряжений сжатой зоны бетона в наиболее опасном сечении колонны проводился при характеристическом значении скорости ветра, равном 3 м/с.

По данным гидрометцентра был произведен анализ скоростного и частотного спектров ветровых порывов в Нижнем Новгороде [15], на основании чего были построены синтезированные анемограммы для спокойного (рис. 3*а*) и штормового (рис. 3*б*) ветров. На рис. 4, 5 показаны истории напряжений в сжатой зоне бетона изучаемой колонны, определенные с помощью синтезированных анемограмм (рис. 3) по формуле (1).

Для конструктивной схемы здания с жестким защемлением колонн максимальное напряжение, возникающее в сжатой зоне бетона от ветровой нагрузки, составляет 1,83 кН/см$^2$, при штормовых порывах оно увеличивается до 5,19 кН/см$^2$. При учете податливости основания максимальные напряжения, возникающие от ветровой и штормовой нагрузок, соответственно равны 3,08 кН/см$^2$ и 20,94 кН/см$^2$.

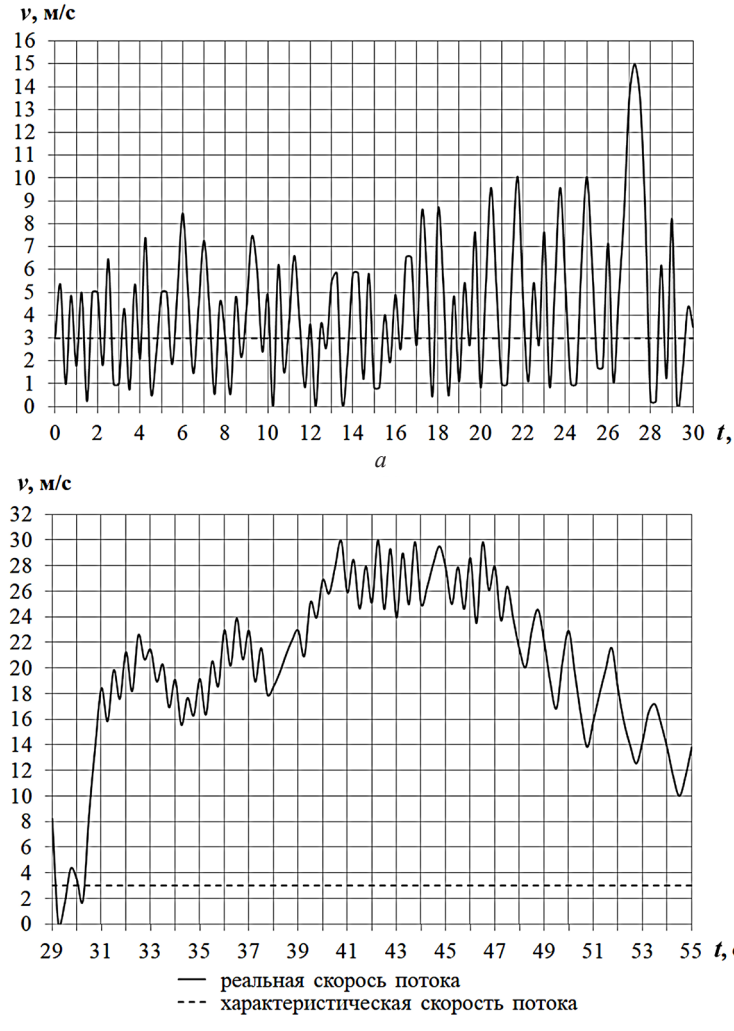



Рис. 3. Синтезированные анемограммы: ветровой (*а*); штормовой (*б*) нагрузок для г. Н. Новгорода

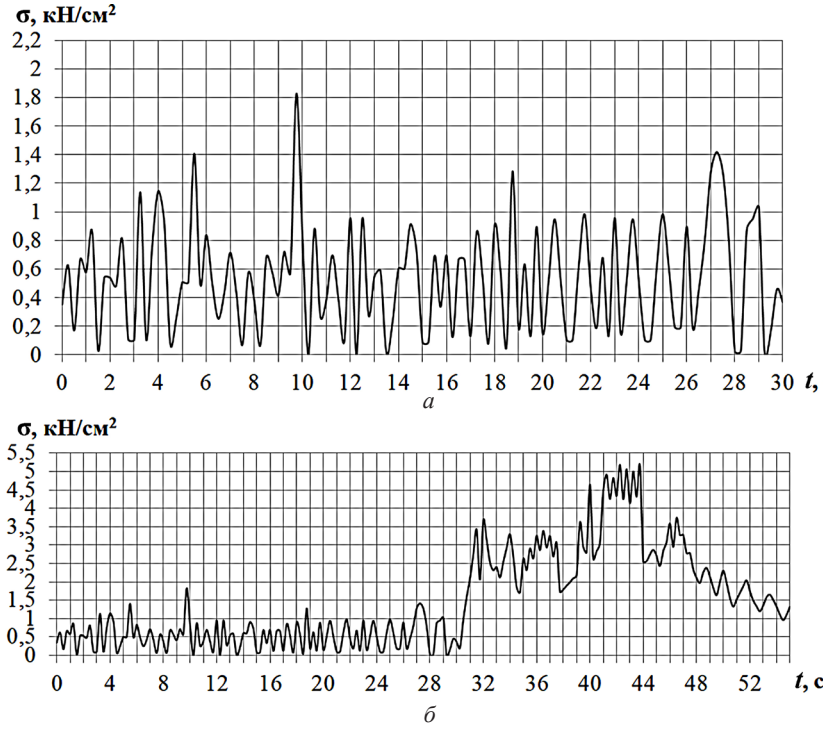



Рис. 4. История напряжений в опасном сечении колонны для здания с жестким защемлением: *а* – при спокойном ветре; *б* – при штормовом ветре (первая конструктивная схема)

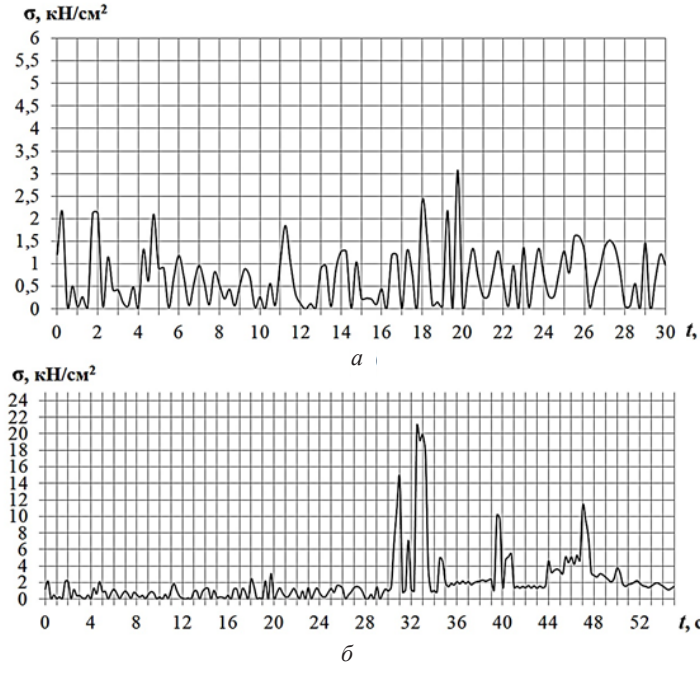



Рис. 5. История напряжений в опасном сечении колонны для здания с податливым основанием: *а* – при спокойном ветре; *б* – при штормовом ветре (первая конструктивная схема)

В обоих случаях напряжение в наиболее опасном сечении больше расчетного сопротивления для бетона марки В25, равного 1,45 кН/см$^2$. Таким образом, колонна, способная воспринимать квазистатическую ветровую нагрузку с учетом пульсационной составляющей, не отвечает требованиям прочности при проведении прямого динамического расчета.

Для увеличения несущей способности каркаса здания были введены дополнительные несущие элементы – монолитные железобетонные стены в осях 2/Ж-К, 2-6/Ж, 7-10/Ж и 10/Д-К (рис. 6, далее – вторая конструктивная схема). Расчет также выполнен для схемы с жестким защемлением колонн и схемы с податливым основанием.

По результатам расчета круговая частота собственных колебаний второй конструктивной схемы составила: ω = 34,96 рад/с – для схемы без учета податливости основания; ω = 10,8 рад/с – для схемы с учетом податливости основания.

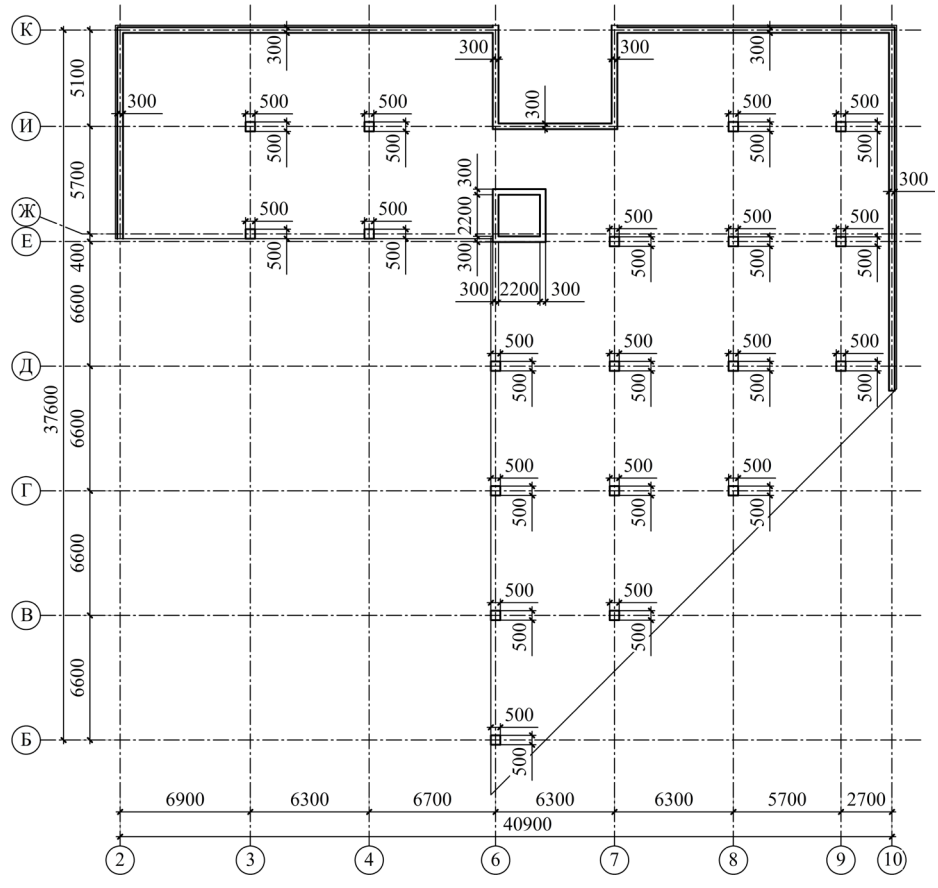



Рис. 6. План здания с введенными монолитными железобетонными стенами

При увеличении прочности каркаса для здания с жестким защемлением колонн произошло уменьшение динамических напряжений при спокойном (рис. 7*а*) и штормовом (рис. 7*б*) ветре, при этом прочность колонны при штормовом ветре по-прежнему не обеспечивается.

Для конструктивной схемы здания на упругом основании произошло резкое увеличение максимального значения и числа скачков напряжений (рис. 8). Такой

результат обусловлен тем, что круговая частота собственных колебаний здания на податливом основании, равная ω = 10,8 рад/с, близка к круговым частотам ветровых порывов, то есть здание находится в околорезонансной зоне. В результате происходит резкое увеличение динамических напряжений в наиболее опасном сечении конструкции.

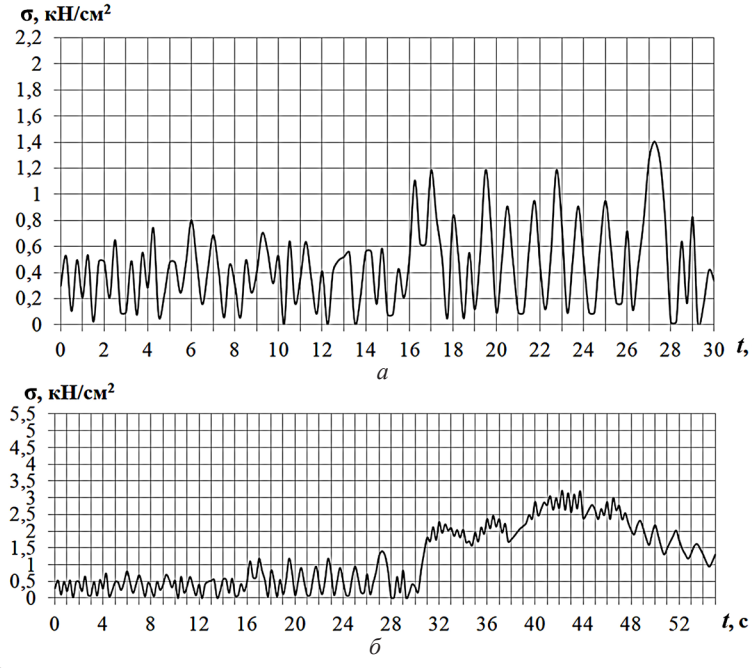



Рис. 7. История напряжений в опасном сечении колонны для здания с жестким защемлением колонн: *а* – при спокойном ветре; *б* – при штормовом ветре (вторая конструктивная схема)

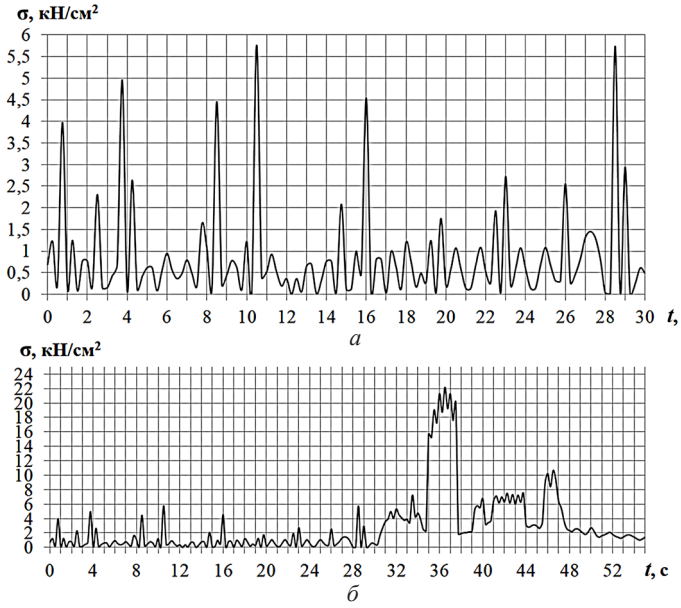



Рис. 8. История напряжений в опасном сечении колонны для здания с податливым основанием: *а* – при спокойном ветре; *б* – при штормовом ветре (вторая конструктивная схема)

Итоговые результаты резонансного анализа для двух конструктивных схем здания с различными граничными условиями представлены ниже в таблице.

| Параметр | | Конструктивная схема 1 (без монолитных стен) | | Конструктивная схема 2 (с монолитными стенами) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | жесткое защемление | упругое основание | жесткое защемление | упругое основание |
| ω (рад/с) | | 18,44 | 7,64 | 34,96 | 10,8 |
| *f* (Гц) | | 2,93 | 1,22 | 5,56 | 1,72 |
| *T* (с) | | 0,34 | 0,82 | 0,18 | 0,58 |
| $\sigma_д^{max}$, (кН/см$^2$) | спокойный ветер | 1,83 | 3,08 | 1,39 | 5,56 |
| | штормовой ветер | 5,19 | 20,94 | 3,2 | 22,3 |

Примечание: ω – круговая частота собственных колебаний; *f* – техническая частота собственных колебаний; *T* – период собственных колебаний; $\sigma_д^{max}$ – максимальное динамическое напряжение в бетоне сжатой зоны изучаемой колонны

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что увеличение прочности каркаса здания, влекущее изменение жесткости, не всегда является гарантией увеличения несущей способности при динамических воздействиях. Основным способом борьбы с механическим резонансом является учет возможности его возникновения при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Решение этой задачи способно свести к минимуму риск разрушения сооружения в результате воздействия ветровой нагрузки, что, в свою очередь, позволит избежать огромных человеческих жертв и финансовых потерь.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савицкий, Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г. А. Савицкий. – Москва : Издво лит. по стр-ву, 1972. – 111 с.

2. Симиу, Э. Воздействия ветра на здания и сооружения / Э. Симмиу, Р. Сканлан. – Москва : Стройиздат, 1984. – 360 с. – Перевод изд.: WindEffectsonStructures / E. Simiu, R Scanlan (1978).

3. ГОСТ Р 56728-2015. Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 12 с.

4. ТКП EN 1991-1-4-2009. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : docserv. ercatec.net.

5. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра. – Москва : Стройиздат, 1978. – 215 с.

6. Влияние штормовой нагрузки на поврежденность материала несущих конструкций каркасного здания / В. И. Ерофеев, Е. А. Никитина, П. А. Хазов [и др.]. // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2019. – № 1. – С. 9–15.

7. Куликов, А. Н. Расчет сооружений на сейсмические воздействия и ветровую нагрузку с пульсационной составляющей : учеб. пособие / А. Н. Куликов ; Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-т ; Волж. ин-т стр-ва и технол. (фил.) ВолгГАСУ. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2008. – 91 с.

8. Базарова, Е. А. К вопросу об учете количества форм собственных колебаний при динамическом расчете цилиндрических конструкций / Е. Базарова // Фундаментальные и

прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. ст. IX Междунар. науч.-практ. конф. : в 4 ч. – Пенза, 2018. – С. 193–206.

9. Исследование влияния механического резонанса на сооружения / Т. Н. Стародубцева, Д. С. Кузнецов, А. Г. Князев, Е. Н. Петрова // Воронежский научно-технический вестник / Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г. Ф. Морозова. – Воронеж, 2017. – № 1. – С. 95–102.

10. Экспериментальное исследование распределения ветровой нагрузки на поверхность большепролетного здания / П. А. Хазов, А. В. Февральских, Б. Б. Лампси [и др.] // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2019. – № 2. – С. 9–16.

11. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85 *. – Москва : Минстрой России, 2016. – 80 с.

12. Определение частот и форм собственных и сейсмических колебаний многоэтажного здания гостиницы / Е. А. Никитина, П. А. Хазов, А. А. Генералова, Н. В. Санкина // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2018. – № 21. – С. 195–199.

13. Анализ собственных изгибно-крутильных колебаний многоэтажных зданий / Е. А. Никитина, П. А. Хазов, А. В. Крыцовкина, А. А. Генералова // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2018. – № 3. – С. 9–14.

14. Методы определения собственных частот многоэтажных зданий / Б. Б. Лампси, П. А. Хазов, О. М. Кофорова, А. А. Генералова // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2016. – № 21. – С. 176–180.

15. Архив погоды в городе Нижний Новгород [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://meteoinfo.ru/.

**KHAZOV Pavel Alekseevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics; SANKINA Natalia Vladimirovna, undergraduate student of the chair of theory of structures and technical mechanics**

## RESONANCE ANALYSIS OF CONSTRUCTIVE SCHEMES OF FRAME BUILDINGS ADJUSTED FOR COMPLIANCE OF THE FOUNDATION UNDER WIND AND STORM EXPOSURE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: (831) 430-54-96;
e-mail: natasha.sankina@gmail.com, khazov.nngasu@mail.ru
*Key words:* wind load, storm gusts, natural frequency, storm gusts frequency.

*The article analyzes speed and frequency ranges of wind and storm gusts in the city of Nizhny Novgorod, on the basis of which synthesized anemograms are constructed. It is shown that the dynamic stress arising in the bearing elements of the building depends not only on the wind speed, but also on the frequency of gusts. A case is presented proving that a general increase in the strength of a building under dynamic effects can lead to a sharp increase in mechanical stresses.*

REFERENCES

1. Savitsky G. A. Vetrovaya nagruzka na sooruzheniya [Wind load on structures]. Moscow, Izdatelstvo lit po str-vu, 1972, 111 p.

2. Simiu E., Scanlan R. Vozdeystviya vetra na zdaniya i sooruzheniya [Wind effects on structures]. Moscow, Stroyizdat, 1984. 360 p. Perevod izd.: WindEffectsonStructures / E. Simiu, R Scanlan (1978).

3. GOST R 56728-2015 Zdaniya i sooruzheniya. Metodika opredeleniya vetrovykh nagruzok na ograzhdauschie konstruktsii. [Buildings and constructions. Method for determining wind loads on the building envelope]. Moscow, Standartinform, 2016, 12 p.

4. TKP EN 1991-1-4-2009 Evrokod 1 Vozdeystviya na konstuktsii. Chast 1-4. Obschie vozdeystviya. Vetrovye vozdeystviya [Eurocode 1 Effects on constructions. Parts 1-4. General effects. Wind effects]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: docserv.ercatec.net.

5. Rukovodstvo po raschyotu zdaniy i sooruzheniy na deystvie vetra [Guidelines for calculation of buildings and structures on wind effects]. Moscow, Stroyizdat, 1978, 215 p.

6. Vliyanie shtormovoy nagruzky na povrezhdyonnost materiala nesuschikh konstruktsiy karkasnogo zdaniya [Influence of storm loads on damage of bearing constructions material of a frame building]. Erofeev V. I., Nikitina E. A., Khazov P. A., Satanov A. A., Generalova A. A. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2019. № 1. P. 9–15.

7. Kulikov A. N. Raschyot sooruzheniy na seysmicheskie vozdeystviya i vetrovuyu nagruzku s pulsatsionnoy sostavlyayuschey [Calculation of structures for seismic effects and wind load with a pulsating component]: ucheb. posobie; Volgogr. gos. arkhitektur.-stroit. un-t; Volzh. in-t str-va i tekhnol. (fil.) VolgGASU. Volgograd: VolgGASU, 2008, 91 p.

8. Bazarova E. A. K voprosu ob uchyote kolichestva form sobstvennykh kolebaniy pri dinamicheskom raschyote tsilindricheskikh konstruktsiy [To the issue of taking into account the number of forms of natural oscillations in the dynamic calculation of cylindrical structures]. Fundamentalnye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktualnye voprosy, dostizheniya i innovatsii [Fundamental and applied researches: current issues, achievements and innovations]: sb. st. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 4 ch. Penza, 2018. P. 193–206.

9. Issledovanie vliyaniya mekhanicheskogo rezonansa na sooruzheniya [Study of the influence of mechanical resonance on structures]. Starodubtseva T. N., Kuznetsov D. S., Knyazev A. G., Petrova E. N. Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskiy vestnik [Voronezh Scientific and Technical Gazette], 2017, № 1. P. 95–102.

10. Eksperimentalnoe issledovanie raspredeleniya vetrovoy nagruzki na poverkhnost bolsheprolyotnogo zdaniya [Experimental study of wind load distribution on a large-span building]. Khazov P. A., Fevralskykh A. V., Lampsi B. B., et al. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2019. № 2. P. 9–16.

11. SP 20.13330.2016 Nagruzki i vozdeystviya [Loads and effects]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.1.07-85*. Moscow: Minstroy Rossii, 2016, 80 p.

12. Opredelenie chastot i form sobstvennykh i seysmicheskikh kolebaniy mnogoetazhnogo zdaniya gostinitsy [Determination of frequencies and forms of natural and seismic vibrations of a high-rise hotel building]. Nikitina E. A., Khazov P. A., Generalova A. A., Sankina N. V. Vestnik Volzhskogo regionalnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii arhitrktury i stroitelnykh nauk [Bulletin of the Volga regional branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. 2018. № 21. P. 195–199.

13. Analiz sobstvennykh izgibno-krutilnykh kolebaniy mnogoetazhnykh zdaniy [Analysis of own bending-torsion oscillations of multi-floor buildings]. Nikitina E. A., Khazov P. A., Krytsovkina A. V., Generalova A. A. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2018, № 3. P. 9–14.

14. Metody opredeleniya sobstvennykh chastot mnogoetazhnykh zdaniy [Methods for determining natural frequencies of high-rise buildings]. Lampsi B. B., Khazov P. A., Koforova O. M., Generalova A. A. Vestnik Volzhskogo regionalnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitelnykh nauk [Bulletin of the Volga regional branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. 2016. № 21. P. 176–180.

15. Arkhiv pogody v gorode Nizhny Novgorod [Weather archive in Nizhny Novgorod]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: https://meteoinfo.ru/.

**© П. А. Хазов, Н. В. Санкина, 2019**

Получено: 27.06.2019 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**

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ ФОТОГРАФИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 434-05-26; эл. почта: kaf_ig@nngasu.ru
*Ключевые слова:* подкрановый путь, прямолинейность, ширина колеи, превышение, фотокамера, пиксель.

*Приведены методика и результаты моделирования комплексного метода контроля фотографическим способом планово-высотного положения подкрановых путей мостовых кранов, подтвердившие его высокую эффективность и точность. Показаны примеры использования цифровой камеры Canon D700 с целью определения ширины колеи, прямолинейности подкрановых рельсов и их нивелирования. Описана методика измерения снимков в Paint и их масштабирования. Отмечается, что точность фотографического способа может быть сопоставима с известными способами комплексного контроля за счет дальнейшего совершенствования методики фотографирования и использования фотокамер с более высоким разрешением матрицы.*

Для геодезического контроля планово-высотного положения подкрановых путей могут применяться различные непосредственные и косвенные способы определения их геометрических параметров [1, 2, 3]. Из существующих методов такого контроля наиболее предпочтительным является комплексный. Он предусматривает одновременное определение как планового положения подкрановых путей (прямолинейность рельсов, их параллельность, ширина колеи), так и контроль их высотного положения в продольном и поперечном направлениях. В этом случае максимально сокращается время задействования мостового крана и количество выходов исполнителей на подкрановый путь.

Применение любительских неметрических цифровых камер [4, 5, 6, 7] в сочетании с компьютерной техникой и программ компьютерного редактирования изображений может кардинально изменить технологию такого контроля. В статье приведена методика и результаты моделирования использования цифровой камеры *Canon* D700 с целью определения ширины колеи, прямолинейности подкрановых рельсов и их нивелирования, причем без предварительной калибровки камеры [8, 9, 10]. В качестве модели выступали два бордюра (линии В и Г) пешеходного прохода (рис. 1). На этих линиях через 5 м были намечены точки 1, 2, 3, …, 7 и 1′, 2′, 3′, …, 7′.

Рис. 1. Фрагмент схемы расположения точек съемки на левой (Г) и правой (В) линиях

**Фотографический способ определения прямолинейности**

Фотокамера центрировалась над внутренним краем бордюрного камня в начале линии в точке 1 или 1′. В конечной точке 7 или (7′) линии прикладывали перпендикулярно к ней нивелирную рейку (рис. 2), которая в дальнейшем служила в качестве базиса для масштабирования снимка.

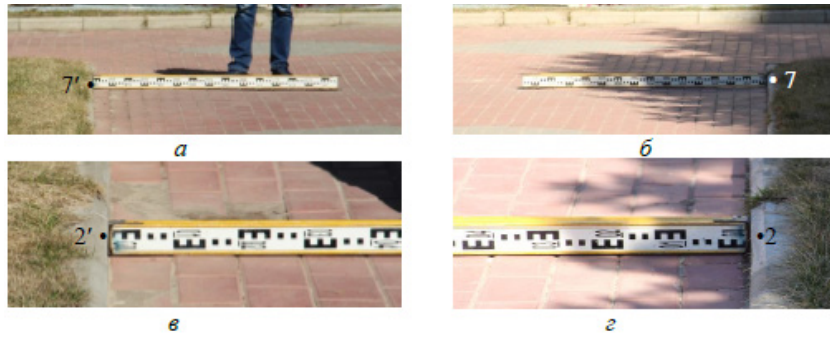



Рис. 2. Фотографии бордюра с рейкой в точках 7′ и 7 (*а*, *б*) и в точках 2′ и 2 (*в*, *г*) при определении прямолинейности левой (Г) и правой (В) линий

Ориентировали оптическую ось камеры по «пятке» рейки. Затем последовательно, не меняя ориентировки фотокамеры, фотографировали однообразно прикладываемую к бордюрному камню рейку в точках 6, 5, 4, 3 и 2 через 5-метровый интервал, располагая ее изображение в центральной части снимка.

Каждую фотографию выводили на экран монитора и открывали файл с помощью *Paint*. Курсор подводили к нулевому делению рейки и ее концу или видимой на снимке ее части и отсчитывали количество пикселей $p_o$ и $p_i$, соответствующих каждому положению курсора. По разности этих отсчетов определяли количество пикселей, приходящееся на длину известного участка рейки (базиса).

Поделив длину базиса на количество этих пикселей, получали размер одного пикселя для каждого расстояния съемки с целью перевода результатов измерений в метрическую систему единиц (мм). Результаты измерений и вычислений представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты определения размера δ одного пикселя по горизонтальной рейке**

| Точка | Левая линия Г | | | | Правая линия В | | | | Размер пикселя, мм/пкс | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | отсчеты $p$, пкс | | $p_i - p_o$ | базис, мм | отсчеты $p$, пкс | | $p_i - p_o$ | базис, мм | | |
| | $p_o$ | $p_i$ | | | $p_o$ | $p_i$ | | | δг | δв |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 2 | 2 638 | 4 934 | 2 296 | 400 | 2 653 | 371 | 2 282 | 400 | 0,174 | 0,175 |
| 3 | 2 574 | 4 965 | 2 391 | 800 | 2 660 | 269 | 2 391 | 800 | 0,335 | 0,335 |
| 4 | 2 574 | 5 011 | 2 437 | 1 200 | 2 624 | 215 | 2 409 | 1 200 | 0,497 | 0,498 |
| 5 | 2 581 | 4 846 | 2 265 | 1 500 | 2 595 | 328 | 2 267 | 1 500 | 0,662 | 0,662 |
| 6 | 2 580 | 4 387 | 1 807 | 1 500 | 2 617 | 811 | 1 806 | 1 500 | 0,830 | 0,831 |
| 7 | 2 567 | 4 074 | 1 507 | 1 500 | 2 601 | 1 094 | 1 507 | 1 500 | 0,995 | 0,995 |

Контролем результатов измерений и вычислений служит, во-первых, равенство δг = δв (см. стб. 10 и 11 табл. 1).

Во-вторых, между размером пикселя и расстоянием съемки должна иметь место прямолинейная зависимость, что и подтверждается графиком на рис. 3. Поэтому на практике достаточно определить размер $\delta_к$ пикселя в конечной точке съемки, расстояние до которой $d_к$ известно, а размер пикселя $\delta_i$ на расстоянии $d_i$ можно вычислить по простой формуле:

$$\delta_i = \delta_к \, d_i / d_к \, . \qquad (1)$$

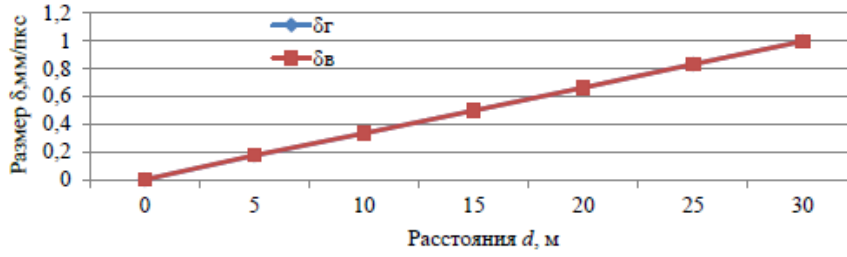



Рис. 3. График зависимости размера пикселя δ от расстояния съемки *d*

Другая особенность такой прямолинейной зависимости заключается в том, что, зная размер пикселя $\delta_i$ в некоторой точке съемки, можно, используя выражение (1), определить расстояние до этой точки. Это позволяет определять отклонение от прямой не только заранее замаркированных точек, но и любой точки контролируемого участка.

Для определения отклонений точек 2, 3, 4, 5 и 6 от прямой линии, соединяющей точки 1 и 7, находят разности $\Delta p$ отсчетов по «пятке» рейки в этих точках и аналогичного отсчета в точке 7, то есть $\Delta p = p_0(2,3,4,5,6) - p_0(7)$. Теперь достаточно умножить каждую разность на соответствующий размер одного пикселя (см. стб. 10 и 11 табл. 1) и получить отклонения каждой точки линии от прямой 1–7 в мм. Результаты измерений и вычислений прямолинейности представлены в табл. 2.

Для контроля было выполнено обычное боковое нивелирование линий Г и В (стб. 8 и 9) и подсчитаны отклонения Δ′ (стб. 10 и 11). В скобках приведены расхождения результатов, полученных боковым нивелированием и фотографическим способом, которые составили по модулю от 2 до 5 мм.

Таблица 2

**Результаты определения отклонений точек левой (Г) и правой (В) линий от прямой**

| Точка | Левая линия Г | | | Правая линия В | | | Отсчеты по рейке, мм | | Отклонения Δ′, мм | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Отсчеты $p_o(i')$, пкс | Разности $\delta_p$, мм | отклонения δг, мм | Отсчеты $p_o(i')$, пкс | Разности $\delta_p$, мм | отклонения δг, мм | линия Г | линия В | Δ′г | Δ′в |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 2 567 | 0 | 0 | 2 601 | 0 | 0 | 112 | 137 | 0 | 0 |
| 2 | 2 638 | 71 | 12 | 2 653 | 52 | 9 | 127 | 143 | 15(3) | 6(3) |
| 3 | 2 574 | 7 | 2 | 2 660 | 59 | 20 | 120 | 152 | -2(4) | 15(5) |
| 4 | 2 574 | 7 | 4 | 2 624 | 23 | 12 | 124 | 153 | 2(2) | 16(4) |
| 5 | 2 581 | 14 | 9 | 2 595 | -6 | -4 | 118 | 130 | 6(3) | -7(3) |
| 6 | 2 580 | 13 | 11 | 2 617 | 16 | 13 | 119 | 154 | 7(4) | 17(4) |
| 7 | 2 567 | 0 | 0 | 2 601 | 0 | 0 | 112 | 137 | 0 | 0 |

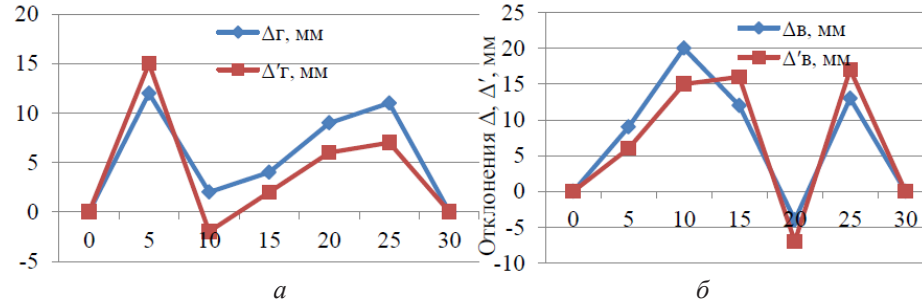



Рис. 4. Графики горизонтальных отклонений точек линии Г (*а*) и линии В (*б*) от прямой

**Фотографический способ нивелирования**

В данном случае фотокамеру устанавливали в начальной точке линии 1 или 1′ и измеряли «высоту инструмента» – расстояние по вертикали от этой точки до центра объектива. Для левой линии Г она составила 1493 мм, для правой линии В – 1474 мм.

Устанавливали вертикально нивелирную рейку в конечной точке 7 или 7′, ориентировали оптическую ось фотоаппарата на отсчет, равный «высоте инструмента» и фотографировали рейку (рис. 5), располагая ее изображение в центральной части снимка. Рейка в дальнейшем служила также в качестве базиса для масштабирования снимка.

Затем последовательно, не меняя ориентировки фотокамеры, фотографировали рейку, устанавливаемую вертикально через 5-метровый интервал в точках 6, 5, 4, 3 и 2.

Рис. 5. Фотографии рейки в точках 7′ и 7 (*а*, *б*) и в точках 2′ и 2 (*в*, *г*) при нивелировании левой (Г) и правой (В) линий

Каждую фотографию выводили на экран монитора и открывали файл с помощью *Paint*. Курсор подводили к верхнему В = 1700 мм, среднему С = 1493 для левой или 1474 мм для правой линии и нижнему Н = 1200 мм делениям рейки и отсчитывали количество пикселей $p_В$, $p_С$ и $p_Н$, соответствующих каждому положению курсора. По разности $p_Н - p_В$, соответствующих длине базиса 1700 – 1200 = 500 мм, определяли размер одного пикселя на каждом снимке. Результаты измерений и вычислений представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты определения размера δ одного пикселя по вертикальной рейке**

| Точка | Левая линия Г | | | Правая линия В | | | Размер пикселя, мм/пкс | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | отсчеты $p$, пкс | | $p_н - p_в$ | отсчеты $p$, пкс | | $p_н - p_в$ | | |
| | $p_в$ | $p_н$ | | $p_в$ | $p_н$ | | δг | δв |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 428 | 3 392 | 2 964 | 415 | 3 377 | 2 962 | 0,169 | 0,169 |
| 3 | 1 122 | 2 611 | 1 489 | 1 133 | 2 623 | 1 490 | 0,336 | 0,336 |
| 4 | 1 370 | 2 369 | 999 | 1 411 | 2 411 | 1 000 | 0,501 | 0,500 |
| 5 | 1 425 | 2 177 | 752 | 1 431 | 2 180 | 749 | 0,665 | 0,668 |
| 6 | 1 490 | 2 093 | 603 | 1 497 | 2 099 | 602 | 0,829 | 0,831 |
| 7 | 1 502 | 2 004 | 502 | 1 511 | 2 012 | 501 | 0,996 | 0,998 |

Обратим внимание, что размеры одного пикселя, полученные из наблюдений горизонтальной рейки, оказались практически равными размерам, вычисленным по вертикальной рейке. Этот вывод имеет важное значение, поскольку может позволить осуществлять совмещение двух операций: контроль прямолинейности и нивелирование подкрановых рельсов с использованием только вертикально расположенной рейки.

Для определения отклонений Δр в пкс точек 2 (2′), 3 (3′), 4 (4′), 5 (5′) и 6 (6′) по вертикали от наклонной линии 1–7 или (1′–7′), находят разности отсчетов $p_С$ в этих точках (см. стб. 2 табл. 4) и отсчета 1711 пкс в точке 7 (стб. 3 и 7 табл. 4).

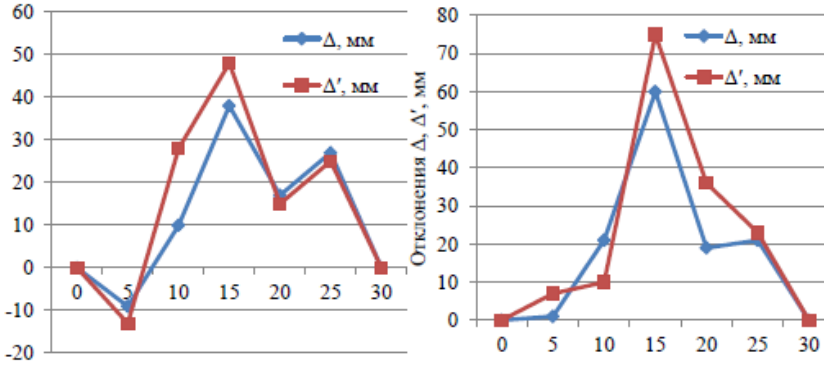
Таблица 4

**Результаты фотографического способа нивелирования**

| Точка | Левая линия Г | | | | Правая линия В | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | отсчеты $p$, пкс | | | Δ′, мм | отсчеты $p$, пкс | | | Δ′, мм |
| | $p_С$ | Δ$p$ | Δ, мм | | $p_С$ | Δ$p$ | Δ, мм | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 1 658 | -53 | -9 | -13(4) | 1 750 | 7 | 1 | 7(6) |
| 3 | 1 740 | 29 | 10 | 28(18) | 1 805 | 62 | 21 | 10(11) |
| 4 | 1 787 | 76 | 38 | 48(10) | 1 863 | 120 | 60 | 75(15) |
| 5 | 1 736 | 25 | 17 | 15(2) | 1 771 | 28 | 19 | 36(17) |
| 6 | 1 743 | 32 | 27 | 25(2) | 1 768 | 25 | 21 | 23(4) |
| 7 | 1 711 | 0 | 0 | 0 | 1 743 | 0 | 0 | 0 |

Теперь достаточно умножить каждую разность на соответствующий размер одного пикселя (см. стб. 8 и 9 табл. 3) и получить величину вертикального отклонения Δ каждой точки линии в мм (стб. 4 и 8 табл. 4).

Для контроля было выполнено геометрическое нивелирование наклонным визирным лучом линий Г и В и подсчитаны отклонения Δ′ (стб. 5 и 9). Расхождения результатов, полученных геометрическим нивелированием и фотографическим способом, составили по модулю от 2 до 18 мм. Результаты измерений и вычислений иллюстрируются графиками на рис. 6.



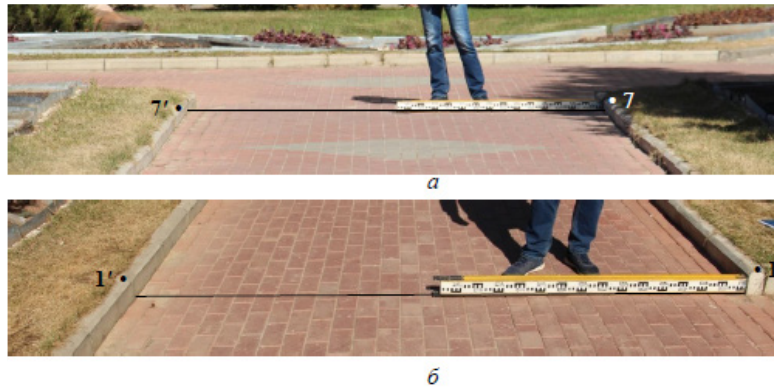

*а* *б*

Рис. 6. Графики вертикальных отклонений точек линии Г (*а*) и линии В (*б*) от прямой

Установлено, что при фотографическом способе нивелирования следует обращать особое внимание на стабильность визирной оси фотокамеры во время экспонирования.

**Фотографический способ определения ширины колеи**

Фотокамеру устанавливали в середине пролета на некотором расстоянии от створа 1–1′. В конечной точке 7 линии прикладывали перпендикулярно к ней нивелирную рейку, которая в дальнейшем служила в качестве базиса для масштабирования снимка. Ориентировали оптическую ось камеры по середине пролета 7–7′ (рис. 7). Затем последовательно, не меняя ориентировки фотокамеры, фотографировали однообразно прикладываемую к бордюрному камню рейку в точках 6, 5, 4, 3, 2 и 1, располагая ее изображение в центральной части снимка.




*а*

*б*

Рис. 7. Фотографии бордюра с рейкой в точках 7 (*а*) и 1 (*б*) при определении ширины колеи кранового пути

Каждую фотографию выводили на экран монитора и открывали файл с помощью *Paint*. Курсор подводили к нулевому делению рейки, ее концу и к точке соприкосновения бордюрного камня с горизонтальной линией, являющейся продолжением рейки (рис. 7). Отсчитывали количество пикселей $p_о$, $p_к$ и $p_б$, соответствующих каждому положению курсора. Результаты измерений и вычислений представлены в табл. 5.

Таблица 5

**Результаты фотографического способа определения ширины колеи**

| Пролет | Отсчеты $p$, пкс | | | $p_о–p_к$, пкс | Размер пикселя δ, мм/пкс | $p_о–p_б$, пкс | Ширина колеи, мм | | $L– L'$, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $p_о$ | $p_к$ | $p_б$ | | | | $L$ | $L'$ | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1–1′ | 4 881 | 2 857 | 837 | 2 024 | 0,741 | 4 044 | 2 997 | 2 990 | +7 |
| 2–2′ | 4 973 | 2 817 | 669 | 2 156 | 0,696 | 4 304 | 2 994 | 2 998 | -4 |
| 3–3′ | 4 649 | 2 717 | 789 | 1 932 | 0,776 | 3 860 | 2 997 | 3 006 | -9 |
| 4–4′ | 4 493 | 2 637 | 765 | 1 856 | 0,808 | 3 728 | 3 013 | 3 006 | +7 |
| 5–5′ | 4 545 | 2 589 | 585 | 1 956 | 0,767 | 3 960 | 3 037 | 3 033 | +4 |
| 6–6′ | 4 133 | 2 525 | 905 | 1 608 | 0,933 | 3 228 | 3 011 | 3 020 | -9 |
| 7–7′ | 3 929 | 2 565 | 1 177 | 1 364 | 1,100 | 2 752 | 3 026 | 3 024 | -2 |

Путем деления базиса длиной 1 500 мм на разности $p_о–p_к$ (стб. 5) находили размеры одного пикселя (стб. 6), умножив которые на соответствующие разности $p_о–p_б$ (стб. 7), получали искомое значение ширины колеи $L$ в мм (стб. 8). Для контроля ширина колеи $L'$ была измерена лазерной рулеткой (стб. 9). Расхождения $L$ и $L'$ (стб. 10) составили –9 … +7 мм. Точность фотографического способа может быть значительно повышена за счет более четкой маркировки точек съемки для нахождения разностей $p_о–p_б$ и расположения базиса в середине колеи.

Полученные результаты подтвердили возможность использования фотографического способа контроля планово-высотного положения путей мостового крана. Точность измерений в значительной степени зависит от методики фотографирования и качества снимков. Значительно повысить точность получаемых результатов можно путем использования фотокамер с более высоким разрешением матрицы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bryś, H. Meßverfahren zum Bestimmen der Geometrie der Verformung von Brückenkran und Kranbahnschienen / H. Bryś // Allgemeine Vermessungs-Nachrichten. – 2000. – Vol. 107, № 11-12. – P. 391–396.

2. Klein, K-H. Zur Forderung der qualitatswirksamen Potenziale der Ingen- ieurvermessung bei der Qualitatssicherung von Kranbahnen / K-H. Klein // Allgemeine Vermessungs-Nachrichten. – 2001. – Vol. 108, № 3. – P. 91, 92, 94–100.

3. Шеховцов, Г. А. Современные методы геодезического контроля подкрановых путей мостовых кранов / Г. А. Шеховцов, Э. Ф. Кочетова // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2018. – № 3. – С. 30–40.

4. Уставич, Г. А. О применении неметрических цифровых камер для инженерно-геодезических измерений / Г. А. Уставич, Я. Г. Пошивайло // Геодезия и картография. – 2005. – № 8. – С. 19–24.

5. Кацарский, И. С. О цифровой фотограмметрии и перспективах ее применения / И. С. Кацарский // Геопрофи. – 2006. – № 6. – С. 4–8.

6. Bernasik, Jerzy. Mikrut Sławomir Automatyzacja fotogrametrycznych pomiarów odkształceń dachowych dźwigarów hal przemysłowych / Jerzy Bernasik // Geodezja. – 2006. – Vol. 12, № 2. – P. 113, 141–149.

7. Барсуков, К. Г. Исследование возможностей неметрических цифровых фотоаппаратов при решении инженерно-строительных задач / К. Г. Барсуков // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. – 2007. – № 3. – С. 82–85.

8. Гельман, Р. Н. Лабораторная калибровка камер с большой дисторсией / Р. Н. Гельман, А. Л. Дунц // Геодезия и картография. – 2002. – № 7. – С. 23–31.

