

ISSN 1995-2511

# ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

1

2016



ISSN 1995-2511



---

# **ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**Периодическое научное издание**

**№ 1**

**Март 2016**

**Нижний Новгород**



ISSN 1995-2511



---

---

# **THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL**

**Scientific periodical**

**№ 1**

**March 2016**

**Nizhny Novgorod**

ББК 95; я5

П 75

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 1 (37)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2016. 194 с., 19 л. цв. вклеек.

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

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

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

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

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

Подписано в печать 21.03.2016 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,6 + вкл. 3,1. Тираж 1200 экз. Заказ № 1/16

**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; pnj.nngasu.ru

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

Отпечатано в типографии ООО «Новые решения»

Адрес: Россия, 603098, г. Нижний Новгород, ул. Артельная, д. 35а, оф. 1.

ISSN 1995-2511

© ННГАСУ, 2016

Scientific periodical. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2016. 194 p., 19 p. of colour illustrations.

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

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

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

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

**MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:**

corresponding member of RAACS, doctor of architecture, professor E. A. AKHMEDOVA; corresponding member of RAACS, professor V. N. BOBYLYOV; honoured worker of science of RF, doctor of technical sciences, professor V. I. BODROV; doctor of technical sciences, professor A. L. VASILIEV; doctor of biological sciences, professor D. B. GELASHVILI; corresponding member of RAACS, doctor of architecture, professor A. L. GELFOND; Ph.D., professor R. GRAEFE; honoured worker of science of RF, corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor L. N. GUBANOV; doctor of technical sciences, professor A. I. EREMKin; corresponding member 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 21.03.2016. Format 70×108/16. Offset paper.  
Offset printing. Ref. publ. p. 15,6 + illust. 3,1. Copies 1200. Order № 1/16

**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.

## 8 ФЕВРАЛЯ – ДЕНЬ РОССИЙСКОЙ НАУКИ



*Дорогие друзья! Коллеги!*

От имени Министерства образования и науки Российской Федерации и от себя лично поздравляю вас с Днем российской науки!

В этот торжественный день хочу поблагодарить вас за ежедневный кропотливый труд, те уникальные проекты и работы, в замыслах и воплощении которых реализуется дух отечественной науки. Масштабность идей и смелость экспериментов, нестандартные подходы и вызов невозможному дают результаты, значение которых трудно переоценить.

Своими открытиями и достижениями вы обогащаете не только российскую, но и всю мировую науку. Благодаря вам создаются новые знания, открываются дополнительные возможности для отраслей национальной экономики, задаются высокие стандарты отечественного образования.

Особо хочется отметить положительную динамику увеличения числа ученых в России, активное привлечение в науку молодежи, становление университетов как важных площадок для научной деятельности. Убежден, что имея прочный фундамент, российская наука всегда будет двигаться вперед.

От всей души желаю вам здоровья, успехов, неиссякаемой энергии и новых открытий!

*Министр образования и науки  
Российской Федерации*

*Д. В. Ливанов*

## 8 ФЕВРАЛЯ – ДЕНЬ РОССИЙСКОЙ НАУКИ



*Дорогие друзья!  
Поздравляю вас с Днем российской науки!*

Ежегодно 8 февраля отечественное научное сообщество отмечает День российской науки, учрежденный указом Президента РФ в 1999 году. Этот праздник приурочен к дате основания Российской академии наук, созданной по повелению Императора Петра I Указом правительствующего Сената от 28 января (8 февраля по новому стилю) 1724 года.

Во все времена наука является движущей силой технического прогресса, мощным ресурсом экономических преобразований. Она вносит важнейший вклад в развитие общества и человека, определяет уровень развития цивилизации. Достойный вклад в инновационную копилку строительной и смежных отраслей вносят авторы «Приволжского научного журнала». Радует, что наряду с ведущими учеными, активное участие в опубликовании научных статей принимают молодые ученые, аспиранты и студенты. Ведь именно они – надежда отечественной науки, творцы будущего нашей страны.