9. Никишин, Д. А. Методы и результаты калибровки малоформатных цифровых камер с трансфокатором / Д. А. Никишин // Известия вузов. Сер. «Геодезия и аэрофотосъемка». – 2003. – № 4. – С. 100–107.

10. Могильный, С. Г. Конструктивная калибровка цифровой камеры / С. Г. Могильный, А. А. Шоломицкий, А. А. Лунев // Известия вузов. Сер. «Геодезия и аэрофотосъемка». – 2011. – № 2. – С. 62–66.

**SHEKHOVTSOV Gennady Anatolevitch, 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**

## DETERMINATION OF THE PLANNED-HIGH-ALTITUDE POSITION OF CRANE TRACKS BY A PHOTOGRAPHIC METHOD

Nizhny Novgorod Stat University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 434-05-26;
e-mail: kaf_ig@nngasu ru
*Key words:* crane track, linearity, gauge width, excess, photo camera, pixel.

*The technique and results of modeling of a complex method of control by a photographic method of the planned-high-altitude position of crane tracks of bridge cranes, which confirmed its high efficiency and accuracy, are presented. The technique of using a digital camera Canon D700 to determine the track width, straightness of crane rails and their leveling is shown. The method of measurement of images in the Paint and their scaling is described. It is noted that the accuracy of the photographic method can be comparable with the known methods of complex control by further improving the method of photography and the use of cameras with a higher resolution of the matrix.*

REFERENCES

1. Bryś H. Meßverfahren zum Bestimmen der Geometrie der Verformung von Brückenkran und Kranbahnschienen //Allg. Vermess.-Nachr. 2000. Vol. 107, № 11-12. P. 391–396.

2. Klein K-H. Zur Forderung der qualitatswirksamen Potenziale der Ingen- ieurvermessung bei der Qualitatssicherung von Kranbahnen. Allg. Vermess.-Nachr. 2001. 108, № 3. P. 91, 92, 94–100.

3. Shekhovtsov G. A., Kochetova E. F. Sovremennye metody geodezicheskogo kontrolya podkranovykh putey mostovykh kranov [Modern methods of geodetic control of crane tracks of bridge cranes]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. Gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2018. № 3. P. 30–40.

4. Ustavich G. A, Poshivaylo Ya. G. O primenenii nemetricheskikh tsifrovykh kamer dlya inzhenerno-geodezicheskikh izmereniy [On the use of non-metric digital cameras for engineering-geodetic measurements]. Geodeziya i kartografiya [Geodesy and cartography]. 2005, № 8. P. 19–24.

5. Katsarsky I. S. O tsifrovoy fotogrammetrii i perspektivakh eyo primeneniya [About digital photogrammetry and prospects of its application]. GeoProfi. 2006, № 6. P. 4–8.

6. Bernasik Jerzy, Mikrut Sławomir Automatyzacja fotogrametrycznych pomiarów odkształceń dachowych dźwigarów hal przemysłowych // Geodezja. 2006. Vol. 12, № 2. P. 113, 141–149.

7. Barsukov K. G. Issledovanie vozmozhnostey nemetricheskikh tsifrovykh fotoapparatov pri reshenii inzhenerno-stroitelnykh zadach [Investigation of the possibilities of non-metric digital cameras in solving engineering and construction tasks]. Nauchny vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitelnogo universiteta [Scientific Herald of the Voronezh State University and Civil Engineering]. 2007. № 3. P. 82–85.

8. Gelman R. N., Dunts A. L. Laboratornaya kalibrovka kamer s bolshoy distorsiey [Laboratory calibration of cameras with large distortion]. Geodeziya i kartografiya [Geodesy and cartography]. 2002. № 7. P. 23–31.

9. Nikishin D. A. Metody i rezultaty kalibrovki maloformatnykh tsifrovykh kamer s transfokatorom [Methods and results of calibration of small-format digital cameras with zoom]. Izvestiya vuzov. Ser. “Geodeziya i aerofotosyomka” [News of higher education institutions. Geodesy and aerial photography]. 2003. № 4. P. 100–107.

10. Mogilny S. G., Sholomitsky A. A., Lunev A. F. Konstruktivnaya kalibrovka tsifrovoy kamery [Constructive calibration of the digital camera]. Izvestiya vuzov. Ser. “Geodeziya i aerofotosyomka” [News of higher education institutions. Geodesy and aerial photography]. 2011, № 2. P. 62–66.

**© Г. А. Шеховцов, Э. Ф. Кочетова, 2019**

Получено: 12.01.2019 г.

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

**УДК 697:621.577**

**С. В. ФЕДОСОВ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой техносферной безопасности; В. Н. ФЕДОСЕЕВ д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой организации производства и городского хозяйства; В. А. ВОРОНОВ, аспирант кафедры организации производства и городского хозяйства**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА В ИСПАРИТЕЛЬНО-КОНДЕНСАЦИОННОМ БЛОКЕ ВОЗДУШНОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»
Россия, 153000, г. Иваново, Шереметевский пр., д. 21.
Тел.: 8 (980) 694-81-41; e-mail: fedosov-academic53@mail.ru
*Ключевые слова:* воздушный тепловой насос (ВТН), испаритель, конденсатор, тепломассоперенос, коэффициент эффективности, скрытая теплота парообразования.

*Рассматриваются теоретические основы эффективных термодинамических процессов, протекающих в режиме фазового превращения скрытой теплоты парообразования в зависимости от температуры и давления, при которых происходит это фазовое превращение. Использование полученных результатов исследования позволяет совершенствовать испарительно-конденсационный блок ВТН, повышать его энергоресурсоэффективность и, как результат, – в дальнейшем способствовать решению научных проблем и практических технических решений в области разработки систем автономного экологически чистого и экономически эффективного теплоснабжения зданий; адаптации существующих систем ВТН к климатическим условиям России как в ЦФО, так и в других регионах; освоение и поиск в развитии экологически чистых, возобновляемых источников чистой энергии для энергосберегающих систем теплоснабжения в строительной индустрии. Такие исследования имеют фундаментальный характер и позволяют получить новые знания о процессах тепломассопереноса для воздушных теплонасосных систем.*

В последние годы на строительном рынке России все большее распространение получают энергоэффективные технологии с использованием ВТН, преобразующих энергию низкопотенциальных источников теплоты для обеспечения эффективного теплоснабжения малоэтажных зданий и сооружений различного производственного и социального назначения. При этом современные достижения науки позволяют повышать энергоэффективность ВТН посредством использования особенностей систем рециркуляции теплоносителя и рекуперации теплоты.

Эффективность термодинамического цикла ВТН [1] во многом определяется рациональным выбором теплоносителя (хладагента) [2], а также соотношением теплофизических свойств всех теплоносителей как в жидком состоянии, так и в паровой фазе. К определяющим из них относятся: теплоемкость, теплопроводность, температуры кипения и конденсации, скрытая теплота парообразования и конденсации. Немаловажное значение имеют гидромеханические характеристики потоков жидкой и газовой (паровой) фаз, а также двухфазных потоков, в которых происходит испарение и конденсация хладагента. Существенны также и значения теплофизических параметров воздушного потока, участвующего в теплообменных процессах [3, 4, 5].

Особенно следует отметить роль такого параметра как «теплота фазового

перехода», или «скрытая теплота испарения/конденсации», обозначаемого в технической литературе как «*r*». Этот параметр характеризует количество теплоты, выделяемой в системе (или поглощаемое в ней) при испарении или конденсации единицы массы хладагента. У современных хладагентов она находится в диапазоне 187–223 кДж/кг [6]. Именно эта величина и является главным определяющим фактором, обеспечивающим работу ВТН. И здесь в полной мере реализуются слова великого естествоиспытателя и биолога И. В. Мичурина: «Мы не можем ждать милостей от природы. Взять их у нее – наша задача».

Определяющее жизненные циклы всех природных процессов в атмосфере и в целом в биосфере перемещение потоков воздушных масс и жидкостных субстанций несет в себе неисчерпаемые запасы энергии, так необходимой человечеству для существования и развития [7]. И повернуть часть этих запасов на благо развития жизни и сохранения среды обитания − задача не просто декларативная, но уже и жизненно необходимая.

На рис. 1 показана количественная картина рассеянного и прямого излучения (тепла).

Рис. 1. Количественная картина рассеянного и прямого излучения (тепла)

Воздух, находящийся в производственном помещении, целесообразно рассматривать как универсальный источник возобновляемой энергии. С этих позиций, принципиально используя воздушный поток как тепловую энергию, рассматриваем этот процесс с точки зрения тепломассообмена между, условно говоря, следующими циклами: воздушный цикл (механический вентилятор), система отвода (отнятия) тепла как следствие действия рабочего тела (фреона) и далее процесс испарительно-компрессорно-конденсационного блока, обеспечивающего создание высокотемпературного тепла [8].

Перечисляя обозначенные факторы, влияющие в процессах тепломассопереноса и транспортировки рабочих веществ, понимаем, что в конечном итоге все это сказывается на общей энергетической эффективности воздушного теплового насоса и его конструктивных особенностях [9, 10].

Сама техническая реализующая процессы система тепломассопереноса воздушного теплового насоса состоит из двух контуров: низкого и высокого давления, рис. 2.

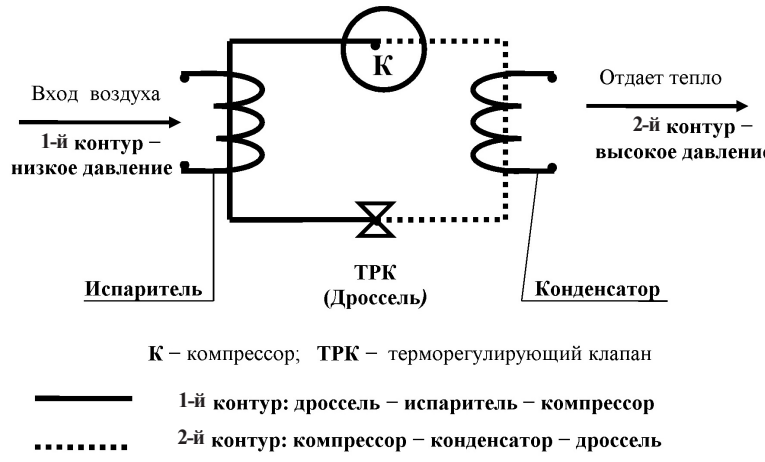



Рис. 2. Принципиальная схема работы воздушного теплового насоса

В основе работы теплового насоса лежит обратный термодинамический цикл (обратный цикл Карно), изображаемый в координатах $T - S$ и $i - \lg P$. В обратном цикле Карно окружающая среда выступает в роли холодного источника тепла. При работе теплового насоса тепло внешней среды благодаря совершению работы передается потребителю, но уже с более высокой температурой.

Для этого необходимо в испарителе создать условия для фазового перехода фреона из жидкого в парообразное состояние посредством теплообмена двухфазной системы «жидкость – пар» фреона, находящегося внутри испарительных труб, с воздухом внешней среды, подаваемым на пучок труб вентилятором высокого давления.

Как вариант, ниже приведены результаты численного эксперимента по работе воздушного теплового насоса марки *Meeting* (КНР) [11] при следующих основных характеристиках: тепловая мощность на выходе которого составляет 7 кВт (A20/W35), потребляемая электрическая мощность – 1,84 кВт; COP при A20 °C – 3,8 (A20 – атмосферный воздух с температурой 20 °C); площадь отапливаемого помещения – 100 м$^2$.

Известно [12, 2, 10, 13], что с понижением температуры окружающего воздушного потока техническая характеристика ВТН [14], а, следовательно, COP понижаются достаточно быстро. В идеальном случае, исходя из паспортных данных ВТН с тепловой мощностью 7 кВт, табл. 1, рис. 3, и потребляемой мощности 1,8 кВт, COP становится равным 3,8, т. е. $\text{COP} = P_{\text{вых. мощн.}} / P_{\text{потр.}} = 7/1{,}8 = 3{,}8$. Тогда требует пояснения появившаяся разница, или за счет какого источника энергии она появляется: 7–1,8 = 5,2 кВт.

«Маршрут» преобразования низкопотенциального тепла из окружающего воздушного пространства посредством испарительно-конденсационного блока ВТН и термодинамический процесс тепломассопереноса в системе самого контура ВТН предусматривают реализацию скрытой теплоты парообразования как количество теплоты, появляющейся при переходе из жидкой фазы в пар (испарение) или отдачу того же количества пара при переходе из паровой фазы в жидкую (конденсация). Предполагаем, что эти два значимых процесса и определяют взаимосвязь и приоритеты тепломассопереноса в теплохолодильной машине.

Таблица 1

**Технические характеристики ВТН, обеспечивающие достижение температуры теплоносителя для обогрева помещений 35 °С**

| Температура наружного воздуха, $t_{н.в.}$, °С | COP | Расход тепловой мощности (энергии) $Q$, кВт·ч |
|---|---|---|
| при температуре теплоносителя (воды) 35 °С | | |
| -25 | 1,28 | 2,35 |
| -20 | 1,56 | 2,86 |
| -15 | 1,84 | 3,37 |
| -10 | 1,98 | 3,63 |
| -5 | 2,12 | 3,88 |
| 0 | 2,40 | 4,39 |
| 5 | 2,96 | 5,41 |
| 10 | 3,24 | 5,92 |
| 15 | 3,52 | 6,43 |
| 20 | 3,80 | 6,94 |
| 25 | 4,08 | 7,45 |

Примечание. Точки на графике: [1,28 (2,35)] обозначают величину [COP, ($P$, кВт)], см. рис. 3

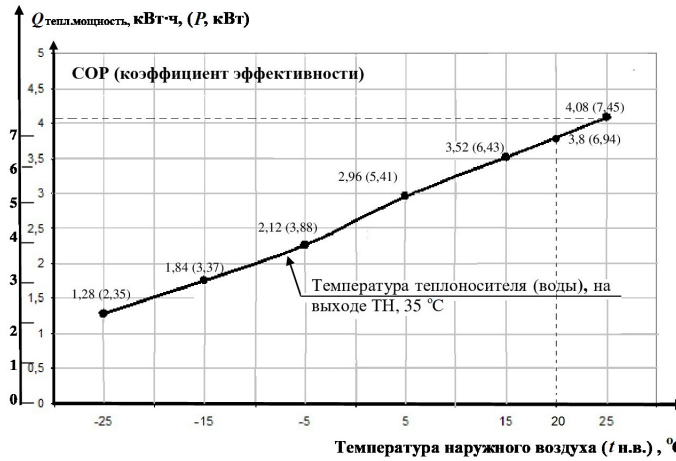



Рис. 3. Зависимость показателя эффективности COP = $f$ (20/35) и тепловой энергии (мощности) ВТН от температуры воздуха при температуре теплоносителя (воды) на выходе теплового насоса 35 °С

Рассчитаем, какое количество тепловой энергии содержится в окружающем нас воздухе при конкретных температурах $\Delta t_2$ = 0 – 5; $\Delta t_3$ = 0 − 10; $\Delta t_4$ = 0 – 15; $\Delta t_5$ = 0 – 20 °С по формуле $E = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t$, кВт·ч,

где $V$ − объем пропущенного через вентилятор воздуха, м$^3$; ρ − плотность воздуха, кг/м$^2$, ρ = 1,28 кг/м$^3$; с − теплоемкость воздуха, кДж/кг·°С, с = 1,0 кДж/кг·$^0$С, кг; $\Delta t$ − разница начальной и конечной температуры воздуха, поступающего на вентилятор, °С.

Сведем расчетные величины при данном диапазоне температур в табл. 2. По результатам табл. 2 строим кривые (рис. 4), изменения энергии (мощности) рассеянного тепла в зависимости от температуры воздушного потока при наличии вытяжного вентилятора производительностью 500; 700; 800 м$^3$/ч.

Таблица 2

**Изменение энергии рассеянного тепла в зависимости от температуры воздушного потока при наличии вытяжного вентилятора производительностью 500, 700, 800 м³/ч**

| Δ*t*, °C | *E*, кДж | *E*, кВт·ч | *P*, кВт |
|---|---|---|---|
| *V* = 500 м³/ч; ρ = 1,28 кг/м³; с = 1,0 кДж/кг·°C; 1 кДж = 0,278 Вт·ч | | | |
| 0 | 640 | 0,18 | 0,18 |
| 5 | 3 200 | 0,9 | 0,9 |
| 10 | 6 400 | 1,8 | 1,8 |
| 15 | 9 600 | 2,6 | 2,6 |
| 20 | 12 800 | 3,6 | 3,6 |
| *V* = 700 м³/ч; ρ = 1,28кг/м³; с = 1,0 кДж/кг·°C; 1 кДж = 0,278 Вт·ч | | | |
| 0 | 896 | 0,25 | 0,25 |
| 5 | 4 480 | 1,25 | 1,25 |
| 10 | 8 960 | 2,5 | 2,5 |
| 15 | 13 440 | 3,74 | 3,74 |
| 20 | 17 920 | 5,0 | 5,0 |
| *V* = 800 м³/ч; ρ = 1,28кг/м³; с = 1,0 кДж/кг·°C; 1 кДж = 0,278 Вт·ч | | | |
| 0 | 1 024 | 0,285 | 0,285 |
| 5 | 5 120 | 1,425 | 1,425 |
| 10 | 10 240 | 2,85 | 2,85 |
| 15 | 15 360 | 4,27 | 4,27 |
| 20 | 20 480 | 5,695 | 5,695 |

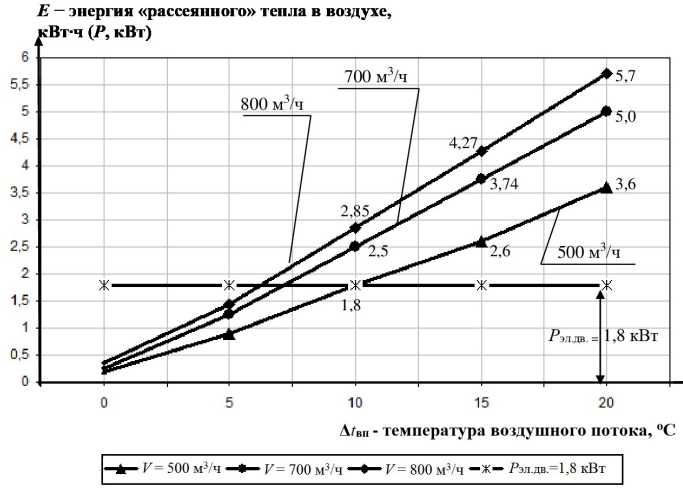



Рис. 4. График изменения рассеянной тепловой энергии (мощности) от температуры окружающего воздушного потока на испаритель ВТН с производительностью вентилятора 500,700, 800 м³/ч

Отразим на графике (рис. 5) потребляемую электрическую мощность $P_{эл.дв}$ = 1,8 кВт = const, которая питает компрессор ВТН и является постоянной величиной в течение времени изменения воздушного потока. Далее просуммируем

графически ординаты этих двух графиков $P_{т.м.}f(t)$ и $P_{эл.дв.}f(t)$ и фиксируем результирующие точки (табл. 3, рис. 5).

Таблица 3

| $\Delta t_{возд.потока}$, °С | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|
| $P_{эл.дв.} = 1{,}8$ кВт = const | | | | | |
| $E_1 + P_{эл.дв.}$, кВт·ч, при $V = 500$ м³/ч | 1,98 | 2,7 | 3,6 | 4,4 | 5,4 |
| $E_2 + P_{эл.дв}$, кВт·ч, при $V = 700$ м³/ч | 2,05 | 3, 05 | 4,3 | 5,54 | 6,8 |
| $E_3 + P_{эл.дв}$, кВт·ч, при $V = 800$ м³/ч | 2, 085 | 3,225 | 4,65 | 6, 07 | 7,5 |

Примечания: $E$, кВт·ч – энергия рассеянного тепла или $P_{рассеян..мощн.}$, кВт;
$\Delta t_{возд.потока}$, °С – разница температуры подачи воздуха на испаритель ВТН.

В координатах $\sum P_{мощн.} = f$ (Т °С) строим получаемые по этим точкам окончательные кривые, рис. 5.

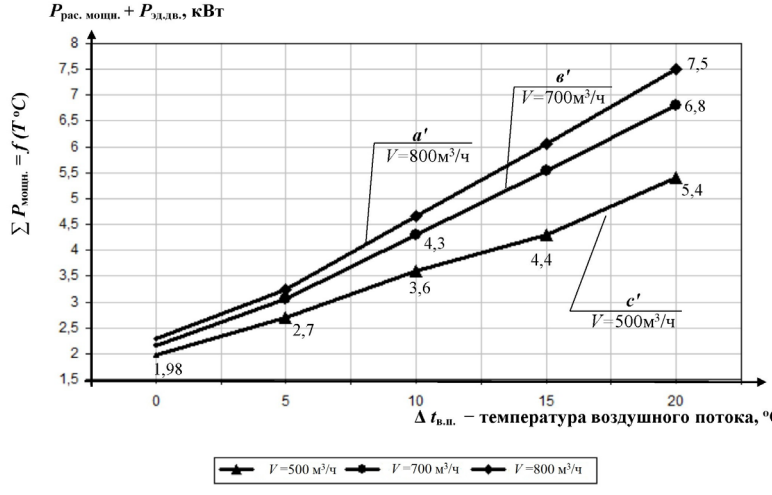



Рис. 5. График зависимости $\sum P_{мощн.} = f\,(T$ °С) от температуры окружающего воздушного потока

Напрашивается вывод о том, что, подбирая мощность вентилятора по объему вытяжки воздуха (в данном случае $V = 700$ м³/ч), мы тем самым учитываем явную величину низкопотенциального источника энергии (кроме электрического и обозначенного ранее*).

Становится очевидным, что ВТН потребляет электроэнергии меньше, чем производит тепла на величину энергии «рассеянного» тепла окружающего воздуха. В реальных условиях изменяющегося климата и температуры внутри помещения «оперативно» учитывать и вычислять величину общей рассеянной энергии весьма затруднительно и некорректно. Поэтому при сложившейся практике применяемые расчеты по СОР (коэффициенту эффективности) не учитывают именно источник низкопотенциального тепла в виде общего «рассеянного» тепла в воздухе, где присутствует скрытая теплота парообразования (СТП) рабочего тела (фреона). Но по существующей информации в литературе используют три вида СОР – идеальный, расчетный, реальный.

* Общая рассеянная энергия – это ($P_{рассеян.1} + P_{рассеян.2\ (СТП)}$) в виде теплого рассеянного воздуха

1. Идеальный COP − вычисляется с помощью построения термодинамических диаграмм $i - \lg P$ (удельная энтальпия − давление).

2. Расчетный COP = $P_{\text{тепл.мощн.}}/P_{\text{эл.дв.}}$

3. Реальный COP = $P_{\text{потребителя}}/(P_{\text{эл. сеть}}+P_{\text{источник рас. тепла}}+P_{\text{СТП}})$.

Поэтому во избежание путаницы на практике и в литературе остановились на коэффициенте эффективности (COP − расчетный), который показывает во сколько раз в среднем тепловая энергия, переданная потребителю, больше количества энергии, необходимой для переноса тепла от низкопотенциального источника к потребителю.

**Выводы:**

1. Изложенный в статье материал являет собой новый взгляд на представления об одной из проблем теории и практики воздушных тепловых насосов, получающих все большее распространение в России. Стремление использовать возобновляемые источники энергии от движущихся потоков субстанции (воздуха, воды, геогидротермальных подземных источников) является в настоящее время объективной альтернативой традиционным источникам, добываемым из недр Земли.

2. Воздушные потоки, являющиеся «партнерами» хладагентов, нестабильны по своим теплофизическим характеристикам в силу стохастики самих природных процессов и явлений. Авторы предлагают учитывать динамику этой нестабильности. И это является предметом продолжающихся исследований и будущих публикаций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ условий при проектировании энергосберегающих теплонасосных систем для автономных текстильных производств / С. В. Федосов, В. Н. Федосеев, А. Б. Петрухин, Л. А. Опарина, И. А. Мартынов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. «Материалы. Конструкции. Технологии». – 2018. – № 2. – С. 84–91.

2. Энергоэффективность рабочего тела (хладона) воздушного теплового насоса в режиме обогрева автономного текстильного цеха (производства) / В. Н. Федосеев, А Б. Петрухин, В. А. Емелин, В. А. Воронов, И. А. Зайцева // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений решений : сб. науч. тр. / Иванов. гос. пед. ун-т. – Иваново, 2016. – С. 186–194.

3. Федосов, С. В. Тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии / С. В. Федосов. – Иваново : ПресСто, 2010. – 364 с.

4. Себиси, Т. Конвективный теплообмен. Физические основы и вычислительные методы. Пер. с англ. / Т. Себиси, П. Брэдшоу. – Москва : Мир, 1987. – 592 с. : ил.

5. Сполдинг, Д. Б. Конвективный массоперенос: пер. с англ. / Д. Б. Сполдинг. – Москва : Энергия, 1965.

6. Цветков, О. Б. Таблицы свойств холодильных агентов: Учеб.-метод. пособие / О. Б. Цветков, Ю. А. Лаптев. – Санкт–Петербург : НИУ ИТМО : ИХиБТ, 2013. – 52 с.

7. Справочник по климату СССР. Ч. 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – Ленинград : Гидрометеорологическое издательство, 1966.

8. Рей, Д. Тепловые насосы: пер. с англ. / Д. Рей, Д. Маймайкл. – Москва : Энергоиздат, 1982. – 224 с. : ил.

9. Возможный диапазон работы воздушного теплового насоса в отопительный период / Р. М. Алоян, В. Н. Федосеев, С. М. Алоян, И. А. Зайцева, Н. В. Виноградова // Известия высших учебных заведений. Сер. «Технология текстильной промышленности». – 2017. – № 4 (370). – С. 278–281.

10. Количественный анализ конфигурации коэффициента эффективности и тепловой мощности воздушного теплового насоса при отоплении малоэтажных текстильных строений / Р. М. Алоян, В. Н. Федосеев, И. А. Зайцева, Н. В. Виноградова // Известия высших

учебных заведений. Сер. «Технология текстильной промышленности». – 2017. – № 5 (371). – С. 319–323.

11. Инструкция по эксплуатации теплового насоса с передачей тепла от воздуха к воде [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://solar-dom.com/upload/iblock/287/Meeting_user_manual_MD_RU_.pdf.

12. Климатические условия и факторы, влияющие на производительность воздушного теплового насоса / В. А. Воронов, В. А. Емелин, В. Н. Федосеев, И. А. Зайцева // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений : сб. науч. тр. / Иванов. гос. пед. ун-т. ¬ Иваново, 2015. – С. 241–251.

13. Сравнительный анализ комбинированных режимов работы ВТН для малоэтажных строений в текстильной отрасли / Р. М. Алоян, В. Н. Федосеев, И. А. Зайцева, Н. В. Виноградова, В. А. Емелин, Е. А. Воронов. // Известия высших учебных заведений. Сер. «Технология текстильной промышленности». – 2017. – № 5 (371). – С. 324–328.

14. Пат. 174083 Российская Федерация. Тепловой насос / В. Н. Федосеев, В. А. Емелин, В. А. Воронов, Ю. Е. Острякова, И. А. Свиридов. – Заявл. от 09.01.2017 ; опубл. 29.09.2017. Бюл. № 28.

**FEDOSOV Sergey Viktorovich, academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of technosphere safety; FEDOSEEV Vadim Nikolaevich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of organization of production and municipal economy; VORONOV Vladimir Andreevich, post-graduate student of the chair of organization of production and municipal economy**

## THE USE OF LOW-GRADE HEAT OF THE AMBIENT AIR IN THE EVAPORATOR-CONDENSER UNIT OF AN AIR HEAT PUMP

Ivanovo State Polytechnic University
21, Sheremetevsky Ave., Ivanovo, 153000, Russia. Tel:+7 (980) 694-81-41;
e-mail: fedosov-academic53@mail.ru
*Key words:* air heat pump, evaporator, condenser, heat and mass transfer, efficiency coefficient, latent heat of vaporization.

*The article deals with the theoretical fundamentals of effective thermodynamic processes occurring in the mode of phase transformation of latent heat of vaporization depending on the temperature and pressure at which this phase transformation occurs. The use of the obtained results of the study allows to improve the evaporation and condensation unit of the air heat pump, to increase its energy resource efficiency, and as a result - to further contribute to the solution of scientific problems and practical technical solutions in the development of systems of autonomous, environmentally friendly and cost-effective heat supply of buildings; adaptation of existing air heat pump systems to the climatic conditions of Russia, both the Central Federal district and in other regions; development and search in the development of environmentally friendly, renewable sources of clean energy for energy-saving heat supply systems in the construction industry. Such studies are fundamental and provide new knowledge about the processes of heat and mass transfer for air heat pump systems.*

REFERENCES

1. Fedosov S. V., Fedoseev V. N., Petrukhin A. B., Oparina L. A., Martynov I. A. Analiz usloviy pri proektirovanii energosberegayuschikh teplonasosnykh sistem dlya avtonomnykh tekstilnykh proizvodstv [Analysis of conditions at designing energy-saving heat pump systems for autonomous textile industries]. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Materialy. Konstruktsii. Tekhnologii [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Materials. Designs. Technologies]. 2018. № 2. P. 84-91.

2. Fedoseev V. N., Petrukhin A. B., Emelin V. A., Voronov V. A., Zaytseva I. A. Energoeffektivnost rabochego tela (khladona) vozdushnogo teplovogo nasosa v rezhime obogreva avtonomnogo tekstilnogo tsekha (proizvodstva) [Energy efficiency of the working medium (refrigerant) of an air heat pump under conditions of heating an autonomous textile shop (factory)]. Teoriya i praktika tekhnicheskikh, organizatsionno-tekhnologicheskikh i ekonomicheskikh resheniy: Sb. nauch. tr. [Theory and practice of technical, organizational-technological and economic solutions: selected scientific articles]. Ivanov. gos. ped. un-t. Ivanovo, 2016. P. 186–194.

3. Fedosov S. V. Teplomassoperenos v tekhnologicheskikh protsessakh stroitelnoy industrii. Ivanovo, PresSto, 2010, 364 p.

4. Sebisi T., Bredshou P. Konvektivny teploobmen. Fizicheskie osnovy i vychislitelnye metody [Convective heat exchange. Physical fundamentals and calculation methods]. Per. s angl. Moscow: Mir. 1987. 592 p.: il.

5. Spolding D. B. Konvektivny massoperenos [Convective mass transfer]. Per. s angl. Moscow: Energiya, 1965.

6. Tsvetkov O. B., Laptev Yu. A. Tablitsy svoystv kholodilnykh agentov [Tables of refrigerant properties]: Ucheb.-metod. posobie. Saint-Petersburg. NIU ITMO: IKhiBT, 2013. 52 p.

7. Spravochnik po klimatu SSSR. Ch. 1. Solnechnaya radiatsiya, radiatsionny balans i solnechnoe siyanie [USSR climate reference book. Part 1. Solar radiation, radiation balance and sun light]. Leningrad. Gidrometeorologicheskoe izdatelstvo, 1966.

8. Reay D., Macmichael D. Teplovye nasosy [Heat pumps]. Per. s angl. Moscow: Energoizdat, 1982, 224 p.: il.

9. Aloyan R. M., Fedoseev V. N., Aloyan S. M., Zaytseva I. A., Vinogradova N. V. Vozmozhny diapazon raboty vozdushnogo teplovogo nasosa v otopitelny period [Possible range of operation of an air heat pump during the heating period]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti [News of higher educational institutions. Technology of the textile industry]. 2017. № 4 (370). P. 278–281.

10. Aloyan R. M., Fedoseev V. N., Zaytseva I. A., Vinogradova N. V. Kolichestvenny analiz konfiguratsii koeffitsienta effektivnosti i teplovoy moschnosti vozdushnogo teplovogo nasosa pri otoplenii maloetazhnykh tekstilnykh stroeniy [Quantitative analysis of configuration of the efficiency coefficient and thermal power of an air heat pump at heating low-rise textile structures]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti [News of higher educational institutions. Technology of the textile industry]. 2017. № 5 (371). P. 319–323.

11. Instruktsiya po ekspluatatsii teplovogo nasosa s peredachey tepla ot vozdukha k vode [Operating instruction of a heat pump with heat transfer from air to water]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa : https_// solar_dom.com/upload/iblock/287/ Meeting_user_manual_MD_RU_pdf.

12. Voronov V. A., Emelin V. A., Fedoseev V. N., Zaytseva I. A. Klimaticheskie usloviya i factory, vliyayuschie na proizvoditelnost vozdushnogo teplovogo nasosa [Climatic conditions and factors influencing the output of an air heat pump]. Teoriya i praktika tekhnicheskikh, organizatsionno-tekhnologicheskikh i ekonomicheskikh resheniy: sb. nauch. tr. [Theory and practice of technical, organizational-technological and economic solutions: selected scientific articles]. Ivanov. gos. ped. un-t. Ivanovo. 2015. P. 241–251.

13. Aloyan R. M., Fedoseev V. N., Zaytseva I. A., Vinogradova N. V., Emelin V. A., Voronov E. A. Sravnitelny analiz kombinirovannykh rezhimov raboty VTN dlya maloetazhnykh stroeniy v tekstilnoy otrasli [Comparative analysis of combined modes of operation of an air heat pump for low-rise buildings in the textile industry]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy . Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti [News of higher educational institutions. Technology of the textile industry.]. 2017. № 5 (371). P. 324–328.

14. Patent 174083 Rossiyskaya Federatsiya. Teplovoy nasos [Heat pump]. Fedoseev V. N., Emelin V. A., Voronov V. A., Ostryakova Yu. E., Sviridov I. A. Zayavl. Ot 09.01.2017. Opubl. 29.09.2017. Byul. № 28.

**© С. В. Федосов, В. Н. Федосеев, В. А. Воронов, 2019**

Получено: 12.08.2019 г.

**УДК 697.921**

**В. И. БОДРОВ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой отопления и вентиляции;**
**В. П. БОЛДИН, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры отопления и вентиляции;**
**В. Ю. КУЗИН, канд. техн. наук, доц. кафедры отопления и вентиляции**

# ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИТОЧНЫХ И ВЫТЯЖНЫХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ СОВРЕМЕННЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-85; эл. почта: tes84@inbox.ru
*Ключевые слова:* аэродинамическая характеристика, расчетный воздухообмен, естественная вентиляция, приточные устройства, вытяжные устройства.

*Приведены расчетные значения основных аэродинамических характеристик элементов современных систем естественной вентиляции и установлены границы их применения. Изложены рекомендации по проектированию систем естественной вентиляции помещений многоквартирных жилых домов с организованной подачей и удалением воздуха через регулируемые устройства.*

Значительное число современных исследований посвящено изучению режимов работы и повышению энергетической эффективности систем естественной приточно-вытяжной вентиляции, оборудованных регулируемыми приточными и вытяжными устройствами [1–4].

Расчетный воздухообмен в помещениях, оборудованных системами естественной вентиляции, обеспечивается при соблюдении условия:

$$\Delta p_{\text{сист}} \geq p_{\text{р}}, \quad (1)$$

где $\Delta p_{\text{сист}}$ – потери давления в системе вентиляции от точки забора воздуха до отметки его выброса в атмосферу, Па; $p_{\text{р}}$ – расчетное располагаемое давление при температуре наружного воздуха $t_{\text{н}} = +5$ °С, Па, равное

$$p_{\text{р}} = (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}})gh, \quad (2)$$

где $\rho_{\text{н}}$ – плотность наружного воздуха при $t_{\text{н}} = +5$ °С, Па; $\rho_{\text{в}}$ – плотность внутреннего воздуха, Па; g – ускорение свободного падения, g = 9,81 м/с$^2$; $h$ – разница отметок забора воздуха с фасада и выброса на кровле, м.

Потери давления в системе естественной вентиляции с индивидуальными вытяжными каналами определяются по формуле:

$$\Delta p_{\text{сист}} = \Delta p_{\text{пу}} + \sum \Delta p_{\text{дв}} + \Delta p_{\text{ву}} + \Delta p_{\text{вк}}, \quad (3)$$

где $\Delta p_{\text{пу}}$, $\Delta p_{\text{дв}}$, $\Delta p_{\text{ву}}$, $\Delta p_{\text{вк}}$ – потери давления в приточных устройствах, комнатных дверях, вытяжных устройствах, вытяжных каналах, Па.

Падение давления на приточных устройствах $\Delta p_{\text{пу}}$, Па, зависит от его типа и определяется по следующим зависимостям:

*– для форточек и фрамуг*

$$\Delta p_{\text{пу}} = \xi_{\text{ф}} \frac{v_{\text{ф}}^2}{2} \rho_{\text{н}} = \frac{\xi_{\text{ф}}}{2} \left( \frac{L_{\text{ф}}}{3600 a_{\text{ф}} b_{\text{ф}}} \right)^2 \rho_{\text{н}} = 1{,}16 \cdot 10^{-7} \left( \frac{L_{\text{ф}}}{a_{\text{ф}} b_{\text{ф}}} \right)^2 \rho_{\text{н}}, \quad (4)$$

где $\xi_{\text{ф}}$ – коэффициент местного сопротивления форточки, $\xi_{\text{ф}} \approx 3$ [5]; $v_{\text{ф}}$ – скорость воздуха в живом сечении, м/с; $a_{\text{ф}}$, $b_{\text{ф}}$ – высота и ширина форточки соответственно, м; $L_{\text{ф}}$ – проходящий через форточку расход воздуха, м$^3$/ч;

*– для приточных оконных и стеновых клапанов*

$$p_{\text{пу}} = p_{\text{ном}}\left(\frac{L_{\text{пр}}\rho_{\text{н}}}{L_{\text{ном}}\rho_{\text{ном}}}\right)^2, \quad (5)$$

где $p_{\text{ном}}$ – номинальный перепад давления, $p_{\text{ном}} = 10$ Па [6]; $L_{\text{пр}}$ – фактический расход воздуха через приточное устройство, м$^3$/ч; $L_{\text{ном}}$ – расход воздуха через устройство при номинальном перепаде давления, м$^3$/ч; $\rho_{\text{ном}}$ – плотность проходящего через клапан приточного воздуха при которой были определены $p_{\text{ном}}$ и $L_{\text{ном}}$, $\rho_{\text{ном}} \approx 1{,}2$ кг/м$^3$ [7].

Падение давления на щелевых решетках определяется по зависимости (4), а на вытяжных устройствах – по формуле (5).

Перепад давления на межкомнатных дверях $\Delta p_{\text{дв}}$, Па, равен

$$p_{\text{дв}} = \xi_{\text{дв}}\frac{v_{\text{дв}}^2}{2}p_{\text{в}} = \frac{\xi_{\text{дв}}}{2}\left(\frac{L_{\text{дв}}}{3600\Pi_{\text{дв}}\delta_{\text{щ}}}\right)^2 p_{\text{в}} = 1{,}54\cdot 10^{-7}\left(\frac{L_{\text{дв}}}{\Pi_{\text{дв}}\delta_{\text{щ}}}\right)^2 p_{\text{в}}, \quad (6)$$

где $\xi_{\text{дв}}$ – коэффициент местного сопротивления двери, $\xi_{\text{дв}} = 4$ [5]; $L_{\text{дв}}$ – расход воздуха, проходящий через щели межкомнатной двери, м$^3$/ч; $\Pi_{\text{дв}}$ – периметр двери, м; $\delta_{\text{щ}}$ – толщина щели в двери, м, при отсутствии уплотнителей и порога может быть принята $\delta_{\text{щ}} = 0{,}003$–$0{,}005$ м.

Падение давления на каждом элементе $\Delta p_{\text{эл}}$, Па, удобно выразить через аэродинамическую характеристику $K$, Па/(шт.·{кг/ч}$^2$) [8]:

$$\Delta p_{\text{эл}} = KN(L\rho)^n, \quad (7)$$

где $N$ – количество последовательно установленных элементов, шт.; $L$ – расход воздуха, проходящий через элемент, м$^3$/ч; $\rho$ – плотность воздуха, кг/м$^3$; $n$ – показатель режима движения воздуха через элемент, $n \approx 2$ [9].

Аэродинамическая характеристика системы естественной вентиляции $K_{\text{сист}}$, Па/(кг/ч)$^2$, определяется по зависимости

$$K_{\text{сист}} = K_{\text{пу}}n_{\text{пу}} + K_{\text{ву}}n_{\text{ву}} + K_{\text{кол}}n_{\text{кол}} + K_{\text{воз}}n_{\text{воз}} + K_{\text{зк}}n_{\text{зк}}, \quad (8)$$

где $K_{\text{пу}}$, $K_{\text{ву}}$, $K_{\text{кол}}$, $K_{\text{воз}}$, $K_{\text{зк}}$ – соответственно, аэродинамические характеристики приточного и вытяжного устройств, колена, одного метра прямого участка вентиляционного канала, зонта-колпака, Па/(шт.·{кг/ч}$^2$); $n_{\text{пу}}$, $n_{\text{ву}}$, $n_{\text{кол}}$, $n_{\text{воз}}$, $n_{\text{зк}}$ – количество соответствующих элементов, установленных последовательно по ходу движения воздуха, шт.

Условие расчетного режима работы системы естественной вентиляции (1) примет следующий вид

$$K_{\text{сист}} \le K_{\text{тр}} = \frac{p_{\text{р}}}{\left(L_{\text{р}}\rho_{\text{в}}\right)^2}, \quad (9)$$

где $K_{\text{тр}}$ – требуемая аэродинамическая характеристика системы естественной вентиляции, Па/(кг/ч)$^2$; $L_{\text{р}}$ – расчетная производительность, м$^3$/ч.

Фактическая производительность $L_{\text{факт}}$, м$^3$/ч, системы естественной вентиляции при расчетном располагаемом давлении составит

$$L_{\text{факт}} = \frac{1}{\rho_{\text{в}}}\sqrt{\frac{p_{\text{р}}}{K_{\text{сист}}}}. \quad (10)$$

Полученные авторами значения $K$ для типовых конструктивных элементов систем естественной вентиляции приведены в таблице.

**Значения аэродинамических характеристик *K*, Па/(шт.·{кг/ч}$^2$) $10^5$, элементов систем естественной вентиляции**

| Элемент системы естественной вентиляции | *K*, Па/(шт.·{кг/ч}$^2$)·$10^5$ |
|---|---|
| Регулируемые форточки и фрамуги, площадью, м$^2$: | |
| – 0,15 | 0,43 |
| – 0,25 | 0,16 |
| – 0,35 | 0,08 |
| – 0,45 | 0,05 |
| Приточные устройства с $L_{ном}$, м$^3$/ч [6]: | |
| – 30 | 771,60 |
| – 35 | 566,89 |
| – 40 | 434,03 |
| – 45 | 342,94 |
| Щелевые решетки серии Р: | |
| – Р-150, $f_ж$ = 0,0144 м$^2$ | 31,01 |
| – Р-200, $f_ж$ = 0,0256 м$^2$ | 9,81 |
| Вытяжные устройства с Lном, м3/ч [6]: | 123,46 |
| – 75 | 69,44 |
| – 100 | 27,13 |
| – 160 | |
| Двери высотой 2010 мм и шириной, мм [10]: | |
| – 710 | 27,10 |
| – 810 | 25,21 |
| – 910 | 23,51 |
| – 1010 | 21,99 |
| – 1210 | 19,34 |
| – 1310 | 18,19 |
| – 1510 | 16,18 |
| Один метр воздуховода / отвод / зонт-колпак, из листовой стали, живым сечением: | |
| – 150×100 | 4,69 / 11,99 / 41,98 |
| – 150×150 | 1,58 / 4,80 / 18,67 |
| – 200×100 | 2,31 / 8,60 / 23,61 |
| – 200×150 | 0,75 / 3,45 / 10,49 |
| – 200×200 | 0,35 / 0,21 / 1,81 |
| Один метр воздуховода / колено / зонт-колпак, из кирпича, живым сечением: | |
| – 140×140 | 7,13 / 14,75 / 24,59 |
| – 270×140 | 1,36 / 3,40 / 6,61 |
| – 270×270 | 0,23 / 1,07 / 1,78 |
| – 270×400 | 0,83 / 0,45 / 0,81 |

Рассмотрим работу системы естественной вентиляции с индивидуальными стальными вытяжными каналами, обслуживающих помещения кухонь четырнадцатиэтажного многоквартирного жилого дома. Кухни оборудованы электроплитами, расчетный воздухообмен составляет $L_р$ = 60 м$^3$/ч. Для забора воздуха предусмотрены форточки, для удаления – щелевые решетки типа Р 150×150 мм. Рассчитанные по зависимостям (7)–(9) значения $K_{тр}$, $K_{пу}$, $K_{ву}$, а также $K_{вк} = K_{кол}n_{кол} + K_{воз}n_{воз} + K_{зк}n_{зк}$ и $K_{доп}$ дополнительной аэродинамической характери-

стики, которую необходимо создать щелевой решеткой, приведены на рис. 1. При открытых форточках и решетках условие (9) выполняется, полученные значения превышают требуемые (рис. 2), что приведет к частичному перекрытию живого сечения щелевых решеток. Если заменить форточку на приточное устройство, щелевую решетку на вытяжное устройство или провести их замену одновременно, условие (9) перестанет выполняться почти на всех этажах (рис. 3).

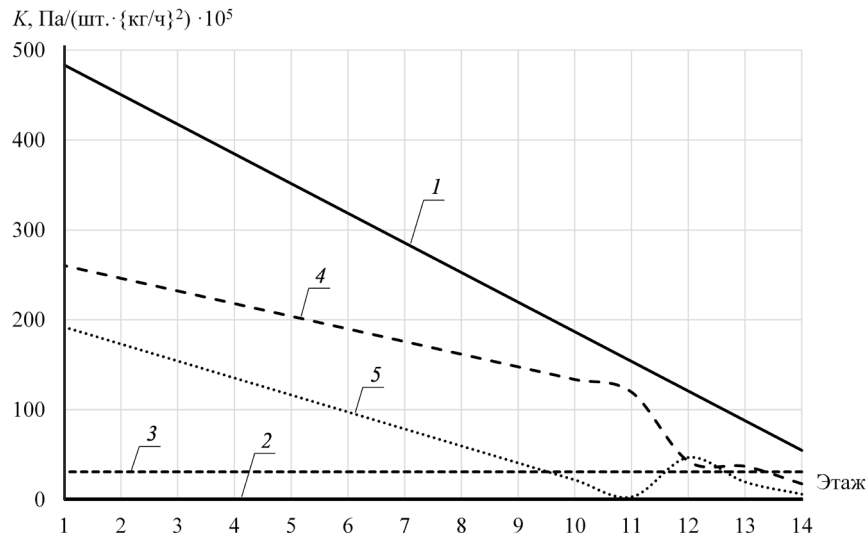



Рис. 1. Значения аэродинамически характеристик элементов системы естественной вентиляции от рассматриваемого этажа: *1* – $K_{тр}$; *2* – $K_{пу}$; *3* – $K_{ву}$; *4* – $K_{вк}$; *5* – $K_{доп}$

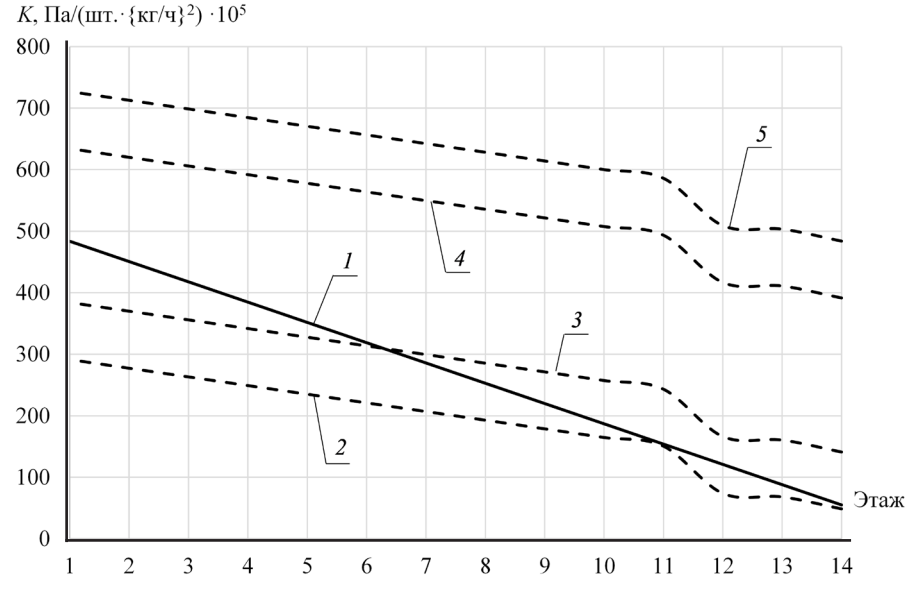



Рис. 2. Значения $K_{сист}$ на разных этажах здания: *1* – $K_{тр}$; *2* – при установке форточки и вытяжной решетки; *3* – то же, форточки и вытяжного устройства; *4* – то же, приточного клапана и решетки; *5* – то же, приточного клапана и вытяжного устройства

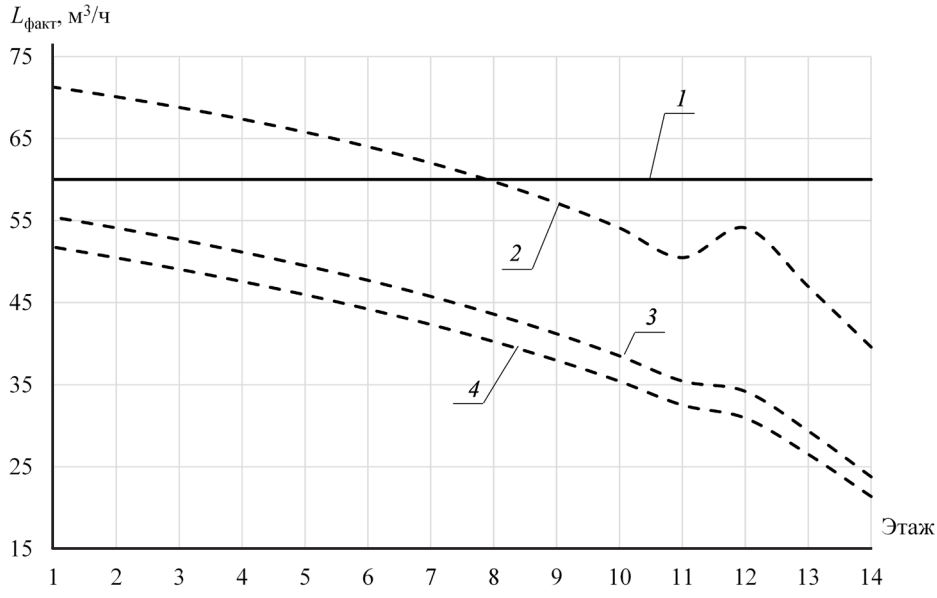



Рис. 3. Производительности вентиляционных каналов: *1* – расчетно-нормативная; *2* – фактическая при установке форточки и вытяжного устройства; *3* – то же, приточного клапана и решетки; *4* – то же, приточного клапана и вытяжного устройства

Фактические воздухообмены $L_{факт}$, м$^3$/ч, превышают расчетные значения только на 1–7 этажах жилого дома при установке форточек совместно с вытяжными устройствами. В остальных случаях установка регулируемых приточных устройств приводит к снижению воздухообмена в помещениях кухонь ниже нормируемого значения. Основной причиной, вызвавшей нерасчетные условия работы системы вентиляции, являются большие по величине значения *K* приточных и вытяжных устройств.

Для обеспечения требуемого воздухообмена с применением существующих приточных и вытяжных устройств требуется устанавливать их по 2-3 параллельно друг другу по воздуху. Общая длина оконных клапанов в таком случае будет достигать 1 200 мм. В настоящее время отсутствуют опубликованные лабораторные испытания и результаты математического моделирования тепломассообменных процессов вблизи столь протяженных приточных устройств и оценки их влияния на поддержание требуемых параметров микроклимата в обслуживаемых зонах помещений.

Представленные результаты указывают на высокую потребность в увеличении номинальной производительности приточных устройств для расширения границ их возможного применения. Существующие приточные клапаны способны обеспечивать необходимый воздухообмен только в жилых комнатах на нижних этажах зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамкина, Д. В. Влияние естественного воздухообмена в помещении на концентрацию взвешенных частиц / Д. В. Абрамкина, К. М. Агаханова // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2018. – № 6 (64). – С. 912–921.

2. Малявина, Е. Г. Естественная вентиляция жилых зданий / Е. Г. Малявина, Е. Х. Китайцева // АВОК. – 1999. – № 3. – С. 35–43.

3. Рымаров, А. Г. Оценка эффективности работы систем естественной вентиляции / А. Г. Рымаров, Д. В. Абрамкина // Строительство. – Формирование среды жизнедеятельности. XXI Международная научная конференция : сб. материалов семинара «Молодежные инновации», 25-27 апр., Москва. – 2018. – С. 308–310.

4. Шилкин, Н. В. Возможности энергосбережения в системах с регулируемой естественной вентиляцией / Н. В. Шилкин, Н. А. Шонина, Ю. В. Миллер // Энергосбережение. – 2018. – № 2. – С. 16–23.

5. Константинова, В. Е. Воздушно-тепловой режим в жилых зданиях повышенной этажности / В. Е. Константинова. – Москва : Стройиздат, 1969. – 134 с.

6. Вентиляционные решения. Каталог продукции. – Москва : АЭРЭКО, 2018. – 104 с.

7. Бутцев, Б. И. Техническое обоснование применения вентиляционных устройств «АЭРЭКО» на Российском строительном рынке / Б. И. Бутцев. – Москва : АЭРЭКО, 2008. – 103 с.

8. ГОСТ Р DIN 1946-6:2009-05. Приточные шумозащитные оконные и стеновые вентиляционные клапаны. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 29 с.

9. Р НП АВОК 5.4.1-2018. Расчет и проектирование регулируемой естественной и гибридной вентиляции в многоэтажных жилых домах. – Москва : АВОК-ПРЕСС, 2018. – 56 с.

10. ГОСТ 475-2916. Блоки дверные деревянные и комбинированные. Общие технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 34 с.

**BODROV Valery Iosifovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of heating and ventilation; BOLDIN Vladimir Petrovich, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the chair of heating and ventilation; KUZIN Viktor Yurevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heating and ventilation**

## STUDY OF APPLICATION OF SUPPLY AND EXHAUST DEVICES IN THE SYSTEMS OF NATURAL VENTILATION OF MODERN APARTMENT HOUSES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia.
Tel.: +7 (831) 430-54-85; e-mail: tes84@inbox.ru
*Key words:* aerodynamic characteristics; calculated air exchange; natural ventilation; supply devices; exhaust devices.

*The article presents calculated basic aerodynamic characteristics of elements of modern natural ventilation systems and sets the limits for their use. Recommendations for the design of natural ventilation systems of the premises of apartment houses with controlled supply and removal of air through adjustable devices.*

REFERENCES

1. Abramkina D. V., Agakhanova K.M. Vliyanie estestvennogo vozdukhoobmena v pomeschenii na kontsentratsiyu vzveshennykh chastits [Influence of natural air exchange in the room on the concentration of suspended particles]. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta [Vestnik SibADI]. 2018. № 6 (64). P. 912–921.

2. Malyavina E. G., Kitaytseva E. H. Estestvennaya ventilyatsiya zhilykh zdaniy [Natural ventilation of residential buildings] . AVOK. 1999. № 3. P. 35–43.

3. Rymarov A. G., Abramkina D. V. Otsenka effektivnosti raboty sistem estestvennoy ventilyatsii [Assessment of effectiveness of natural ventilation systems]. Stroitelstvo. – Formirovanie sredy zhiznedeyatelnosti [Construction. – Forming living environment]. XXI Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya: sb. materialov seminara «Molodyozhnye innovatsii», 25-27 aprelya. Moscow. 2018. P. 308–310.

4. Shilkin N. V., Shonina N. A., Miller Yu. V. Vozmozhnosti energosberezheniya v sistemakh s reguliruemoy estestvennoy ventilyatsiey [Energy saving opportunities in systems with controlled natural ventilation]. Energosberezhenie [Energy saving]. 2018. № 2. P. 16–23.

5. Konstantinova V. E. Vozdushno-teplovoy rezhim v zhilykh zdaniyakh povyshennoy etazhnosti [Air-thermal regime in residential buildings of high number of floors]. Moscow: Stroyizdat, 1969. 134 p.

6. Ventilyatsionnye resheniya [Ventilation solutions]. Katalog produktsii. Moscow: AEREKO, 2018. 104 p.

7. Buttsev B. I. Tekhnicheskoe obosnovanie primeneniya ventilyatsionnykh ustroystv «AEREKO» na Rossiyskom stroitelnom rynke [Technical justification for use of AERECO ventilation devices on the Russian construction market]. Moscow: AEREKO, 2008. 103 p.

8. GOST R DIN 1946-6:2009-05. Pritochnye shumozaschitnye okonnye i stenovye ventilyatsionnye klapany [Air inlet soundproofing window and wall ventilation valves]. Moscow: Standartinform, 2011. 29 p.

9. R NP AVOK 5.4.1-2018. Raschyot i proektirovanie reguliruemoy estestvennoy i gibridnoy ventilyatsii v mnogoetazhnykh zhilykh domakh [Calculation and design of regulated natural and hybrid ventilation in high-rise residential buildings]. Moscow: AVOK-PRESS, 2018. 56 p.

10. GOST 475-2916. Bloki dvernye derevyannye i kombinirovannye. Obschie tekh-nicheskie usloviya [Wooden and composite doors. General specifications]. Moscow: Standartinform, 2017. 34 p.

**© В. И. Бодров, В. П. Болдин, В. Ю. Кузин, 2019**

Получено: 22.06.2019 г.

**УДК 697.7**

**В. И. БОДРОВ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой отопления и вентиляции; М. В. БОДРОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры отопления и вентиляции; А. А. СМЫКОВ, аспирант кафедры отопления и вентиляции**

# ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ НА БАЗЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-85; эл почта: tes84@inbox.ru

*Ключевые слова:* теплофизика, водяное отопление, инфракрасное излучение, лучистое отопление, излучатель.

*Приведена методика и результаты исследования системы отопления на базе низкотемпературных инфракрасных излучателей производства ООО «Флайг+Хоммель». Проведены численный и натурный эксперименты.*

В настоящее время проблема энергосбережения ввиду роста цен на энергоносители является одной из важнейших в строительной отрасли России [1]. Для отопления крупнообъемных помещений ежегодно расходуется большое количество

энергетических ресурсов. Среди известных способов снижения затрат тепловой энергии при отоплении таких помещений применение систем лучистого отопления является приоритетным и заслуживающим особого внимания [2–4], т. к. по сравнению с «традиционными» водяными и воздушными системами отопления требует значительно меньших затрат теплоты.

В системах отопления на базе инфракрасных излучателей (ИИ) подача теплоты в рабочую зону осуществляется направленным тепловым излучением. Ввиду того что воздух в помещении не поглощает инфракрасный спектр излучения, а лишь рассеивает его, энергия от ИИ аккумулируется на облучаемых поверхностях и затем используется для формирования конвективных потоков, обеспечивающих нагрев воздуха рабочей зоны, что указывает на перспективность использования данных систем [5, 6].

Наиболее эффективным видом лучистого отопления является отопление на базе газовых инфракрасных излучателей (ГИИ) [5], т. к. в таких системах не используется промежуточный теплоноситель (вода, пар), а тепловая энергия поступает в помещение непосредственно от первичного энергоносителя – природного газа. Однако использование подобных систем сопряжено с определенными сложностями, например, применение ГИИ в некоторых категорийных помещениях строго ограничено, а использование «светлых» ГИИ и вовсе связано с выбросом уходящих газов непосредственно в объем обслуживаемого помещения. Также стоит учитывать, что непосредственное подключение газа в некоторых регионах нашей страны сопряжено с существенными финансовыми затратами.

Одним из наиболее эффективных разновидностей лучистого отопления, применение которого не столь ограничено, является система лучистого отопления на базе низкотемпературных инфракрасных излучателей (НИИ). В качестве отопительных приборов в данных системах применяются потолочные излучающие панели или излучающие профили, в качестве теплоносителя – горячая вода (от 40 °С до 130 °С). Нагретый теплоносителем НИИ начинает излучать электромагнитные волны в инфракрасном диапазоне, что и обеспечивает отопление обсуживаемого помещения.

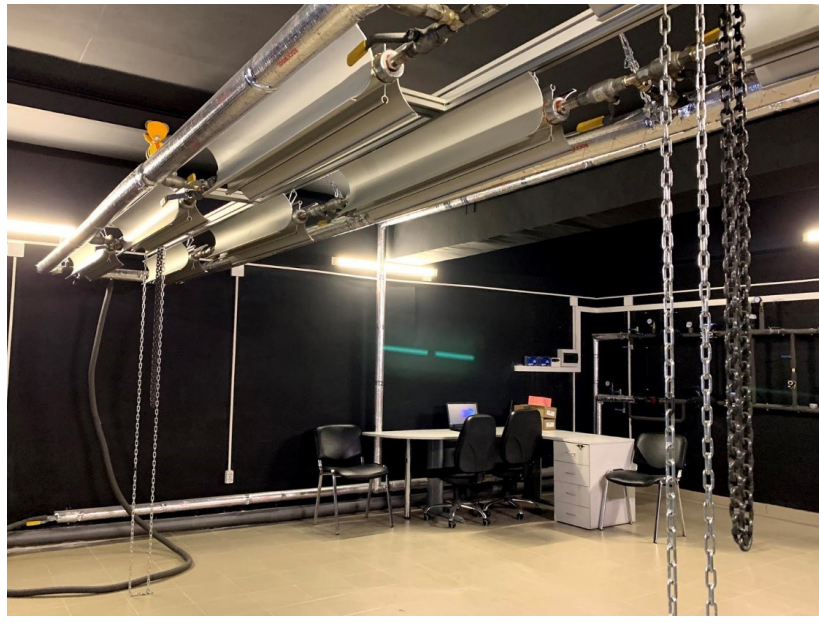
Многие действующие нормативные документы, определяющие требуемые параметры микроклимата помещений, не учитывают специфику работы систем лучистого отопления, определяющую преимущества таких систем по сравнению с водяными и воздушными, которые в части экономии затрачиваемой тепловой энергии могут составлять до 40 % [3, 5, 6]. Одним из них является снижение температуры воздуха рабочей зоны $t_{в.р}$ на величину до 4 °С по сравнению с нормативными значениями, предусмотренными при проектировании «традиционных» систем отопления [7, 8]. Это достигается за счет большей плотности инфракрасного излучения в помещениях с системой отопления на базе ИИ, которое нагревает непосредственно поверхность кожи людей, животных.

Также одной из основных причин ограниченного применения систем отопления на базе НИИ является отсутствие апробированной методики проектирования таких систем.

В свою очередь, применение отопления на базе НИИ характеризуется рядом преимуществ, ведущим к высокой энергоэффективности системы отопления: низкой тепловой инерцией, что обеспечивает короткое время реагирования; простым и эффективным регулированием за счет небольшого количества теплоносителя в системе; направленной подачей тепловой энергии в рабочую зону помещения, что незаменимо при применении зональной системы отопления; простотой монтажа и обслуживания, за счет кратного уменьшения длины транзитных трубопроводов;

**К СТАТЬЕ В. И. БОДРОВА, М. В. БОДРОВА, А. А. СМЫКОВА «ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ НА БАЗЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ»**

*а*

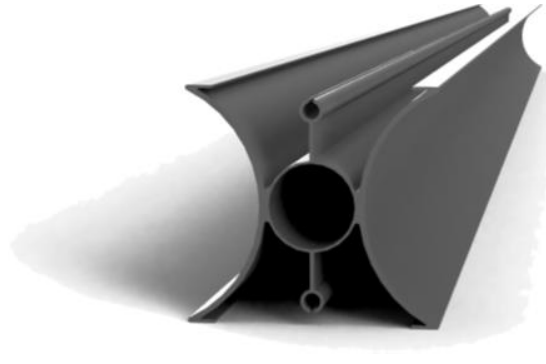


*б*

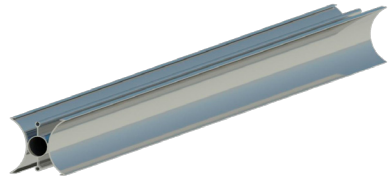
Рис. 1. Общий вид лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ»

*в*

Рис. 1, окончание. Общий вид лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ»



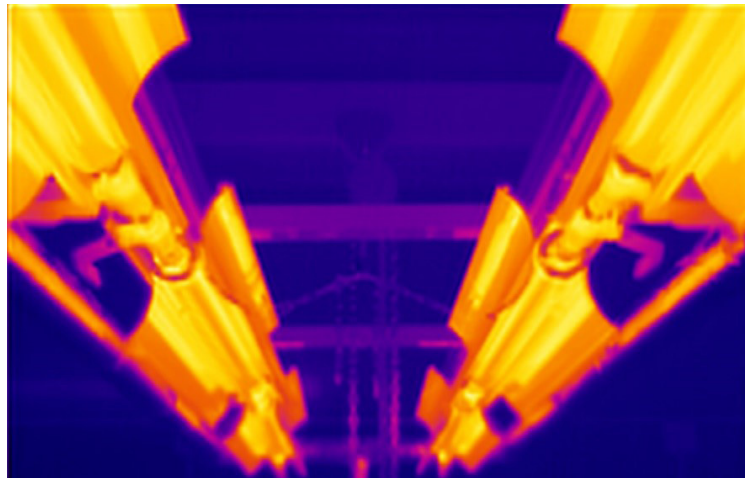
*а*



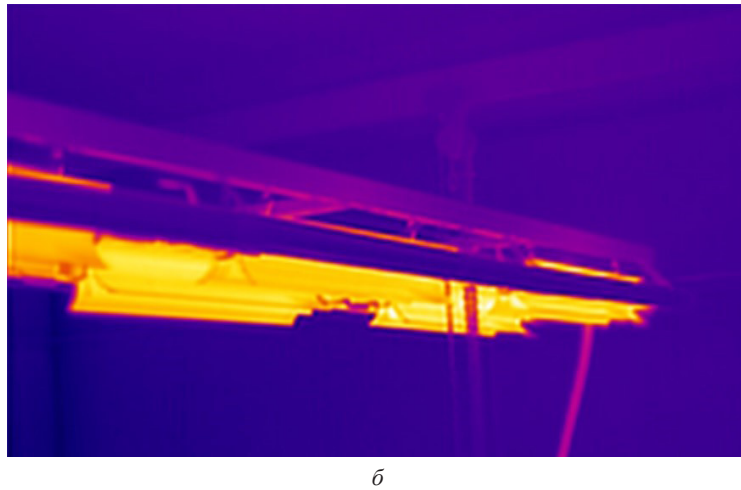
*б*

Рис. 2. Излучатель марки Helios 750

Рис. 3. Панорамная термограмма лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ»

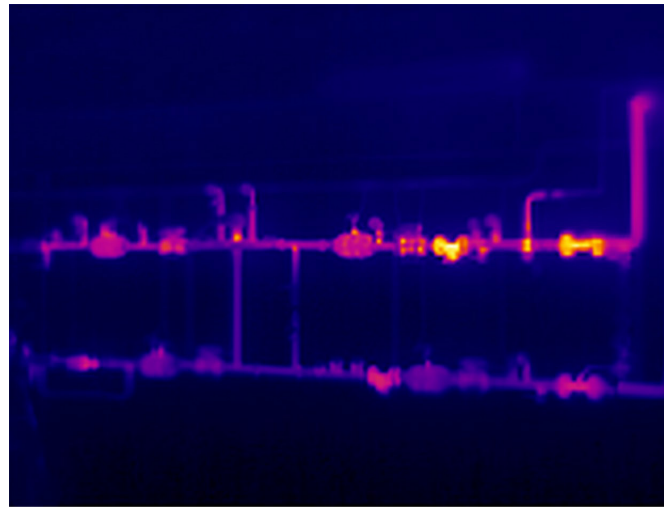


*а*



*б*

Рис. 4. Термограмма экспериментальной установки лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ»



*в*

Рис. 4, окончание. Термограмма экспериментальной установки лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ»

Рис. 5. Общий вид производственного помещения с системой отопления на базе НИИ Helios 750

отсутствием большого градиента температуры по высоте помещения и «тепловой подушки»; возможностью применения возобновляемых источников энергии и систем рекуперации теплоты; отсутствием сквозняков и перемещения пыли благодаря сведению конвективных процессов к минимуму; бесшумной работой системы; экономии пространства; долгим сроком службы.

Использование лучистых систем отопления на базе НИИ эффективно и экономически обосновано в крупнообъемных помещениях, таких как: производственные помещения; «шоурумы»; здания транспортной инфраструктуры; спортивные комплексы.

Для исследования лучистой системы отопления с использованием НИИ на базе ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» был создан Учебно-научно-исследовательский центр «Системы отопления с использованием низкотемпературных инфракрасных излучателей» (УНИЦ «СОНИИ»). В основу данного центра легла лаборатория лучистого отопления (рис. 1 цв. вклейки), оборудованная всеми необходимыми лабораторными и контрольно-измерительными приборами и созданная совместно с ООО «Флайг+Хоммель» – единственным производителем излучающих профилей на территории России.

Создание полной картины работы системы отопления на базе НИИ требует всестороннего изучения следующих физических параметров: определение удельной теплоотдачи излучающего профиля (излучателя); измерение плотности лучистого потока тепловой энергии; моделирование теплового режима отапливаемого помещения; моделирование теплового и температурного режимов ограждающих конструкций обслуживаемого помещения. В настоящей статье представлены результаты исследования, связанного с определением удельной теплоотдачи 1 п. м излучающего профиля. Объектом исследований стал излучающий профиль производства ООО «Флайг+Хоммель», модели Helios 750 (рис. 2 цв. вклейки). Для оценки теплотехнических характеристик излучателя была сконструирована экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 1.

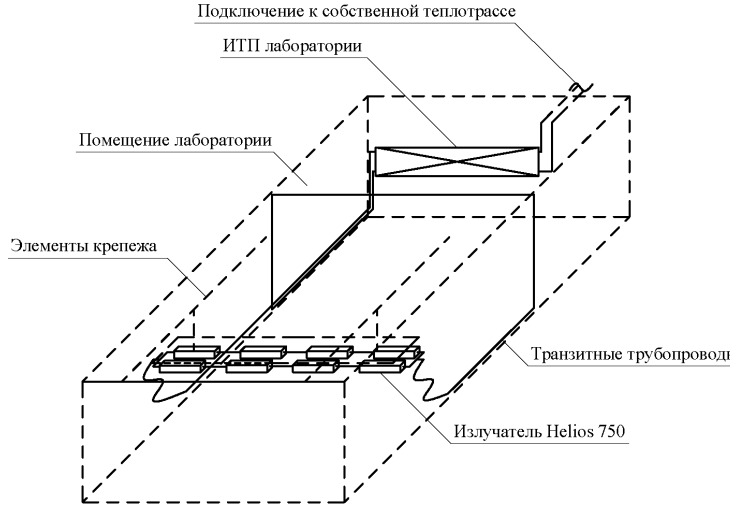



Рис. 1. Схема экспериментальной установки лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ»

Характеристики исследуемого излучающего профиля: ширина – 170 мм; высота – 170 мм; длина – 1000 мм; материал профиля – анодированный сплав алюминия (AlMgSi0.5); максимальное избыточное рабочее давление – 10 бар; максимальная рабочая температура ограничена лишь характеристиками источника теплоносителя, т. к. сплав не подвержен коррозии и высокотемпературной эмиссии электронов. Данный образец позволяет смоделировать фрагмент системы водяного лучистого отопления на базе НИИ, применить известные в этой области методики испытаний, получить экспериментальные данные, которые применимы для создания и усовершенствования методики проектирования систем лучистого отопления.

Измерение удельной теплоотдачи 1 п. м излучателя проводилось при помощи электромагнитного расходомера-счетчика марки ЭРСВ-570Ф и вычислителя количества теплоты ТРСВ-026М производства ЗАО «Взлет». Измеряемыми величинами являлись: $T_1$ – температура теплоносителя в подающем трубопроводе экспериментальной установки, °С; $T_2$ – температура теплоносителя в обратном трубопроводе экспериментальной установки, °С; $G_1$ – массовый расход теплоносителя в подающем трубопроводе экспериментальной установки, кг/ч; $G_2$ – массовый расход теплоносителя в обратном трубопроводе экспериментальной установки, кг/ч; $N$ – количество включенных излучателей, шт.; $Q_{тр}$ – транзитные тепловые потери, Вт, измеренные экспериментально.

Уравнение удельной теплоотдачи 1 п. м излучателя в заданных условиях выглядит следующим образом:

$$Q_{изл} = \left( \frac{G_1 \cdot c_{T_1} \cdot T_1}{3,6} - \frac{G_2 \cdot c_{T_2} \cdot T_2}{3,6} \right) / N - Q_{тр}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где $c_{T1}$ и $c_{T2}$ – теплоемкость воды в подающем и обратном трубопроводе соответственно, кДж/кг·°С.

Результаты проведенных исследований по определению удельной тепловой мощности 1 п. м излучателя приведены в таблице и на рис. 2.

**Экспериментальное определение удельной тепловой мощности 1 п. м излучателя**

| Номер опыта | $N$, шт. | $T_1$, °С | $T_2$, °С | $G_1$, кг/ч | $G_2$, кг/ч | $Q_{общ}$, Вт | $Q_{тр}$, Вт | $Q_{изл}$, Вт | $\Delta T$, °С |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8 | 30,01 | 26,32 | 279,03 | 270,21 | 1462,94 | 100,50 | 82,37 | 6,37 |
| 2 | 8 | 39,40 | 33,11 | 313,48 | 303,76 | 2658,17 | 189,81 | 142,46 | 13,46 |
| 3 | 8 | 52,43 | 41,24 | 284,56 | 276,36 | 4048,02 | 323,79 | 186,71 | 22,94 |
| 4 | 8 | 61,68 | 48,52 | 316,09 | 307,42 | 5310,73 | 413,10 | 250,74 | 30,80 |
| 5 | 8 | 69,83 | 56,97 | 399,42 | 390,64 | 6535,48 | 502,44 | 314,49 | 38,90 |

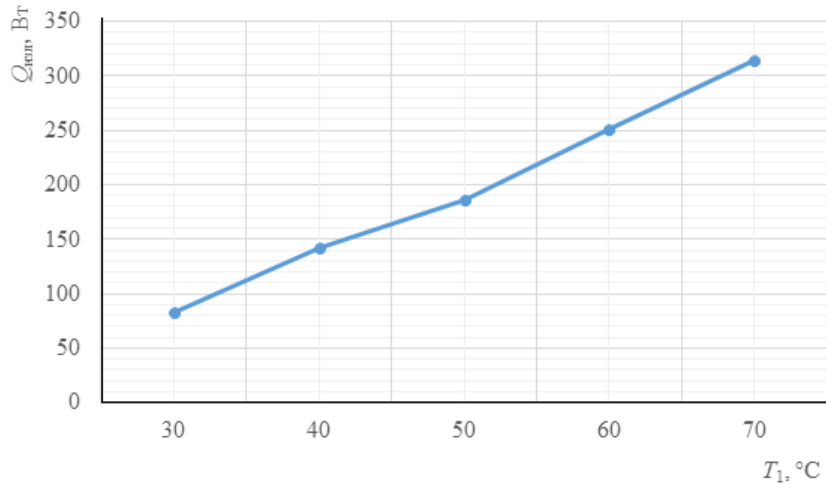



Рис. 2. График удельной мощности 1 п. м излучателя Helios 750 в зависимости от температуры в подающем трубопроводе системы отопления

**Вывод.** Проведено на базе УНИЦ «СОНИИ» ННГАСУ экспериментальное исследование теплотехнических характеристик низкотемпературных инфракрасных излучателей марки Helios 750 производства ООО «Флайг+Хоммель». Дальнейшим этапом исследований является лабораторное изучение теплового режима помещения, оборудованного НИИ с корреляцией полученных результатов на натурном объекте (рис. 5 цв. вклейки).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон Рос. Федерации от 23.11.2009 № 261-ФЗ : [ред. от 16.01.2019]. – Режим доступа : Консультант Плюс. Законодательство. ВерсияПроф.

2. Бодров, В. И. Исследование теплового режима наружных ограждающих конструкций в промышленных помещениях с системами отопления на базе инфракрасных излучателей / В. И. Бодров, А. А. Смыков // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2018. – № 2 (46). – С. 29–36.

3. Бодров, В. И. Теплофизические характеристики теплового контура зданий с газовыми инфракрасными излучателями / В. И. Бодров, А. А. Смыков // Сантехника, отопление, кондиционирование, энергосбережение. – 2014. – № 7. – С. 52–55.

4. Булатов, А. Л. Эффективность использования инфракрасных газовых излучателей для отопления производственных помещений ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» / А. Л. Булатов, Е. В. Загребина // АВОК. – 2007. – № 2. – С. 36–40.

5. Тепловой режим производственных помещений с системами отопления на базе газовых инфракрасных излучателей : монография / Н. И. Куриленко, В. И. Максимов, Г. Я. Мамонтов, Т. А. Нагорнова ; Том. политехн. ун-т. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013. – 101 с.

6. Бухмиров, В. В. Алгоритм расчет систем лучистого отопления помещений / В. В. Бухмиров, С. А. Крупенников, Ю. С. Солнышкова // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2010. – Вып. 4. – С. 23–25.

7. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – Москва : [б. и.], 2001. – 20 с.

8. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003) – Москва : [б. и.], 2012.

**BODROV Valery Iosifovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of heating and ventilation; BODROV Mikhail Valerevich, doctor of technical sciences, professor of the chair of heating and ventilation; SMYKOV Aleksandr Anatolevich, postgraduate student of the chair of heating and ventilation**

## STUDY OF RADIANT HEATING SYSTEMS ON THE BASIS OF LOW-TEMPERATURE INFRARED RADIATORS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-85; e-mail: tes84@inbox.ru
*Key words:* thermophysics; water heating; infrared radiation; radiant heating; radiator.

*The article presents methodology and results of the study of a heating system on the basis of low-temperature infrared emitters produced by JSC "Flaig+Hommel". Numerical and full-scale experiments are conducted.*

REFERENCES

1. Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti, i o vnesenii izmeneniy v otdelnye zakonodatelnye akty Rossiyskoy Federatsii [On energy saving and improving energy efficiency, and on amending certain legislative acts of the Russian Federation]. [Elektronny resurs]: feder. zakon Ros. Federatsii ot 23.11.2009 № 261-FZ: [red. ot 16.01.2019]. Rezhim dostupa: Konsultant Plyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

2. Bodrov V. I., Smykov A. A. Issledovanie teplovogo rezhima naruzhnykh ograzhdayuschikh konstruktsiy v promyshlennykh pomescheniyakh s sistemami otopleniya na baze infrakrasnykh izluchateley [Research of thermal regime of external walls in industrial premises with heating systems on the basis of infrared radiators]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2018. № 2 (46). P. 29–36.

3. Bodrov V. I., Smykov A. A. Teplofizicheskie kharakteristiki teplovogo kontura zdaniy s gazovymi infrakrasnymi izluchatelyami [Thermophysical characteristics of a thermal circuit of buildings with gas infrared emitters]. Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie, energosberezhenie [Sanitary engineering, heating, conditioning, energy saving], 2014. № 7. P. 52–55.

4. Bulatov A. L., Zagrebina E.V. Effektivnost ispolzovaniya infrakrasnykh gazovykh izluchateley dlya otopleniya proizvodstvennykh pomescheniy OAO «Magnitogorskiy metallurgicheskiy kombinat» [Efficiency of using infrared gas emitters for heating industrial premises of JSC “Magnitogorsk Iron and Steel Works”]. AVOK, 2007. № 2. P. 36–40.

5. Kurilenko N. I., Maksimov V. I., Mamontov G. Ya., Nagornova T. A. Teplovoy rezhim proizvodstvennykh pomescheniy s sistemami otopleniya na baze gazovykh infrakrasnykh izluchateley [Thermal conditions of industrial premises with heating systems based on gas infrared emitters]. Tom. politekhn. un-t. Tomsk: Izd-vo TPU, 2013, 101 p.

6. Buhmirov V. V., Krupennikov S. A., Solnyshkova Yu.S. Algoritm raschyot sistem luchistogo otopleniya pomescheniy [Algorithm calculation of radiant heating systems]. Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta [Bulletin of the Ivanovo State Energy University]. 2010. Vyp. 4. P. 23–25.

7. SanPiN 2.2.4.548-96. Gigienicheskie trebovaniya k mikroklimatu proizvodstvennykh pomescheniy. [Hygienic requirements for microclimate of industrial premises]. Moscow, 2001, 20 p.

8. SP 50.13330.2012 Teplovaya zaschita zdaniy [Thermal protection of buildings] (Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-2003). Moscow, 2012.

**© В. И. Бодров, М. В. Бодров, А. А. Смыков, 2019**
Получено: 01.07.2019 г.

**УДК 697.13+ 699.865**

**А. Г. РЫМАРОВ, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции**

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КРЫТЫХ ДВОРОВ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26. Тел.: (499) 188-36-07; эл. почта: rymarov@list.ru
*Ключевые слова:* крытые дворы, потери тепла, тепловые поступления, температурный режим.

*Проведено исследование теплового режима крытых дворов, что позволяет оценить полезность их применения в городах.*

В зимний период города России завалены снегом, дороги во льду, детские площадки сложны для использования, улицы вокруг домов заставлены автомобилями, снег по обочинам дорог имеет черный оттенок из-за поступления вредных примесей от автотранспорта. Ежедневно в городах в зимнее время работают десятки тысяч автомобилей спецтехники, чтобы убрать снег, вывести его и растопить в специально отведенных сооружениях или снегоплавильнях [1].

В Санкт-Петербурге в центре города расположено много зданий с внутренними дворами, по периметру которых, как правило, стоят малоэтажные дома, где имеются арки для прохода людей. Как известно, г. Санкт-Петербург расположен на реке Неве с притоками и каналами и на берегу Финского залива, от которых формируется бриз как движение воздуха от водной поверхности в сторону суши. Сильный ветер в холодный период года с дождем или мокрым снегом вызывает неприятные температурные ощущения у людей, перемещающихся по улицам города. Наличие проходных дворов со стенами из зданий позволяет людям укрыться в них от ветра, что повышает комфортность проживания в городе. Обтекание ветром таких зданий с внутренними дворами приводит к перераспределению ветрового потока на улицы вокруг здания и наверх над зданием с образованием вихревых зон аэродинамического следа [2], что улучшает ветровую обстановку во внутренних дворах.

Наличие внутреннего двора, покрытого светопрозрачной кровлей, позволяет в холодный период года получить комфортное пространство для отдыха взрослых и детей, в котором нет ветра, температура воздуха выше наружной температуры, минимум снега, льда, и имеют место также незамерзающие песочницы для детей. При желании посетители из таких дворов могут переходить в парки, которые активно формируются по всем районам таких городов, как Москва и Санкт-Петербург.

В последние годы появилось много зданий с атриумами и большими пространствами для людей [3, 4], где можно с удобством провести время в течение всего дня, однако их недостаточно для указанных мегаполисов.

Рассмотрим здание с крытым двором по форме в плане в виде квадрата, его ширина со всех сторон достаточно велика и обтекание такого здания носит харак-

тер такой же, как для широкого здания, когда заветренная вихревая зона аэродинамического следа формируется частично на кровле здания и на заветренном фасаде. Обтекание воздухом зданий различной формы связана с аэродинамикой городской застройки [2, 5].

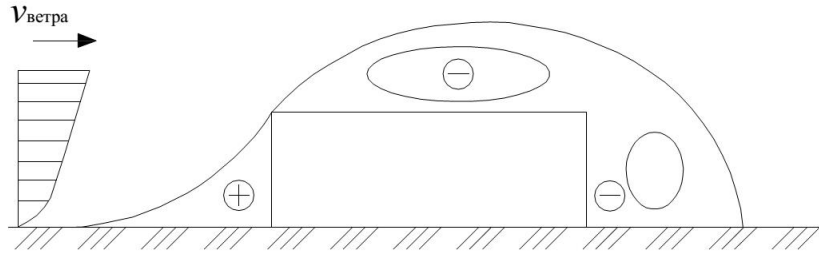



Рис. 1. Схема формирования вихревых зон аэродинамического следа

Именно вихревые зоны аэродинамического следа, образующиеся при обтекании здания потоком воздуха, формируют неблагоприятные условия для нахождения человека в этих зонах, что показано на рис. 1, а неблагоприятная ветровая обстановка в Москве и Санкт-Петербурге показана на рис. 2 и 3. Избавиться от этих зон можно при строительстве зданий с удобообтекаемой формой, либо закрыть зоны пребывания людей светопрозрачной кровлей.

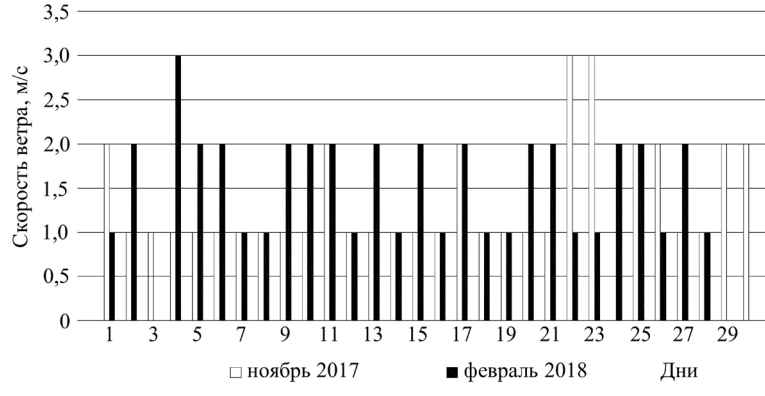



Рис. 2. Изменение скорости ветра в Москве в ноябре 2017 и феврале 2018 гг.

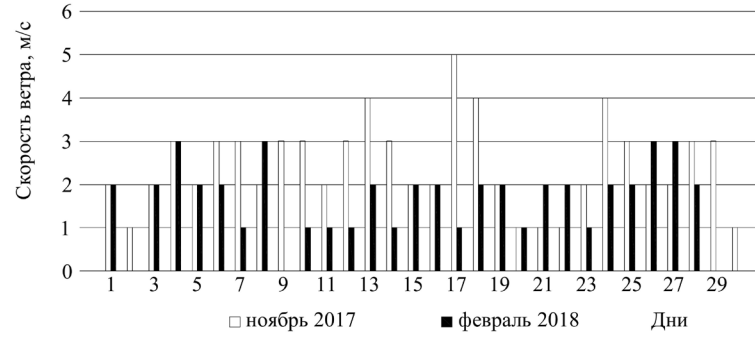



Рис. 3. Изменение скорости ветра в Санкт-Петербурге в ноябре 2017 и феврале 2018 гг.

При формировании крытого двора можно провести расчеты теплового режима внутреннего воздуха, чтобы понять уровень комфортности при нахождении человека внутри такого пространства.

В холодный период года потери теплоты от стен и окон, выходящих во внутренний двор, и потери теплоты через светопрозрачную кровлю и грунт, позволяют получить расчеты температурного режима в крытом дворе. Проходы через арки для перемещения людей во внутренний двор со стороны окружающих улиц желательно утеплить для сокращения потерь теплоты. Управление микроклиматом крытого двора определяется рассмотрением воздушного, теплового и газового режимов [6, 7].

Рассмотрим здание с внутренним двором квадратной формы, план и разрез которого представлен на рис. 4.

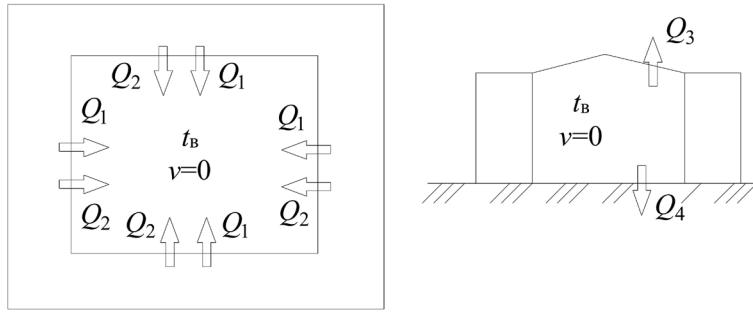



Рис. 4. План и разрез здания с крытым двором

Рассмотрен крытый двор размером 63×63 м, окруженный зданием с внешними размерами 87 м по каждому внешнему фасаду. Число этажей в здании равно 5 (с неотапливаемым чердаком). Площадь окон, выходящих во внутренний двор, равна 840 м$^2$, площадь стен, обращенных во внутренний двор, равна 3 393,6 м$^2$, площадь кровли и площадь грунта в крытом дворе равны 3 960 м$^2$. Тепловой поток от стен и окон поступает в крытый двор ($Q_1$ и $Q_2$), а теряется теплота в крытом дворе через светопрозрачную кровлю и грунт ($Q_3$ и $Q_4$), как показано на рис. 4. Согласно действующим на территории РФ СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» получены сопротивления теплопередаче окон и стен здания соответственно 0,49 и 2,99 (м$^2$·°С)/Вт и светопрозрачной кровли крытого двора 0,36 (м$^2$·°С)/Вт как фонаря.

Составлены балансовые уравнения потерь и поступлений теплоты в крытом дворе, позволяющие определить температуру в крытом дворе:

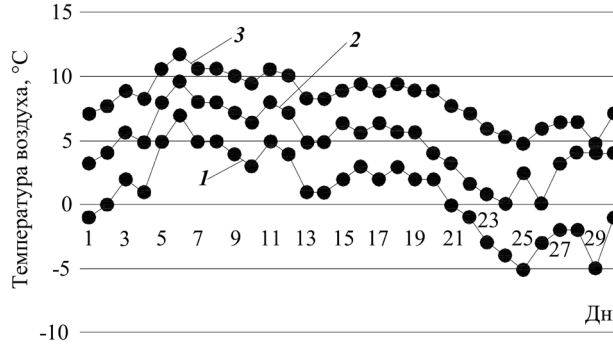
$$\sum Q_1 + \sum Q_2 = Q_3 + Q_4, \quad (1)$$

$$f(t) = f(Q_1, Q_2, Q_3, Q_4). \quad (2)$$

Расчеты проведены для температурных условий Москвы и Санкт-Петербурга для реальных значений температуры наружного воздуха ноября 2017 г. и февраля 2018 г., взятых из существующих метеоданных (при температуре воздуха в помещениях зданий, выходящих во двор, равной +20 °С). Так как двор перекрыт светопрозрачным покрытием, что является дополнительным сопротивлением теплопередаче, то ограждающие конструкции, обращенные во внутренний двор, могут иметь пониженное сопротивление теплопередаче на величину сопротивления те-

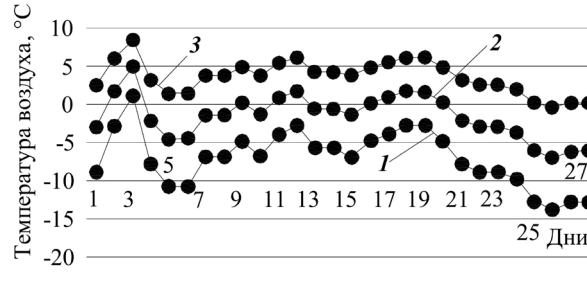
плопередаче светопрозрачного покрытия, что позволит еще повысить температуру внутреннего воздуха во внутреннем дворе в холодный период года.

Результаты расчетов представлены на графиках (рис. 5–8), где линии: 2 – «крытый двор» и 3 – «крытый двор 2» – линии изменения температур внутреннего воздуха в крытом дворе при указанных значениях сопротивления теплопередаче и пониженных сопротивлениях теплопередаче соответственно.



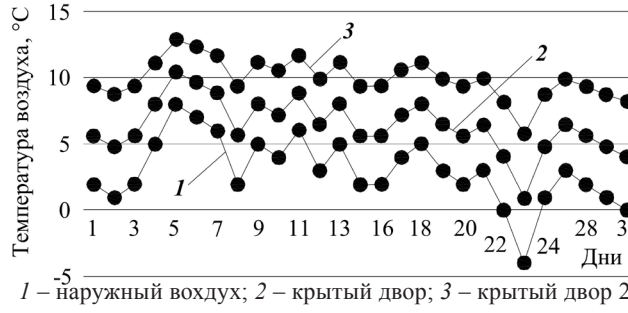

*1* – наружный воздух; *2* – крытый двор; *3* – крытый двор 2

Рис. 5. Изменение температуры наружного воздуха и воздуха в крытом дворе в Москве в ноябре 2017 г.



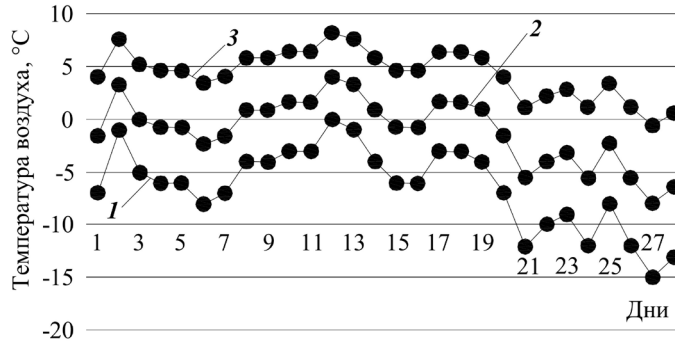

*1* – наружный воздух; *2* – крытый двор; *3* – крытый двор 2

Рис. 6. Изменение температуры наружного воздуха и воздуха в крытом дворе в Москве в феврале 2018 г.




*1* – наружный воздух; *2* – крытый двор; *3* – крытый двор 2

Рис. 7. Изменение температуры наружного воздуха и воздуха в крытом дворе в Санкт-Петербурге в ноябре 2017 г.




*1* – наружный воздух; *2* – крытый двор; *3* – крытый двор 2

Рис. 8. Изменение температуры наружного воздуха и воздуха в крытом дворе в Санкт-Петербурге феврале 2018 г.

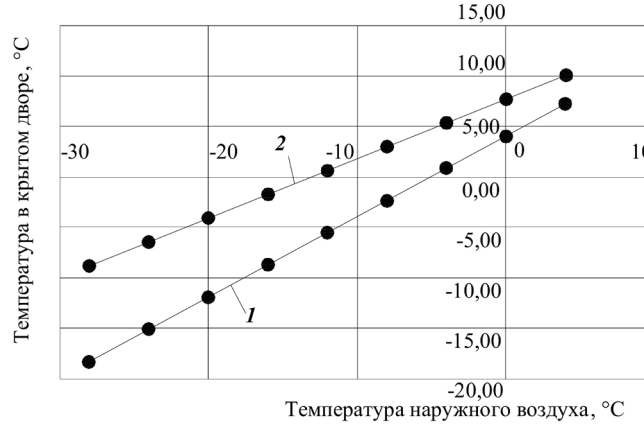



Рис. 9. Изменение температуры воздуха в крытом дворе в зависимости от температуры наружного воздуха: *1* – изменение температуры в крытом дворе при нормативных значениях сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций здания, выходящих во двор; *2* – изменение температуры во внутреннем дворе при пониженных значениях сопротивления теплопередаче наружных ограждений здания, выходящих во внутренний двор

Отличие в теплофизических характеристиках наружных ограждающих конструкций для городов Москвы и Санкт-Петербурга имеют незначительный характер, поэтому рис. 8 подходит для рассмотренных двух городов.