От всей души желаю новых научных открытий и изобретений, неиссякаемой жизненной и творческой энергии, счастья и крепкого здоровья!

*Ректор ННГАСУ, профессор*

*А. А. Лапшин*

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ  
«ПРИВОЛЖСКОГО НАУЧНОГО ЖУРНАЛА»**

**EDITORIAL BOARD OF  
«THE PRIVOLZHISKY SCIENTIFIC JOURNAL»**



**Главный редактор**

СОБОЛЬ Станислав Владимирович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой гидротехнических сооружений ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Научная специальность: 05.23.07 «Гидротехническое строительство».

**Editor-in-Chief**

SOBOL Stanislav Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of hydraulic structures of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific speciality: 05.23.07 «Hydraulic construction».



**Ответственный секретарь**

МОНИЧ Дмитрий Викторович, канд. техн. наук, профессор кафедры архитектуры, начальник управления научных исследований, инноваций и проектных работ ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Научная специальность: 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения».

**Executive secretary**

MONICH Dmitry Viktorovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture, head of the Department of scientific researches, innovations and project works of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific speciality: 05.23.01 «Building structures».



АХМЕДОВА Елена Александровна, чл.-кор. РААСН, д-р арх., профессор, директор института архитектуры и дизайна ФГБОУ ВО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет».

Научная специальность: 05.23.22 «Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов».

AKHMEDOVA Elena Aleksandrovna, Corresponding member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, doctor of architecture, professor, director of the Institute of Architecture and Design of the Samara State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific speciality: 05.23.22 «Urban and rural planning».





БОБЫЛIEВ Владимир Николаевич, чл.-кор. РААСН, профессор, зав. кафедрой архитектуры, советник при ректорате ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», председатель президиума Приволжского территориального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук.

Научная специальность: 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения».

BOBYLYOV Vladimir Nikolaevich, Corresponding member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, professor, holder of the chair of architecture, advisor to the rector of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, chairman of the presidium of the Volga regional branch of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences.

Scientific speciality: 05.23.01 «Building structures».



БОДРОВ Валерий Иосифович, засл. деят. науки РФ, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой отопления и вентиляции ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Научная специальность: 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

BODROV Valery Iosifovich, honoured worker of science of Russian Federation, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of heating and ventilation of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific speciality: 05.23.03 «Heat supply, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting».



ВАСИЛЬЕВ Алексей Львович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой водоснабжения и водоотведения ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Научная специальность: 05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов».

VASILIEV Aleksey L'vovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of water supply and sewage of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific speciality: 05.23.04 «Water supply, sewage, building systems of water resources protection».



ГЕЛАШВИЛИ Давид Бежанович, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой экологии ФГАОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (Национальный исследовательский университет).

Научная специальность: 03.02.08 «Экология».

GELASHVILI David Bezhanovich, doctor of biological sciences, professor, holder of the chair of ecology of the N. I. Lobachevsky Nizhny Novgorod State University (National Research University). Scientific speciality: 03.02.08 «Ecology».



ГЕЛЬФОНД Анна Лазаревна, чл.-кор. РААСН, д-р арх., профессор, зав. кафедрой архитектурного проектирования ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Научные специальности: 05.23.20 «Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия», 05.23.21 «Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности».

GELFOND Anna Lazarevna, Corresponding member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, doctor of architecture, professor, holder of the chair of architectural design of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering. Scientific speciality: 05.23.20 «Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical and architectural heritage», 05.23.21 «Architecture of buildings. Creational concepts of architectural activity».



ГРЭФЕ Райнер, д-р наук, профессор Института теории архитектуры и строительного искусства, Университет Леопольда-Франца, г. Инсбрук (Австрия).

Научные специальности: 05.23.20 «Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия», 05.23.21 «Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности».