Из рис. 9, линия 2, видно, что уже при –12 °С наружного воздуха в крытом дворе наблюдается положительное значение температуры внутреннего воздуха. Повышенная температура воздуха в крытом дворе позволяет получить более удобное для отдыха людей пространство. Светопрозрачное покрытие затеняет пространство двора, что может потребовать дополнительного освещения [8]. Теплопотери от стен и окон, выходящих во внутренний двор, сократятся в холодный период года, что позволит снизить тепловую защиту данных ограждающих конструкций здания. Выпавший на кровлю снег придется убирать механическим способом или растопить снег с отводом талой воды в канализацию. В теплый период года в пространстве крытого двора может быть жарко, что потребует возмож-

ность открытия створок светопрозрачного перекрытия для естественного проветривания или необходимость предусмотреть дополнительные инженерные системы для охлаждения [9]. Большая площадь остекления светопрозрачного покрытия крытого двора приведет к формированию нисходящих потоков холодного воздуха, которые компенсируются восходящими потоками нагретого воздуха, поднимающегося вдоль стен с окнами в виде конвективных струй. В крытом пространстве двора формируется циркуляция воздуха посредством восходящих и нисходящих конвективных струй. Микроклимат крытого двора в зимнее время носит холодный характер, и при выхолаживании воздуха его влагосодержание стремится к минимуму, а это приводит к сухости песка в песочницах для детей, так как влага из песка испарится и исчезнет за счет действия организованного и неорганизованного воздухообмена в крытом дворе. Чтобы понять всю концепцию теплового режима в крытом дворе, необходимо проведение более детального моделирования изменяющихся во времени параметров микроклимата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гогина, Е. С. Основы метода проектирования снегоплавильных сооружений с учетом критериев экологической безопасности / Е. С. Гогина, Н. Л. Дерюшева // Вода и экология: проблемы и решения. – 2016. – № 2 (66). – С. 58–64.

2. Реттер, Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика / Э. И. Реттер – Москва : Стройиздат, 1984. – 296 с.

3. Ким, А. Н. Пассажи и атриумы как элементы формирования общественных пространств в современной городской среде / А. Н. Ким // Инновации в социокультурном пространстве : материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. Амур. гос. ун-т. – 2015. – С. 38–42.

4. Куприянов, В. Н. История развития и классификация атриумов / В. Н. Куприянов, Д. В. Сметанин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – № 2 (14). – С. 32–39.

5. Егорычев, О. О. Вопросы прогнозирования микроклимата городской среды для оценки ветроэнергетического потенциала застройки // О. О. Егорычев, И. В. Дуничкин // Вестник МГСУ. – 2013. – № 6. – С. 123–131.

6. Рымаров, А. Г. Газовый режим здания / А. Г. Рымаров // Естественные и технические науки. – 2012. – № 6 (62). – С. 595–599.

7. Рымаров, А. Г. Characteristics of heat-mass exchange modes of mutual influence buildings / А. Г. Рымаров // Естественные и технические науки. – 2013. – № 1 (63). – С. 380–382.

8. Горгоц, С. Е. Расчет естественного освещения в помещениях, выходящих окнами в атриум / С. Е. Горгоц, А. К. Соловьев // Светотехника. – 2006. – № 2. – С. 51–52.

9. Бродач, М. М. Системы ОВК атриумов / М. М. Бродач, М. Н. Ефремов // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2014. – № 3. – С. 16–24.

**RYMAROV Andrey Georgievich, candidate of technical sciences, professor, holder of the chair of heat and gas supply and ventilation**

## A STUDY OF USE OF COVERED YARDS IN THE COLD SEASON

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)
26, Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russia. Tel.: +7 (499) 188-36-07;
e-mail: rymarov@list.ru
*Key words:* covered yards, heat loses, heat supply, temperature conditions.

*The article studies thermal conditions of covered courtyards, which allows assessing usefulness of their use in cities.*

REFERENCES

1. Gogina E. S., Deryusheva N. L. Osnovy metoda proektirovaniya snegoplavilnykh sooruzheniy s uchyotom kriteriev ekologicheskoy bezopasnosti [Bases of the method of designing snow melting constructions considering criteria of ecological safety]. Voda i ekologiya: problemy i resheniya [Water and ecology: problems and decisions]. 2016, № 2 (66). P. 58–64.

2. Retter E. I. Arkhitekturno-stroitelnaya aerodinamika [Architectural and construction aerodynamics], Moscow, Stroyizdat, 1984, 296 p.

3. Kim A. N. Passazhi i atriumy kak elementy formirovaniya obschestvennykh prostranstv v sovremennoy gorodskoy srede [Passages and atriums as elements of formation of public spaces in a modern urban environment]. Innovatsii v sotsiokulturnom prostranstve: materialy VIII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Amur. gos. un-t. 2015. P. 38–42.

4. Kupriyanov V. N., Smetanin D. V. Istoriya razvitiya i klassifikatsiya atriumov [History of development and classification of atriums]. Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitelnogo universiteta [News of the Kazan State University of Architectural and Engineering]. 2010. № 2 (14). P. 32–39.

5. Egorychev O. O., Dunichkin I. V. Voprosy prognozirovaniya mikroklimata gorodskoy sredy dlya otsenki vetroenergeticheskogo potentsiala zastroyki [Issues of forecasting microclimate of the urban environment for assessment of wind power potential of a built-up area]. Vestnik MGSU. 2013. № 6. P. 123–131.

6. Rymarov A. G. Gazovy rezhim zdaniya [Gas mode of a building]. Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and technical sciences]. 2012, № 6 (62). P. 595–599.

7. Rymarov A.G. Characteristics of heat-mass exchange modes of mutual influence buildings. Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and technical sciences]. 2013, № 1 (63). P. 380–382.

8. Gorgots S. E., Solovyov A. K. Raschyot estestvennogo osvescheniya v pomescheniyakh, vykhodyaschikh oknami v atrium [Calculation of natural lighting in the rooms fronting in an atrium]. Svetotekhnika [Lighting engineering]. 2006, № 2. P. 51–52.

9. Brodach M. M., Efremov M. N. Sistemy OVK atriumov [Systems of ventilation, heating, air conditioning of atriums]. AVOK: Ventilyatsiya, otoplenie, konditsionirovanie vozdukha, teplosnabzhenie i stroitelnaya teplofizika [AVOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and construction thermophysics]. 2014, № 3. P. 16–24.

**© А. Г. Рымаров, 2019**

Получено: 01.07.2019 г.

**УДК 628.543(470.315)**

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

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

[1] 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
[2]ОАО «Дзержинский Водоканал»
Россия, 606019, Нижегородская обл., г. Дзержинск, пр. Дзержинского, д. 43. Тел.: 8 (8313) 25-96-17; эл. почта: alec-tarasoff@mail.ru
*Ключевые слова:* масса, объем, концентрация загрязняющих веществ в сточных водах, производственные сточные воды, степень очистки, городские очистные сооружения, содержание массы ЗВ в очищенных сточных водах.

*Определяется стоимость затрат на устройство предварительной ступени физико-химической очистки, срок окупаемости; приводится расчет количества загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах после биологической очистки на городских канализационных очистных сооружениях г. Приволжска.*

В настоящее время проблема с интенсивным загрязнением водных объектов постепенно превращается в проблему целой страны: дело в том, что очистные сооружения в период СССР строились в достаточно большом количестве, существовала целая система строительных организаций, осуществлявших разработку, строительство, пуско-наладочные работы и последующую эксплуатацию [1].

К сожалению, с развалом страны в целом вся отрасль по разработке, проектированию и строительству очистных сооружений в начале 90-х годов XX века оказалась в глубоком застое, ситуация постепенно стала меняться в положительную сторону только в период 2000-х годов, после принятия планов правительства РФ по контролю за сбросами сточных вод и последующему оздоровлению водных объектов.

Важной особенностью современного времени является интенсивное развитие нефтехимической, химической, машиностроительной и текстильной промышленности, что приводит к увеличению водопотребления и появлению большого количества сточных вод, являющихся одним из главных факторов загрязнения водоемов рек.

Современное текстильное производство обладает специфическими условиями и характеризуется часто меняющимися технологическими параметрами: температурой, наличием разнообразных красителей, кислот, щелочей, различных токсичных и агрессивных добавок, комплексообразователей и улучшителей ткани [2].

В условиях увеличения производительности текстильного предприятия происходит постепенное увеличение потребляемой текстильным предприятием чистой воды, увеличивается объем сточных вод, растет и количество загрязнений,

поступающих в водные объекты.

Все это приводит к образованию токсичных сточных вод с высокой остаточной температурой, большим количеством трудноокисляемых органических соединений, взвешенных веществ [3].

Загрязняющие вещества органического, неорганического, минерального состава вызывают изменение химического состава и физических свойств речной воды, что приводит к образованию донных отложений, уменьшению содержания кислорода, формированию плавающих образований и появлению патогенных микроорганизмов.

Защита водных объектов в современном понимании – это не просто контроль за количеством загрязнений, поступающих в реки, это разработка и внедрение современных технологий очистки производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Это и разработка инновационного высокоэффективного оборудования по очистке сточных вод текстильных предприятий, улучшение конструкции существующего оборудования с целью повышения эффективности очистки [4].

Процесс загрязнения водных бассейнов рек напрямую обусловлен сбросом в них недостаточно очищенных производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Только строгое соблюдение процесса очистки производственных сточных вод и проведение комплексных защитных мероприятий позволит защитить от загрязнения почву, воздух и водные бассейны рек [5].

В последнее время наблюдается загрязнение водных объектов синтетическими поверхностно-активными веществами СПАВ или ПАВ, что приводит к образованию стойкой, долго неразрушающейся пены на поверхности воды, появлению неприятного запаха и неприятного вкуса.

Спроектированные в конце 60-х годов прошлого века существующие биологические очистные сооружения, построенные по классической схеме, за долгие годы эксплуатации морально и технически устарели и подлежат глобальной переделке и реконструкции, необходимой для того, чтобы обеспечить необходимую степень и качество очистки поступающих сильно загрязненных производственных сточных вод [6].

Канализационные очистные сооружения текстильного предприятия как любое коммерческое предприятие должны быть рентабельными и приносить прибыль. Стоимость очистки 1 м$^3$ производственных сточных вод состоит из суммы фактических расходов, включающих затраты на оплату потребленной электрической энергии, приобретение реагентов и разнообразных расходных материалов, заработную плату обслуживающему персоналу и общие затраты на обслуживание основного, вспомогательного и реакционного оборудования [7].

Наиболее важными целями расчета количества сбрасываемых загрязняющих веществ в водные объекты являются:

– максимальное сохранение биологических экосистем водных объектов;

– показатель приоритета охраны водного объекта как водоема рыбохозяйственного назначения;

– защита особо охраняемых водных объектов.

Ущерб от сброса недостаточно очищенных производственных сточных вод рассчитывается по формулам (1)–(3).

Определение размера платы за негативное воздействие на работу централизованной системы водоотведения Р рассчитываем по формуле:

$$Р = С_к \times В \times Д, \quad (1)$$

где:

$С_к$ – коэффициент компенсации, составляющий при первичном нарушении – 5, при повторном нарушении в течение года с момента предыдущего нарушения по тому же показателю – 10, при повторных нарушениях по тому же показателю – 25;

В – тариф на водоотведение, действующий для предприятия, без учета налога на добавленную стоимость (руб./м$^3$);

Д – объем сточных вод, сброшенных абонентом через канализационный выпуск, определенный по показаниям приборов учета.

Определение массы загрязняющих веществ $M_i$ после очистки на очистных сооружениях и поступающих в водные объекты рассчитываем по формуле:

$$M_i = V_i C_i / 1000, \quad (2)$$

где $V_i$ – объем сброшенных сточных вод за отчетный период 1 095 000 м$^3$/год; $C_i$ – концентрация загрязняющего вещества в очищенной сточной воде после прохождения биологической очистки на городских очистных сооружениях, мг/дм$^3$.

Для решения задачи по улучшению качества очистки сточных вод текстильного предприятия, повышению его экономической и технологической эффективности необходимо обеспечить проектирование, строительство и эксплуатацию очистных сооружений при неукоснительном соблюдении требований проектной документации по качеству очистки производственных сточных вод при оптимальных финансовых затратах материальных, энергетических ресурсов [8, 9].

Очистка сточных вод является одной из важнейших отраслей промышленности, она направлена на развитие современной промышленности, повышение благоустройства городов и населенных пунктов, улучшение качества и уровня жизни людей.

Качественная очистка сточных вод имеет очень важное санитарно-гигиеническое значение, защищает население от эпидемических заболеваний, распространяемых через водную среду. Расчет количества загрязняющих веществ, сбрасываемых в водный объект – р. Волгу, находим по формуле:

$$П = Max(Ki_1) + \sum(Ki_2) + Max(Ki_3) + \sum(Ki_4) + Ki_{ph} + Ki_m + Ki_{лос} + Ki_{жиры} + Ki_{пхб} + \\ + Max(Ki_5) \times T \times Q_{пр}, \quad (3)$$

где:

П – расчет количества сбрасываемых загрязнений в водный объект; $Max\ (Ki_1)$ – максимальные из всех значений кратностей превышения фактической концентрации *i*-го загрязняющего вещества или фактического показателя свойств сточных вод над максимально допустимым значением концентрации *i*-го загрязняющего вещества;

$\sum(Ki_2)$ – суммарные значения кратностей превышения ($Ki$) по веществам (показателям), согласно перечню загрязняющих веществ;

$Max(Ki_3)$ – максимальные из всех значений кратностей превышения ($Ki$) по веществам (показателям);

$\sum(Ki_4)$ – суммарные значения кратностей превышения ($Ki$) по веществам (показателям);

$Ki_{ph}$ – значение кратности превышения ($Ki$) по водородному показателю pH, которое принимается равным соответствующему значению коэффициента воздействия указанного показателя свойств сточных вод согласно перечню;

$Ki_m$, $Ki_{лос}$, $Ki_{жиры}$, $Ki_{пхб}$ – значения кратностей превышения ($Ki$) по температуре, летучим органическим соединениям, жирам, полихлорированным бифенилам соответственно;

*Макс* ($Ki_5$) – максимальные из значений кратностей превышения ($Ki$) по веществам, отнесенным к группе 5 согласно перечню;

$T$ – тариф на водоотведение, действующий для абонента, без учета налога на добавленную стоимость (руб./м$^3$);

$Q_{пр}$ – объем сточных вод, сброшенных предприятием через канализационный выпуск, определенный по показаниям прибора учета сточных вод.

Ухудшение экологической обстановки становится серьезной проблемой и наблюдается во всем современном мире. Для решения этой задачи необходимо уделять больше внимания выполнению защитных природоохранных мероприятий во всех отраслях промышленности. В табл. 1 приведены: класс опасности, ПДК, эффективность удаления основных загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах текстильных предприятий [10].

Таблица 1

**Перечень загрязняющих веществ, удаляемых из сточных вод на канализационных очистных сооружениях биологическим способом**

| Наименование вещества | Максимальная концентрация для биологической очистки, мг/дм$^3$ | Эффективность удаления, % | При сбросе очищенных сточных вод в водный объект рыбохозяйственного назначения: | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) | ПДК | класс опасности |
| Нефтепродукты | 15 | 70 | | 0,05 | 3 |
| СПАВ анионоактивный | 20 | 65 | | | |
| Нитраты (по N) | | | с.-т. | 40 | |
| Нитриты (по N) | | | | 0,02 | |
| Фосфаты | 20 | 30 | токс. | 2 (по P) | |
| Медь | 0,5 | 65 | токс. | 0,001 | 3 |
| Цинк | 1,0 | 60 | токс. | 0,001 | 3 |
| Хром$_{3+}$ | 2,5 | 65 | токс. | 0,07 | 3 |

В табл. 2 приведен расчет количества массы загрязняющих веществ, сбрасываемых в водный объект (р. Волгу) после очистки на существующих очистных сооружениях.

Правительство РФ принимает достаточно жесткие меры по увеличению платы за сброс сточных вод, утверждены санитарно-гигиенические требования по загрязняющим веществам.

Все эти экологические мероприятия призваны простимулировать собственников предприятий текстильной промышленности вкладывать денежные средства в научно-исследовательскую работу по проектированию и строительству систем локальной многоступенчатой очистки стоков.

С учетом всех вышеперечисленных проблем необходимо провести разработку и внедрение в состав очистных сооружений текстильных предприятий локальных очистных сооружений, которые позволят проводить многоступенчатую очистку стоков при изменении состава сточных вод, количественно и качественно обеспечат эффективную и стабильную очистку до приемлемых показателей норм сброса на городские очистные сооружения.

На оборудовании локальной очистки будет происходить понижение температуры производственного стока до приемлемых показателей, удаляться большое количество взвешенных веществ, трудноокисляемые органические соединения будут переходить в легкоокисляемые формы, удаляемые биологическим способом при поступлении их на городские очистные сооружения.

Таблица 2

**Концентрация загрязняющих веществ в очищенной сточной воде максимальная и средняя за год (мг/дм$^3$) и содержание массы ЗВ в очищенных сточных водах (тонн/год) за 2017 год**

| Наименование вещества | Максимальная концентрация загрязняющих веществ (мг/дм$^3$) | Средняя концентрация загрязняющих веществ (мг/дм$^3$) | Масса загрязняющих веществ (т/год) |
|---|---|---|---|
| 1. Взвешенные вещества | 217 | 145,62 | 159,45 |
| 2. БПК5 | 198,34 | 129,88 | 142,21 |
| 3. ХПК | 580,21 | 371,32 | 4,6,59 |
| 4. Перманганатная окисляемость | 67,72 | 39,67 | 43,44 |
| 5. Сухой остаток | 888 | 746,4 | 817,30 |
| 6. Нефтепродукты | 21 | 10,77 | 11,79 |
| 7. СПАВ анионоактивный | 4,5 | 3,13 | 3,43 |
| 8. СПАВ неионогенный | 2,12 | 1,18 | 1,29 |
| 9. Нитриты | 1,62 | 0,81 | 0,89 |
| 10. Нитраты | 56,88 | 15,54 | 17,01 |
| 11. Азот аммонийный | 19,53 | 9,76 | 10,69 |
| 12. Хлориды | 137 | 75,4 | 82,56 |
| 13. Фосфаты | 6,81 | 4,43 | 4,85 |
| 14. Сульфаты | 112 | 81,4 | 89,13 |
| 15. Медь | 0,22 | 0,065 | 0,07 |
| 16. Цинк | 0,05 | 0,015 | 0,016 |
| 17. Хром$_{3+}$ | 0,04 | 0,01 | 0,019 |

**Выводы:**

1. Для решения задачи по улучшению качества очистки сточных вод текстильного предприятия, повышению его экологической и технологической эффективности необходимо обеспечить проектирование, строительство и эксплуатацию очистных сооружений при неукоснительном соблюдении требований проектной документации по качеству очистки производственных сточных вод при оптимальных финансовых затратах материальных, энергетических ресурсов.

2. Очистка производственных сточных вод является одной из важнейших отраслей науки, она направлена на совершенствование технологии очистки, призвана усовершенствовать существующее оборудование, разрабатывать новое инновационное оборудование.

3. Качественная очистка сточных вод имеет очень важное санитарно-гигиеническое значение, защищает водные объекты от поступления трудноокисляемых органических соединений.

4. Мнения многих исследователей сходятся в том, что инновационная технология очистки производственных сточных вод текстильных предприятий будет состоять из многоступенчатой предварительной очистки с последующим направлением на доочистку на биологические очистные сооружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев, Г. В. Очистка сточных вод предприятий текстильной промышленности / Г. В. Васильев. – Москва : Легкая индустрия, 1969. – 236 с.

2. Васильев, Г. В. Водное хозяйство и очистка сточных вод предприятий текстильной промышленности / Г. В. Васильев, Ю. М. Ласков, Е. Г. Васильева. – Москва : Легкая индустрия. 1976. – 224 с.

3. Волков, В. А. Технология текстильной промышленности / В. А. Волков, Г. В. Данюшин, Л. Г. Шатохина. – 2000. – № 2. – С. 68–71.

4. Ефимов, А. Я. Очистка сточных вод предприятий легкой промышленности / А. Я. Ефимов, И. М. Таварткиладзе, Л. И. Ткаченко. – Киев : Техника, 1985. – 230 с.

5. Канализация промышленных предприятий / А. И. Жуков, Л. Г. Демидов, И. Л. Монгайт, И. Д. Родзиллер. – Москва : Стройиздат, 1969. – 374 с.

6. Жуков, А. И. Очистка промышленных сточных вод / А. И. Жуков. – Москва : Госстройиздат, 1966. – 286 с.

7. Когановский, А. М. Очистка промышленных сточных вод / А. М. Когановский, Л. А. Кульский. – Киев : Техника, 1974. – 257 с.

8. Ласков, Ю. М. Очистка сточных вод на предприятиях текстильной промышленности / Ю. М. Ласков. – Москва : Легкая индустрия, 1977. – 40 с.

9. Ласков, Ю. М. Изыскания и исследования экономичных и эффективных методов и сооружений для очистки сточных вод предприятий легкой промышленности : дис. … д-ра техн. наук. – Москва, 1973. – 469 с.

10. Ласков, Ю. М. Очистка сточных вод отделочно-красильных предприятий хлопчатобумажной промышленности физико-химическими способами. Вопросы очистки сточных вод / Ю. М. Ласков, Н. А. Ефимова // Сборник трудов / МИСИ им. В. В. Куйбышева. – 1980. – № 175. – С. 102–108 с.

**TARASOV Aleksandr Sergeevich, post-graduate student of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry[1], leading engineer-technologist[2]; VASILEV Aleksey Lvovich[1], doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry**

## ECOLOGICAL ASPECTS OF OPERATION OF TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES

[1] Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-87;
e-mail: k_viv@nngasu.ru
[2] JSC Dzerzhinsky Vodokanal
43, Dzerzhinsky Ave., Dzerzhinsk, 606019, Nizhny Novgorod region, Russia. Tel.: +7 (8313) 25-96-17; e-mail: alec-tarasoff@mail.ru
*Key words:* mass, volume, concentration of pollutants in waste water, industrial waste water, degree of purification, municipal treatment facilities, content of pollutant mass in treated waste water.

*The article estimates cost of inputs for arranging an additional stage of physical and chemical pre-treatment, and a payback period is determined; calculation of the amount of pollutants contained in wastewater after biological treatment at the municipal sewage treatment plant of the city of Privolzhsk is given.*

REFERENCES

1. Vasilev G. V. Ochistka stochnykh vod predpriyatiy tekstilnoy promyshlennosti [Wastewater Treatment of textile industry]. Moscow: Lyogkaya industriya, 1969, 236 p.

2. Vasilev G. V., Laskov Yu. M., Vasileva E. G. Vodnoe khozyaystvo i ochistka stochnykh vod predpriyatiy tekstilnoy promyshlennosti [Water and wastewater treatment of enterprises of textile industry]. Moscow, Lyogkaya industriya, 1976, 224 p.

3. Volkov V. A., Danyushin G. V., Shatokhina L. G. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti [Technology of textile industry]. 2000. № 2. P 68–71.

4. Efimov A. Ya., Tavartkiladze I. M., Tkachenko L. I. Ochistka stochnykh vod predpriyatiy tekstilnoy promyshlennosti [Purification of waste waters of the enterprises of light industry]. Kiev, Tekhnika, 1985, 230 p.

5.Zhukov A. I., Demidov L. G., Mongayt I. L, Rodziller I. D. Kanalizatsiya promyshlennykh predpriyatiy [Sewerage of industrial enterprises]. Moscow, Stroyizdat, 1969, 374 p.

6. Zhukov A. I. Ochistka promyshlennykh stochnykh vod [Industrial wastewater treatment]. Moscow, Gosstroyizdat, 1966, 286 p.

7. Koganovsky A. M., Kulsky L. A. Ochistka promyshlennykh stochnykh vod [Treatment of industrial waste water]. Kiev, Tekhnika, 1974, 257 p.

8. Laskov Yu. M. Ochistka stochnykh vod na predpriyatiyakh tekstilnoy promyshlennosti [Wastewater treatment in the textile industry]. Moscow, Lyogkaya industriya, 1977, 40 p.

9. Laskov Yu. M. Izyskaniya i issledovaniya ekonomichnykh i effektivnykh metodov i sooruzheniy dlya ochistki stochnykh vod predpriyatiy tekstilnoy promyshlennosti [Research and study of cost-effective and efficient methods and facilities for wastewater treatment of light industry enterprises]: dis. d-ra tekhn. nauk. Moscow, 1973, 469 p.

10. Laskov Yu. M., Efimova N. A. Ochistka stochnykh vod otdelochno-krasilnykh predpriyatiy khlopchatobumazhnoy promyshlennosti fizico-khimicheskimi sposobami. Voprosy ochistki stochnykh vod [Wastewater treatment of finishing and dyeing enterprises of the cotton industry by physical and chemical methods. The field of wastewater treatment]. Sbornik trudov [Collection of works]. MISI im. V. V. Kuybysheva. 1980. № 175. P 102–108.

**© А. С. Тарасов, А. Л. Васильев, 2019**

Получено: 23.05.2019 г.

**УДК 691.327.32**

**Е. А. МИТИНА[1], канд. техн. наук, доц. кафедры зданий, сооружений и автомобильных дорог; П. И. НОВИЧКОВ[1], канд. техн. наук, проф. кафедры строительных конструкций; А. О. СЫРОМЯСОВ[1], канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры прикладной математики, дифференциальных уравнений и теоретической механики; Э. М. БАЛАТХАНОВА[2], канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной механики и инженерной графики; Ю. А. МАКАРОВ[1], канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной математики, дифференциальных уравнений и теоретической механики**

# ОЦЕНКА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ПРОЧНОСТИ ТРЕХСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ КАРКАСНЫХ БЕТОНОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА "ANSYS WORKBENCH"

[1]ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»
Россия, 430005, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68.
Тел.: +7 (905) 389-21-59; эл. почта: makarov.yira75@mail.ru
[2]ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М. Д. Миллионщикова»
Россия, 364051, г. Грозный, пр-т им. Х. А. Исаева, д. 100. Тел.: +7 (962) 654-23-79; эл. почта: elita.74@mail.ru
*Ключевые слова:* трехслойные стеновые панели, каркасный бетон, керамзитобетон, теплозащитные свойства, компьютерное моделирование, метод конечных элементов, механика разрушения, несущая способность.

*Предлагается новая технология изготовления трехслойных стеновых панелей на основе каркасных бетонов с применением в качестве среднего утепляющего слоя крупнопористого бетона. Новая гибкая технология позволяет полностью использовать имеющуюся базу строительной индустрии и местные строительные материалы. С использованием программного комплекса "ANSYS" и метода конечных элементов выполнено моделирование теплозащитных свойств и механики разрушения панелей, изготовленных по предлагаемой технологии.*

Сегодня почти 70 % всей тепловой энергии, вырабатываемой в стране, тратится на отопление зданий. Это обусловлено не только географическим положением России, но и чрезмерными потерями тепла через поверхность ограждающих конструкций, которые составляют около 30 % всего годового потребления первичных теплоэнергетических ресурсов страны.

В странах западной Европы нормативные требования к теплотехническим свойствам ограждающих конструкций всегда являлись более жесткими, чем в России. Так, максимальный коэффициент теплопередачи ограждений в Дании, Норвегии и Швеции составляет 0,3 Вт/м$^2$К; в Германии – 0,2–0,3; в Англии, Франции и Польше – 0,4–0,55 Вт/м$^2$·К [1]. Введение в действие изменений № 3 к СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» ужесточило требования к теплозащитным характеристикам наружных ограждений зданий и в Российской Федерации: на первом этапе (до 2000 г.) приведенное сопротивление теплопере-

даче ограждающих конструкций было увеличено в 2 раза, а на втором (с 1 января 2000 г.) – в 3,5 раза.

Таким образом, использовавшиеся в течение долгого времени однослойные керамзитобетонные стеновые панели перестали отвечать современным требованиям теплоизоляции, что делает неизбежным поиск новых технических решений ограждающих конструкций.

В этой связи одним из приоритетных направлений повышения теплозащиты зданий является применение слоистых ограждающих конструкций с эффективными утеплителями.

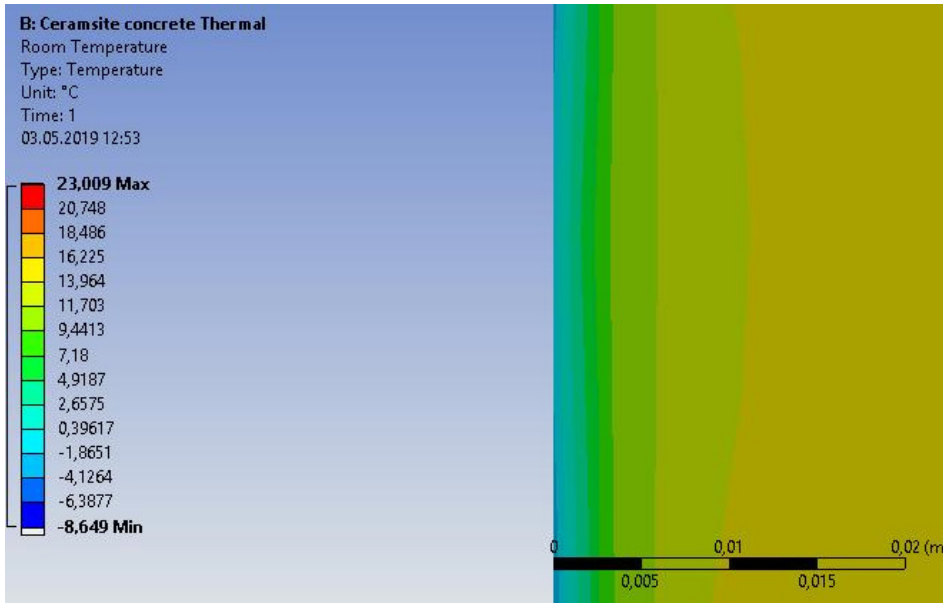
На сегодняшний день имеются конструктивные решения трехслойных стеновых панелей с гибкими связями, железобетонными ребрами или шпонками. В качестве утеплителей применяют минераловатные, стекловолокнистые или полимерные теплоизоляционные материалы, а также полистиролбетоны [2]. Однако доля таких конструкций в нашей стране не превышает 5 % [3], что вызвано рядом объективных причин.

Существенным конструкционным недостатком таких панелей является отсутствие надежной связи внутреннего полистирольного слоя с внешними бетонными. Конструктивно эта проблема решается путем использования гибких связей в виде металлических подвесок и распорок, жестких бетонных шпонок или комбинации бетонных шпонок с металлическими распорками из арматурной стали. Дискретность расположения гибких связей (одна-три при высоте панели, равной 2,9 м), а также их значительная деформативность и податливость исключают совместную работу бетонных слоев при восприятии внешних нагрузок. Внутренний слой, на который опираются панели перекрытия и подвешиваются через гибкие связи наружный слой бетона и средний пенополистирольный слои, является несущей составляющей стеновой панели и работает как внецентренно сжатый элемент. Наружный бетонный слой защищает лишь от внешних воздействий. Металлические гибкие связи, требующие антикоррозионной защиты, и пенополистирольный средний слой являются уязвимыми конструктивными элементами панели с точки зрения их долговечности. Примененное в конструкции панели так называемое последовательное соединение неравно-долговечных внешних и внутреннего слоев делает ее с точки зрения ремонтопригодности невосстанавливаемым элементом [4]. Утрата теплотехнических свойств утеплителем или коррозия гибких связей ведут к потере эксплутационных свойств самой панели и невозможности восстановления ее работоспособности. Кроме того, выпуск таких конструкций требует внесения значительных изменений в существующие технологические линии заводов ЖБИ.

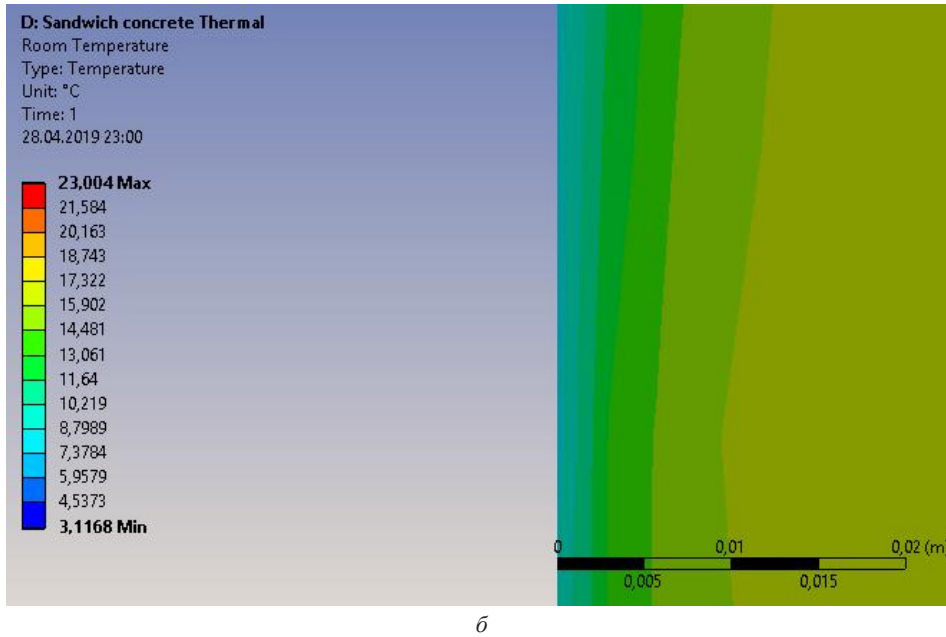
В этой связи задача разработки и получения эффективных ограждающих конструктивных элементов заданной долговечности, изготавливаемых по гибким технологиям с максимальным использованием имеющейся базы строительной индустрии и местных строительных материалов, является чрезвычайно актуальной.

Авторами статьи предложена технология изготовления ограждающих конструкций, состоящих из двух крайних слоев, выполняемых из плотного керамзитобетона, и среднего слоя, выполняемого из крупнопористого керамзитобетона [5, 6]. Толщина крайних плотных слоев конструкции принимается в соответствии с ГОСТ 11024-84 [7], а толщину среднего слоя рассчитывают исходя из применяемых составляющих компонентов плиты и теплотехнических требований к конструкциям различных зданий и сооружений. Технология их изготовления основана на применении местных и недефицитных материалов и обеспечивает сохранение

**К СТАТЬЕ Е. А. МИТИНОЙ, П. И. НОВИЧКОВА, А. О. СЫРОМЯСОВА, Э. М. БАЛАТХАНОВОЙ, Ю. А. МАКАРОВА «ОЦЕНКА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ПРОЧНОСТИ ТРЕХСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ КАРКАСНЫХ БЕТОНОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА *ANSYS WORKBENCH*»**

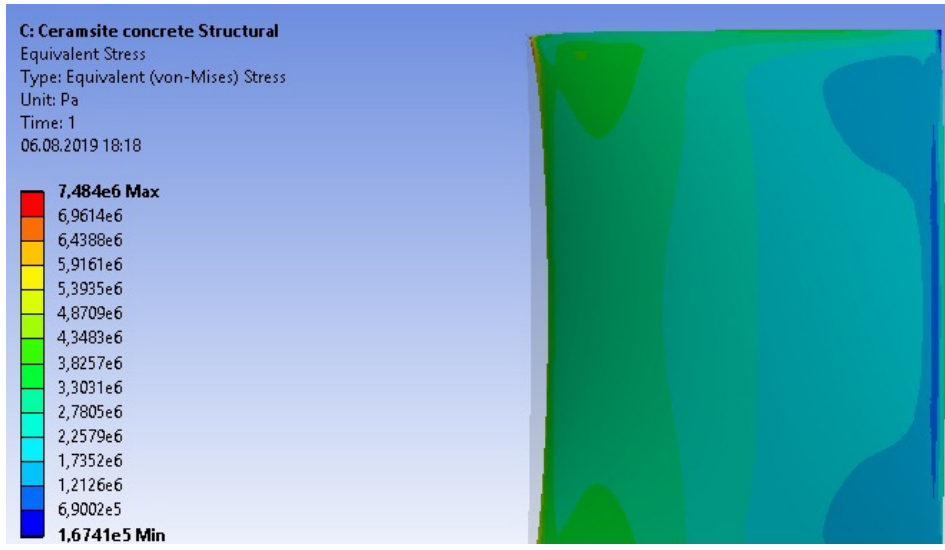



*а*

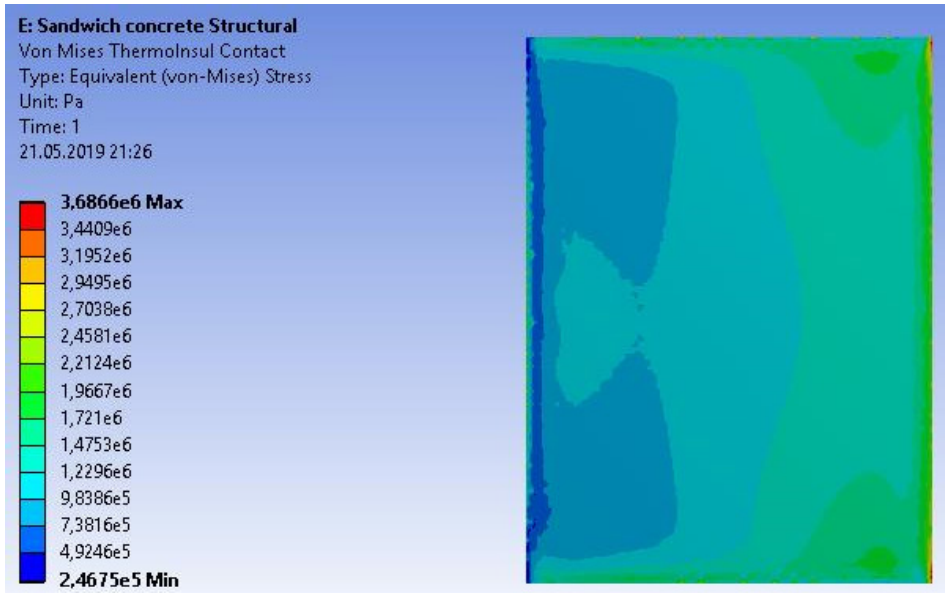



*б*

Рис. 1. Распределение температур в слоях воздуха, прилегающего к внутренней поверхности наружного ограждения, соответствующее наружной температуре –35 °С: *а* – в стандартной однослойной панели; *б* – в предлагаемой трехслойной панели




*а*




*б*

Рис. 2. Распределение эквивалентных напряжений (по Мизесу), предшествующих разрушению: *а* – в сечении стандартной однослойной панели; *б* – в предлагаемой трехслойной панели

практически без изменения парка существующих металлоформ, арматурных изделий, основных технологических процессов по изготовлению, транспортированию и монтажу конструкций.

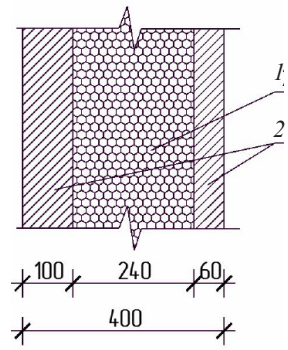
Ограждающие конструкции готовят в горизонтальном положении в два этапа. На первом этапе после установки арматурных каркасов, закладных изделий и монтажных петель в форму укладывается расслаиваемая цементобетонная смесь, которую вибрируют до образования внутреннего плотного и среднего крупнопористого слоев. На втором этапе на поверхность крупнопористого слоя укладывают строительный раствор подвижностью 1-2 см, который с помощью давления внедряют в межзерновое пространство гранул заполнителя. После затвердевания он образует наружный плотный слой.

Путем изменения количественного содержания растворной составляющей в бетонной смеси, идущей на изготовление нижнего плотного и среднего крупнопористого слоев, а также толщины укладываемого слоя из строительного раствора для образования верхнего плотного слоя, можно в широких пределах регулировать размеры отдельных слоев трехслойных панелей и их теплотехнические свойства.

На сегодняшний день разработана технология и предложена конструкция трехслойных панелей на основе каркасного керамзитобетона, получаемая по гибким технологиям с применением местных материалов на основе существующих линий заводов ЖБИ, оптимизированы составы конструктивных слоев по физико-механическим и эксплуатационным свойствам, выполнено расчетно-теоретическое и экономическое обоснование получения данных материалов [5, 6, 8, 9, 10].

Разработанная технология реализована на ОАО «ЖБК-1» в г. Саранске, где в настоящее время осуществляется выпуск конструкций. В основу была положена однослойная стеновая панель с размерами в плане 1,2×6,0 м и толщиной 400 мм с полным сохранением армирования. Трехслойные панели, как и традиционные однослойного сечения, армировались сварным пространственным каркасом. Продольная арматура выполнялась из стали класса А400 диаметром 12 мм, поперечная – из проволоки класса Вр500. Продольная арматура опытных конструкций располагалась в наружных слоях из легкого бетона. Сохранена и конструкция закладных и монтажных деталей однослойных панелей.

Сечение предлагаемой трехслойной стеновой панели представлено на рисунке.




Трехслойные ограждающие конструкции на основе каркасных бетонов: *1* – наружный и внутренний слои из легкого бетона; *2* – слой из крупнопористого бетона

Использование в ограждающих конструкциях на основе каркасных бетонов в качестве среднего утепляющего слоя крупнопористого бетона, равнодолговечно-

го с внешними бетонными слоями, устраняет характерные конструкционные недостатки, присущие трехслойным панелям с пенополистирольным утеплителем. Крупнопористый бетон среднего слоя, обладающий начальным модулем упругости $E_c$ от $1\times10^3$ до $3{,}5\times10^3$ МПа и прочностью на сжатие $R_{bc}$ от 0,7 до 10 МПа, способен оказывать сопротивление сдвигу. Жесткое соединение по всей поверхности контакта внешних и внутренней частей составного сечения панели позволяет рассматривать ее как монолитную в отличие от панелей с пенополистирольными вкладышами, которые относятся к составным системам.

Принцип монолитного объединения в одном конструктивном элементе крупнопористого бетона с внешними плотными слоями из легкого или тяжелого каркасного бетона позволяет использовать его в качестве основы для проектирования стеновых ограждающих конструкций в виде отдельных мелкоштучных блоков или в виде крупноразмерных панелей и плит перекрытий. Плотные внешние бетонные слои обеспечат длительную прочность и стойкость материала по отношению к внешним воздействиям на протяжении всего времени эксплуатации.

Однако специфическая структура каркасных композитов и своеобразная технология их изготовления требует, наряду с проведением опытных работ, и применения компьютерных расчетов, подтверждающих их улучшенные теплотехнические свойства и гарантирующих обеспечение несущей способности на необходимом уровне [8, 11–17].

Авторами статьи проведено компьютерное моделирование теплозащитных свойств, а также механики деформирования и разрушения модели трехслойной ограждающей конструкции на основе каркасных бетонов в пакете *"ANSYS Workbench"*.

Для выполнения теплотехнического расчета и расчета по несущей способности и деформациям были предварительно определены коэффициент теплопроводности, модуль деформации и призменная прочность при сжатии всех конструктивных слоев панели.

Для этого были изготовлены три серии образцов, представляющих собой слои ограждающей конструкции: наружный и внутренний слои из плотного керамзитобетона, средний слой на основе крупнопористого бетона. Образцы выдерживались в нормальных температурно-влажностных условиях в течение суток, а затем в условиях термовлажностной обработки при температуре 86 °С с режимом прогрева 1,5+6,0+1,5 ч испытывались на теплопроводность в соответствии с ГОСТ 7076-99 [18] и на прочность в соответствии с ГОСТ 10180-2012 [19].

Расчетные значения определяемых параметров приведены в таблице.

| Конструктивный слой | Применяемый заполнитель | Плотность ρ, кг/м$^3$ | Прочность при сжатии $R$, МПа | Начальный модуль упругости $E$, МПа | Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·°С) при условиях эксплуатации | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | А | Б |
| наружный и внутренний слои | керамзит | 1 800 | 8,5 | 15 500 | 0,473 | 0,483 |
| средний (теплоизоляционный) слой | керамзит | 700 | 2,1 | 3 500 | 0,196 | 0,206 |

Для выполнения численного эксперимента был произведен расчет методом конечных элементов с использованием программного комплекса *"ANSYS Workbench"* [20], лицензионная копия которого установлена на вычислительном кластере Мордовского государственного университета.

В качестве модели объекта была принята несущая стеновая трехслойная панель (рисунок) длиной $L$ = 6 000 мм с размерами поперечного сечения $H \times B$ = 1 200×400 мм. Толщина слоев принята: $\nabla_1$ = 100 мм – внутренний (несущий) слой; $\nabla_2$ = 240 мм – средний (теплоизоляционный) слой; $\nabla_3$ = 60 мм – наружный (защитно-декоративный) слой. Расчетные характеристики слоев приведены в таблице.

В качестве варианта для сравнения показателей теплопроводности и прочности была принята стандартная однослойная керамзитобетонная панель из бетона класса В12,5 аналогичных размеров со следующими характеристиками:

– плотность $\rho$ = 1 200, кг/м$^3$;

– прочность при сжатии $R$ = 7,5 МПа;

– начальный модуль упругости $E$ = 10 000 МПа;

– коэффициент теплопроводности $\lambda$ = 0,52 Вт/(м·°С) (условие эксплуатации А) и $\lambda$ = 0,58 Вт/(м·°С) (условие эксплуатации Б).

Расчеты на теплопроводность проводились следующим образом. Поскольку распределение температуры считается установившимся, был выполнен расчет типа *"Steady-State Thermal"*. Была создана модель помещения в виде параллелепипеда, в качестве наружного ограждения которого использовалась сначала стандартная однослойная, а затем предлагаемая трехслойная панель на основе каркасных бетонов. Температура наружного воздуха принималась –35 °С, что соответствует средней расчетной температуре наружного воздуха большинства регионов средней полосы России в зимний период. Необходимые для расчета характеристики воздуха в помещении (плотность, теплопроводность) известны заранее и содержатся в стандартной библиотеке материалов "*ANSYS*".

Предполагалось, что помещение 3,5×4×2,6 м отапливается стандартным 10-секционным биметаллическим радиатором мощностью $Q$ = 1 820 Вт. Он моделировался как равномерно распределенный по объему помещения $V$ источник с объемной мощностью $q = Q/V$ = 50 Вт/м$^3$. При расчете учитывалось также, что через все грани параллелепипеда происходит конвективный теплообмен с окружающей средой. При этом коэффициент теплообмена принимался равным 8,7 Вт/м$^2$°С [21], а температура соседних помещений 18 °С. Коэффициент теплообмена между наружным ограждением и наружным воздухом считался равным 23 Вт/м$^2$°С [21]. Наконец, тепловой контакт между слоями трехслойной панели предполагался идеальным.

В связи с тем, что наружное ограждение и воздух в помещении имеют существенно различные теплофизические свойства, вблизи поверхности их соприкосновения температура претерпевает резкие перепады, а погрешность вычислений может заметно вырасти. Для снижения погрешности было проведено локальное измельчение конечно-элементной сетки вблизи поверхности контакта.

Распределение температур в слоях воздуха, прилегающих к внутренней поверхности наружного ограждения, полученное для заданных условий, показано на рис. 1 цв. вклейки.

Анализ распределения температур дает следующие результаты. В слоях воздуха, прилегающих к однослойной панели, наблюдается выраженная градация температур: от 9,4–11,7 °С на расстоянии 0,5 см от плоскости стены

до 11,7–14 °С на расстоянии 1-2 см. Для трехслойных стен меньше выражен градиент температур, а сами температуры значительно выше: от 14,5 °С на расстоянии 0,5 см до 5,9–17,3 °С на расстоянии 1-2 см. При этом максимальная температура воздуха в моделируемом помещении составляет +23 °С, средняя +21,3 °С (определенная замером температур в центре помещения и на расстоянии 20 см от наружного ограждения). Очевидно, что в первом случае нормируемый температурный перепад $\Delta t$ = 4 °С [21] между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности наружного ограждения при заданных условиях не выполняется. Кроме того, данные проведенного расчета свидетельствуют о том, что при заданных условиях в однослойных панелях точка росы будет находиться близко к внутренней поверхности ограждения, и на ней возможно образование конденсата.

При исследовании прочности и деформаций стен выполнялся расчет типа "*Static Structural*". Влияние конструктивного армирования на несущую способность панельных элементов стен не учитывалось, и они рассчитывались как бетонные. Коэффициент поперечной деформации (Пуассона) для всех видов бетона принимался равным $\nu_b$ = 0,2 согласно п. 6.1.17 норм проектирования [22].

Стеновая панель рассчитывалась как внецентренно сжатая. В расчете полагалось, что передача усилий от контактных взаимодействий с вышерасположенными конструкциями (плит перекрытий, стеновых панелей) на моделируемую стеновую панель осуществляется через слой раствора в виде нагрузки, равномерно распределенной по всей поверхности внутреннего (несущего) слоя шириной 10 см. Контакт между слоями трехслойной панели предполагался жестким (в пакете "*ANSYS*" ему соответствует тип "*Bonded*").

Закрепление концов панелей на практике осуществляется при помощи монтажных связей из арматурных стержней; в расчетной схеме такое соединение принято идеализировать как шарнирное. Однако в "*ANSYS*" использование шарнирного закрепления ведет к статической недоопределенности модели. Поэтому предполагалось, что три ребра моделирующего стену параллелепипеда (внутренние нижнее, левое и правое), закреплены жестко. Согласно принципу Сен-Венана, это допущение не должно существенно повлиять на распределение напряжений внутри панели.

Наиболее вероятным представляется разрушение трехслойной панели вследствие сдвига внутреннего несущего слоя относительно теплоизоляционного. Поэтому искомыми величинами в расчете выступали эквивалентные напряжения (по Мизесу) в плоскости контакта этих слоев. Для однослойной панели рассчитывались напряжения в плоскости, имеющей то же геометрическое положение.

Определение максимальной несущей способности панели выполнялось методом ступенчатого нагружения. Нагрузку увеличивали с шагом 5 кН/м на этапах пути разрушения.

Проведенное моделирование показало, что эквивалентные напряжения в 7,5 МПа, соответствующие началу разрушения однослойной керамзитобетонной панели, возникают при нагрузке 875 кН/м.

Разрушение трехслойной панели начинается при нагрузке в 320 кН/м в зоне контакта внутреннего несущего и среднего теплоизолирующего слоя при достижении эквивалентными напряжениями величины в 2,1 МПа, что соответствует призменной прочности бетона этого слоя. Распределение эквивалентных напряжений в сечении панелей, предшествующее моменту начала разрушения, показано на рис. 2 цв. вклейки.

Анализ данных расчета показывает, что по несущей способности предлагае-

мая трехслойная панель несколько уступает традиционной однослойной, однако способна нести стандартную нагрузку, передаваемую перекрытиями на стеновые панели в гражданских зданиях.

Таким образом, проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Предложенная технология изготовления трехслойных изделий на основе каркасного керамзитобетона за счет использования местных недефицитных материалов и сохранения основных технологических процессов по изготовлению удешевляет их стоимость в 1,5 раза по сравнению с трехслойными панелями на гибких связях.

2. Жесткое соединение по всей поверхности контактов внешних и внутренних частей составного сечения панелей на основе каркасных бетонов позволяет рассматривать их как монолитные в отличие от изделий с пенополистирольными вкладышами, которые относятся к составным системам.

3. Численное моделирование в программном комплексе *"ANSYS"* показало, что применение конструкций на основе каркасных бетонов способствует значительному повышению их теплозащитных свойств, при этом прочностные характеристики сохраняются на уровне, удовлетворяющем потребностям строительной индустрии.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дмитриев, П. А. Современные тенденции и принципы проектирования стеновых ограждающих конструкций малоэтажных жилых зданий / П. А. Дмитриев, Р. Б. Орлович // Известия вузов. Сер. «Строительство». – 1998. – № 1. – С. 4–11.

2. Чиненков, Ю. В. Трехслойные панели ленточной разрезки с утеплителем из полистиролбетона / Ю. В. Чиненков, Е. А. Король // Бетон и железобетон. – 1998. – № 5. – С. 2–6.

3. Булгаков, С. Н. Технологии по утеплению существующего жилого фонда России / С. Н. Булгаков // Строительство и архитектура : проблем. докл. – Москва, 1998. – № 108. – С. 106.

4. Барканов, М. Б. Эксплуатация многослойных конструкций зданий / М. Б. Барканов, В. В. Михайловский, И. М. Вавуло. – Москва : Стройиздат, 1979. – 88 с.

5. Пат. 2154135. Российская Федерация, М. кл. Е 04 С 2/26. Способ изготовления трехслойной панели / В. И. Соломатов, В. Т. Ерофеев, П. И. Автаев [и др.] // Бюллетень изобретений. – 2000. – № 22.

6. Митина, Е. А. Каркасные бетоны и изделия для производственных и животноводческих зданий : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е. А. Митина. – Пенза, 2000. – 18 с.

7. ГОСТ 11024-84. Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 26 с.

8. Erofeev, V. Frame Construction Composites for Buildings and Structures in Aggressive Environments / V. Erofeev // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 165. – P. 1444–1447.

9. Трехслойные ограждающие конструкции на основе каркасных бетонов и особенности их расчета / В. Т. Ерофеев, П. И. Новичков, Е. А. Митина, Н. Ф. Бурнайкин // Вестник отделения строительных наук. – Москва, 2001. – Вып. 4. – С. 143–152.

10. Исследование механики разрушения каркасных композитов и изделий методом численного моделирования / В. Т. Ерофеев, В. И. Римшин, И. И. Меркулов [и др.] // Бюллетень строительной техники. – 2003. – № 6. – С. 30–33.

11. Основы формирования структуры композиционных материалов : монография / А. Н. Бобрышев, В. Т. Ерофеев, Д. Е. Жарин. – Саранск : Изд-во Морд. ун-та, 2012. – 119 с.

12. Структура и прочность конструкционных цементных композитов : монография / И. Н. Максимова, Н. И. Макридин, В. Т. Ерофеев, Ю. П. Скачков. –Москва : АСВ, 2017. – 400 с.

13. Король, Е. А. Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких

бетонов и особенности их расчета / Е. А. Король. – Москва : АСВ, 2001. – 256 с.

14. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности (основы теории, методы расчета и технологическое проектирование) / Ю. М. Баженов, Е. А. Король, В. Т. Ерофеев Е. А. Митина. – Москва : АСВ, 2008. – 319 с. : ил.

15. Суспензионно-наполненные бетонные смеси для порошково-активированных бетонов нового поколения / В. И. Калашников, В. Т. Ерофеев, О. В. Тараканов // Известия вузов. Сер. «Строительство». – 2016. № 4 (688). – С. 30–37.

16. Fine-grain Concrete Reinforced by Polypropylene Fiber / R. V. Lesovik, A. V. Klyuyev, A. V. Netrebenko // Research Journal of Applied Sciences. – 2015. – Vol. 10, № 10. – P. 624–628.

17. The Efficient Composite Building Materials of Iron and Steel Industry Waste / M. S. Ageeva, R. V. Lesovik, V. T. Erofeev // 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL. – 2015. – P. 1433–1435.

18. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности. – Москва : Госстрой России, 2000. – 25 с.

19. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 32 с.

20. ANSYS Theory 14.0. User's Guide. – Canonsburg : ANSYS Inc., 2011. – 862 p.

21. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – Москва : Минстрой России, 2012. – 96 с.

22. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – Москва : Минрегион России, 2012. – 156 с.

**MITINA Elena Aleksandrovna[1], candidate of technical sciences, associate professor of the chair of buildings, structures and highways; NOVICHKOV Pyotr Ignatevich[1], candidate of technical sciences, professor of the chair of building constructions; SYROMYASOV Aleksey Olegovich[1], candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the chair of applied mathematics, differential equations and theoretical mechanics; BALATKHANOVA Elita Makhmudovna[2], candidate of technical sciences, associate professor of the chair of applied mechanics and engineering graphics; MAKAROV Yury Alekseevich[1], candidate of technical sciences, associate professor of the chair of applied mathematics, differential equations and theoretical mechanics**

## EVALUATION OF HEAT ENGINEERING PROPERTIES AND STRENGTH OF THREE-LAYER ENCLOSING STRUCTURES BASED ON FRAME CONCRETE USING THE "ANSYS WORKBENCH" SOFTWARE PACKAGE

[1]National Research Mordovia State University named after N. P. Ogarev
68, Bolshevistskaya St., Saransk, 430005, Russia. Tel.:+7(905)389-21-59;
e-mail:makarov.yira75@mail.ru
[2]Grozny State Oil Technical University named after academician M. D. Millionschikov
100, Kh. A. Isaev Ave., Grozny, 364051, Russia. Tel..: +7 (962) 654-23-79;
e-mail: elita.74@mail.ru

*Key words:* three-layer wall panel, frame concrete, claydite, heat-insulation properties, computer modeling, finite element method, fracture mechanics, load bearing capacity.

*The article proposes a new technology for manufacturing three-layer wall panels on the basis of frame concrete with the use of coarse-pore concrete as a middle insulating layer. New flexible technology allows using to full extent the existing base of the construction industry and local building materials. Using the "ANSYS" software package and the finite element method, the simulation of the heat-insulation properties and fracture mechanics of panels manufactured according to the proposed technology was performed.*

REFERENCES

1. Dmitriev P. A., Orlovich R. B. Sovremennye tendentsii i printsipy proektirovaniya stenovykh ograzhdayuschikh konstruktsiy maloetazhnykh zhylykh zdaniy [Current trends and design principles of wall fencing of low-rise residential buildings]. Izv. vuzov. Srtoitelstvo [News of higher education institutions. Construction]. 1998. № 1. P. 4–11.

2. Chinenkov Yu. V., Korol E. A. Tryokhsloynye paneli lentochnoy razrezki s uteplitelem iz polistirolbetona [Three-layer panels of tape cutting with polystyrene concrete insulation]. Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. 1998. № 5. P. 2–6.

3. Bulgakov S. N. Tekhnologii po utepleniyu suschestvuyuschego zhylogo fonda Rossii [Technologies for insulation of the existing housing stock of Russia]. Srtoitelstvo i arhitectura [Construction and Architecture]: problem. dokl. Moscow, 1998. № 108. P. 106.

4. Barkanov M. B., Mikhaylovsky V. V., Vavulo I. M. Expluatatsiya mnogosloynykh konstruktsiy zdaniy [Operation of multi-layered building structures]. Moscow: Stroyizdat, 1979, 88 p.

5. Patent 2154135. Rossiyskaya Federatsiya. Sposob izgotovleniya tryokhsloynoy paneli [A method of manufacturing a three-layer panel]. Solomatov V. I., Erofeev V. T., Avtaev P. I., et al. Byulleten izobreteniy [Bulletin of inventions]. 2000. № 22.

6. Mitina E. A. Karkasnye betony i izdeliya dlya proizvodstvennykh i zhivotnovodcheskikh zdaniy [Frame concretes and products for industrial and livestock buildings]. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. Penza, 2000, 18 p.

7. GOST 11024-84. Paneli stenovye naruzhnye betonnye i zhelezobetonnye dlya zhilykh i obschestvennykh zdaniy. Obschie tekhnicheskie usloviya [Concrete and reinforced concrete panels for external walls of residential and civil buildings. General specifications]. Moscow: Izd-vo standartov, 2003, 26 p.

8. Erofeev V. Frame Construction Composites for Buildings and Structures in Aggressive Environments / Procedia Engineering. 2016. Vol. 165. P. 1444–1447.

9. Erofeev V. T., Novichkov P. I., Mitina E. A., Burnaykin N. F. Tryokhsloynye ograzhdayuschie konstruktsii na osnove karkasnykh betonov i osobennosti ikh raschyota [Three-layer enclosing structures based on frame concrete and features of their calculation]. Vestnik otdeleniya stroitelnykh nauk [Bulletin of the Department of Construction Sciences]. Moscow, 2001. Vyp. 4. P. 143–152.

10. Issledovanie mekhaniki razrusheniya karkasnykh kompozitov i izdeliy metodom chislennogo modelirovaniya [The study of the mechanics of destruction of frame composites and products by the method of numerical simulation]. Erofeev V. T., Rimshin V. I., Merkulov I. I., et al. Byulleten stroitelnoy tekhniki [Bulletin of Construction Equipment]. 2003. № 6. P. 30–33.

11. Osnovy formirovaniya struktury kompozitsionnykh materialov [Basics of the structure of composite materials]: monografiya. Bobryshev A. N., Erofeev V. T., Zharin D. E. Saransk: Izd-vo Mordovskogo un-ta, 2012, 119 p.

12. Struktura i prochnost konstruktsionnykh tsementnykh kompozitov [Structure and strength of structural cement composites]. Maksimova I. N., Makridin N. I., Erofeev V. T., Skachkov Yu. P. Moscow : ASV, 400 p.

13. Korol E. A. Tryokhsloynye ograzhdayuschie zhelezobetonnye konstruktsii iz lyogkikh betonov i osobennosti ikh raschyota [Three-layer enclosing reinforced concrete structures made of lightweight concrete and features of their calculation]. Moscow: ASV, 2001, 256 p.

14. Ograzhdayuschie konstruktsii s ispolzovaniem betonov nizkoy teploprovodnosti (osnovy teorii, metody raschyota i tekhnologicheskoe proektirovanie) [Enclosing structures with the use of concrete of low thermal conductivity (basic theory, calculation methods and technological design)]. Bazhenov Yu. M., Korol E. A., Erofeev V. T., Mitina E. A. Moscow : ASV, 2008, 319 p.: il.

15. Suspenzionno-napolnennye betonnye smesi dlya poroshkovo-aktivirovannykh betonov novogo pokoleniya [Suspension-filled concrete mixes for powder-activated concrete of a new generation]. Kalashnikov V. I., Erofeev V. T., Tarakanov O. V. Izvestiya vuzov. Ser. “Stroitelstvo” [News of higher education institutions. Construction]. 2016. № 4 (688). P. 30–37.

16. Fine-grain Concrete Reinforced by Polypropylene Fiber / Lesovik R. V., Klyuev A. V., Netrebenko A. V. Research Journal of Applied Sciences, 2015. Vol. 10. № 10. P. 624–628.

17. The Efficient Composite Building Materials of Iron and Steel Industry Waste / Ageeva M.S., Lesovik R.V., Erofeev V.T., Sopin D.M., Lesovik G.A. // V sbornike: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL, 2015. P. 1433–1435.

18. GOST 7076-99. Materialy i izdeliya srtoitelnye. Metod opredeleniya teploprovodnosti [Building materials and products. Method for determining thermal conductivity]. Moscow: Gosstroy Rossii, 2000, 25 p.

19. GOST 10180-2012. Betony. Metody opredeleniya prochnosti po kontrolnym obraztsam [Concretes. Methods for strength determination using reference specimens]. Moscow: Standartinform, 2018, 32 p.

20. ANSYS Theory 14.0. User's Guide. - Canonsburg: ANSYS Inc., 2011, 862 p.

21. SP 50.13330.2012. Teplovaya zaschita zdaniy [Thermal protection of the buildings]. Moscow: Minstroy Rossii, 2012, 96 p.

22. SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonnye konstruktsii. Osnovnye polozheniya [Concrete and reinforced concrete structures. Main provisions]. Moscow: Minregion Rossii, 2012, 156 p.

**© Е. А. Митина, П. И. Новичков, А. О. Сыромясов, Э. М. Балатханова, Ю. А. Макаров, 2019**

Получено: 01.07.2019 г.

**УДК 627.8**

**С. В. СОБОЛЬ[1], д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой гидротехнических и транспортных сооружений; Р. В. ЧЖАН[2], д-р техн. наук, ст. науч. сотр., гл. науч. сотр. лаборатории инженерной геокриологии**

# ФРАКТАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВОДОХРАНИЛИЩ КРИОЛИТОЗОНЫ

[1]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
[2]ФГБУН «Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова Сибирского отделения РАН»
Россия, 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, д. 36.
Тел.: (4112) 33-46-81; эл. почта: zhang@mpi.ysh.ru
*Ключевые слова:* криолитозона, водохранилища, морфометрические параметры, фрактальные показатели, мониторинг.

*Определены в первом приближении фрактальные размерности береговых линий и коэффициенты плановых форм Вилюйского, Светлинского, Усть-Хантайского, Курейского, Колымского, Усть-Среднеканского водохранилищ ГЭС, а также нескольких малых водохранилищ водоснабжения, эксплуатирующихся в криолитозоне страны, с предложением о включении этих фрактальных показателей в число морфометрических параметров, назначаемых при проектировании и подлежащих ревизии при мониторинге водохранилищ.*

**Введение.** На Северо-Востоке страны в криолитозоне эксплуатируются ГЭС с большими водохранилищами: Вилюйская – I, II и Светлинская (Вилюйская – III) на р. Вилюе; Усть-Хантайская на р. Хантайке; Курейская на р. Курейке; Колымская и Усть-Среднеканская на р. Колыме [1, 2, 3], также малые водохранилища промышленного и хозяйственно-питьевого водоснабжения [4]. Возможна интенсификация гидротехнического строительства в Якутии и на Чукотке [5, 6, 7].

Водохранилища характеризуются морфометрическими параметрами, основными из которых являются полный объем, площадь водного зеркала, длина (протяженность) береговой линии, вычисляемые методами традиционной геометрии при нормальном подпорном уровне (НПУ) воды. В статье определены фрактальные показатели водохранилищ криолитозоны, предлагаемые для включения в состав морфометрических параметров, назначаемых при проектировании и подлежащих отслеживанию при мониторинге водохранилищ.

**Морфометрические параметры водохранилищ.** Надо заметить, что научные [8], справочные [9], энциклопедические [10] издания почти всегда называют значения морфометрических параметров водохранилищ без указания масштаба картографической основы, способа и момента измерения, хотя эти параметры являются фрактальными величинами и изменяются с течением лет жизненного цикла водохранилищ.

В табл. 1 выписаны основные морфометрические параметры водохранилищ действующих ГЭС криолитозоны. В силу вышесказанного данные из разных источников несколько расходятся. На рис. 1–3 показаны плановые контуры этих водохранилищ при НПУ.

Вилюйское водохранилище на р. Вилюе (ГЭС -I, II) – наибольшее по объему. Оно имеет очень сложное линейно-вытянутое очертание с чередованием озеровидных расширений, приуроченных к долинам наиболее крупных притоков, и каньонообразных участков. Его длина 400 км по р. Вилюю и 470 км по р. Чоне, максимальная ширина 15 км [11].

Светлинская ГЭС (Вилюйская ГЭС -III) является второй ступенью каскада на р. Вилюе, расположена в 142 км ниже по течению от ГЭС -I, II, образует водохранилище руслового типа шириной до 1 км с наименьшим объемом среди водохранилищ ГЭС криолитозоны [6].

Водохранилище Усть-Хантайской ГЭС на р. Хантайке – второе по объему среди рассматриваемых водохранилищ. Длина водохранилища 160 км. Проектная площадь зеркала 2 120 км$^2$ включает 880 км$^2$ акватории Хантайского озера. В плане водохранилище имеет сложную озеровидную форму [15].

Курейское водохранилище на р. Курейке длиной 156 км и шириной до 10 км разлилось по долине р. Курейки и притоков, получив сложную плановую конфигурацию с проектной площадью зеркала 558 км$^2$ [1].

Колымское водохранилище на р. Колыме длиной 146 км, шириной 1–6 км, заполнено до проектного НПУ в 1988 г. [2]. В 2000 г. было утверждено и затем реализовано решение о повышении НПУ водохранилища на 1,5 м [17, 14].

Усть-Среднеканская ГЭС является второй ступенью каскада на р. Колыме со створом на 217 км ниже створа Колымской ГЭС, образует долинное водохранилище, вытянутое узкой лентой, вторя извилинам реки. Его средняя ширина – 1,75 км, наибольшая – 4 км [2], длина – 123 км, протяженность береговой линии – 250 км [6].

В табл. 2 приведены примеры малых водохранилищ криолитозоны с их морфометрическими параметрами. Такие водохранилища в большинстве имеют озеровидную плановую форму с малоизрезанными берегами.

**Мониторинг водохранилищ.** В период эксплуатации на водохранилищах криолитозоны эпизодически отслеживается положение береговой линии и изменение площади водного зеркала, иногда – объема. Значительное внимание уделяется научно-техническому мониторингу водохранилищ Усть-Хантайской [13, 15, 16, 18] и Вилюйской гидроэлектростанций. За последним от начала его эксплуатации наблюдает Вилюйская научно-исследовательская мерзлотная станция Института мерзлотоведения Сибирского отделения РАН [11, 12, 19, 20]. Среди малых водохранилищ показательным примером явилось Анадырское, где ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева и ННГАСУ проведены натурно-теоретические изыскания морфометрических параметров после 20 лет эксплуатации в сравнении с проектными данными и на перспективу [21, 22].

Элементы мониторинга в части уточнения протяженностей береговых линий, площадей зеркала и объемов Вилюйского, Усть-Хантайского, Анадырского водохранилищ отражены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Водохранилища гидроэлектростанций в области вечной мерзлоты**

| Водохранилище, река | Характер, мощность вечной мерзлоты | Год начала эксплуатации | НПУ, м БС | Глубина у плотины, м | Длина береговой линии $L$, км | Площадь водного зеркала $F$, км$^2$ | Полный объем $W_{полн.}$, км$^3$ | Фрактальная размерность береговой линии $D$ | Коэффициент плановой формы $K_F$ | Категория по конфигурации в плане | Библиографические источники |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Вилюйское (ГЭС-I, II), р. Вилюй | Сплошная, 200–500 м | 1967<br>1965 | 228,0<br>244,0<br>245,6 | –<br>75 | –<br>2 750<br>2 755(1985г.)<br>–<br>**2637** | –<br>2 170<br>2 175(1982г.<br>2360<br>**2047** | –<br>35,88<br>–<br>40,4<br>– | –<br>–<br>–<br>–<br>**1,365** | –<br>–<br>–<br>–<br>**58,28** | –<br>–<br>–<br>–<br>**Очень сложная** | [10,11]<br>[12,13]<br>[14] |
| Светлинское (ГЭС -III), р. Вилюй | Сплошная, 400–500 м | 2009 | 181,0 | 36 | –<br>–<br>**284** | 101,6<br>104,0<br>**104,0** | 1,1<br>1,1<br>– | –<br>–<br>– | –<br>–<br>**27,84** | –<br>–<br>**Сложная** | [6]<br>[10,14] |
| Усть-Хантайское, р. Хантайка | Прерывистая (60 % площади), 15–60 м | 1973 | 60,0 | 62 | 970<br>999,4(1978г.)<br>**1233** | 2120<br>2295(1992г.)<br>**2117** | 23,52<br>–<br>– | –<br>–<br>**1,276** | –<br>–<br>**26,79** | –<br>–<br>**Сложная** | [6]<br>[10,14] |
| Курейское р. Курейка | Прерывистая (~25 % площади) | 1987 | 95,0 | 70 | –<br>**540** | 558<br>**558,0** | 9,96<br>– | –<br>**1,397** | –<br>**22,86** | –<br>**Сложная** | [14] |
| Колымское, р. Колыма | Сплошная, около 300 м | 1988<br>2000 | 450,0<br>451,5 | 110<br>– | –<br>–<br>**487,8** | 440,7<br>454,6<br>**454,3** | 14,56<br>15,08<br>– | –<br>–<br>**1,320** | –<br>–<br>**22,89** | –<br>–<br>**Сложная** | [2]<br>[14,17] |
| Усть-Среднеканское, р. Колыма | Сплошная, до 300 м | 2017 | 290,0 | 58 | 250<br>**250** | 265,4<br>**265,0** | 5,44<br>– | –<br>– | –<br>**15,36** | –<br>**Средней сложности** | [2,6] |

Таблица 2

**Примеры водохранилищ водоснабжения в области вечной мерзлоты**

| Водохранилище, река | Характер, мощность вечной мерзлоты | Год начала эксплуатации | НПУ, м БС | Глубина у плотины, м | Длина береговой линии $L$, км | Площадь водного зеркала $F$, км$^2$ | Полный объем $W_{полн}$, км$^3$ | Коэффициент плановой формы $K$ | Категория по конфигурации в плане |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Иреляхское,<br>р. Ирелях,<br>г. Мирный | Сплошная,<br>около 400 м | 1964 | 292,30<br>**295,00** | 16 | –<br>**24,6** | 3,52<br>**4,80** | 15,10<br>– | –<br>**11,21** | **Средней сложности** |
| Сытыканское,<br>р. Сытыкан,<br>г. Удачный | Сплошная,<br>более 300 м | 1975 | – | 20 | –<br>**28,2** | 6,18<br>**10,00** | 34,10<br>– | –<br>**8,90** | **Простая** |
| Билибинское,<br>р. Пннеурген,<br>г. Билибино | Сплошная | 1976 | 339,15 | 16 | **4,10** | 0,92 | 5,20 | **4,27** | **Простая** |
| Анадырское,<br>р. Казачка<br>г. Анадырь | Сплошная<br>90–150 м | 1960<br>1986 | 7,80<br>13,75<br>13,75 | –<br>13 | –<br>**3,07**<br>**3,59** (2008 г.) | 0,38<br>**1,49**<br>**1,47** (2008 г.) | 1,00<br>**7,23**<br>– | –<br>**2,52**<br>**2,96** | **Простая**<br>**Простая** |

**Фрактальные показатели водохранилищ.** Фрактальными свойствами у водохранилищ (замкнутых водоемов) обладают береговая линия, водное зеркало, подводный рельеф.

Топология не видит разницы между различными береговыми линиями: топологическая размерность береговой линии равна топологической размерности окружности, и обе они равны 1. Однако береговая линия представляет собой фрактал с размерностью $1 < D < 2$ и является множеством, занимающим промежуточное положение между линией ($D = 1$) и плоскостью ($D = 2$). Фрактальная размерность $D$ характеризует степень извилистости береговой линии: величина $D$ тем больше, чем более изрезанным является берег. Результат измерения длины береговой линии $L$ зависит от масштаба картографической основы и длины измерителя ε. Измеряемая длина $L$ увеличивается при уменьшении единицы измерения ε и теоретически – при $\varepsilon \to 0$, $L \to \infty$ [23, 24].

Плановая конфигурация водохранилища (водное зеркало) может быть корректно охарактеризована коэффициентом формы $K_F = L / \sqrt{F}$ [25]. Числовое значение $K_F$ тем больше, чем сложнее форма фигуры. Он чувствителен к связным фигурам, когда увеличение изрезанности их контура без самопересечений приводит к уменьшению площади $F$ и росту периметра $L$ при неизменных линейных размерах [26]. Использование записанного выше отношения предполагает отсутствие у фигуры фрактальных свойств. В понятиях фрактальной геометрии теоретически конечная площадь зеркала водохранилища ограничена береговой линией бесконечной длины. С учетом фрактальных свойств коэффициент формы зависит от длины ε используемого измерителя, так что для получения удовлетворительного результата измеритель должен быть предельно малым и одинаковым при измерении длины береговой линии $L$ и площади водного зеркала $F$ [24].

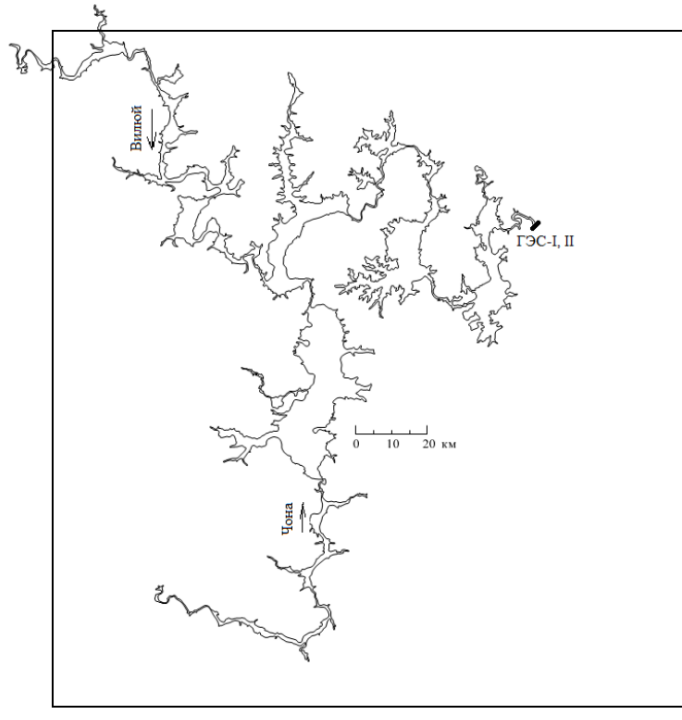
Посредством коэффициента формы разработана классификация водохранилищ с выделением их категорий по сложности плановой конфигурации [27].

| Конфигурация: | Коэффициент формы $K_F$: |
|---|---|
| – очень сложная | – более 40 |
| – сложная | – от 40 до 20 |
| – средней сложности | – от 19 до 10 |
| – простая | – менее 10 |

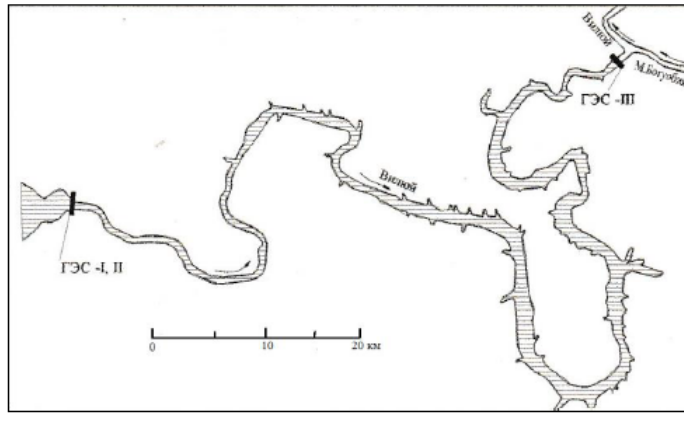
Подводный рельеф водохранилища является самоаффинной поверхностью, характеризующейся двумя различными размерностями: локальной и глобальной. Локальная фрактальная размерность $D$ самоаффинной поверхности находится в диапазоне $2 < D < 3$. Глобальная размерность $D = 2$, т. е. на больших расстояниях самоаффинный фрактал выглядит совершенно гладким, иначе – самоаффинная поверхность в глобальном смысле нефрактальна [24, 25]. В практическом аспекте фрактальное описание подводного рельефа водохранилищ имеет гораздо меньшее значение, чем береговой линии и площади зеркала.

Для определения фрактальных показателей водохранилищ ГЭС криолитозоны их контуры (см. рис. 1–3) выкопировывались с электронных топографических карт 1983–2003 гг. масштаба 1:500 000 [28]. Фрактальные размерности береговых линий определялись по их изображениям методом подсчета занятых ячеек (*box counting*) [25]. Измеритель равнялся ε = 1 км, 3 км, 5 км. При вычислении коэффициентов формы длина береговой линии и площадь зеркала каждого водохранилища находились по его контурам с помощью стандартных инструментов программы *AutoCAD*. Результаты вписаны в табл. 1 жирным шрифтом. Значения

фрактальных размерностей береговых линий водохранилищ ГЭС уложились в диапазон $D$ = 1,397–1,276. По упомянутой классификации в зависимости от сложности плановой конфигурации водохранилища ГЭС криолитозоны находятся в категориях от «очень сложная» (Вилюйское, $K_F$ = 58,28) до «средней сложности» (Усть-Среднеканское, $K_F$ = 15,36).

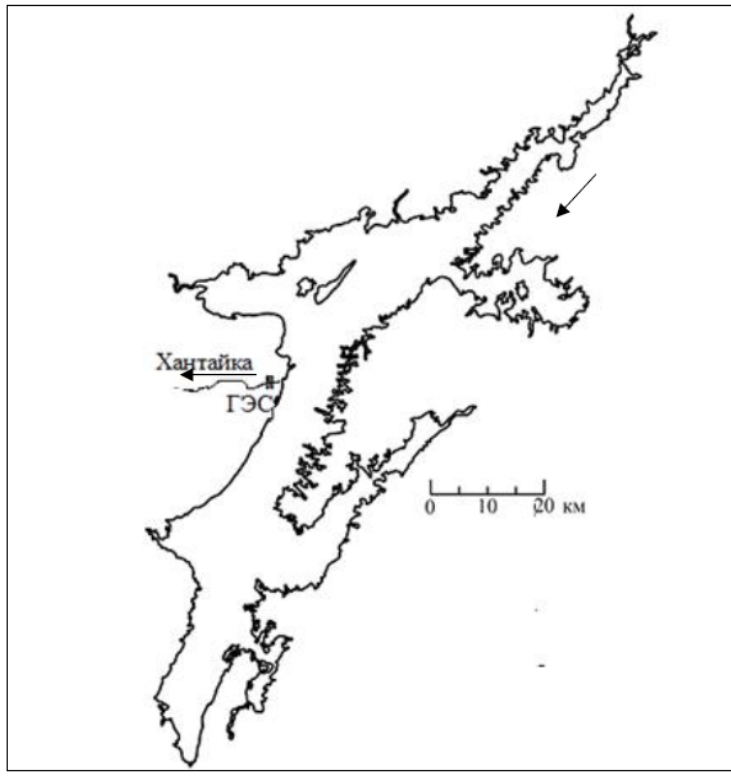



*а*

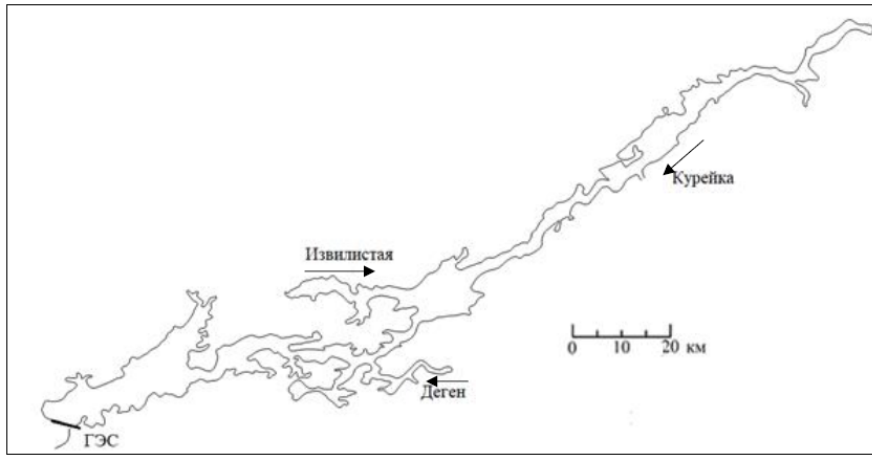



*б*

Рис. 1. Плановые контуры водохранилищ гидроэлектростанций криолитозоны: *а* – Вилюйское (ГЭС -I, II) и *б* – Светлинское (ГЭС -III) на р. Вилюе

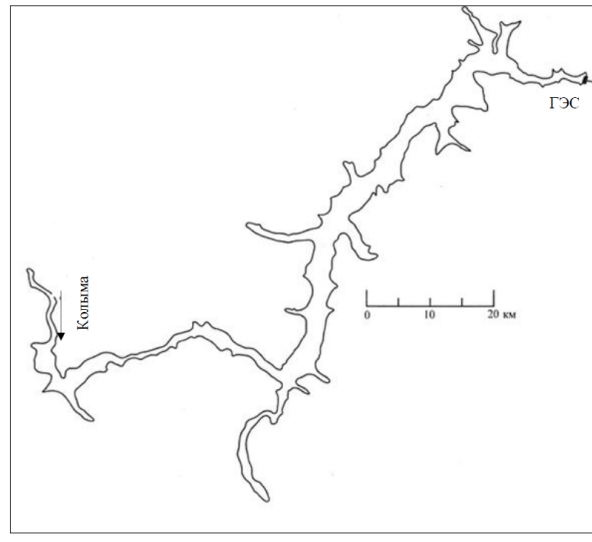



*а*

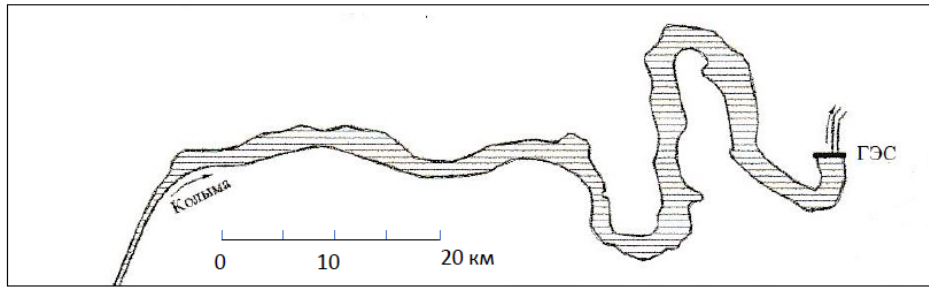



*б*

Рис. 2. Плановые контуры водохранилищ гидроэлектростанций криолитозоны: *а* – Усть-Хантайское на р. Хантайке; *б* – Курейское на р. Курейке




*а*




*б*

Рис. 3. Плановые контуры водохранилищ гидроэлектростанций криолитозоны: *а* – Колымское и *б* – Усть-Среднеканское на р. Колыме

У малых водохранилищ береговые линии близки гладким кривым. Для них определены коэффициенты плановых форм (см. табл. 2), согласно значениям которых Ирелякское водохранилище по конфигурации вписалось в категорию «средней сложности» ($K_F$ = 11,21), остальные – в категорию «простая» ($K_F$ = 8,90–2,52).

**Заключение.** Очевидно, что значения длин береговых линий, их фрактальных размерностей, площадей зеркала, коэффициентов плановых форм водохранилищ в любом случае могут быть определены только приблизительно, причем более точно – на базе подробных картографических материалов. В конкретной практике их следует связывать с определенными периодами существования водохранилищ, фиксируемыми при мониторинге.

Включение показателей фрактальности в число морфометрических параметров водохранилищ криолитозоны поведет к повышению корректности их анализа, моделирования и прогнозирования, к повышению объективности и адекватности информационной поддержки жизненного цикла водохранилищ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куперман, В. Л. Гидроэнергетическое строительство на Севере / В. Л. Куперман, Ю. Н. Мызников, Л. Н. Торопов. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 304 с.

2. Когодовский, О. А. Гидроэнергетика Крайнего Северо-Востока / О. А. Когодовский, Ю. И. Фриштер. – Москва : Энергоатомиздат, 1996. – 304 с.

3. Соболь, С. В. Водохранилища в области вечной мерзлоты / С. В. Соболь. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2007. – 432 с.

4. Чжан, Р. В. Проектирование, строительство и эксплуатация гидротехнических сооружений низкого напора в криолитозоне / Р. В. Чжан. – Якутск : Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 2000. – 160 с.

5. Использование гидроэнергетического потенциала северных рек для гидроэлектрификации страны / Б. М. Ерахтин, И. С. Соболь, С. В. Соболь, А. В. Февралев // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2007. – № 3. – С. 13–34.

6. Львовский, В. А. Перспективы освоения гидроэнергетических ресурсов Сибири и Дальневосточного федерального округа Российской Федерации / В. А. Львовский, Б. Н. Юркевич // Гидротехническое строительство. – 2017. – № 3. – С. 14–19.

7. Низконапорные гидроузлы криолитозоны Якутии. Рекомендации по проектированию и строительству / Р. В. Чжан, Г. И. Кузнецов, В. В. Шепелев [и др.] ; отв. ред. Ю. М. Гончаров. – Якутск : Ин-т мерзлотоведения им. П. И. Мельникова, 2012. – 124 с.

8. Вода России. Водохранилища / под науч. ред. А. М. Черняева ; Рос. науч.-исслед. ин-т комплекс. использования и охраны вод. ресурсов. – Екатеринбург : АКВА-ПРЕСС, 2001. – 700 с.

9. Каталог водохранилищ СССР. – Москва : Союзводпроект, 1988. – 276 с.

10. Реки и озера мира. Энциклопедия. – Москва : Энциклопедия, 2012. – 928 с.

11. Каменский, Р. М. Термический режим плотины и водохранилища Вилюйской ГЭС / Р. М. Каменский – Якутск : Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1977. – 92 с.

12. Бурлаков, В. М. Районирование Вилюйского водохранилища. Типизация и классификация его берегов / В. М. Бурлаков // Влияние ГЭС на окружающую среду: сб. науч. тр. / Якут. фил. акад. наук СССР. – Якутск, 1987. – С. 34–42.

13. Кудояров, Л. И. Влияние изменений мерзлотных условий в чаше водохранилищ на функционирование северных ГЭС / Л. И. Кудояров, Т. С. Оникиенко // Гидротехническое строительство. – 1990. – № 2. – С. 8–11.

14. Большие плотины России / под ред. Р. М. Хазиахметова. – Москва : Гидроэнергетика России, 2010. – 224 с.

15. Кроник, Я. А. Переформирование чаши и берегов искусственных водохранилищ в криолитозоне / Я. А. Кроник, Т. С. Оникиенко // Инженерная геология. – 1980. – № 3 – С. 120–129.

16. Оникиенко, Т. С. Уточнение связи объемов и уровней водохранилища Усть-Хантайской ГЭС / Т. С. Оникиенко // Гидротехническое строительство. – 1995. – № 3. – С. 19–23.

17. Мирзаев, А. Я. Оптимизация отметки НПУ Колымского водохранилища / А. Я. Мирзаев, В. И. Иванов // Гидротехническое строительство. – 2008. –№ 2. – С. 29–30.

18. Морфометрические характеристики водохранилищ, входящих в зону деятельности Енисейского БВУ : письмо Енисей. БВУ в ННГАСУ № 05-786 от 06.03.2013. – Красноярск, 2013. – 16 с.

19. Результаты инструментальных наблюдений и адаптивного прогноза термоабразии берегов Вилюйского водохранилища / С. А. Великин, И. С. Соболь, С. В. Соболь, Д. Н. Хохлов // Гидротехническое строительство. – 2013. – № 6. – С. 2–8.

20. Чжан, Р. В. Температурно-криогенный режим гидроузла Вилюйской ГЭС -1,2: геокриологический мониторинг / Р. В. Чжан, С. А. Великин, Д. М. Шерстнев // Гидротехническое строительство. – 2017. – № 6 – С. 10–23.

21. Кривоногова, Н. Ф. Особенности переработки берегов водохранилищ в

криолитозоне / Н. Ф. Кривоногова, Л. И. Свительская, Д. К. Федоров // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2009. – Т. 255. – С. 25–33.

22. Трансформация чаши водохранилища в вечномерзлых грунтах за долголетний период эксплуатации по изысканиям и прогнозу / Е. А. Гнетов, Е. Н. Горохов, Н. Ф. Кривоногова [и др.] // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2013. – № 4. – С. 93–101.

23. Мандельброт, Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – Москва : Ин-т компьютер. исслед., 2002. – 656 с.

24. Федер, Е. Фракталы / Е. Федер. – Москва : Мир, 1991. – 254 с.

25. Иудин, Д. И. Фракталы: от простого к сложному / Д. И. Иудин, Е. В. Копосов. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2012. – 200 с.

26. Фетисова, М. А. Коэффициент формы как геометрическая характеристика / М. А. Фетисова, С. С. Володин // Молодой ученый. – 2011. – № 5. – Т. 1. – С. 105–107.

27. Соболь, С. В. О классификации водохранилищ по конфигурации в плане /С. В. Соболь, Н. Р. Зайнуллина // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2017. – № 2. – С. 116–124.

28. Карты всего мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http: // Loadmap.net.

**SOBOL Stanislav Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of hydraulic and transport structures[1]; CHZHAN Rudolf Vladimirovich, doctor technical sciences, senior researcher, chief researcher of the laboratory of engineering geocryology[2]**

## FRACTAL INDICATORS OF ACTING CRYOLITHOZONE RESERVOIRS

[1]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-42-89; e-mail: gs@nngasu.ru
[2]P. I. Melnikov Institute of Permafrost, Siberian branch of RAS
36, Merzlotnaya St., Yakutsk, 677010, Russia. Tel.: +7 (4112) 33-46-81; e-mail: zhang@mpi.ysh.ru
*Key words:* cryolithozone, reservoirs, morphometric parameters, fractal indicators, monitoring.

I*n the first approximation, the fractal dimensions of coastlines and coefficients of the planned forms of the Vilyuy, Svetlinsky, Ust-Khantaysky, Kureysky, Kolymsky, Ust-Srednekansky reservoirs of hydroelectric stations, as well as several small water reservoirs operating in the cryolithozone of the country were determined with a proposal to add these fractal indicators into a set of morphometric parameters assigned during design and subjected to revision during monitoring of reservoirs.*

REFERENCES

1. Kuperman V. L., Myznikov Yu. N., Toropov L. N. Gidroenergeticheskoe stroitelstvo na Severe [Hydraulic power construction in the North]. Moscow: Energoatomizdat, 1987. 304 p.

2. Kogodovsky O. A., Frishter Yu. I. Gidroenergetika Kraynego Severo-Vostoka [Hydropower engineering of the far North-East]. Moscow: Energoatomizdat, 1996, 304 p.

3. Sobol S.V. Vodokhranilischa v oblasti vechnoy merzloty [Water reservoirs in the permafrost]. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2007, 432 p.

4. Chzhan R. V. Proektirovanie, stroitelstvo i ekspluatatsiya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy nizkogo napora v kriolitozone [Design, construction and operation of low-head hydraulic power constructions in the cryolithozone]. Yakutsk: In-t merzlotovedeniya SO RAN, 2000, 160 p.

5. Ispolzovanie gidroenergeticheskogo potentsiala severnykh rek dlya gidroelektrifikatsii

strany [Utilization of northern rivers stream power for hydroelectrification of the country]. Yerakhtin B. M., Sobol I. S., Sobol S. V., Fevralyov A. V. // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2007. № 3. P. 13–34.

6. Lvovsky V. A., Yurkevich B. N. Perspektivy osvoeniya gidroenergeticheskikh resursov Sibiri i Dalnevostochnogo federalnogo okruga Rossiyskoy Federatsii [Prospects of development of hydraulic power resources of Siberia and Far East federal district of the Russian Federation]. Gidrotekhnicheskoye stroitelstvo [Power Technology and Engineering]. 2017. № 3. P. 14–19.