GRAEFE Rainer, Ph.D., professor of the Institute of architecture theory and building of the Innsbruck University (Austria). Scientific speciality: 05.23.20 «Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical and architectural heritage», 05.23.21 «Architecture of buildings. Creational concepts of architectural activity».



ГУБАНОВ Леонид Никандрович, засл. деят. науки РФ, чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой экологии и природопользования ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Научные специальности: 05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов», 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства».

GUBANOV Leonid Nikandrovich, honoured worker of science of Russian Federation, Corresponding member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of ecology and nature management of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific speciality: 05.23.04 «Water supply, sewage, building systems of water resources protection», 05.23.19 «Environmental safety of construction and municipal economy».



ЕРЕМКИН Александр Иванович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства».

Научная специальность: 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

EREMKIN Aleksandr Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of heat and gas supply and ventilation of the Penza State University of Architecture and Construction.

Scientific speciality: 05.23.03 «Heat supply, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting».



ЕРОФЕЕВ Владимир Трофимович, чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительных материалов и технологий, декан архитектурно-строительного факультета ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева» (Национальный исследовательский университет).

Научная специальность: 05.23.05 «Строительные материалы и изделия».

EROFEEV Vladimir Trofimovich, Corresponding Member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of building materials and technologies, dean of the architectural and construction department of the Ogaryov Mordovian State University.

Scientific specialty: 05.23.05 «Building materials and articles».



ИВЕТИЧ Марко, д-р наук, профессор кафедры гидротехники и инженерной экологии, Университет Белграда (Сербия).

Научные специальности: 05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов», 05.23.07 «Гидротехническое строительство», 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства».

IVETICH Marko, doctor of sciences, professor of the chair of hydraulic engineering and engineering ecology of the University of Belgrade (Serbia).

Scientific speciality: 05.23.04 «Water supply, sewage, building systems of water resources protection», 05.23.07 «Hydraulic construction», 05.23.19 «Environmental safety of construction and municipal economy».



КАРПЕНКО Николай Иванович, засл. деятель науки РФ, академик РААСН, д-р техн. наук, профессор, академик-секретарь Отделения строительных наук РААСН.

Научная специальность: 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения».

KARPENKO Nikolay Ivanovich, honoured worker of science of Russian Federation, academician of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, doctor of technical sciences, professor, academician-secretary of the building sciences Branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences.

Scientific speciality: 05.23.01 «Building structures».



КОГАН Марк Михайлович, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой математики ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Научная специальность: 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации».

KOGAN Mark Mikhailovich, doctor of physical-mathematical sciences, professor, holder of the chair of mathematics of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific speciality: 05.13.01 «System analysis, control and processing of information».



КОЗЛОВ Дмитрий Вячеславович, д-р техн. наук, профессор, проректор по инновационному развитию ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Научные специальности: 05.23.07 «Гидротехническое строительство», 05.23.16 «Гидравлика и инженерная гидрология».

KOZLOV Dmitriy Vyacheslavovich, doctor of technical sciences, vice-rector for innovation development of the Timiryazev Russian State Agrarian University – MSKhA.

Scientific speciality: 05.23.07 «Hydraulic construction», 05.23.16 «Hydraulics and engineering hydrology».



КУПРИЯНОВ Валерий Николаевич, чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой проектирования зданий ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет».

Научные специальности: 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения», 05.23.05 «Строительные материалы и изделия».

KUPRIANOV Valeriy Nikolaevich, Corresponding member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of buildings designing of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. Scientific speciality: 05.23.01 «Building structures», 05.23.05 «Building materials and articles».



НЕСТМАНН Франц, д-р наук, профессор, директор Института воды и водных объектов, Элитный Университет Карлсруэ (Германия).

Научные специальности: 05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов», 05.23.07 «Гидротехническое строительство», 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства».

NESTMANN Franz, Prof. Dr.-Ing., Head of the Institute for Water and River Basin Management at the Karlsruhe Institute of Technology (Germany).