7. Nizkonapornye gidrouzly kriolitozony Yakutii. Rekomendatsii po proektirovaniyu i stroitelstvu [Low-head hydrosystems of the cryolithozone of Yakutiya. Recommendations on design and construction]. Chzhan R. V., Kuznetsov G. I., Shepelev V. V., et al.; otv. red. Yu. M. Goncharov. Yakutsk: In-t merzlotovedeniya im. P. I. Melnikova, 2012, 124 p.

8. Voda Rossii. Vodokhranilischa [Water of Russia. Water resirvoirs]. Pod nauch. red. A. M. Chernyaeva; Ros. nauch.-issled. in-t kompleks. ispolzovaniya i okhrany vod. resursov. Ekaterinburg: AKVA-PRESS, 2001, 700 p.

9. Katalog vodokhranilisch SSSR. Moscow: Soyuzvodproekt, 1988, 276 p.

10. Reki i ozyora mira. Entsiklopediya. – Moscow: Entsiklopediya, 2012. 928 p.

11. Kamenskiy R. M. Termicheskiy rezhim plotiny i vodokhranilischa Vilyuyskoy GES [Thermal conditions of the Vilyuysk power station dam and reservoir]. Yakutsk: In-t merzlotovedeniya SO AN SSSR, 1977, 92 p.

12. Burlakov V. M. Rayonirovanie Vilyuyskogo vodokhranilischa. Tipizatsiya i klassifikatsiya ego beregov [Zoning the Vilyuysk reservoir. Typification and classification of its banks]. Vliyanie GES na okruzhayuschuyu sredu [Influence of hydraulic power stations on the environment]: sb. nauch. tr. Yakut. fil. akad. nauk SSSR.Yakutsk, 1987. C. 34–42.

13. Kudoyarov L. I., Onikienko T.S. Vliyanie izmeneniy merzlotnykh usloviy v chashe vodokhranilisch na funktsionirovanie severnykh GES [Influence of the change of frost conditions in the reservoirs on the functioning of northern hydraulic power stations]. Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Hydraulic power construction]. 1990. № 2. P. 8–11.

14. Bolshie plotiny Rossii [Large dams of Russia]. Pod red. R. M. Khaziakhmetova. Moscow: Gidroenergetika Rossii, 2010, 224 p.

15. Kronik Ya. A., Onikienko T.S. Pereformirovanie chashi i beregov iskusstvennykh vodokhranilisch v kriolitozone [Reformation of artificial water reservoirs and their banks in the cryolithozone]. Inzhenernaya geologiya [Engineering geology]. 1980. № 3. P. 120–129.

16. Onikienko T. S. Utochnenie svyazi obyomov i urovney vodokhranilischa Ust-Khantayskoy GES [Defining interrelation between volumes and levels of the Ust-Khantaysk HPS reservoir]. Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Hydraulic power construction]. 1995. № 3. P. 19–23.

17. Mirzaev A. Ya., Ivanov V. I. Optimizatsiya otmetki NPU Kolymskogo vodokhranilischa [Optimization of the NML mark of the Kolyma reservoir]. Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Hydraulic power construction]. 2008. № 2. P. 29–30.

18. Morfometricheskie kharakteristiki vodokhranilisch, vkhodyaschikh v zonu deyatelnosti Eniseyskogo BVU [Morphometric characteristics of reservoirs situated in the area of the Enisey basin water department's activities]: pismo Enisey. BVU v NNGASU № 05-786 ot 06.03.2013. Krasnoyarsk, 2013, 16 p.

19. Rezultaty instrumentalnykh nablyudeniy i adaptivnogo prognoza termoabrazii beregov Vilyuyskogo vodokhranilischa [Results of instrumental observations and adaptive forecast of thermoabrasion of the Vilyuysk reservoir banks]. Velikin S. A., Sobol I. S., Sobol S. V., Khokhlov D. N. Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Hydraulic power construction]. 2013. № 6. P. 2– 8.

20. Chzhan R. V., Velikin S. A., Sherstnev D. M. Temperaturno-kriogenny rezhim gidrouzla Vilyuyskoy GES -1, 2: geokriologicheskiy monitoring [Temperature-cryogenic conditions of the hydrosystem of the Vilyuysk HPS -1, 2: geocryologic monitoring]. Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Hydraulic power construction]. 2017. № 6. P. 10–23.

21. Krivonogova N. F., Svitelskaya L. I., Fyodorov D. K. Osobennosti pererabotki beregov vodokhranilisch v kriolitozone [Features of transformation of reservoir banks in the cryolithozone]. Izvestiya VNIIG im. B. E. Vedeneeva [News of Vedeneev All-Russian Research Institute of Water

Engineering]. 2009. Vol. 255. P. 25–33.

22. Transformatsiya chashi vodokhranilischa v vechnomyorzlykh gruntakh za dolgoletniy period ekspluatatsii po izyskaniyam i prognozu [Transformation of the reservoir in the permafrost for long periods of operation on research and forecast]. E. A. Gnyotov, E. N. Gorokhov, N. F. Krivonogova, et al. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2013. № 4. P. 93–101.

23. Mandelbrot B. Fraktalnaya geometriya prirody [The Fractal Geometry of Nature]. Moscow: In-t kompyuter. issled., 2002, 656 p.

24. Feder E. Fraktaly [Fractals]. Moscow: Mir, 1991, 254 p.

25. Iudin D. I., Koposov E. V. Fraktaly: ot prostogo k slozhnomu [From simple to complex]. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2012, 200 p.

26. Fetisova M. A., Volodin S. S. Koeffitsient formy kak geometricheskaya kharakteristika [Coefficient of form as a geometric characteristic]. Molodoy uchyony [Young scientist], 2011. № 5. Vol. 1. P. 105–107.

27. Sobol S. V., Zaynullina N. R. O klassifikatsii vodokhranilisch po konfiguratsii v plane [About classification of water reservoirs by configuration in plan]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2017. № 2. P. 116–124.

28. Karty vsego mira [Maps of the entire world]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: http: // Loadmap.net.

**© С. В. Соболь, Р. В. Чжан, 2019**

Получено: 25.04.2019 г.

**УДК 72.01**

**А. Л. ГЕЛЬФОНД, чл.-корр. РААСН, д-р архитектуры, проф., зав. кафедрой архитектурного проектирования**

# ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ ТИПОЛОГИИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ МУЗЕЕВ «РОССИЯ – МОЯ ИСТОРИЯ»

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.
Тел.: (831) 430-17-83; эл. почта: gelfond@bk.ru
*Ключевые слова:* музей, архитектурная типология, мультимедийный парк, экспозиция, общественное пространство.

*Рассмотрены музеи нового типа «Россия – моя история», которые представляют собой систему мультимедийных интерактивных парков, объединенных в единую сеть по всей стране. Показано, как меняется музейное здание в соответствии с требованиями размещения экспозиции принципиально нового типа. На примерах музеев в Нижнем Новгороде, Волгограде и Перми анализируются архитектурно-типологические подходы к организации общественного пространства музея.*

## 1. Постановка проблемы

В течение целого ряда лет в архитектурной науке звучат призывы отказаться от привычной объектной и обратиться к пространственной типологии. Этот процесс объясняется целым рядом теоретических и практических посылов, один из которых – перенос внимания с проектирования общественных зданий на проектирование общественных пространств. При этом под «объектной типологией» чаще всего понимается традиционное деление общественных зданий на типы в зависимости от функции в соответствии с СП 118.13330.2012* Общественные здания и сооружения.

В то же время идет параллельный процесс совершенствования и изменения сложившихся типов общественных зданий согласно актуальным запросам времени. Для иллюстрации этих мыслей остановимся на новом типе отечественных музейных зданий-пространств, в которых представлена экспозиция «Россия – моя история» и становление которых относится к последнему пятилетию. Новый тип музея «Россия – моя история» – система мультимедийных исторических парков, в которых панорамно представлена тысячелетняя история России с древнейших времен до наших дней. При этом в каждом музее кроме федеральной составляющей интерактивными средствами демонстрируется и региональный краеведческий аспект.

Первая выставка «Романовы» проходила 4 ноября 2013 года в здании Центрального Манежа в Москве. Там же позднее были презентованы и следующие выставки проекта. В 2015 году была открыта постоянная экспозиция в 57-м павильоне ВДНХ. В настоящее время в нескольких регионах Российской Федерации существует около двадцати исторических парков. Основная идея проекта – создать по всей стране непрерывную историко-культурную сеть, узлы которой будут закреплены музеями нового типа.

Необходимо отметить, что мультимедийная экспозиция размещается как в

специально запроектированных и вновь построенных, так и в приспособленных под нее зданиях иного первоначального функционального назначения, в т. ч. объектах культурного наследия. Типовой проект мультимедийного музея был разработан московскими архитекторами; в разных регионах подрядные проектные организации могут предлагать лишь свои решения фасадов.

Для выявления особенностей архитектурной типологии новых объектов проанализируем ряд зданий.

**2. Анализ практического опыта**

Новое здание музея «Россия – моя история» в *Волгограде* построено в пойме реки Царицы на неосвоенной ранее строительством территории. Проект здания был разработан в 2016 г. АО «ПриволжскТрансСтрой», ГАП А. В. Лисин, проект благоустройства прилегающей территории – архитектором Э. Э. Красильниковой. Открытие состоялось 5 октября 2017 г. Создание музея и парка вокруг него дало начало комплексной программе по благоустройству прилегающего внутригородского пространства.

«В 60-е годы река Царица в нижней части ее течения была забрана в подземный коллектор, а территория поймы, разделяющая Ворошиловский и Центральный районы, засыпана слоем песка не менее 10 метров. Насыпи полностью покрыли плодородный слой почвы, и все растения постепенно исчезли. Сейчас на территории остались преимущественно сухоустойчивые растения – вязы, которые также сильно пострадали от воздействия ильмового листоеда» [1]. В настоящее время на прилегающей к зданию территории площадью 4 га разбит парк с газонами, цветниками, «сухими» фонтанами, зонами активного и спокойного семейного отдыха, детскими и спортивными площадками, пешеходными и велодорожками, организована автомобильная парковка. Высажены деревья ценных пород. Общественное пространство парка как внутреннее, так и внешнее являет собой безбарьерную среду, доступную для маломобильных групп населения. Люди с ограниченными возможностями могут беспрепятственно передвигаться по выставочным залам, на стоянке предусмотрены специальные места для их автотранспорта.

Необходимо отметить, что профессионалы и городские сообщества неоднозначно восприняли строительство крупного здания на территории, которая по генеральному плану города относится к рекреационной зоне. Так, руководитель «Волгоградгражданпроекта» А. Куприков отметил: «Проект этого музея типовой, общий для всех городов, где он будет реализован … Все уникальное будет скрыто внутри, снаружи в плане архитектуры – это обычная коробка. Одновременно место размещения музея выбрано для Волгограда весьма знаковое – пойма реки Царица. Ее долго берегли как резерв города для создания чего-то уникального в плане городской среды и архитектуры» [2].

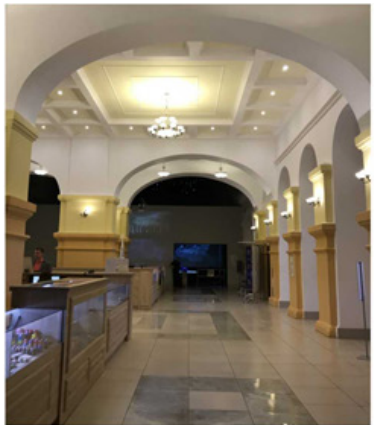
С моста над оврагом открывается широкий вид на объем здания и прилегающую территорию. Светлый протяженный параллелепипед на темной стеклянной подсечке расположен перпендикулярно Волге. Лапидарный объем словно противостоит пересеченной овражно-балочной местности. В отличие от многих современных сооружений он не вобрал в свой облик природоподобные формы в виде плавных очертаний или криволинейного покрытия. Природа отражена лишь во фронтальной композиции фасадов: они прорезаны очертаниями стилизованных темно-серых деревьев, которые из плоских элементов становятся объемными и переходят в опоры, за которыми раскрывается остекление первого заглубленного этажа. Декоративные фасадные панели решены с использованием

**К СТАТЬЕ А. Л. ГЕЛЬФОНД**
**«ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ ТИПОЛОГИИ**
**МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ МУЗЕЕВ «РОССИЯ – МОЯ ИСТОРИЯ»**

Рис. 1. Волгоград. Мультимедийный парк «Россия – моя история»

Рис. 2. Пермь. Мультимедийный парк «Россия – моя история».
Речной вокзал. Железнодорожный вокзал Пермь-1

Нижний Новгород. Главный ярмарочный дом. Фото М.П. Дмитриева, начало XX в.



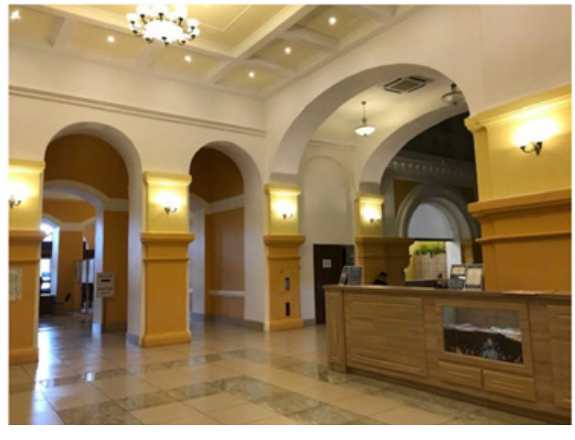


Рис. 3. Нижний Новгород. Мультимедийный парк «Россия – моя история»

темы садов «Узоры России». В вечернее время художественный образ объекта дополняется светодиодной подсветкой (рис. 1 цв. вклейки).

Общая площадь мультимедийного выставочного комплекса – свыше 7 000,0 м$^2$. Для представления экспозиции использованы современные информационные носители: сенсорные столы и экраны, лайтбоксы, коллажи, проекторы, планшеты и аудиогиды. В здании размещены вместительные кинозалы, смонтирован проекционный купол и видеопанели с трехмерными историческими реконструкциями. Визуальные решения мультимедийных экспозиций, во многом новаторские, созданы с использованием приемов видеоинфографики, анимации, голограммам, 3D-моделирования. Экспозиция музея разделена на четыре раздела «Рюриковичи», «Романовы», «От великих потрясений к Великой Победе», «Россия – моя история. 1945–2016 гг.».

В течение короткого времени новое здание заявило о себе не только как выставочное пространство, но и как новая культурно-образовательная площадка, которая стала одним из наиболее посещаемых мест в регионе и превратилась в часть городского образовательного кластера.

Особенностью Исторического парка «Россия – моя история», открывшегося 12 декабря 2017 года в *Перми*, стало его расположение в двух объектах культурного наследия, приспособленных для современного использования – размещения экспозиций интерактивного музея. Это особое место в городе, где издавна находился транспортный узел – железнодорожный и речной вокзалы, ныне нефункционирующие. Между зданиями и сегодня проходит транспортная магистраль, что определенным образом нарушает восприятие музея как единого пространства, но в то время противостояние двух архитектурных объектов разных эпох и разных стилей даже придает остроту восприятию богатой разнообразной истории России. Здание железнодорожного вокзала Пермь-1 было построено в 1877–1878 гг. для Горнозаводской железной дороги, соединяющей Пермь и Екатеринбург. Это протяженный одноэтажный объем, фасады которого решены в виде повторяющихся арок, типологически характерных более для торговых рядов, чем для транспортного сооружения. В здании Речного вокзала, построенного в 1940 году на берегу Камы по проекту архитектора А. З. Гринберга, размещены экспозиции «Романовы» и «XX век». Здание прекрасно раскрывается на реку, обеспечивая восприятие содержания экспозиции в неразрывной связи с речными просторами (рис. 2 цв. вклейки). В то же время – это зона затопления, поэтому создавать культурное пространство, приспосабливая речной вокзал под подлинный музей, было опасно и нерационально. В данном случае все использованные здесь ресурсы возобновляемые.

В *Нижнем Новгороде* исторический парк «Россия – моя история» размещается на первом этаже Главного ярмарочного дома (арх. А. И. Гоген, Г. А. Трамбицкий, К. В. Трейман, 1890 г.). Это объект культурного наследия федерального значения, здание расположено в центре Ярмарочной площади, раскрытой в сторону реки Оки. «Главный дом представлял собой специфический тип пассажа, который являлся основным архитектурным акцентом крупного торгового комплекса, а живописный ступенчатый силуэт с башнями подчеркивал его ведущее значение в речной панораме ярмарки. Центральный вход служил одновременно сквозным проходом через здание. Необычна также и функциональная структура. Первый этаж занимали многочисленные магазины, входы в которые были возможны как из пассажа, так и извне … Крайние части пассажа рассматривались как самостоятельные залы, в торцевых стенах которых размещались огромные

витражи, завершавшие продольную ось пассажной линии» [3].

Новый этап в истории Главного ярмарочного дома наступил 4 ноября 2017 г., когда в его стенах был открыт мультимедийный исторический парк «Россия – моя история» (рис. 3 цв. вклейки). Особенностью нижегородской экспозиции является тот факт, что в отдельном зале размещены подлинные экспонаты из фондов Нижегородского государственного историко-архитектурного музея-заповедника с древнейших времен до новейшего времени. Близость к железнодорожному вокзалу, а также тот факт, что это практически единственный музей в заречной части города, обеспечивает к объекту интерес и его большую посещаемость. Однако размещение в приспособленном здании порождает неизбежные неудобства для деятельности музея. Так, объемно-пространственная структура исторического пассажа в целом симметрична, в плане здания – прямоугольник с основными габаритами 110 × 30 м. Помещения для научных сотрудников расположены сбоку, что существенно удлиняет внутренние коммуникации, в музее нет лектория и кинолекционного зала. В то же время есть потери и в восприятии памятника архитектуры: хотя вся экспозиция встроенная и не нарушает объемно-пространственной структуры ОКН, пассаж по-прежнему не открылся для посетителя, который не видит пространства в целом.

**3. Выводы и рекомендации**

Размещаясь в сооружениях с иной первоначальной функцией, новый объект неизбежно воспринимает типологические черты родового назначения приспособленного под него здания. Так, торговые центры стали похожими на цеха промышленных предприятий, детские учреждения – на банки начала XX века, а банки конца XX века – на детские сады, которые были под них приспособлены. Ждет ли такая же трансформация и здание музея? Думаю, что нет: экспозиция музея «Россия – моя история» не затрагивает типологию приспособленного объекта, она не затрагивает мультимедийный парк. Трансляция и интерактивный показ, изменив функцию здания, не влияют на его конструкцию и форму, используя их лишь как экраны и фон для инсталляций.

Выстраивая архитектурную концепцию музейного здания любого типа, необходимо, прежде всего, опираться на *вещественный памятник*, хранение и показ которого осуществляется в этом музее. Как указывает профессор В. И. Ревякин, «архитектурный аспект проблемы заключается в необходимости иметь специальные помещения для хранения фондов по видам экспонатов, рабочие помещения для сотрудников фондов, хранения научного архива, резервные площади для регулярного пополнения коллекций, возможность обновления постоянной экспозиции и устройства выставок» [4]. Этому в здании музея традиционного типа соответствуют следующие основные функциональные блоки: входная группа помещений; экспозиционная часть; кинолекционный зал; административные, рабочие и подсобные помещения, библиотека; лаборатории и мастерские; фондохранилища; технические помещения. В мультимедийных парках «Россия – моя история» *вещественным памятником* стал *невещественный памятник* – информация, и тип ее показа и хранения определяют новую типологию объектов, в которых соединились традиционные и уникальные подходы к организации музейной функции.

Особенности архитектурной типологии мультимедийных парков:

– прежде всего, это единая однотипная сеть музеев по всей стране;
– в этих музеях по определению отсутствуют подлинные экспонаты;
– вещественным памятником становится невещественный – информация;

– однотипность построения экспозиции – наличие одинаковых разделов;
– отсутствие фондохранилищ и реставрационных мастерских;
– наличие специализированных кладовых для запасного электронного оборудования и аппаратуры, развитой серверной, технических помещений для обеспечения температурно-влажностного режима;
– интерьеры по художественному образу восходят к информационным агентствам.

Одна из актуальных концепций современной архитектуры может быть обозначена «от здания – к пространству». Она раскрывается в тенденции переноса внимания практикующих архитекторов и теоретиков архитектуры со зданий и сооружений на общественные пространства [5]. Отдельная тема – информационное пространство – особый виртуальный тип общественного пространства, складывающийся именно в начале XXI в. Информационному пространству посвящены труды в различных областях знаний, в научной среде превалируют два подхода к его изучению – технический и гуманитарный. Согласно первому, «информационное пространство представлено в организационно-техническом аспекте как система, осуществляющая передачу, обработку и хранение информации с использованием технических средств и других ресурсов. В этом случае ему свойственна ограниченность и привязанность к каналам распространения данных. Гуманитарное понятие информационного пространства предполагает полное отсутствие границ и привязанности к конкретной местности» [6]. В обоих случаях это целостная сеть, процесс организации которой требует выработки определенных приемов ее «сшивки». Рассматривая мультимедийные парки «Россия – моя история», необходимо прежде всего выявить как принципиально новую их навигационную роль в едином информационном пространстве страны.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сооружение музея «Россия. Моя история» перешло в завершающий этап. Владимир Апаликов. Режим доступа: https://riac34.ru/news/83984/.
2. Интерактивный музей «Россия. Моя история» в Волгограде: мнения разделились. Волгоградские эксперты выступили против строительства музея в пойме реки Царица. Режим доступа: http://strana.ru/journal/news/24722977.
3. Нижний Новгород. Иллюстрированный каталог объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) федерального значения, расположенных на территории Нижнего Новгорода; в двух книгах [отв. ред. А. Л. Гельфонд] / Н. Новгород: Изд-во «Кварц», Книга 2. – 2018. – 640 с.: ил.
4. Ревякин, В. И. Проектирование музеев : монография / В. И. Ревякин. – Москва: ГУЗ, 2003. –150 с.
5. Гельфонд, А. Л. Концепция формирования потенциальных пространственных каркасов исторических поселений // Academia. Архитектура и строительство. 2019, № 1, С. 26–34.
6. Добровольская, И. А. Понятие «информационное пространство»: различные подходы к его изучению и особенности / И. А. Добровольская // Вестник РУДН, серия Литературоведение. Журналистика, 2014, № 4, С. 140–146. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/v/ponyatie-informatsionnoe-prostranstvo-razlichnye-podhody-k-ego-izucheniyu-i-osobennosti.

**GELFOND Anna Lasarevna, corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, doctor of architecture, professor, holder of the chair of architectural design**

# THE FEATURES OF ARCHITECTURAL TYPOLOGY OF MULTIMEDIA MUSEUMS "RUSSIA – MY HISTORY"

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: gelfond@bk.ru
*Key words:* museum, architectural typology, multimedia park, exposition, public space.

*The article is devoted to a new type of museums "Russia – my history", which are a system of multimedia interactive parks, united in a single network throughout the country. The author considers how the museum building changes in accordance with the requirements of the exposition of a fundamentally new type. Examples of museums in Nizhny Novgorod, Volgograd and Perm are used to analyze architectural and typological approaches to organization of the public space of the museum.*

REFERENCES

1. Apalikov Vladimir. Sooruzhenie muzeya «Rossiya. Moya istoriya» pereshlo v zavershayuschiy etap [The construction of the museum "Russia. My history" has entered the final stage]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: https://riac34.ru/news/83984/.
2. Interaktivny muzey «Rossiya. Moya istoriya» v Volgograde: mneniya razdelilis. Volgogradskie eksperty vystupili protiv stroitelstva muzeya v poyme reki Tsaritsa [The interactive museum "Russia. My history" in Volgograd: opinions have splitted. Volgograd experts stepped forward against construction of the museum in the valley of the Tsaritsa river]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: http://strana.ru/journal/news/24722977.
3. Nizhniy Novgorod. Illyustrirovanny katalog obektov kulturnogo naslediya (pamyatnikov istorii i kultury) federalnogo znacheniya, raspolozhennykh na territorii Nizhnego Novgoroda [Nizhny Novgorod. Illustrated catalog of cultural heritage (historical and cultural monuments) of Federal importance, located on the territory of Nizhny Novgorod [otv. red. A.L. Gelfond]. Nizhny Novgorod : Kvarts, 2018. 640 p.: il.
4. Revyakin V. I. Proektirovanie muzeev [Design of museums]: monogr. Moscow: GUZ. 2003. 150 p.
5. Gelfond A. L. Kontseptsiya formirovaniya potentsialnykh prostranstvennykh karkasov istoricheskikh poseleniy [The concept of formation of potential spatial frameworks of historical settlements]. Academia. Arkhitektura i stroitelstvo [Academia. Architecture and construction]. 2019, № 1. P. 26–34.
6. Dobrovolskaya I. A. Ponyatie «informatsionnoe prostranstvo»: razlichnye podkhody k ego izucheniyu i osobennosti [The concept of "information space": different approaches to its study and features]. [Elektronny resurs]. Vestnik RUDN. Ser. Literaturovedenie. Zhurnalistika [Vestnik RUDN. Study of literature. Journalism]. 2014. № 4. P. 140–146. Rezhim dostupa: https://cyberleninka.ru/article/v/ponyatie-informatsionnoe-prostranstvo-razlichnye-podhody-k-ego-izucheniyu-i-osobennosti.

**© А. Л. Гельфонд, 2019**
Получено: 01.07.2019 г.

**УДК 72.035**

**А. С. ШУМИЛКИН, канд. архитектуры, доц. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования**

# ЭВОЛЮЦИЯ ОТНОШЕНИЯ К СОХРАНЕНИЮ ОТЕЧЕСТВЕННОГО НАСЛЕДИЯ АРХИТЕКТУРЫ С ПОЗИЦИИ ТЕОРИИ ВРЕМЕННЫХ ЦИКЛОВ

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*: культурное наследие, научная реставрация, теория временных циклов.

*Анализируются основные периоды, характеризовавшие отношение к культурному наследию страны на государственном и общественном уровнях в XX – начале XXI вв. Выявленная периодизация согласуется с теорией временных циклов в культурно-историческом процессе, разработанной на рубеже XIX–XX вв. Дается характеристика современных тенденций, определяющих вектор развития сферы сохранения наследия и реставрации.*

Исследование теории и практики реставрационной деятельности показывает значительную роль временного фактора в формировании отношения к культурному наследию. Подобное наблюдение согласуется с теорией временных циклов в культурно-историческом процессе, разработанной на рубеже XIX–XX вв. Б. М. Матвеев применяет данную теорию к определению историко-культурной значимости памятников различных периодов [1, с. 395]. Механизм эволюции теории и практики отечественной реставрации во взаимодействии с профессиональной и общекультурной мотивацией проанализирован на обширном фактическом материале А. С. Щенковым. Исследователь выделяет витки некоей эволюционной спирали, дающие сложный рисунок эволюции общественного сознания, в частности, в его отношении к культурному наследию [2, с. 225]. В настоящей работе с позиции теории временных циклов рассматривается эволюция отношения к вопросам сохранения отечественного наследия на государственном и общественном уровнях на протяжении XX – начала XXI вв.

В начале XX века, несмотря на отсутствие общероссийского закона об охране «древностей», все ремонтно-строительные и реставрационные работы на древних объектах регламентировались с помощью узаконенного порядка их проведения. В первые послереволюционные годы произошло ослабление всей государственной системы, коснувшееся и области охраны памятников. Основной идеей сохранения наследия стала его музеефикация. Возникшая проблема колоссального числа уникальных зданий, оставшихся без хозяев, с особой остротой требовала определения новых механизмов их охраны. Первые годы советской власти ознаменовались рядом законов, направленных на сохранение художественного наследия прошлого. Можно отметить характерные для этих лет отсутствие четкой организационной структуры, избыточную пестроту вновь создаваемых и трансформировавшихся учреждений на различных уровнях административного управления. Некоторая роль принадлежала культурной общественности, объединявшейся в пользу охраны памятников. К 1919 г. сложилась определенная система центральных и местных органов охраны – охрана памятников архитектуры

в СССР получила первую государственную организацию.

В связи с массовым отчуждением памятников перед органами охраны встала задача обеспечения их контроля. Значимым документом стал Декрет 1918 г. «О регистрации, приеме на учет и охране памятников искусства и старины, находящихся во владении частных лиц, обществ и учреждений», предусматривавший проведение первой государственной регистрации монументальных памятников. Этот период можно назвать инерционным: средства на охрану и реставрацию памятников централизованно продолжали выделяться, а на отдельные знаковые памятники в весьма существенных масштабах (Московский кремль) [2, с. 66]. К 1920–1921 гг. финансирование сократилось до ничтожных размеров, работы по сохранению памятников сводились в основном к поддерживающему ремонту. Все большее распространение получала деятельность по фиксации разрушаемых зданий. Реставрационные работы производились лишь на немногих объектах. Подчеркивалась революционность фрагментарных методов реставрации.

С середины 1920-х по 1930-е гг. последовал период негативного отношения к наследию, выразившийся в массовом сносе памятников, политике «ликвидации церквей» – лишении их традиционного облика и функций. С конца 1920-х гг. начала активно развиваться идея социалистического города, что сопровождалось усилением нигилистических настроений. Это в полной мере раскрылось в первом генеральном плане «социалистического города Горького», разработанном в 1935–1937 гг. в Ленинграде. Проект подразумевал целенаправленное уничтожение исторической застройки и коренную ломку существовавшей планировочной структуры «купеческого Нижнего» [3]. На основании идеи формирования города социалистического типа производились реконструкции городских центров с уничтожением целых ансамблей культовых зданий (так, в Ярославле к середине 1930-х гг. центральная эспланада была очищена от церквей).

Еще одной вехой борьбы с традиционными ценностями стал связанный с коллективизацией разгром деревенской крестьянской культуры. Авторитет постановлений об охране памятников падал. Происходила смена парадигмы в официальном отношении к наследию – окончание «музейного периода» и наступление периода формирования новой государственной мифологии [2, с. 34]. Очевидной становилась перемена курса страны на обесценивание исторического наследия и деятельности по его сохранению, в особенности наследия провинции. Началась реорганизация с частичным упразднением органов охраны памятников, деятельность в этой области становилась все более компромиссной по отношению к власти.

В этот период реставрационная работа на памятниках еще более сократилась. Сносы памятников XVII–XVIII вв. предполагались в Москве, Нижнем Новгороде, Вологде, Владимире, под Псковом, в Кашине, Ростове. К массовому сносу культовых построек добавилось уничтожение гражданских сооружений с ярко выраженными особенностями национальной архитектуры, усадеб периода классицизма. Реставрационные работы начала 1930-х гг. были редким исключением. В реставрационных подходах преобладало решительное обращение к целостным реставрациям с возвращением памятникам первоначального облика. Во многом это было связано с ориентацией на понимание задач реставрации непрофессиональным большинством и властными структурами.

Изменение в отношении к наследию прошлого стало наблюдаться к концу 1930-х гг. в связи с осложнением международной ситуации. Появились предпосылки укрепления патриотических настроений. Пик отрицательного

отношения к памятникам был пройден, происходила их частичная реабилитация в новой системе идеологизированного искусства [2, с. 13]. Изменения, происходившие в рамках государственного курса на охрану наследия, отразились и в области архитектуры: возникло понимание ценности архитектурного опыта и традиции. Менялось отношение к народной архитектуре. Организация дела охраны памятников проходила с заметными региональными различиями: от инерции и неприязни в периферийных районах до осознанного поддержания наследия как части национальной культуры.

В послевоенный период перед государством встала неотложная задача принятия мер для спасения от массовой гибели памятников, поврежденных во время военных действий. Необходимость принятия срочных мер в отношении уцелевшего наследия послужила мощным импульсом для развития государственной системы охраны и реставрации памятников архитектуры в стране. С первых военных лет началась работа по обследованию и фиксации памятников на освобожденных территориях. В 1942 г. была создана Комиссия по учету и охране памятников искусства. Важным событием стало образование в 1944 г. Главного управления по охране памятников (ГУОП), возглавившего всю работу по охране памятников архитектуры в стране. В 1944 г. был разработан законопроект об охране и консервации памятников архитектуры в районах разрушений в РСФСР, Украинской ССР, Белорусской ССР. Таким образом, в военные годы охрана памятников приобрела статус общегосударственного дела.

С 1944 по 1946 гг. был разработан ряд значимых правительственных постановлений и проектов: проект общесоюзного закона об охране памятников; постановления об охране и реставрации памятников архитектуры Новгорода, Пскова, Владимира; постановления о мероприятиях по сохранению памятников Москвы и области и другой нормативной документации. В 1947 г. вышло постановление Совета Министров РСФСР «Об охране памятников архитектуры», в 1948 г. – постановление «О мерах улучшений охраны памятников культуры». В 1949 г. Комитетом по делам архитектуры была утверждена Инструкция о порядке учета, регистрации, содержания и реставрации памятников архитектуры, состоящих под государственной охраной. Выход этих документов стал шагом, после которого учет памятников в стране обрел единую профессиональную форму.

С началом деятельности ГУОП было связано новое явление – формирование разветвленной системы научно-реставрационных производственных объединений по всей стране. В ряде городов началось формирование специальных проектно-реставрационных мастерских (Новгородской, Псковской, Ленинградской, Владимирской). В 1950 г. был подготовлен план образования новых реставрационных мастерских в Костроме, Вологде, Горьком, Ярославле, Рязани, Казани, Молотове. Велось укомплектование мастерских в союзных республиках. С 1950 г. в работе реставрационных мастерских начался общий положительный сдвиг, связанный со значительным увеличением государственного финансирования. Сложившаяся в процессе сложных и многолетних трансформаций организационная структура органов охраны и реставрации памятников продолжала функционировать на протяжении 1950–1960-х гг.

Вторая половина 1940-х гг. отмечена как переломный момент в деятельности реставрационной системы страны: накопленный опыт позволил перейти к решению принципиальных вопросов в области охраны и полноценной реставрации [2, с. 238]. Проведение восстановительных работ на престижных ансамблях (Московский Кремль, памятники Новгорода) активно поддерживалось

правительственными инициативами. В 1947 г. ремонтно-реставрационные работы велись на 911 памятниках (из них: 283 – общесоюзного значения); в 1949 г. объем возрос до 1139 объектов.

Практика реставрационных работ ориентировалась на восстановление знаковых объектов в том виде, который они имели до военных разрушений. Это диктовало приоритет целостных реставраций, поддерживаемых государственной политикой и выделением бюджетных средств. Вместе с тем существовали примеры фрагментарных реставраций, но в тех случаях, когда они давали цельно воспринимаемый образ памятника. Важной задачей стали вопросы градостроительного порядка.

С середины 1950-х по 1960-е гг. на фоне антирелигиозной политики последовало очередное изменение отношения к наследию. Это сопровождалось снятием многих памятников с государственной охраны, резким сокращением выделяемых на реставрацию средств (на 50 %). В течение 1959–1961 гг. были закрыты 34 монастыря (60 % от существовавших в 1958 г.), к 1966 г. было отчуждено около 35 % православных храмов. Возникла проблема вымирания «неперспективных» деревень с традиционной культурой, гибели в них памятников архитектуры (на Русском Севере в течение 1950–1960-х гг. оказались заброшенными почти 60 % деревень).

В значительной мере на отношение к культурному наследию повлияло изменение образной направленности советской архитектуры, развитие индустриального домостроения, запрет на декоративное «украшательство». Структура исторической застройки подвергалась разрушению, утвердились принципы тотального сноса старых районов с сохранением отдельных домов-памятников. Выраженный негативизм в отношении к сооружениям прошлого формировался как у профессиональных архитекторов, так и у значительных слоев населения. В подходах и методах реставрации сказывались стремление к экономической целесообразности, что обусловило увеличение консервационных работ. «Антирелигиозный прессинг подталкивал к таким фрагментарным реставрациям, которые размывали бы первоначальную семантику культовых построек» [2, с. 660].

В 1965–1966 гг. вновь наступил перелом в сторону «реабилитации» культурного наследия. Отдельные изменения произошли после выхода постановления Совета Министров РСФСР «О состоянии и мерах улучшения охраны памятников истории и культуры в РСФСР» (1966 г.). В нем фиксировалась необходимость целенаправленного выделения бюджетных средств на реставрацию. Важными пунктами было создание Государственной инспекции по охране памятников. Провозглашалась ориентация на пропаганду культурной значимости памятников, на их музейный показ, в первую очередь, в рамках туристических маршрутов.

Внешнеполитическая ситуация 1970–1980-х гг. характеризовалась расширением контактов с Западом. Вместе с тем стали значимыми процессы и общественные движения, связанные с поиском национальной идентичности. 1970-е гг. связаны с началом церковного возрождения, интереса к православной традиции и древнерусскому искусству. Стало формироваться представление о крестьянской культуре как об оплоте отечественных традиций и аутентичности. Усилилась роль общественных организаций, их требования об охране наследия начали учитываться официальными властями.

В 1976 г. был принят Союзный закон об охране памятников культуры – первый в отечественной истории. Законодательством подчеркивалась необходимость

разработки вопросов методики реставрации. Следствием изменения отношения к наследию стало расширение в 1970–1980-х гг. числа выявленных памятников архитектуры. Это отражало реакцию на систематические массовые утраты старой застройки в Москве и регионах. В организации реставрационного дела наблюдалась тенденция к укрупнению мастерских за счет объединения проектных и производственных секторов. Происходил процесс централизации реставрационных сил. Особую значимость приобрела деятельность добровольной массовой общественной организации «Всероссийское общество охраны памятников истории и культуры» (ВООПИК). Складывался уникальный опыт формирования добровольческих практик реставрационных работ [4].

Период 1970–1980-х гг. стал временем достижения заметных успехов в реставрации и охране наследия. Объем реставрационных работ и осваиваемых бюджетных средств финансирования значительно возрос. Реставрировались как уникальные памятники, так и объекты культурного наследия, расположенные в структуре рядовой исторической городской застройки. Работа с памятниками в эти годы приобрела более комплексный характер. Происходило нивелирование региональных особенностей реставрационных школ, начавших использовать полный спектр реставрационных подходов. При этом основной метод состоял в объединении тенденций целостной и фрагментарной реставрации. Появилось стремление придать памятникам современное использование, преемственное первоначальному назначению.

Этап 1990–2000-х гг. связан с коренными социально-политическими изменениями, затронувшими сферу охраны памятников и сложившуюся в течение предыдущих десятилетий систему реставрации. Последовало разделение государственной собственности на федеральную и муниципальную. В условиях рыночных отношений началась приватизация памятников истории и культуры, памятники становились частной собственностью. На фоне общего духовного подъема следовала передача культовых зданий религиозным организациям. В этих условиях остро ощущалась проблема законодательного обеспечения сохранения объектов культурного наследия с учетом современных экономических условий.

Централизованная структура специальных научно-реставрационных производственных мастерских оказалась ликвидированной: начала создаваться сеть негосударственных реставрационных мастерских. Определяющим фактором стало формирование системы частного финансирования работ по сохранению наследия. Это повлекло смещение приоритетного направления в сторону приспособления объектов культурного наследия для современного использования.

С 2002 г. по настоящее время правовое обеспечение охраны отечественного культурного наследия регулируется Федеральным законом «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации». Несмотря на то, что закон дал несомненный положительный импульс реставрационной деятельности, в настоящее время нормативно-правовое поле сохранения памятников обнаруживает ряд пробелов. Сохраняется конфликт между задачами сохранения памятника и приоритетом частных интересов собственника.

Картина реставрационной деятельности конца XX – начала XXI вв. показывает, что практика в данной области во многом не отвечает тем принципам и методам сохранения, которые были актуальны в XX столетии. В практику вошли новые методы: воссоздание утраченных зданий, «фасадизм» – восстановление исторического лицевого фасада здания при полной или частичной трансформации его внутренней структуры. Небольшие объекты городской среды

часто намеренно разрушаются и впоследствии воссоздаются в новых материалах. Сегодня актуальной задачей вновь становится разработка нормативно-правового обеспечения реставрации, отвечающего ее базовым принципам и расширяющего возможности в современных условиях [5].

Таким образом, в истории развития практики сохранения и реставрации памятников архитектуры XX – начала XXI вв. отчетливо выявляются определенные периоды смены отношения к наследию, обусловленные общей политической ситуацией в стране. Эти периоды, или временные циклы характеризуются изменением подхода от осознания уникальной ценности наследия и необходимости сохранения до полярного ему обесценивания и разрушения. До 1990-х гг. на общее отношение к памятникам наиболее непосредственно влияли идеологические мотивы. В те годы, когда национальные начала культуры противоречили поддерживаемой государством идеологии, наследие подвергалось гонениям. В периоды государственного или национального патриотизма вопросы охраны и популяризации наследия выходили на первый план. В целом продолжительность этих периодов составляла около двух десятилетий.

Сегодня в отношении к историко-культурному наследию на государственном и общественном уровнях в целом видны положительные тенденции. Важную роль играют международные принципы в области охраны памятников, культурных ландшафтов, исторических ансамблей городов. Вместе с тем существует необходимость дальнейшего осмысления имеющегося опыта и формирования преемственных подходов к сохранению наследия, позволяющих подчеркнуть его значимость в современных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матвеев, Б. М. Деконструкция архитектурного наследия / Б. М. Матвеев. – Санкт-Петербург : Политехника-сервис, 2012. – 423 с. : ил.

2. Памятники архитектуры в Советском Союзе: Очерки истории архитектурной реставрации / под ред. А. С. Щенкова. – Москва : Памятники ист. мысли, 2004. – 696 с. : ил.

3. Давыдов, А. И. К истории Сталинского преобразования городов (план уничтожения Кремля и перестройки г. Горького в 1935–1937 гг.) [Электронный ресурс] / А. И. Давыдов, В. В. Краснов. – Режим доступа : http://opentextnn.ru/space/nn/index.html@id=2472.

4. Горлова, Н. И. К истории развития реставрационного добровольческого движения в 1960–1980-е годы [Электронный ресурс] / Н. И. Горлова. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/v/k-istorii-razvitiya-restavratsionnogo-dobrovolcheskogo-dvizheniya-v-1960-1980-e-gody.

5. Шумилкин, А. С. К проблеме сохранения культурного наследия. Актуальные задачи реставрационной деятельности / А. С. Шумилкин // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2017. – № 2. – С. 203–208.

**SHUMILKIN Aleksandr Sergeevich, candidate of architecture, associate professor of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design**

## EVOLUTION OF THE ATTITUDE TO PRESERVATION OF DOMESTIC HERITAGE OF ARCHITECTURE FROM THE POSITION OF THE THEORY OF TIME CYCLES

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:* cultural heritage, scientific restoration, theory of time cycles.

*The article analyzes the main periods that characterized the attitude to the country's cultural heritage at the state and public levels in the 20th - early 21st centuries. The revealed periodization is consistent with the theory of time cycles in the cultural and historical process developed at the turn of the XIX - XX centuries. The characteristic of modern trends defining the vector of development of the sphere of heritage preservation and restoration is given.*

REFERENCES

1. Matveev B. M. Dekonstruktsiya arkhitekturnogo naslediya [Deconstruction of architectural heritage]. Saint-Petersburg: Politekhnika-servis, 2012, 423 p.: il.

2. Pamyatniki arkhitektury v Sovetskom Soyuze: Ocherki istorii arkhitekturnoy restavratsii [Monuments of architecture in the Soviet Union: Essays on the history of architectural restoration]. Pod red. A. S. Schenkova. Moscow: Pamyatniki ist. mysli, 2004, 696 p: il.

3. Davydov A. I., Krasnov V. V. K istorii Stalinskogo preobrazovaniya gorodov (plan unichtozheniya Kremlya i perestroyki g. Gorkogo v 1935–1937 gg.) [To the history of the Stalinist transformation of cities (plan for the destruction of the Kremlin and the restructuring the city of Gorky in 1935–937)]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: http://opentextnn.ru/space/nn/index.html@id=2472.

4. Gorlova N. I. K istorii razvitiya restavratsionnogo dobrovolcheskogo dvizheniya v 1960–1980-e gody [To the history of the restoration of the voluntary movement in the 1960-1980s]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: https://cyberleninka.ru/article/v/k-istorii-razvitiya-restavratsionnogo-dobrovolcheskogo-dvizheniya-v-1960-1980-e-gody.

5. Shumilkin A. S. K probleme sokhraneniya kulturnogo naslediya. Aktualnye zadachi restavratsionnoy deyatelnosti [To the problem of cultural heritage preservation. Actual tasks of restoration activities]. Privolzhskiy nauchny journal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2017. № 2. P. 203–208.

**© А. С. Шумилкин, 2019**
Получено: 01.07.2019 г.

**УДК 72.03:71(470.341)**

**С. М. ШУМИЛКИН, д-р архитектуры, проф., зав. кафедрой истории архитектуры и основ архитектурного проектирования; М. С. ШУМИЛКИН, канд. архитектуры, доц. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования**

# ЭТАПЫ НИЖЕГОРОДСКОЙ РЕСТАВРАЦИИ XX ВЕКА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603950 г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: +7 (831) 430-17-37; эл. почта: ist_arh@nngasu.ru
*Ключевые слова:* реставрация, проекты и постройки, авторы, Нижний Новгород

*Анализируются этапы нижегородской реставрации в XX веке, ее характерные черты. Отмечены основные реставрационные работы и установлены авторы проектов.*

История реставрации памятников архитектуры Нижегородского края охватывает более чем полувековой период, в течение которого нескольким

десяткам зданий был возвращен первоначальный облик. Публикаций по данному предмету крайне мало, они носят преимущественно общий характер и касаются отдельных объектов или комплексов. К наиболее крупным работам следует отнести исследование по реставрации нижегородского кремля и монографию, посвященную творчеству архитектора-реставратора С. Л. Агафонова [1, 2, 3]. В истории нижегородской реставрации можно выделить три этапа.

История реставрация имела началом реставрацию нижегородского кремля, когда в 1951 г. была создана реставрационная мастерская как большая государственная организация. В задачи мастерской входила не только реставрация памятников архитектуры, но их выявление и исследование на территории области. *1950–1960-е гг. – самый значительный период в истории реставрации.* Он характеризуется включением в ее сферу крупных архитектурных объектов, как правило, союзного значения, т. е. относящихся к XVI–XVII вв. Руководителем мастерской в 1951–1965 гг. был С. Л. Агафонов. Главной задачей реставраторов было восстановление первоначального облика построек. Реставрация кремля как самого древнего архитектурного памятника, самого видного, определяющего панораму исторического центра, включала большой комплекс архитектурных и технических задач и заняла приоритетное положение. В основном реставрационные работы были завершены к 1969 г., хотя отдельные фрагменты кремля до настоящего времени требуют реставрации. В 60-е гг. прошлого века границы реставрации расширяются, в нее входят наиболее ценные культовые и гражданские постройки Нижнего Новгорода и области: Архангельский собор (1961–1962); Рождественская церковь (1960–1964, арх. В. Я. Чащин); Успенская церковь на Ильинской горе (1965–1967, арх. С. Л. Агафонов, Е. А. Окишев); палаты Пушникова (арх. В. Я. Чащин, В. И. Пименов); палаты Олисова и Чатыгина (1961, арх. Е. А. Окишев), а также Никольская (1965, арх. Е. А. Окишев) и Спасская церкви (1962, арх. В. В. Орельский) в Балахне и главный дом усадьбы Пушкиных в Большом Болдине (1958–1962, арх. И. Б. Потапов).

В этот период началось исследование и реставрация монастырских комплексов: Благовещенского (1960–1980, арх. В. Я. Чащин, Л. И. Пименов) и Макарьевского (1961–1980, арх. Е. А. Окишев) монастырей. При этом в работах по укреплению конструкций Благовещенского собора в 1980 г. участвовали московские реставраторы и инженеры.

Важным событием стала организация музея деревянного зодчества (1968–1970), поскольку в сферу реставрации были включены сельские деревянные постройки (избы, хозяйственные строения, церкви). Главная роль в их реставрации принадлежала арх. Ю. Г. Самойлову. Музей проектировался как комплекс из нескольких деревень и рассматривался как метод спасения и охраны памятников народного зодчества. В основе музея был заложен показ построек из разных зон области с их характерными архитектурными особенностями [4].

*1970–1980-е гг. – второй этап в реставрации*, который характеризуется увеличением объектов, относящихся к XVIII–XIX вв., и завершением основных реставрационных работ на трех ведущих монастырях: Макарьевском, Благовещенском и Печерском. В Макарьевском монастыре были отреставрированы: стены с башнями и кельи (арх. Е. А. Окишев), Троицкий собор, Михайло-Архангельская церковь, Успенская трапезная церковь с колокольней (арх. В. А. Широков, А. И. Курлин); в Благовещенском монастыре – Благовещенский собор, Успенская церковь и корпус келий (арх. Л. И. Пименов, В. А. Широков); в Печерском монастыре – церковь Евфимия Суздальского (арх. В. А. Широков),

Вознесенский собор (арх. Л. И. Пименов, В. А. Широков), кельи и больничная церковь (арх. В. Я. Чащин).

В это время завершена реставрация фасадов и восстановлено пятишатровое завершение на одном из крупнейших в России Александро-Невском соборе (1881), который играет первостепенную роль в формировании пространства Стрелки у слияния Оки и Волги (1984–1991, арх. О. Е. Сундиева, И. С. Агафонова).

К наиболее важным отреставрированным объектам следует отнести церковь Богоявления (1811) Никольского монастыря в Арзамасе (1987, арх. В. М. Кагоров), архитектурный ансамбль церквей XVIII в. в с. Николо-Погост Городецкого р-на (1987–1990, арх. О. Е. Сундиева), Троицкую церковь (1784) в Балахне (1988–1992, арх. О. Е. Сундиева). Особый интерес вызывает восстановление несохранившихся деревянных построек XIX в. усадебного комплекса в Болдине: людской и конюшни (1983–1987, арх. В. М. Кагоров), бани (арх. Е. Л. Кармазина).

*С 1990-х гг. начался новый этап в реставрации*, который характеризуется в связи с распадом СССР резким сокращением бюджетного финансирования и децентрализацией реставрационного проектирования. Была закрыта единственная в городе реставрационная мастерская, и образовался ряд небольших проектных мастерских и строительных организаций, получивших реставрационную лицензию, в частности ЗАО ТИК «Старый Нижний Новгород», НИП «Этнос», АБ «Этюд», ООО ННПЦ «Практика», МП «Проектреставрация» и др. С середины 1990-х гг. изменилась и структура бюджетного финансирования, которое стало направляться не на проектные работы, а на противоаварийные, ремонтные и консервационные. Особенностью этого этапа стала также передача церквей в 1995 г. Нижегородской епархии в качестве памятников архитектуры, вследствие этого спектр реставрационных работ значительно расширился. В область реставрации попали постройки уже не столько XVII в., сколько XIX в. периода классицизма, а преимущественно – эклектики второй половины XIX – начала XX вв. Организация новых приходов и проведение служб вызвали потребность в обширных ремонтных и реставрационных работах. К 2002 г. на территории области действовало 9 монастырей и 400 приходов. Однако приспособление разрушенных или сильно перестроенных зданий церквей при недостатке средств финансирования привело к частичной реставрации, а в основном к стихийным ремонтам и реконструкциям. Приходы сами стали выступать заказчиками, а это привело к уменьшению исследовательских и архивных работ, инженерных обследований, а также к слабому контролю за строительными работами.

Фрагментарная реставрация проявилась главным образом в восстановлении отдельных утраченных элементов зданий: глав, верхних ярусов колоколен, покрытий. Подобная реставрация имела место в Нижнем Новгороде, районных центрах и крупных селах. К наиболее характерным примерам следует отнести группу объектов, отреставрированных под руководством арх. А. Н. Васильевой. Так, в церкви Богоявления в с. Богоявление был восстановлен шпиль колокольни (1995); в Троицкой церкви с. Медведево Семеновского района, Никольской старообрядческой церкви (1914) и церкви Всех Святых в Семенове – главы, ярусы звона колокольни с шатрами (1997). Восстановление завершений, крыши и входов отражено в проекте Никольской церкви Высоковского Ковернинского монастыря (1999, арх. В. А. Каравашкин, С. М. Шумилкин, В. Н. Котов) [5] (рис. 1).

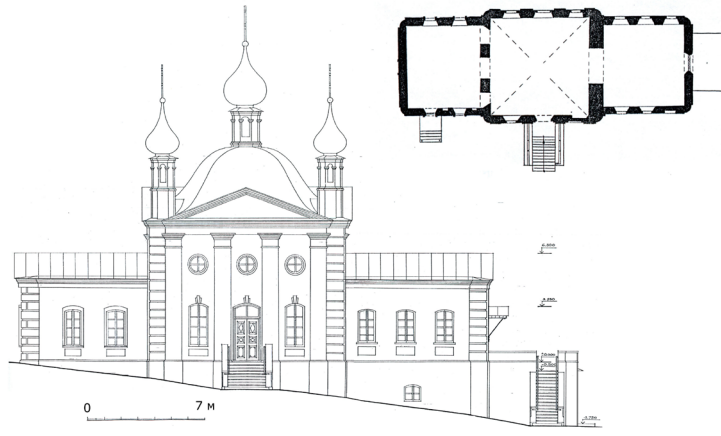



Рис. 1. Никольская церковь Высоковского монастыря. Северный фасад, план. Проект реставрации

Восстановлением глав ограничились и на некоторых церквях в Нижнем Новгороде: церковь Всех Скорбящих Радость, построенная в 1896 г. (1996, арх. А. Н. Васильева, В. Н. Котов, В. А. Каравашкин), церковь Ильи Пророка – памятник архитектуры XVII в. (арх. А. Г. Челышев).

Важным моментом реставрации стало восстановление иконостасов. В первую очередь к такой работе следует отнести реставрацию резного иконостаса Спасского кафедрального собора 1847 г., который был заново воссоздан по сохранившимся фотографиям М. П. Дмитриева. В настоящее время тем методом идет восстановление огромного шестиярусного иконостаса, возведенного в 1881 г. по проекту арх. Р. И. Килевейна в Александро-Невском соборе.

Крупным событием в реставрации этого времени стало восстановление усадебной Успенской церкви в с. Большое Болдино и Казанской церкви в с. Юрино. Успенская церковь (1791) была воссоздана в полном объеме в 1999 г. к празднованию 200-летнего юбилея А. С. Пушкина по проекту института «Спецпроектреставрация» (Москва). Интересным примером восстановления выступает деревянная клетская церковь, также построенная на территории усадьбы Пушкиных, на месте утраченного деревянного храма XVIII в. (арх. В. А. Каравашкин, В. Н. Котов, В. М. Кагоров). С одной стороны, это «новодел», но с другой – постройка церкви на старом месте всегда считалась продолжением традиций, к тому же здесь был сохранен тип старого храма.

Казанская церковь в с. Юрино – единственный пример реставрации памятника деревянного зодчества первой трети XVII в. (арх. Ю. Г. Самойлов, В. Н. Котов, В. М. Кагоров). Изменения социально-экономического положения в нашем обществе конца XX в. отрицательно отразились на реставрации деревянных построек. Функционирование музея архитектуры и быта народов Нижегородского Поволжья резко усложнилось: привоз жилых домов, их покупка стали невозможными, а перенос культовых построек в связи с организацией новых сельских приходов тоже стал проблематичен. Казанская церковь как редкий памятник XVII в. с элементами уникального архитектурного декора был восстановлен в условиях сельской местности на прежнем месте, на территории кладбища [6].

Для конца 1990-х гг. стала характерной реставрация главных уличных

фасадов зданий, относящихся к архитектуре эклектики или модерну. В этих зданиях при переходе в частную собственность предполагается перепланировка в связи с приспособлением под торгово-деловую функцию и сложная реконструкция с учетом значительного увеличения площадей и объема здания. Косметическая реставрация выполняется при условии полного уничтожения старого лепного декора и восстановлении его в виде гипсовых слепков или других легких синтетических материалов. Примерами подобной реставрации могут служить фасады многочисленных домов по Большой Покровской улице. Наиболее качественное восстановление фасадов отмечено на зданиях № 6, 8, 10, 19, 42, 52. Замена старого материала – камня-известняка – в карнизе на легкий, хорошо формующийся и достаточно прочный материал на основе синтетических полимеров впервые была использована при реставрации фасада дома № 6, бывшего дома купца Костромина (1994, арх. В. А. Каравашкин). Это здание интересно еще и тем, что фасаду был возвращен первоначальный классицистический облик конца XVIII в. и восстановлены не только мелкая пластика, но и монументальный портик. Тщательностью и точностью исполнения в реставрации декора отличаются банковское здание, построенное в стиле модерн начала XX в., на углу Рождественской улицы и площади Маркина (1997, арх. В. А. Широков) и здание казино «Русский лев», первоначально построенное для городской биржи в 1896 г. на Нижне-Волжской набережной (1998, арх. А. А. Прозаровская). Единственным примером восстановления фасада с учетом полного сноса дома и воссоздания всего лепного декора на основе тщательно проведенных обмеров выступает офисное здание на Б. Печерской улице, 5 (2000, арх. А. Н. Васильева).

Своеобразная попытка воссоздания разрушенной Троицкой церкви (1835) была предпринята в р. п. Варнавино [7]. Церковь предполагалось восстановить на прежнем историческом месте с сохранением общих габаритных размеров и архитектурного декора, но с заменой каменных конструкций на деревянные (1998, арх. С. М. Шумилкин, Э. Л. Тетеровский) (рис. 2).

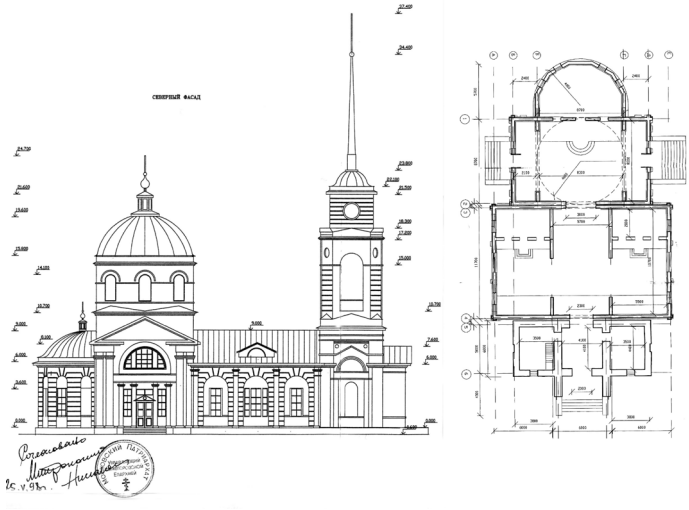



Рис. 2. Троицкая церковь в р. п. Варнавино. Фасад, план. Проект реставрации

Последний этап отмечен и крупными примерами полноценной комплексной реставрации. Реставрация особняка А. Солина в Мельничном переулке, переданном в частную собственность, включила не только фасады дома, но его

интерьеры, а также отдельные хозяйственные постройки (2000, НИП «Этнос»). Подобная реставрация была проведена в 2001 г. на здании областной библиотеки им. В. И. Ленина. Комплексный подход был отмечен при реконструкции старого здания театра комедии (здание бывшего Волго-Камского банка, 1896) под японский культурный центр (2002, НИП «Этнос»). Зданию был возвращен первоначальный архитектурный облик, благодаря разборке сценической коробки, значительно искажавшей его вид в застройке Рождественской улицы. Реставрация интерьера пассажа в доходном доме Блиновых на улице Рождественской (1878) с приспособлением и сохранением конструкций стеклянной крыши – наиболее значимый пример реставрации интерьера общественного здания (рис. 3). Интерес представляет и реставрация Гербового зала Главного ярмарочного дома (1996, арх. Е. И. Генкина, В. Н. Игнатьев, В. М. Пузанов).

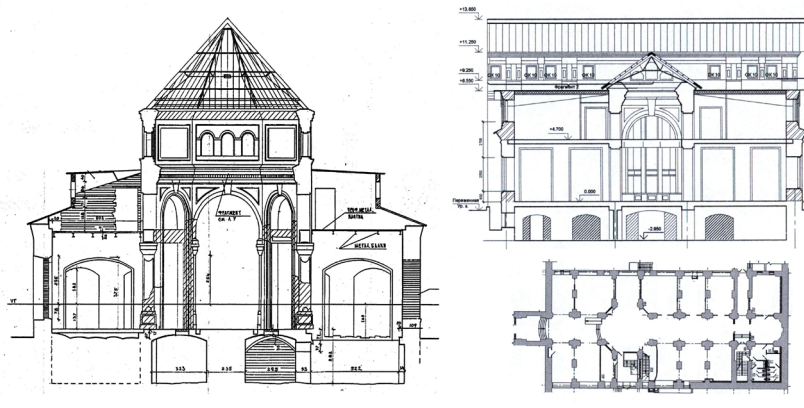


Рис. 3. Блиновский пассаж. Разрез по центральному залу. Обмер. Поперечный разрез, план. Проект реставрации

На рубеже XX–XXI вв. реставрационные работы велись во многих городах области: Арзамасе, Павлове, Городце, Ветлуге, но наиболее значительные объекты реставрации расположены в Нижнем Новгороде – Владимирская церковь (1909) в Гордеевке (проект 1999, арх. С. М. Шумилкин, В. Н. Котов, В. М. Кагоров, В. А. Каравашкин), церковь Трех Святителей (НИП «Этнос») и в монастырских комплексах, связанных с именем Серафима Саровского и 100-летием его канонизации, в Саровском монастыре и Серафимо-Дивеевском монастыре в с. Дивееве.

Таким образом, для реставрации второй половины XX в. характерно разнообразие приемов и подходов, прежде всего, построек культового назначения: от реставрации фрагментов фасадов до воссоздания полного объема объектов. Важное место заняла реставрация интерьеров зданий, так как вопросы приспособления стали наиболее значимыми. История нижегородской реставрации, включающая три этапа, проходила в общем русле развития реставрации в России и охватила обширный комплекс объектов от Нижегородского кремля XVI в. до памятников архитектуры XVII – начала XX вв. В этот промежуток времени сложилась нижегородская реставрационная школа, основу которой первоначально составили архитекторы-реставраторы государственной научно-производственной реставрационной мастерской.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агафонов, С. Л. Нижегородский кремль / С. Л. Агафонов – Нижний Новгород : Кварц, 2008. – 224 с.
2. Орельская, О. В. Святослав Агафонов / О. В. Орельская. – Нижний Новгород : Пром-графика, 2001. – 192 с. : ил.
3. Шумилкин, С. М. Владимирская церковь в Нижнем Новгороде – памятник архитектуры начала XX в. / С. М. Шумилкин, М. С. Шумилкин // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архиектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2018. – № 2. – С. 135–143.
4. Зерчанинов, Л. М. Рассказы о музее-заповеднике / Л. М. Зерчанинов. – Горький : Волго-Вят. кн. изд-во, 1984. – 192 с. : ил.
5. Шумилкин, М. С. Нижегородское монастырское зодчество : монография / М. С. Шумилкин, С. М. Шумилкин, Т. В. Шумилкина ; Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, ННГАСУ, 2018. – 196 с. : ил.
6. Самойлов, Ю. Г. Реставрация храма во имя Казанской иконы Божией Матери в с. Юрино Нижегородской области / Ю. Г. Самойлов, В. М. Кагоров, В. Н. Котов // Ученые записки ВВО МСА. – Нижний Новгород, 2001. – Вып. 8. – С. 84–85.
7. Шумилкин, С. М. Восстановление храмов в р. п. Варнавино и у оз. Светлояр / С. М. Шумилкин // Ученые записки ВВО МСА. – Нижний Новгород, 2001. – Вып. 8. – С. 75–78.

**SHUMILKIN Sergey Mikhaylovich, doctor of architecture, professor, holder 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**

## STAGES OF NIZHNY NOVGOROD RESTORATION OF THE XX CENTURY

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:* restoration, designs and buildings, authors, Nizhny Novgorod.

*The article analyses stages of Nizhny Novgorod restoration of the XX century, its characteristic features. The main restoration works are described, authors of designs are identified.*

REFERENCES

1. Agafonov S. L. Nizhegorodskiy kreml [Nizhny Novgorod Kremlin]. Nizhny Novgorod: Kvartz, 2008, 224 p.
2. Orelskaya O. V. Svyatoslav Agafonov. Nizhny Novgorod, Prom-grafika, 2001, 192 p.: il.
3. Shumilkin S. M., Shumilkin M. S. Vladimirskaya tserkov v Nizhnem Novgorode – pamaytnik arkhitektury nachala XX veka [Vladimir's church in Nizhny Novgorod – an architectural monument of the beginning of the XX century]. Privolzhskiy nauchny jurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2018. № 2. P. 135–143.
4. Zerchaninov L. M. Rasskazy o muzee-zapovednike [Stories about the museum-preserve]. Gorky: Volgo-Vyat. kn. izd-vo, 1984, 192 p.: il.
5. Shumilkin M. S., Shumilkin S. M., Shumilkina T. V. Nizhegorodskoe monastyrskoe zodchestvo [Nizhny Novgorod monastery architecture]: monografiya; Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2018. 196 p.: il.
6. Samoylov Yu. G. , Kagorov V. M., Kotov V. N. Restavratsiya khrama vo imya Kazanskoy ikony Bozhiey Matery v s. Yurino Nizhegorodskoy oblasti [Restoration of the Church

of the Kazan icon of the mother of God in Yurino village of Nizhny Novgorod region] // Uch. zap. VVO MSA. № 8 – Nizhny Novgorod, 2001. P. 84–85.

7. Shumilkin S. M. Vosstanovlenie khramov v r. p. Varnavino i u oz. Svetloyar [Restoration of churches in the village of Varnavino and the lake Svetloyar] // Uch. zap. VVO MSA. № 8 – Nizhny Novgorod, 2001. P. 75–78.

**© С. М. Шумилкин, М. С. Шумилкин, 2019**
Получено: 22.06.2019 г.

**УДК 72.036**

**А. А. ХУДИН, канд. архитектуры, доц. кафедры архитектурного проектирования**

# ДВОЙНОЕ КОДИРОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРЕ ПОСТМОДЕРНИЗМА

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
*Ключевые слова:* стиль, постмодернизм, архитектура, двойное кодирование, семиология.

*Рассматривается генезис и эксплуатация термина «двойное кодирование» в теории архитектуры постмодернизма. Данное понятие изучается на основании дискурса, введенного Чарльзом Дженксом, который проявляет себя в форме двуадресности, полисемии, существовании архитектурного произведения в ситуации многовариантной интерпретации, коммуникации и сети связей с прошлым. Прояснение данной категории позволяет прояснить одну из основных идеологем изучаемого стиля.*

Особый интерес для теории архитектуры новейшего времени представляет исследование концепций такого сложного полистилистического явления, каким является постмодернизм, еще не сошедший со сцены архитектурной практики и в первые десятилетия XXI века. Неизученными остаются многочисленные понятия и термины, активно эксплуатируемые авторами этого периода, без должного прояснения их происхождения и использования. Безусловно, важной следует признать задачу по формированию словаря подобной терминологии, в том числе и популярного и широко применимого термина «двойное кодирование» (*double coding*).

В архитектурной теории ситуация полисемии (многозначности) наиболее известна как принцип «двойного кодирования», введенный американским архитектором и теоретиком Чарльзом Дженксом в 1978 г.: «архитектура постмодерна одновременно изъясняется по крайне мере на двух уровнях: с одной стороны, она обращается к архитекторам и к заинтересованному меньшинству, которое волнуют специфические архитектурные значения, с другой – к публике вообще или к местным жителям, которых заботят другие вопросы, связанные с комфортом, традициями строительства и образом жизни» [1, с. 6]. В этом подходе просматривается противостояние подходам модернизма, полагавшего всех людей одинаковыми в их потребностях, и нахождения разнообразия в том, кто является пользователем архитектурного продукта, читателем архитектурного текста. Здесь очевидно как видение «разнообразия», так и видение необходимости

«коммуникации» или «диалога». Эта на первый взгляд простая концепция требует обнаружения своих корней и сути.

Изолированное авангардное произведение, не требующее прочтения и расшифровки, могло претендовать на отделение от читателя или зрителя. Так, Чарльз Дженкс в своей статье «Семиология в архитектуре» упоминает слова шведского архитектора, директора Баухауза Ханнеса Мейера, «слишком уставшего от создания зданий вокруг метафор прошлого»: «наша Лига Наций ничего не символизирует» – заявил он в отношении здания Лиги наций в Женеве (1929–1936 гг.) [2]. В постмодернизме позиция противоположна, и ее можно изложить через точку зрения итальянского философа Умберто Эко: «Я не из числа сочинителей, гордо заявляющих, что пишут они только для себя. Единственное, что писатели пишут для себя – это списки покупок; с ними сверяются в магазине, а позже выбрасывают за ненадобностью. Все прочее, что пишется, включая списки сдаваемого в прачечную белья, адресовано кому-то другому. Оно не монолог, оно – диалог.» [3, с. 29]. Вопрос разнообразия у У. Эко близок к тому, как он излагался у Ч. Дженкса, так он говорит о двойном кодировании как об одновременном использовании «интертекстуальной иронии», то есть наличия в тексте ссылок на прочие тексты и «скрытого метанарративного обращения», то есть наличия текста, в котором автор напрямую говорит с читателем. Смысл этого действия, по его мнению, в том, что «используя в произведении технику двойного кодирования, автор тем самым вступает в некий необъявленный сговор с искушенным читателем, тогда как массовая аудитория, не уловив львиную долю присутствующих в тексте культурных аллюзий, чувствует, что важная часть произведения «прошла стороной». Я, однако, считаю, что предназначение литературы не только в том, чтобы развлекать и помогать расслабиться. Она также должна воодушевлять и провоцировать на повторное или даже многократное прочтение одного и того же текста, чтобы лучше понять его» [3, с. 31]. Эти слова справедливы и для архитектуры постмодернизма. Наиболее сложной становится ситуация использования Дженксом слова «двойное», что ставит нас перед возможностью ошибочного понимания термина. Проблема «двуадресности», на первый взгляд, отсылает к делению на «высокую» и «низкую» культуру как на полюсные явления, что естественно ошибочно при таком линейном подходе. Он характерен для модерна[1], в котором подобные оппозиции еще были актуальными.

В постмодерне же, где происходило размытие и устранение подобных границ со времен американского литературного критика Л. Фидлера, и доминировала установка на плюрализм, следует говорить не о бинарно-оппозиционных категориях, а, скорее, о кодах в понимании французского философа Р. Барта как сочетании нескольких ассоциативных полей, которые понимаются им как «определенные типы уже виденного, уже читанного», код как «конкретная форма этого «уже», конституирующего всякое письмо» [4, с. 456]. «Код коммуникации» – это «код адресации», это «отправные точки «уже читанного», «трамплины интертекстуальности». Он пишет об этом так: «необходимое свойство … текста состоит в том, что он обрекает нас на неразрешимый выбор между кодами. Чьим именем будем мы обосновывать наш выбор? Именем автора? Но рассказ представляет нам только повествователя, речевого субъекта, запертого в своей речи. Именем того или иного типа критики? Но все они оспоримы, подчинены уносящему их потоку Истории (это не значит, что они бесполезны; каждый из них участвует в общем объеме текста, но лишь

[1]Понятие «модерн» в данной статье эквивалентно модернизму в архитектуре, а не стилю ар нуво, сецессион и т. д.

на правах одного голоса). Неразрешимость – это не слабость, а структурное условие повествования: высказывание не может быть детерминировано одним голосом, одним смыслом – в высказывании присутствуют многие коды, многие голоса, и ни одному из них не отдано предпочтение» [4, с. 462].

Говоря о «неразрешимости», возникающей из-за «многосмыслия», мы обязаны обратиться к поиску основ такого образа мышления в принципе. События в архитектуре конца XX века привели к необходимости формирования архитектурной экзегетики как направления в ее теории, ориентированной на исследование ее объектов, имеющих в себе многосмысленные знаки, и направленной на их истолкование, поиск намеков, аллюзий, отсылок, скрытых смыслов. Особенно актуальным данное направление в научной деятельности становится в контексте преодоления культурных дистанций между читателями архитектурных текстов, пребывающих в другом времени, состоянии, парадигме, для ликвидации расстояний, препятствующих пониманию. Теория архитектуры, безусловно, складывается из суммы интерпретаций, каждая из которых базируется на заимствовании из уже наличествующих способов понимания – метафор, аналогий, сравнений и т. д. Для субъекта, принадлежащего к другому контексту, акт понимания сводится к необходимости абстрагирования от наличествующей ситуации, выхода за ее пределы, преодоления разрыва, переноса, вживания в другую среду, сопоставление и связывание ее с той, из которой происходит субъект. Постмодернизм, определяющий человека новой эпохи как существо историческое, предлагает видеть его бытие как чтение и понимание текстов прошлого, применимых для написания текста настоящего. Символический язык глубоко увязывается с этим процессом. Интерпретация в постмодернизме становится ликвидацией расстояния между интерпретатором и текстами прошлого с целью обретения смысла в них и через понимание «иного» выстраивания понимания себя.

Так и архитектура постмодернизма, вступив в сражение с вакуумом, образовавшимся после крушения модерна в середине прошлого века, обращается к символическому языку с целью обнаружения своей сущности посредством обращения к «другому» – опыту прошлых эпох. Опираясь на этот опыт, интерпретируя, воспроизводя его в символах новых зданий, она находит новые смыслы, проясняющие ее статус, самоопределение, границы и формы. В качестве иллюстрации объекта, требующего понимания, можно привести пример музея в Штутгарте. Известный английский архитектор Джеймс Стирлинг, разработавший проект модернизации и расширения Государственной галереи в городе Штутгарт в Германии в 1974 г., взял за основу историческое здание, которое было построено в 1843 г. архитектором Готтлобом Георгом фон Бартом в стиле позднего классицизма, затем потребовало расширения уже в 1881 г., что было сделано архитектором Альбертом фон Боксом, затем – реконструкции в 1958 г. после разрушения во время Второй мировой войны, и уже после Стирлинга в 2002 г. обрело новый корпус за авторством швейцарских архитекторов В. и К. Штайб. В 1974 г. старый и новые корпуса были соединены между собой наземными и подземными переходами, а комплекс был сформирован за счет сочетания исторической и современной архитектуры. Стояла задача включения здания в архитектурную среду исторического центра Штутгарта в целом, отреагирование на существующий исторический корпус и ряд зданий, непосредственно примыкающих к комплексу. Необходимость применения эклектических методов была очевидна, и новое сооружение получило свое воплощение как синтез многочисленных форм, относящихся к языку различных эпох, взаимодополняющих и поясняющих друг друга.

Ансамбль формируется посредством того, что в новом здании применен ряд кодов, допускающих многочисленные и разнообразные интерпретации. Так, круглая каменная ротонда отсылает нас к формам Стокгольмской общественной библиотеки в Швеции, за авторством шведского архитектора Гуннара Асплунда (1928), которая сама по себе являет гибрид между функционализмом и классицизмом. Наружные фасады, отделанные травертином и песчаником, отсылают к древнеримским постройкам, с одной стороны, являясь символом истории при взгляде извне, но содержат в себе минималистичный современный интерьер внутри. Монументальные каменные рампы-пандусы в римском стиле дополняются яркими цветными трубами, делающими намек на Национальный Центр искусства и культуры им. Дж. Помпиду в Париже. Ротонда, напоминающая руины, зияющие оконные проемы, плющ, увивающий стены, античные статуи – отсылка к вилле Адриана в Тиволи (Италия), но, с другой стороны, они не являются частью экспозиции и представляют собой промежуточный элемент на пути движения, на котором нельзя остановиться, вынуждая зрителя двигаться дальше, намекая на чистую декоративность этого элемента, содержащего в себе вполне практичный и функциональный гараж. Руинированная стена, выходящая на Конрад-Аденауэр Штрассе, на которую ориентирован главный фронт фасада галереи, демонстрирует внутри себя современные металлические конструкции и систему вентиляции. Фасад на Урбанштрассе вступает в коммуникацию с рядом фоновых средовых зданий XIX века напротив, затем с простыми и геометричными модернистскими объектами. Фасад по Конрад-Аденауэр Штрассе выполнен в более историзирующих формах, вступая в диалог с Оперным театром в классицизме; входная же группа, выполнена в модернистском стиле – это явно служит реакцией на современный фасад Балетной школы. Здание как будто делает серию реверансов в адрес всех сооружений, формирующих среду для этого многоликого объекта.

Анализ ансамбля позволяет выявить причинность такой многоликости – это и задача вписывания современного здания в сложившийся разнообразный контекст, и решение модернизации исторического здания для эксплуатации в современности, и реализация функции музея, демонстрирующего исторические объекты современным людям, и общая проблематика сосуществования и одновременности разновременных пластов времени в едином пространстве. В целом объект представляет собой сложную, многосоставную полисемическую структуру, выражающую общий символизм смены конфликтов культур на плюралистичное сосуществование, и требующий детальной дешифрации и интерпретации. Концентрация проблемы понимания возникает вокруг постмодернистских архитектурных объектов, имеющих в себе множественный символический смысл, таких как описанный нами выше. Говоря в терминах французского философа Поля Рикера и двигаясь в общем векторе его исследований, можно утверждать, что такие объекты, существующие в режиме двойного (или более) кодирования, требуют анализа, подобного фрейдистскому, для рассмотрения всех их составляющих как суммы явных смыслов, скрывающих под собой смысл тайный. Для этого требуются различение процессов показывания и скрывания, присутствующих в любых многозначных структурах.

Смысл архитектурного символа сводится к наличию смысла прямого и буквального, легко заметного и присутствующего на поверхности, и смысла вторичного, иносказательного, скрытого внутри первого и понимаемого через него. Работа с подобным символом требует изучения способов интерпретации символических выражений, критики систем интерпретаций,

анализа символических структур. Основой этого должна быть проблема двойного смысла. Можно сделать предположение, что двойной смысл присущ рефлексивному мышлению как таковому, всегда требующему опоры на «иное» для определения «себя», внешней отсылки, обязательному смещению относительно непосредственного субъекта, интерпретации относительно чего-либо, что создает особую «археологию» символических форм. Такая археология являет собой все возможные смыслы, которые находимы для того или иного образа в прошлом через ряд соотнесений. Задача архитектурной герменевтики в таком случае – продемонстрировать, что существование того или иного архитектурного произведения возможно лишь посредством интерпретаций всех присвоений смыслов «извне-внутрь» относительно всех произведений, памятников, объектов с которыми он вступает в коммуникацию.

Здесь следует коснуться того, как интерпретация проявляет себя в рамках парадигм премодерна и постмодерна. С одной стороны, интерпретационное существование подразумевает традиционалистическую составляющую, когда фиксация связи с историей поддерживает саму традицию, реализуя процесс передачи смысла из прошлого в будущее, что характерно для премодерна. Это интерпретация повествовательного характера, соответствующая мифу. С другой стороны, возможность открытия новых интерпретаций оживляет ее и углубляет, проясняет ее и обогащает за счет расширения интерпретационной сети, меняя вектор передачи смысла в обратную сторону, что характерно для постмодерна. Это интерпретация полемического характера, соответствующая символу. Таким образом, регулярно повторяющаяся интерпретация – признак традиционализма. Иррегулярное возникновение альтернативных интерпретаций на основе известных, посредством их бриколажного сочетания – признак неотрадиционализма.

В постмодерне работа идет с уже известными мифами, которые представляются автору как «руины», остатки структур прошлого, фрагменты дискурсов, которые рекомбинируются и закладываются в фундаменты новых построений, надстраиваемых над первичными смыслами. Данный процесс может приводить к тому, что тот или иной символ обретает широчайший спектр интерпретирования, а его богатство становится зависимым от числа интерпретаций, согласующихся в нем. Чарльз Дженкс отмечает, что основой постмодернистской архитектуры является активное использование прошлых кодов, схем, соглашений, привычек, навыков, традиций, ассоциаций, клише и стандартных ответов», замечая, что «отказ от этого уменьшает свободу творчества» [2]. Дискурс постмодернистской архитектуры таким образом выявляется как ориентированный на понимание нового через соотнесение с прошлым.

Говоря об архитектурном дискурсе, следует отметить, что он двусоставен, имея идеальную и реальную составляющую: идеальное – это «сказать что-то», то есть смысл и реальное «сказать о чем-то», то есть отсылка. Реальная составляющая дискурса имеет природу события, это акт, который привязан к ситуации и обстоятельствам, то есть это конкретная форма, это слово, вышедшее за рамки словаря, семантическая (смысловая) актуальность. Идеальная составляющая дискурса имеет природу структуры, это смысл, она виртуальна и существует вне времени, то есть это абстрактное значение, это словарь, семантическая потенциальность. Движение от идеального к реальному – сущность языкового процесса, и этот процесс раскрывается всегда через «соотнесенность», образуемую знаками между структурой и событием. Дискурс – есть выбор, в ходе которого совершается последовательное избирание тех или иных значений.

Избирание создает те или иные комбинации между изречением и пониманием. Автор всегда создает новую фразу, читатель совершает акт понимания с опорой на прошлый языковой опыт. То есть владение языком всегда подразумевает возможность освоения «нового» при наличии опыта в «старом», что на высоком уровне понимания легитимизирует саму сущность постмодернистских языковых игр, настаивающих на наличии опоры в прошлом. Ясность этого принципа становится очевидной, если сравнить этот процесс с модернистскими языковыми экспериментами, часто ориентированными на футуристическое создание новых слов и понятий, отсутствующих в прошлом, в принципе не содержащих в себе знака, как вариант, не доступный пониманию, но выполняющий ту или иную функцию. Модернистский подход к ликвидации понимания можно проиллюстрировать следующим лозунгом: «То, что конечной целью живописи является воздействие на толпу, мы признаем, но живопись не должна обращаться к толпе на языке этой толпы; живопись должна пользоваться своим собственным языком, чтобы воздействовать, господствовать и направлять толпу, а не для того, чтобы быть понятой» [5].

В процессе перехода от авангарда в архитектуре к высокому модернизму меняется точка зрения на рассматриваемую проблему. Так, Л. Мис ван дер Роэ говорил: «Это правда, что архитектура зависит от фактов, но ее реальная сфера деятельности находится в области значения … Архитектура зависит от своего времени. Это кристаллизация его внутренней структуры, медленное раскрытие его формы. Вот почему технология и архитектура так тесно связаны. Наша надежда в том, что они будут расти вместе. Только так у нас будет архитектура, достойная своего названия: архитектура как истинный символ нашего времени» [6, с. 37]. Здесь мы видим, с одной стороны, закрепление фокуса внимания на текущем отрезке темпоральности, ассоциируемой с настоящим временем, привязке к технологиям, но с другой стороны, признание важности «значений», что с уходом модерна выходит на первый план. Новым поворотом на этом пути становится определенное удаление от материалистичного и функционалистического мира модерна, как писал об этом французский социолог Ж. Бодрийяр: «Я, однако, заинтересовался … тем обстоятельством, что предметы разговаривают друг с другом, используя при этом выработанную ими систему знаков и руководствуясь особыми правилами синтаксиса. И здесь обнаружилось самое главное – феномен предметов отсылает к миру, гораздо менее реальному, чем следовало бы ожидать от универсума, детерминированного видимым всемогуществом процессов потребления и извлечения выгоды. Погружаясь в этот мир знаков, выступающий для них пространством игры и обмена сообщениями, предметы, как выяснилось, очень быстро избавляются от своей потребительной стоимости … Роль предметов, стало быть, весьма драматична – они являются активными игроками там, где разрушается любая простая функциональность» [7, с. 7]. Здесь мы видим умаление простейшей функциональной, интенционной составляющей языка, восприятия той же архитектуры лишь как «машины для жилья», уход от очищенности архитектуры от символических значений. Видим процесс выхода из феноменологической реальности включенности субъекта в пространство и время, имманентности объективному миру, опоры на опыт, событие, форму, материю, наблюдаем акт эскапизма из реальности «мира предметов»: «мир предметов всегда рассматривался как инертная и немая вселенная, которая находится в нашем распоряжении, поскольку мы ее производим. Но я понял: предметам есть, что нам сказать, и они говорят это, покидая сферу их использования. Они умеют ускользать

в царство знака, где все происходит иначе, чем в универсуме потребления, ибо знак есть постоянное стирание вещи» [7, с. 7]. Как мы видим, новый подход в парадигме постмодерна становится центрированным на обязательности коммуникации, наличии знака как того, что позволяет понимать, постигать, прояснять и т. п., что вело к возвращению к коммуникации с читателем, зрителем, полный отказ от манипулирования массами, навязывания стереотипов авангардного искусства, которое опиралось на дискоммуникацию и запрет на интерпретацию. Пройдя по пути от молчащей, безъязыкой материалистичной архитектуры модерна к яркой, коммуникативной, эфемерной архитектуре постмодерна, мы приходим к предмету архитектурной лингвистики как системе знаков, возникающей на основе взаимоотношений между рядом форм (означающее) и рядом концептов (означаемое). В этой связи наиболее важны не формы и концепты, но «промежутки», «зазоры» между ними, образуемые различием между ними, и позволяющими возникать системе знаков архитектурного языка. Вопрос наполнения этих самых «промежутков» и есть вопрос интерпретаций, частным случаем которых становится вопрос о согласовании противоречащих интерпретаций, возникающих в условиях широты того или иного символа, допускающего множественность смысла (полисемию), подразумевает в своей основе «аллегорию», то есть, когда одно слово означает другое или один знак означает другой, если это сравнение базируется на явном признаке, и «метафору», когда признак скрыт и неявен. Полисемия становится ясной при понимании дихотомии (раздвоении) между семиологией (наука о знаках в системе\словаре) и семантикой (наукой о знаках в употреблении\акте), то есть дихотомии между структурой и событием. Полисемия – это явление синхронного наличия множественных значений у одного слова, то есть архитектурной формы, детали, объекта, комплекса. Наличие этих значений, с одной стороны, исторично – то есть включает в себя историю использования знака, с другой стороны, имеет потенциал к аккумулированию новых смыслов, без потери предшествующих. Это создает двунаправленный процесс, обретения новых значений и проявления старых. Любой знак также существует в точке равновесия между расширением (обретением новых значений) и сужением (ограничением своего употребления) и фиксацией места в иерархии прочих. Здесь следует задать вопрос: от чего зависит многозначность того или иного дискурса? Разумеется, от контекста, то есть от взаимосоотнесения с другими элементами высказывания, активизирующими обмен между системой и актом, структурой и событием, словарем и словом. В этот момент на границе между закрытостью системы и знаков и открытости дискурса становится актуальным применение архитектурной герменевтики. В теории Чарльза Дженкса это определяется как передача значения через «оппозицию и ассоциацию», или «контекст и метафору».

Необходимость семиологических исследований была указана Чарльзом Дженксом еще в 1969 году в статье «Семиология в архитектуре», и уже тогда была сформулирована с учетом фактора полисемии как ключевого в постмодернизме. Так, Ч. Дженкс указывает, что «нельзя говорить о «значении», как если бы это была одна вещь, которую мы все знаем и разделяем», но «значение понятий поливалентно, само по себе имеет много значений», и «нам нужно будет понять, какое из них мы обсуждаем». Будучи последовательным постмодернистом, он естественно видит за феноменом полисемии неустойчивость метафизических систем, материализацию философских сомнений в XX веке, утверждая, что «невозможно увидеть вещи какими они на самом деле являются, и вопреки желанию Маркса, Гропиуса и Банхема невозможно избавиться от всех предвзятых

мнений», делая отсылку к австрийскому и британскому философу Карлу Попперу касательно невозможности знать «абсолютную правду». Им утверждается «поливалентность» как наибольшая ценность в архитектуре», воплощающая «демократию, свободу и индивидуальность» [2], что и является корнем, ядром и сутью постмодернистской идеологии, выводящей идею полисемии на первый план.

Таким образом, нами решена задача по прояснению термина «двойное кодирование» с обнаружением его смысла и значения на стыке семиотики, философии и теории архитектуры, что позволяет разобраться со всей сложностью и многообразием процесса познания новейшей архитектуры конца XX– начала XXI вв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Jencks, Ch. The Language of Post-Modern Architecture / Charles Jencks. Academy editions, U.K., 1977. P. 6.

2. Jencks, Ch. Semiology in Architecture, Meaning in architecture / Charles Jencks, Barrie & Rockliff the Cresset P. London, 969, 288 p.

3. Эко, У. Откровения молодого романиста / Умберто Эко. – Москва : АСТ, 2013. – С. 29, 31.

4. Барт, Р. Семиотика, Поэтика / Р. Барт. – Москва: Прогресс, 1994. – С. 456, 462.

5. Куликова, И. С. Философия и искусство модернизма / И. С. Куликова. – Москва: изд-во Полит. литер., 1980. – 312 с.

6. Peter, J. Masters of Modern Architecture / John Peter. – New York: George Braziller, Inc., 1958. P. 37.

7. Бодрийяр, Ж. Пароли. От фрагмента к фрагменту / Ж. Бодрийяр, Екатеринбург: У-Фактория, 2006. – С. 7.

**KHUDIN Aleksey Aleksandrovich, candidate of architecture, associate professor of the chair of architectural design**

## DOUBLE CODING IN ARCHITECTURE OF POSTMODERNISM

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: olgalero2015@yandex.ru
*Key words:* style, postmodernism, architecture, double coding, semiology.

*The article discusses the genesis and exploitation of the term "double coding" in the theory of the architecture of postmodernism. This concept is studied on the basis of the discourse introduced by Charles Jencks, who manifests itself in the form of two-addressing, polysemy, the existence of an architectural work in a situation of multivariate interpretation, communication and a net of links with the past. Clarification of this category allows clarifying one of the main ideologems of the style being studied.*

REFERENCES

1. Jencks Ch. The Language of Post-Modern Architecture / Charles Jencks. Academy editions, U. K., 1977. P. 6.

2. Jencks Ch. Semiology in Architecture, Meaning in architecture. / Charles Jencks, Barrie & Rockliff the Cresset P. London, 1969, 288 p.

3. Eco U. Otkroveniya molodogo romanista [Confessions of a young novelist]. Moscow : AST, 2013, 320 p. (P. 29, 31).

4. Barthes R. Semiotika, Poetika [Semiotics, Poetics]. Moscow : Progress, 1994. P. 456, 462.

5. Kulikova I. S. Filosofiia i iskusstvo modernizma [The philosophy and art of modernism]. Moscow : izd-vo Polit. liter., 1980, 312 p.

6. Peter J. Masters of Modern Architecture / John Peter. New York: George Braziller, Inc., 1958. P. 37.

7. Bodriyyar Zh. Paroli. Ot fragmenta k fragmentu [Slice to Slice Passwords]. Ekaterinburg: U-Faktoriya, 2006. P. 7.

**© А. А. Худин, 2019**
Получено: 01.07.2019 г.

**УДК 711.424(470.341)**

**А. А. ЗАЙЦЕВ, канд. архитектуры, ст. преп. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования**

# АСПЕКТЫ КОНТЕКСТУАЛИЗМА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НОВОГО ЗДАНИЯ В ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950 г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65 тел.: (831) 430-17-37; эл. почта: alekseyzaytsev83@yandex.ru
*Ключевые слова:* контекстуализм, сохранение, воссоздание, гомогенная среда.

*Анализируется процесс сохранения исторического центра г. Нижнего Новгорода конца XX – начала XXI века, в частности, конкретные примеры новых зданий в исторической среде г. Нижнего Новгорода. Прослеживается процесс исторического развития и современного обновления исторической среды г. Нижнего Новгорода.*

Формирование новых зданий является одной из самых актуальных задач на сегодняшний день. Эти задачи призван решить контекстуализм как метод интеграции нового здания в исторически ценную среду и учет особенностей конкретного места [1].

Основной задачей является сохранение целостности и гомогенности исторического окружения, а также гармоничной интеграции нового здания в эту среду. Аспекты сохранения и реновации исторической среды должны находить свое выражение на градостроительном, композиционном, колористическом и других уровнях взаимодействия с историческим окружением. В некоторых случаях, когда необходимо чтобы новый объект не выделялся из исторического окружения стилистически, используется корреспонденция к историческому окружению на стилизаторском уровне [4, 5]. Осуществляется прямое цитирование архитектурного декора и убранства с исторического ценного здания на фасаде нового здания. В данном случае контекстуализм проявляет себя как метод, при помощи которого осуществляется интеграция нового объема и взаимной увязки его со средой. Метод имеет ряд аспектов.

Первый аспект – *эмоционально-интуитивный*. При выявлении этого аспекта большое внимание уделяется визуально-ландшафтному анализу как способу понимания среды, габаритов домов, выявления доминант и визуальных акцентов в данной ситуации [3]. Посредством данного интуитивно-дедуктивного метода формируется впечатление от исторической среды и определяется место и значимость нового объекта в ней. Посредством визуально-ландшафтного анализа

у архитектора формируется представление о возможной высоте нового здания (композиционный уровень), расположение его относительно красных линий застройки (градостроительный уровень). На объемно-пространственное решение здания в исторической среде также влияет характер исторической застройки – рядовой (сплошной или дисперсной), усадебной (с двориками-курдонерами, выступающими ризолитами и т. п.) [2]. Также на градостроительном уровне выявляются оптимальные бассейны видимости исторически значимых доминант, расположение и место нового объекта в данной системе координат.

Эмоционально-интуитивный аспект влияет и на выбор стилистического и колористического решения нового здания.

Вторым аспектом является *нормативный* (нормативная база). Это соблюдение норм и правил, действующих в стране (федеральных), регионе или области (региональных) и муниципальных (городских). Эти нормативные документы возможно разделить на:

1) Нормативные документы, касающиеся сохранения данной исторической среды. Поддержание ее целостности и идентичности. Это Международные Хартии (Венецианская, Афинская и пр.), Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. от 21.02.2019) «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», Постановления Правительства РФ и Правительства Нижегородской области и другие нормативные и правовые акты. Венецианская хартия обозначает необходимость археологической реставрации, консервации памятника архитектуры, акцентирует внимание на исторической среде, как частный случай проявления которой является достопримечательное место.

2) Нормативные документы, нормы и правила проектирования в исторической среде. Основным документом является Градостроительный кодекс РФ [1]. Также существует большое количество корректирующих, поясняющих и дополняющих данную нормативную базу документов, которые призваны вносить конкретику и ясность при определении концепции нового строительства в данной определенной градостроительной ситуации.

Необходимо отметить, что нормы и правила при проектировании новых зданий в исторической среде подчас не такие жесткие, как при проектировании вне исторически ценного окружения. Эти правила в основном касаются норм по освещенности, инсоляции, количеству наземных и подземных машиномест, ширины проездов и т. п. [1].

Важную роль при сборе нормативной информации о ценности исторической среды и конкретных объектов в ней служит историко-культурный опорный план. На нем обозначены все исторически значимые объекты и определена их историко-культурная ценность. Определенный объем информации о данной исторической среде дают нам конкретные паспорта на объекты культурного наследия (далее ОКН) (если ОКН имеются в данной среде). В них обозначается значимость ОКН, а также конкретный элемент объекта ОКН, который подлежит охране (весь объект или его часть (планировка, фасадный декор, объемно пространственное решение и т. д.).

Важной составляющей при определении концепции объемно-пространственного решения нового здания является соблюдение регламентированной высотности застройки в данном конкретном квартале. Например, разработана «Схема высотных параметров застройки центральной части г. Нижнего Новгорода». Она не допускает проектирование зданий выше определенной этажности в зоне регулирования застройки. Существует конкретный набор ограничительных зон, препятствующих строительной и хозяйственной

деятельности. Например, зона затопления (подтопления), санитарно-защитная зона и т. п.

Исходя из нормативных документов, определяется метод и стратегия формирования нового объекта в историческом окружении. Возможные пути – новое строительство, компенсационное строительство, полное воссоздание, реставрация, реконструкция или приспособление.

Таким образом, можно прийти к выводу, что именно на пересечении двух акспектов (эмоционально-интуитивного и нормативного) формируется новое здание в исторической среде. Первый – визуальный психоэмоциональный, не имеющий четко обозначенных однозначных критериев оценок, и второй – нормативный, с четко обозначенными ограничениями, нормами и правилами. При этом контекстуализм проявляется как метод проектирования именно в первом аспекте, когда проводится всесторонний анализ существующей ситуации и определяются критерии и приемы адаптации, при помощи которых будет достигаться органичное единство нового здания и окружения. Последовательная методика формирования нового здания в исторически сложившейся среде – сложная многокомпонентная задача, которая не может иметь однозначное и единственно верное решение, но могут быть верный метод и последовательность действий. При последовательной реализации этой многоступенчатой системы, состоящей из данных двух аспектов, и формируется органически вписанный в историческую среду новый объект.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дженкс, Ч. Язык архитектуры постмодернизма / Ч. Дженкс ; пер. с англ. А. В. Рябушина, М. В. Уваровой ; под ред. А. В. Рябушина, Л. Хайта. – Москва : Стройиздат, 1985. – 136 с. : ил.

2. Линч, К. Образ города : пер. с англ. / К. Линч ; под ред. А. В. Иконникова. – Москва : Стройиздат, 1982. – 328 с. : ил.

3. Мильчик, М. И. Исторический город и современная архитектура / М. И. Мильчик. – Ленинград : Знание, 1990. – 32 с. : ил.

4. Реставрация памятников архитектуры : учеб. пособие для вузов / С. С. Подъяпольский, Г. Б. Бессонов, Л. А. Беляев, Т. М. Постников ; под общей ред. С. С. Подъяпольского. – Москва : Стройиздат, 1988. – 264 с., ил.

5. Пруцын, О. И. Архитектурно-историческая среда / О. И. Пруцын, Б. Рымашевский, В. Борусевич ; под ред. О. И. Пруцына. – Москва : Стройиздат, 1990. – 408 с. : ил.

**ZAYTSEV Aleksey Aleksandrovich, candidate of architecture, senior teacher of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design**

## CONTEXTUALISM IN THE FORMATION OF A NEW BUILDING IN HISTORICAL ENVIRONMENT

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-37;
e-mail: alekseyzaytsev83@yandex.ru
*Key words:* contextualism, conservation, renovation, homogeneous environment.

*The article analyzes the process of preservation of the historical centre of Nizhny Novgorod in the late XX – early XXI century, in particular, specific examples of new buildings in the historical environment of Nizhny Novgorod. The process of historical development and modern renewal of historical environment of Nizhny Novgorod is observed.*

REFERENCES

1. Jencks Ch. Yazyk arkhitektury postmodernizma [The language of post-modern architecture]; per. s angl. A. V. Ryabushina, M. V. Uvarovoy ; pod red. A. V. Ryabushina, L. Khayta. Moscow : Stroyizdat. 1985, 136 p. : il.

2. Lynch. K. Obraz goroda [The image of the city] : per. s angl.; pod red. A. V. Ikonnikova. Moscow: Stroyizdat. 1982, 328 p. : il.

3. Milchik M. I. Istoricheskiy gorod i sovremennaya arkhitektura [Historical city and modern architecture]. Leningrade : Znanie. 1990,32 p. : il.

4. Restavratsiya pamyatnikov arkhitektury [Restoration of architectural monuments]: ucheb. posobie dlya vuzov / Podyapolsky S. S., Bessonov G. B., Belyaev L. A., Postnikov T. M. ; pod obschey red. S. S. Podyapolskogo. Moscow: Stroyizdat. 1988, 264 p. il.

5. Prutsyn. O. I., Rymashevskiy B., Borusevich V. Arkhitekturno-istoricheskaya sreda [Architectural and historical environment]; pod red. O. I. Prutsyna. Moscow: Stroyizdat. 1990, 408 p.: il.

**©А. А. Зайцев, 2019**

Получено: 18.05.2019 г.

**УДК 725.2**

**Е. М. ГЕНЕРАЛОВА, канд. архитектуры, проф. кафедры архитектуры жилых и общественных зданий**

# ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ТОРГОВЫЕ ЦЕНТРЫ

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244.
Тел.: +7 9276950233; эл. почта: generalova-a@yandex.ru
*Ключевые слова:* урбанизация, качество городской среды, многофункциональность, торговые центры, высотные здания.

*Рассматриваются объективные проблемы развития современных городов, связанные с негативной тенденцией их территориального разрастания. Подчеркивается необходимость поиска современных приемов формирования многофункциональной, компактной и комфортной городской среды. Особое внимание уделено передовому мировому опыту интеграции торговой функции в высотные здания.*

Анализ развития городов в последние десятилетия демонстрирует движение в сторону все более урбанизированного мира. Вызывает серьезную тревогу тенденция к необоснованному разрастанию городских территорий (*urban sprawl*), проявляющаяся как в развивающихся, так и в развитых странах. Данный факт всесторонне рассматривается в различных исследованиях, включая отчеты ООН-Хабитат, в которых подчеркивается, что нынешняя модель урбанизации во многих отношениях неустойчива [1–5]. Приводятся данные, что разрастание городов только в США будет стоить 400 млрд долларов в год из-за более высоких затрат на инфраструктуру, общественные услуги и транспорт. Результаты исследований в малых и средних латиноамериканских городах показали, что расходы на коммунальные услуги закономерно увеличиваются с уменьшением плотности застройки. Также прогнозируется, что ежегодное снижение средней плотности в развивающихся странах на один процент к 2050 г. увеличит в четыре раза площадь городских земель по сравнению с уровнем 2000 г., что ведет к потере сельскохозяйственных угодий и мест обитания диких животных, увеличению времени и затрат на поездки, росту выбросов парниковых газов, усугублению социально-пространственной сегрегации и т. п. Подчеркивается, что неэффективная территориальная экспансия наблюдается как в городах с растущим населением, так и в городах, где численность населения в среднем стабильна или сокращается.

Приведенные факты показывают, что модель урбанизации должна измениться, чтобы лучше реагировать на вызовы современности и решать проблемы, связанные с неустойчивыми формами городского планирования. Существует потребность в новых инновационных инструментах и подходах к формированию городской среды. Это подчеркивается в «Новой программе развития городов» ООН-Хабитат, которая была принята 20 октября 2016 г. на Конференции Организации Объединенных Наций по жилью и устойчивому городскому развитию (Хабитат III), проходившей в г. Кито, и одобрена на 68-м пленарном заседании Генеральной Ассамблеи ООН 23 декабря 2016 года. Хотелось бы заострить внимание на призыве

ООН-Хабитат «к использованию стратегий территориального развития, в которых в надлежащих случаях учитывается необходимость управления ростом городов с уделением первоочередного внимания их реконструкции на основе планомерного обеспечения доступных и хорошо связанных между собой инфраструктуры и услуг, устойчивой плотности населения и компактного проектирования новых районов и их интеграции в городскую застройку для предотвращения разрастания городов и социальной изоляции» [6].

Следует отметить, что в процесс поиска эффективной стратегии территориального развития городов включается и Россия, о чем свидетельствует Национальный проект «Жилье и городская среда». Поставлена задача кардинального повышения комфортности и индекса качества городской среды. В разделе детализации терминологии конкретизировано понятие «обеспечение эффективного использования земель», которое трактуется как «комплекс мер нормативно-правового регулирования, направленных на вовлечение свободных и неэффективно используемых земельных участков, прежде всего, в существующих границах городов, в целях массового жилищного строительства».

В основе современной концепции формирования качественной городской среды лежит принцип смешанного использования территории, который пришел на смену принципу жесткого зонирования городов на жилые, промышленные, деловые, рекреационные зоны. Крайне важно найти приемы оптимального сочетания многофункциональности и компактности застройки, необходимые для построения города, удобного для проживания. Пристального внимания, системного подхода и критической оценки требует изучение специфики развития на современном этапе различных городских функций, таких как жилье, промышленность, медицинское обслуживание, торговля, образование и т.п.

В данном исследовании внимание сконцентрировано на розничной торговле, которая в современном городе не утратила своей роли и продолжает выполнять важнейшую социально-экономическую функцию, обеспечивая соответствующий уровень жизни и обслуживания населения, но при этом зачастую реализуется крайне нерационально. Например, проявлением негативного процесса разрастания городских территорий с уверенностью можно считать активное строительство крупных (более 100 000 м$^2$ арендной площади) периферийных и внегородских торговых и торгово-развлекательных центров. Для продвижения крупномасштабных проектов требуются значительные территории, которые легче найти и дешевле освоить на городской периферии. Гигантские объекты можно наблюдать во всех регионах России, их характеризуют сходные объемно-планировочные параметры и функциональная структура с достаточно стандартным набором досуговых услуг. «Визитной» карточкой являются необъятные открытые автостоянки, так как при планировании транспортной доступности ставка делается в основном на личный автотранспорт. Все это свидетельствует о крайне нерациональном поглощении огромных территорий.

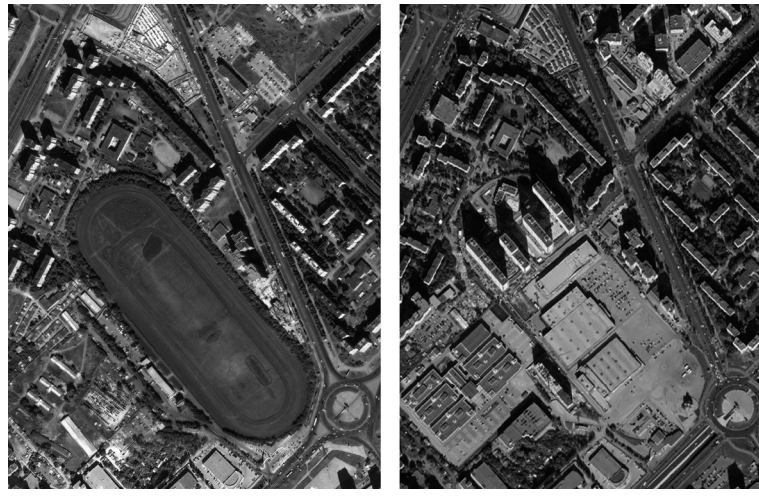
**К СТАТЬЕ Е. М. ГЕНЕРАЛОВОЙ**
**«ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ТОРГОВЫЕ ЦЕНТРЫ»**

Рис. 1. «Hysan Place», 17- этажный торговый центр в 40-этажной башне, Гонконг [7]

Рис. 2. «The One», 24-этажный торговый центр, Гонконг

Рис. 3. «Langham Place», 15-этажный торговый центр, Гонконг

Рис. 4. «MegaBox», 19-этажный торговый центр, Гонконг



*а* *б*

Самарский ипподром: *а* – самарский ипподром (вид со спутника 2009 г.); *б* – застройка территории самарского ипподрома после его ликвидации (вид со спутника 2019 г.)

Еще более удручает, когда подобная картина наблюдается в городской застройке, где ценные территориальные резервы бездарно «осваиваются» в угоду гигантомании российских девелоперов торговой недвижимости. Ярким примером служит печальная судьба самарского ипподрома, который во времена своего расцвета был одним из крупнейший конно-спортивных центров в Поволжье. В Самаре на Московском шоссе его история началась в 1936 г. со строительства на площади 20,7 га двух беговых дорожек и деревянных трибун на 500 мест. В 1985 г. появилась новая двухэтажная крытая трибуна на 2000 мест и пятиэтажный административный корпус. В 2010 г. ипподром был разрушен, а основную часть «освободившейся» территории заняли гипермаркеты «Магнит» и «Максидом» в окружении нескольких гектар асфальта открытых парковок (рисунок).

Однако по мнению многих исследователей, на сегодняшний день крупноформатные отдельно стоящие объекты уже не так интересны для девелоперов. Реальностью является проблема вымирающих торговых центров, все чаще у владельцев возникают вопросы, связанные с необходимостью обновления существующих объектов или даже желание полностью изменить их функциональное назначение. Если мегапроекты уходят в прошлое, то остро встает вопрос: что же должно прийти им на смену, а вернее, как должны измениться приемы интеграции торговой функции в городское пространство?

Передовой мировой опыт показывает, что идеи «нового урбанизма» (*new urbanism*) и «разумного роста» (*smart growth*) городов успешно реализуются в условиях «вертикальной урбанизации» с использованием новых типов высотных зданий, которые обеспечивают не только высокую плотность, но и высокое качество застройки. Торговая функция присутствует в большинстве высотных зданий и комплексов, чаще всего для ее интеграции используется стилобатная часть объекта, но в сверхплотной застройке возможны и другие решения. Достойным образцом могут служить приемы формирования трехмерной городской среды с высоким уровнем комфорта в Гонконге, где из-за высокой цены на землю торговая

недвижимость часто отличается от общепринятой западной модели плоского торгового центра. Для анализа и обобщения фактов рассмотрим несколько примеров эффективного освоения городских территорий.

«*Hysan Place*» – это многофункциональное 40-этажное здание, разработанное международной архитектурной фирмой *Kohn Pedersen Fox* (2012 г.). Небоскреб включает в себя вертикальный торговый центр площадью 42 000 м$^2$, расположенный на 17 нижних этажах и 15 этажах офисов «А» класса (с 20-го по 38-й этажи). Здание решает целый ряд экологических проблем и воспринимается как городской оазис в суперплотной застройке Гонконга, за что было удостоено сертификатов *BEAM Plus Platinum и LEED Platinum*. «*Hysan Place*» имеет так называемую «пористую» структуру, которая создается благодаря созданию в объеме здания проемов высотой в несколько этажей, которые получили название «городские окна» (*Urban windows*). Они обеспечивают оптимальную циркуляцию воздуха, снижают ветровую нагрузку на конструкции, создают условия для создания рекреационных зеленых пространств – небесных садов (рис. 1 цв. вклейки). Небоскреб имеет связь со станцией метро, четырехэтажную автостоянку и ресторанные блоки на этажах с 11-го по 14-й.

Еще один пример – это небоскреб «*The One*» (2010 г.). Он является самым высоким торговым комплексом Гонконга и представляет собой 24-этажное здание (172,1 м) общей площадью 37 455 м², включает, помимо множества разнообразных магазинов, кинотеатр и предприятия общественного питания (рис. 2 цв. вклейки).

Большой интерес представляет многофункциональный комплекс «*Langham Place*» (рис. 3 цв. вклейки), состоящий из офисной башни (59 этажей, 255 м), пятизвездочного отеля (42 этажа, 170 м) и 15-этажного торгового центра площадью 56 000 м$^2$. Комплекс имеет 5 подземных этажей, через которые связан со станцией метро. Планировочной особенностью торгового центра является 9-этажный стеклянный атриум, в котором используются уникальные 45-метровые экспресс-эскалаторы. Два из них ведут с 4-го этажа на 8-й этаж, а другая пара соединяет 8-й и 12-й этажи. Во взаимосвязи они позволяют покупателям максимально быстро преодолевать 76 м по вертикали до верха торгового центра, тем самым сокращая «горизонтальный трафик». Традиционно торговый центр дополнен фуд-кортом на 4-м уровне, рестораном на открытом воздухе на крыше и кинотеатром на 8-м этаже.

Впечатляющим примером развития торговой функции по вертикали является «*MegaBox*» – 19-этажный торговый центр площадью 100 000 м$^2$, входящий в состав торгово-офисного комплекса «*Enterprise Square Five*». Офисная часть представлена двумя 15-этажными башнями. «*MegaBox*» является крупнейшим торгово-развлекательным центром в Восточном Коулуне (рис. 4 цв. вклейки).

Как и в предыдущем примере, для распределения потоков посетителей здесь используются экспресс-эскалаторы и лифты, соединяющие четыре основные зоны торгового центра. Визуальная связь торгового центра с внешней средой осуществляется через два 6-этажных атриума с панорамным остеклением. В «*MegaBox*» есть каток *MegaIce*, крупнейший в Гонконге, размером 26 х 57 м, киноцентр, парковка на 1 000 мест и многое другое.

**Выводы.** Опыт формирования вертикальной городской среды в Гонконге показывает, что розничная торговля имеет достаточный потенциал для интеграции в высотные здания. Наличие в структуре небоскребов различных функций, традиционно привязанных к наземному уровню (торговля, транспортные узлы, пешеходные связи, рекреационные пространства и т. п.), превращает их в ориентированное по вертикали продолжение города. Это соответствует современной

концепции «нового урбанизма» с ориентацией на эффективное использование земельных ресурсов, формирование более плотной и многофункциональной городской среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генералова, Е. М. Выявление типологической структуры многофункциональных высотных зданий / Е. М. Генералова // Градостроительство и архитектура. – 2018. – Т. 8. № 1 (30). – С. 96–101.

2. Генералов, В. П. Строительство высотных зданий – одно из направлений создания современной, компактной городской жилой среды / В. П. Генералов, Е. М. Генералова // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2017. – № 20. – С. 81–85.

3. Капп, П. В. Архитектура, типологические особенности и объемно-пространственные модели молла – многофункционального торгово-развлекательного комплекса общественно-коммуникационного пространства города / П. В. Капп, Е. М. Генералова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 42–47.

4. Safarik, D. Megacities: Setting the Scene / D. Safarik, S. Ursini, A. Wood // CTBUH Journal. – 2016. – Issue IV. – P. 30–39.

5. World Cities Report 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://wcr.unhabitat.org/main-report/ (дата обращения: 30.04.2019).

6. Новая программа развития городов ООН-Хабитат. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Russian.pdf (дата обращения: 30.04.2019).

7. Hysan Place, designed by Kohn Pedersen Fox. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.architectmagazine.com/design/buildings/hysan-place-designed-by-kohn-pedersen-fox_o (дата обращения: 30.04.2019).

**GENERALOVA Elena Mikhaylovna, candidate of architecture, professor of the chair of architecture of residential and public buildings**

## VERTICAL SHOPPING CENTRES

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya St., Samara, 443100, Russia. Tel.: +7 9276950233;
e-mail: generalova-a@yandex.ru
*Key words:* urbanization, urban environment quality, multi-functionality, shopping centres, high-rise buildings.

*The article considers objective problems of development of modern cities associated with a negative trend of their territorial expansion. A need to search for modern methods of forming a multifunctional, compact and comfortable urban environment is emphasized. Special attention is paid to the advanced world experience of integrating the trading function into high-rise buildings.*

REFERENCES

1. Generalova E. M. Vyyavlenie tipologicheskoy struktury mnogofunktsionalnykh vysotnykh zdaniy [Identifying the typological structure of multifunctional high-rise buildings]. Gradostroitelstvo i arkhitektura [Urban planning and architecture]. 2018. T. 8. № 1 (30). P. 96–101.

2. Generalov V. P., Generalova E. M. Stroitelstvo vysotnykh zdaniy – odno iz napravleniy sozdaniya sovremennoy, kompaktnoy gorodskoy zhiloy sredy [The construction of high-rise

buildings is one of the ways to create a modern, compact urban living environment]. Vestnik Volzhskogo regionalnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitelnykh nauk [Bulletin of the Volga regional branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. 2017. № 20. P. 81–85.

3. Kapp P. V., Generalova E.M. Arkhitektura, tipologicheskie osobennosti i obyomno-prostranstvennye modeli molla - mnogofunktsionalnogo torgovo-razvlekatelnogo kompleksa obschestvenno-kommunikatsionnogo prostranstva goroda [Architecture, typological features and three-dimensional models of the mall - a multifunctional shopping and entertainment complex of the public communication space of the city]. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Sotsialnye, gumanitarnye, mediko-biologicheskie nauki [Izvestiya of the Samara Russian Academy of Sciences scientific centre. Social, humanitarian, medicobiological sciences]. 2018. Vol. 20. № 3. P. 42–47.

4. Safarik D., Ursini S., Wood A. Megacities: Setting the Scene. CTBUH Journal. 2016. Issue IV. P. 30–39.

5. World Cities Report 2016. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: http://wcr.unhabitat.org/main-report/ (data obrascheniya: 30.04.2019).

6. Novaya programma razvitiya gorodov OON-Khabitat [New UN-Habitat Cities Development Programme]. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Russian.pdf (data obrascheniya: 30.04.2019).

7. Hysan Place, designed by Kohn Pedersen Fox. [Elektronny resurs]. Rezhim dostupa: https://www.architectmagazine.com/design/buildings/hysan-place-designed-by-kohn-pedersen-fox_o (data obrascheniya: 30.04.2019).

**© Е. М. Генералова, 2019**
Получено: 18.05.2019 г.

**УДК 721 : 624.074.2/3**

**Н. А. ГОГОЛЕВА, канд. архитектуры, проф. кафедры дизайн-проектирования и изобразительных искусств**

# ВЗАИМОСВЯЗЬ КОНСТРУКТИВНОГО И ПЛАСТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЙ В КУПОЛАХ И СВОДАХ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 433-03-91; эл. почта: design-nngasu@mail.ru
*Ключевые слова:* конструкция, пластика, купол, свод, художественный мотив, пространственная форма.

*Анализируется пластическая обработка куполов и оболочек и ее связь с конструкцией сооружения. Приводятся примеры развития этой взаимосвязи в разных странах на протяжении ряда эпох и до наших дней.*

Одна из эстетических проблем, которая интересует и волнует зодчих с незапамятных времен – это художественная пластическая обработка архитектурной поверхности. В лучших произведениях мирового зодчества художественный образ органически сливается с конструкцией. Если говорить о синтезе технических и эстетических начал в архитектуре, необходимо в первую очередь назвать систему покрытия. Имея решающее значение для материала и внешнего облика здания, покрытие определяет характер зодчества той или иной эпохи.

История строительного искусства знакомит нас с шатровыми, купольными, сводчатыми и другими видами покрытий, поверхности которых представляют собой орнаментальную композицию из конструктивных элементов. Шатровые перекрытия были известны еще в V веке до н. э. по описанию Ксенофонта. О высокохудожественных достоинствах шатровых перекрытий с достоверностью можно судить по сохранившимся памятникам Грузии, Армении и Средней Азии. Жилое помещение перекрывалось деревянным или каменным балочно-ступенчатым куполом различных форм, перекрывающим помещение или его центральное ядро, которое именовалось в Грузии термином «гвиргини», означающим «венец» или «корона», в Армении – «азарашен» или «тысячестрой» [1].

Русские шатры отличались тем, что их конструктивное решение обогащало как пластику интерьера, так и экстерьера и в основном было рассчитано на художественный эффект снаружи, в то время как ступенчато-балочное перекрытие южных народов в основном засыпалось землей, и их пластическое решение служило только обогащением интерьера здания.

Вполне законченное и совершенное как в художественном, так и в техническом отношении решение парусной системы было осуществлено в соборе Айя Софии-Константинопольской. Купол собора парит, как небесная сфера, лишенная материальной опоры и отделенная от нее световым венцом окон в его основании. Инженерная конструкция и художественная форма слиты здесь воедино. Ритм проемов арочного очертания в интерьере образует орнаментально композиционную полосу, отделяющую купол от основного объема [2].

Покровский собор в Москве (собор Василия Блаженного), отличающийся неповторимостью своей архитектурной формы, во многом обязан импровизации шатровых покрытий и куполов, а также полихромии стен. В результате развития цветовых контрастов возникает ощущение, будто монолитная масса собора растворяется, расчленяется, а стены шатров и купола получают новый пластической характер. Объемное сооружение в целом воспринимается сложной пространственной композицией.

Огромный вклад в развитие разнообразного пластического решения сводов сделала готическая нервюрная система перекрытий. Синтез техники и искусства был блестяще осуществлен готическими мастерами, сумевшими каркас свода сделать его декором. Форма нервюр ранней готики представляет геометрический тектонический узор, в отличии от произвольного рисунка нервюр поздней готики, где мы имеем пример декоративной орнаментальной композиции [2].

Распространенным решением купольных цилиндрических сводов, а также плоских покрытий являются кессонные потолки, образованные сочетанием конструктивных элементов. «Кессоны являются, без сомнения, достойнейшим украшением сводов», – писал Альберти в своем трактате об архитектуре. А. В. Кузнецов определяет понятие кессонов как «ритмические углубления, которые входят в систему перекрестных балок или другого сложного несущего каркаса» [2]. На куполе рисунок кессонов развертывается свободно на поверхности вращения по осям меридианов и по концам параллелей. Пересечение последних дает готовую сетку. Шестигранные кессоны на сферической поверхности купола Римского Пантеона образованы горизонтальными ребрами. Применение кессонных купольных покрытий было основным художественным мотивом в пластическом решении многочисленных шедевров мирового зодчества.

Ренессанс продолжил дело Рима. Восстановив величие и размеры Пантеона в куполах соборов св. Петра и Санта Мария дель Фьоре, он показал еще более высокие

достижения в великолепных декорах сводов. Создавались новые формы декора для старых крестовых и сомкнутых сводов. Парусному своду, допускавшему лучшее размещение живописного декора, оказывали предпочтение перед крестовым. При этом сама форма свода подчиняется требованиям живописного декора.

В сводах и куполах Средней Азии наиболее убедительно сочетание конструктивных достоинств и эстетического совершенства. Так, например, во дворцах Фирусабада и Сарвистана впервые появляются купола на тромпах, перекрывающие квадратное помещение. Купол этого типа имеет форму парусного свода на четырех арках. Возведение куполов на тромпах основано на переходе от подкупольного квадрата к основанию купола. Художественные моменты перехода обогащали интерьер пластикой [3].

Названные особенности характерны для архитектуры соседнего Ирана. Так, в соборной мечети Исфахана переход от основного объема к куполу решен композиционно сложной архитектурой. Орнаментальность форм конструкции перехода придает интерьерам богатство пластического решения.

Применение арочных парусов разнообразной формы использовалось в архитектуре Средней Азии. Здесь арочные паруса образовывались вследствие постановки купола на восьмигранный барабан, при этом четыре грани были арками, переходными над углами квадратного помещения. Этот прием осуществлен в одном из выдающихся произведений архитектуры Узбекистана, прославленного как пластикой экстерьера, так и интересным решением интерьера – мавзолей Исмаила Самани. Переход от квадратного помещения к куполу здесь представляет собой пространственный узор, который подобно фризу отделяет квадратную форму от круглой. Арки, перекинутые через углы помещения мавзолея, представляют собой один из наиболее ранних примеров арочных парусов. В мавзолее Самани конструкция, архитектурная форма, декоративное убранство слились на основе конструктивного и художественного единства [3].

Сложной была орнаментация внутренних поверхностей сводов и полусводов центрической формы. Здесь мы сталкиваемся с куполами круглого, плоско-эллиптического или овального, но чаще всего стрельчатого сечения. Основанию куполов придана, обычно изнутри, форма круга (сферический или сфероконический купол) или многоугольника (разновидность парусного сомкнутого свода). Форма сферического и сфероконического купола зависит от кривизны арки, вращение которой вокруг оси образует поверхность [4]. Выполнение орнамента на кривой поверхности сводов и куполов имело свои трудности в чертеже и натуре. Все покоилось на глазомере и элементарных приемах разбивки купола на секторы на противолежащих осях. При этом геометрическая правильность фигур не соблюдалась, и на стыках секторов образовывались произвольные фигуры необычных очертаний.

В растительном орнаменте этот метод построения узоров на куполах может наблюдаться на куполе ханаки Файзабад (XVI в.) в Бухаре. Пользуясь линиями в качестве осей симметрии, художник закрепляет бег лозы по ярусам и фигурным медальонам. Рисунок сохраняет некоторую свободу движения, покорно следуя последовательно выраженной системе [4].

Анализируя конструктивные решения системы перекрытий, необходимо отметить, что по сравнению с шатровыми перекрытиями купольные и сводчатые покрытия, созданные различными техническими приемами, образуют многочисленные художественно-композиционные варианты. Возможность бесконечных вариаций пластических комбинаций, рожденных криволинейными

очертаниями конструктивных элементов свода, игра света и тени на кривых поверхностях – все эти композиционные моменты имеют большую художественную ценность.

Основным видом архитектурной пластики поверхности оболочки является такая пластика, которая исходит из художественного осмысления конструктивной формы и структуры покрытия. Одним из современных эффективных средств пластической обработки гладких монолитных железобетонных куполов служит устройство небольших световых проемов в скорлупе оболочки, если это не противоречит функциональным требованиям. Введение небольших круглых проемов в скорлупу оболочки создает определенный световой эффект и способствует зрительному восприятию абсолютных сечений купола.

Другим приемом пластической обработки гладких железобетонных куполов служит мелко-втопленная пластика расшивки швов панелей, как это сделано в сборном железобетонном куполе здания в Цхалтубо. Кроме мелко-втопленной пластики в качестве отделки применяется и мелко-рельефная пластика, например, живописная пластика, образуемая по стыкам опалубки или от ее фактуры т. д.

Пластическая обработка оказывает существенное влияние на восприятие исходной формы купола и его пропорций. Появление рельефа на поверхности оболочки облегчает глазу восприятие исходной формы купола. Большое значение в характеристике купола имеет форма рельефа каркаса, абсолютные размеры, пластика, материал заполнения и т. д. Неправильно найденные абсолютные размеры сечений ребер приводят к весьма нежелательным результатам. Например, огромные сечения консолей купольного покрытия в Дортмунде, нависающие над зрителями, давят своей тяжестью, оставляя гнетущее впечатление. И, наоборот, ажурная конструкция купола зала в Ибирапуэра придает всему покрытию особую изящность и легкость [5]. Особенно большое значение придается пластике оболочки в монокупольных композициях, в которых рельеф наблюдается с уровня глаз на всю натуральную величину. Для достижения впечатления легкости оболочки важно визуально показать ее толщину, обеспечив тем самым реальное ощущение ее веса.

Большое влияние в формировании архитектурного образа сооружения имеет пластика внешней поверхности купола. В этом смысле интересно сравнить здание зала в Лонгвидоу и здание вагоноремонтного депо в Батон-Руж. Оба представляют собой монокупольные композиции в виде части сегмента на замкнутом основании. Купол в Лонгвидоу собран из алюминиевых штампованных панелей, имеющих кривизну поверхности, соответствующую форме поверхности купола, и три ложкообразные выпуклости в каждой панели для жесткости. Разрезка осуществлена радиально-кольцевой системой. Купол в Батон-Руж построен по кристаллографической схеме разрезки, по системе геодезических куполов инженера Б. Фуллера [6]. Несущая сетчатая конструкция купола выполнена из стальных трубчатых шестиугольников, смонтированных на сферической поверхности, с разбивкой на основе икосаэдра. Штампованные стальные панели ромбоидальной формы совместно с прикрепленными трубчатыми элементами, создают впечатление сетки с шестигранными ячейками. Шестигранные ячейки, вписанные в поверхность купола, образуют пространственную пластику сооружения.

Благодаря найденному масштабу и абсолютным размерам граней панелей, углов сопряжения и ячеистой филигранной поверхности, создающей игру света и тени, купол в Батон-Руж получил выразительную пластику, подчеркивающую

легкость скорлупы оболочки. Принятая кристаллографическая разрезка, основанная на принципе равнозначности элементарных поверхностей купола, отражает специфику геометрической структуры поверхности сферы и тем самым острее раскрывает сущность работы конструкции как тонкостенной оболочки, ее действительную легкость.

Это нельзя сказать о куполе в Лонгвидоу, где панели с вдавленными волнами создают сильные горизонтальные членения и ложное впечатление как бы положенных один на другой кольцевых массивных колец. Впечатление тяжести еще более обостряется маленькими немасштабными задавленными входами.

Таким образом, оба купола имеют форму части шарового сегмента с близкими абсолютными размерами и пропорциями, выполнены из листового штампованного металла, но их зрительное восприятие различно. Вопреки тому, что толщина оболочки купола в Лонгвидоу составляет всего 1/30 000 от величины пролета, пластика его поверхности создает визуальное ощущение тяжести всего сооружения, совершенно не свойственное действительной конструктивной структуре купола и его веса. Оптимальная в смысле технического совершенства конструкция не получила должного художественного осмысления, пришла как бы к самоотрицанию, к нарушению тектоники сооружения и в конечном итоге сформировала весьма посредственное здание.

Не всякая даже оптимальная конструкция тектонична. Отрицание художественной стороны архитектурного сооружения, его эстетических начал, фетиш конструкции, «абсолютная конструктивная форма» отнюдь не всегда доставляют «абсолютное эстетическое наслаждение», как утверждают сторонники этой концепции [2]. Условная формальная тектоничность, порожденная фетишем декорации покрытия и концепцией чисто зрительной конструктивности, ведут в конечном счете к разрушению архитектурного организма как единого целого.

В мировой практике современных кристаллических купольных сооружений большой вклад внес Б. Фуллер. Так, сооруженная по его проекту галерея изящных искусств Колорадского университета представляет собой геодезический купол диаметром 40 метров. Конструкция купола выполнена из стали и армированной пластмассы формы тетраэдров, покрытие купола образует орнаментальную пластику поверхности, богатую свето-теневыми нюансами. В здании «Климатрона» в Сен-Луисе металлическая конструкция купола была покрыта плексигласом. Б. Фуллер и С. Садао запроектировали универсальный жилой дом в форме геодезического купола. Вместо окон предусматриваются светопроницаемые панели. Купола по системе Б. Фуллера различных диаметров построены для: зданий завода Форда в Детройте, музея в Клейн-Деде (США), помещений радарной системы в Арктике, здания театра в Колумбии, павильона американской выставки в Москве на международной ярмарке в Кабуле и Монреале и т. д. [6].

Художественные принципы, заложенные в образование пластических решений поверхностей оболочек посредством выявления формообразования структуры, имеют большое градостроительное значение. Пластическая поверхность наружного и внутреннего покрытий, состоящая из многочисленных шестигранных объемных элементов, орнаментальная по своей форме. Выразительность рельефа поверхности усиливается нюансами освещения. Однако необходимо отметить, что пластическое решение куполов Б. Фуллера однотипно. Однотипность пластического и объемного решения вступает в противоречие с разнохарактерностью их функционального назначения и использования. Единообразие пластического формообразования механических мастерских, выставочных павильонов и жилого

дома стирает их образно-смысловое различие.

Практика показывает, что целенаправленная организация элементов, подчиненных, с одной стороны, конструктивной и функциональной логике, а с другой стороны – их художественному восприятию, приводит к плодотворному и органичному результату.

Исторический анализ купольных сооружений показывает большее или меньшее единство их конструктивной структуры и декоративно-пластических средств, что позволяет говорить о целостном конструктивно-пластическом декоративном формообразовании куполов.

Многообразие декоративной моделировки внутренней и внешней поверхности исторических купольных сооружений говорит о том, что декор активно участвует в создании художественного образа купольных сооружений. В условиях единства конструкции и декоративного начала декор не скрывает объема, а наоборот подчеркивает его структуру, создавая неразрывное целое, превращая конструктивную основу сооружения в источник красоты и выразительности.

Требования цвето-пластической выразительности и образной дифференцированности в современной практике купольных сооружений вызывает проблемную ситуацию, требующую дальнейшего развития: декоративно художественного формообразования и декоративной цвето-пластической моделировки их внешних и внутренних поверхностей возможно с использованием национальных и региональных традиций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агабабян, Р. Я. Композиции купольных сооружений Грузии и Армении / Р. Я. Агабабян. – Ереван : Армянгосиздат, 1950. – 130 с.

2. Кузнецов, А. В. Своды и их декор / А. В. Кузнецов. – Москва: Изд-во Всесоюз. Акад. архитектуры, 1938. – 418 с.

3. Булатов, М. С. Геометрическая гармонизация в архитектуре Средней Азии IX–XV вв. / М. С. Булатов. – Москва : Стройиздат, 1978. – 215 с.

4. Воронина, В. Л. Конструкции и художественный образ в архитектуре Востока / В. Л. Воронина. – Москва : Стройиздат, 1978. – 98 с.

5. Туполев, М. С. Купол в современной архитектуре / М. С. Туполев // Архитектура СССР. – 1973. – № 12. – С. 17–22.

6. Хела, М. Д. Конструкции Р. Б. Фуллера / М. Д. Хела // Современная архитектура. – 1963. – № 4. – С. 19–23.

**GOGOLEVA Natalya Arkadevna, candidate of architecture, professor of the chair of design and fine arts**

## INTERRELATION OF CONSTRUCTIVE AND PLASTIC SOLUTIONS IN DOMES AND VAULTS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia.
Tel.: +7 (831) 433-03-91; e-mail: design-nngasu@mail.ru
*Key words:* construction, plastic, dome, vault, artistic motive, spatial form.

*The article analyzes the plastic processing of domes and shells and its relationship with the structure of a construction. Examples of the development of this relationship in different countries over a number of epochs to the present day are given.*

REFERENCES

1. Agababyan R. Ya. Kompozitsii kupolnykh sooruzheniy Gruzii i Armenii [Compositions of dome structures of Georgia and Armenia]. Armyangosizdat, 1950, 130 p.

2. Kuznetsov A. V. Svody i ikh dekor [Vaults and their décor]. Moscow : Izd-vo Vsesoyuz. Akad. arkhitektury, 1938, 418 p.

3. Bulatov M. S. Geometricheskaya garmonizatsiya v arkhitekture Sredney Azii IX–XV vv. [Geometric harmonization in the architecture of Central Asia of the IX–XV centuries]. Moscow : Stroyizdat, 1978, 215 p.

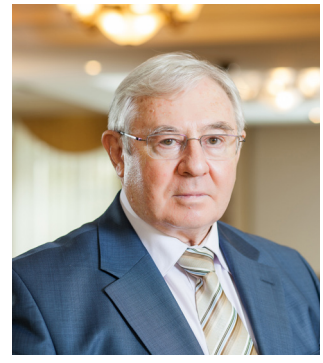
4. Voronina V. L. Konstruktsii i khudozhestvenny obraz v arkhitekture Vostoka [Designs and artistic image in the architecture of the East]. Moscow : Stroyizdat, 1978, 98 p.

5. Tupolev M. S. Kupol v sovremennoy arkhitekture [Dome in modern architecture]. Arkhitektura SSSR [Architecture of the USSR]. 1973, № 12. P. 17–22.

6. Hela M. D. Konstruktsii R.B. Fullera [Designs by R.B. Fuller]. Sovremennaya arkhitektura [Modern architecture], 1963. № 4. P. 19–23.

**© Н. А. Гоголева, 2019**
Получено: 23.05.2019 г.

# ЮБИЛЕЙ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ СОВЕТА РЕКТОРОВ ВУЗОВ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА, ПРОФЕССОРА Р. Г. СТРОНГИНА



*21 июля 2019 года исполнилось 80 лет Роману Григорьевичу Стронгину, председателю Совета ректоров вузов Приволжского федерального округа, президенту Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского, председателю Общественной палаты Нижегородской области, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, доктору физико-математических наук, профессору, члену редакционной коллегии Приволжского научного журнала.*

Роман Григорьевич Стронгин окончил радиофизический факультет Горьковского государственного университета им. Н. И. Лобачевского в 1962 г. В 1966 г. окончил аспирантуру факультета вычислительной математики и кибернетики и защитил кандидатскую диссертацию. В 1978 г. защитил докторскую диссертацию, в 1979 г. ему было присвоено ученое звание профессора. Роман Григорьевич является заведующим кафедрой математического обеспечения ЭВМ с момента ее создания (1973 г.), был деканом факультета вычислительной математики и кибернетики (с 1981 г. по 1989 г.), проректором по учебной работе (с 1989 г. по 1991 г.), первым проректором (с 1991 г. по 2003 г.), ректором университета (с 2003 г. по 2008 г.). С 2008 г. Роман Григорьевич Стронгин – Президент ННГУ им. Н. И. Лобачевского.

Р. Г. Стронгин руководит ведущей научной школой России «Модели и методы параллельных вычислений для многопроцессорных систем». Он создатель признанного коллектива исследователей в области теории и методов выбора решений на основе сложных оптимизационных моделей. Автор 430 научных и методических работ, включая учебники, монографии и книги на русском и английском языках. Подготовил 12 кандидатов наук и 4 докторов наук.

Активно участвует в формировании государственной политики в области образования, необходимой для развития инновационной российской экономики. Вице-президент Российского союза ректоров, председатель Совета ректоров вузов Приволжского федерального округа и Совета ректоров вузов Нижегородской области. Систематически готовит и вносит актуальные предложения как заместитель председателя Экспертного совета по вопросам координации развития федерального и регионального образовательного законодательства при Комитете Государственной Думы по образованию.

С 2006 г. Роман Григорьевич Стронгин является Председателем Общественной палаты Нижегородской области, по инициативе которой сформирована первая в стране областная программа развития ресурсных центров для подготовки современных рабочих кадров (открыты 30 центров).

Заслуги Р. Г. Стронгина в развитии науки и образования отмечены орденом «Знак Почета» (1986 г.) и орденом «Дружбы» (2015 г.). Р. Г. Стронгину присвоены звания: «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» (1993 г.), лауреат премии Президента России в области образования (2000 г.), лауреат премий города Нижнего Новгорода (1993, 2009, 2011, 2012 гг.), почетный работник высшего образования России (1997 г.), заслуженный профессор ННГУ им. Н. И. Лобачевского (1999 г.), почетный доктор Лондонского столичного университета (2004 г.), почетный гражданин Нижнего Новгорода (2006 г.).

*Ректорат ННГАСУ и коллектив, редакционная коллегия Приволжского научного журнала сердечно поздравляют Романа Григорьевича Стронгина со славным юбилеем, желают ему доброго здоровья, благополучия и новых свершений на благо российской науки!*

# ЮБИЛЕЙ ПРОФЕССОРА В. П. СУЧКОВА

*29 июня 2019 года исполнилось 70 лет заведующему кафедрой строительных материалов и технологий Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, доктору технических наук, профессору, члену редакционной коллегии Приволжского научного журнала Сучкову Владимиру Павловичу.*

Владимир Павлович Сучков окончил Горьковский инженерно-строительный институт им. В. П. Чкалова в 1972 г. С 1978 по 1981 гг. обучался в аспирантуре Ленинградского инженерно-строительного института, в 1982 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в 2012 г. – докторскую диссертацию на тему «Механохимическая активация природного и техногенного сырья при производстве гипсовых строительных материалов и изделий».

С 1989 г. В. П. Сучков является заведующим кафедрой строительных материалов и технологий ННГАСУ. Под его руководством создана и успешно работает научная школа по разработке и совершенствованию принципов механохимической активации сырья при производстве строительных материалов, исследованию процессов кристаллизации в гипсосодержащих системах, разработке энергосберегающих, безотходных технологий переработки природного и техногенного сырья.

Более 20 лет Владимир Павлович, будучи федеральным экспертом, руководит центром «Нижегородстройиспытания». В центре проводятся комплексные испытания строительных материалов, изделий и конструкций по заказам предприятий строительного комплекса из различных регионов России и зарубежных стран.

Профессор В. П. Сучков является автором более 100 научных и учебно-методических публикаций, 11 патентов на изобретения. Под его научным руководством подготовлено 6 кандидатов технических наук. За достижения в научной и образовательной деятельности ему присвоено почетное звание «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации», знак «Почетный работник высшего профессионального образования», знак «Почетный строитель России». Владимир Павлович имеет награды международных выставок и конкурсов инновационных разработок в г. Брюсселе (Бельгия), г. Женеве (Швейцария).

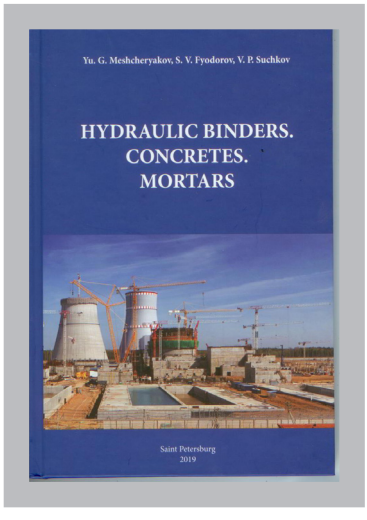
*Ректорат Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, редакционная коллегия Приволжского научного журнала поздравляют Владимира Павловича Сучкова с юбилеем, желают здоровья, благополучия, новых свершений на благо российской науки, успехов в подготовке научных и инженерных кадров для строительной отрасли страны!*

## НОВЫЕ ИЗДАНИЯ

**Ю. Г. Мещеряков. Гидравлические вяжущие. Бетоны. Строительные растворы: учеб. пособие** / Ю. Г. Мещеряков, С. В. Федоров, В. П. Сучков, АНО ДПО «Техническая академия Росатома». – СПб., 2019. – 200 с.: ил.
**ISBN 978-5-906580-06-1**

В связи со вступлением РФ в ВТО проведена переработка стандартов РФ на строительные материалы с целью их гармонизации с Европейскими нормами. Пособие содержит информацию о гидравлических вяжущих, бетонах и строительных растворах с учетом приведенных изменений.

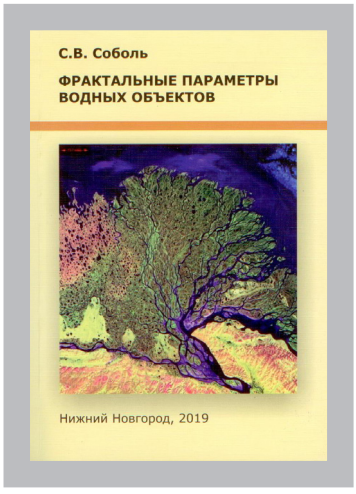
Пособие отвечает требованиям образовательных программ, а также Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования «Бакалавриат» по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» и «Специалитет» по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».




**Meshcheryakov Yu. G., Fyodorov S. V., Suchkov V. P. Hydraulic Binders. Concretes. Mortars: Study Guide** / Rosatom Tech. – Saint Petersburg, 2019. – 176 p.: Fig.
**ISBN 978-5-906580-09-2 (Eng.)**

In view of the fact that Russia joined the WTO, the Russian standards on building materials have been revised to ensure compliance with the European regulations. The Study Guide contains the information on hydraulic setting binders, concretes and building mortars with due regard for the revisions made.

The Study Guide meets requirements of educational programs and of the Federal State Educational Standard for Higher Vocational Education “Bachelor's Program" of 08.03.0l “Construction" discipline and “Specialist's Program" of 08.05.01 "Construction of Unique Buildings and Structures" discipline.




**Соболь С. В. Фрактальные параметры водных объектов: монография** / С. В. Соболь; Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2019. – 232 с.
**ISBN 978-5-528-00344-3**

В книге показано приложение элементов фрактальной теории к совокупному описанию морфометрических параметров природных и техногенных поверхностных водных объектов, климатических, гидрологических и геологических процессов, сопровождающих их существование.

Материал адресован исследователям водных объектов – инженерам, научным работникам, аспирантам, студентам различных специальностей.

# 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$^2$. 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 «π» 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 Cyr, 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 «jpg». 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.) переоформляются 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 II полугодие 2020 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 >