Scientific speciality: 05.23.04 «Water supply, sewage, building systems of water resources protection», 05.23.07 «Hydraulic construction», 05.23.19 «Environmental safety of construction and municipal economy».



ПОТКОВ Сергей Игоревич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Научная специальность: 05.01.01 «Инженерная геометрия и компьютерная графика».

ROTKOV Sergey Igorevich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of engineering geometry, computer graphics and computer-aided design of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific speciality: 05.01.01 «Engineering geometry and computer graphics».





СТЕПАНОВ Сергей Валериевич, д-р техн. наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения ФГБОУ ВО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет».

Научная специальность: 05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов».

STEPANOV Sergey Valerievich, doctor of technical sciences, professor of the chair of water supply and sewage of the Samara State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific specialty: 05.23.04 «Water supply, sewage, building systems of water resources protection».



СТРОНГИН Роман Григорьевич, засл. деят. науки РФ, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой математического обеспечения ЭВМ, президент ФГАОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (Национальный исследовательский университет), председатель Совета ректоров вузов Приволжского федерального округа.

Научная специальность: 01.01.07 «Вычислительная математика».

STRONGIN Roman Grigorievich, honoured worker of science of Russian Federation, doctor of physical-mathematical sciences, professor, holder of the chair of computers' mathematical support, president of the N. I. Lobachevsky Nizhny Novgorod State University (National Research University), chairman of the Council of rectors of universities in the Volga Federal Region.

Scientific specialty: 01.01.07 «Calculus mathematics».



СУПРУН Анатолий Николаевич, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой информационных систем и технологий ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Научная специальность: 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела».

SUPRUN Anatoly Nikolaevich, doctor of physical-mathematical sciences, professor, holder of the chair of information systems and technologies of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific specialty: 01.02.04 «Mechanics of deformed solid».





СУЧКОВ Владимир Павлович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительных материалов ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Научная специальность: 05.23.05 «Строительные материалы и изделия».

SUCHKOV Vladimir Pavlovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of building materials of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific speciality: 05.23.05 «Building materials and articles».



ТЕЛИЧЕНКО Валерий Иванович, засл. деят. науки РФ, академик РААСН, д-р техн. наук, профессор кафедры строительства объектов тепловой и атомной энергетики, президент ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Почетный президент Международной Ассоциации строительных вузов.

Научные специальности: 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования», 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства».

TELICHENKO Valery Ivanovich, honoured worker of science of Russian Federation, academician of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, doctor of technical sciences, professor of the chair of construction of thermal and nuclear energy, president of the National Research Moscow State University of Civil Engineering, Honorary president of the International Association of Construction Universities.

Scientific speciality: 05.13.12 «Systems of design automation», 05.23.19 «Environmental safety of construction and municipal economy».



ТРАВУШ Владимир Ильич, засл. деятель науки РФ, академик РААСН, д-р техн. наук, профессор, вице-президент РААСН.

Научная специальность: 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения».

TRAVUSH Vladimir Il'ich, honoured worker of science of Russian Federation, academician of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, doctor of technical sciences, professor, vice-president of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences.

Scientific speciality: 05.23.01 «Building structures».



ФЕДОСОВ Сергей Викторович, засл. деят. науки РФ, академик РААСН, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой техносферной безопасности, президент ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет».

Научные специальности: 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий», 05.23.05 «Строительные материалы и изделия».

FEDOSOV Sergey Victorovich, honoured worker of science of Russian Federation, academician of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of technosphere safety, president of the Ivanovo State Polytechnic University.

Scientific speciality: 05.17.08 «Processes and devices of chemical technologies», 05.23.05 «Building materials and articles».



ЧУПРУНОВ Евгений Владимирович, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой кристаллографии и экспериментальной физики, ректор ФГАОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (Национальный исследовательский университет).

Научная специальность: 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

CHUPRUNOV Evgeny Vladimirovich, doctor of physical-mathematical sciences, professor, holder of the chair of crystallography and experimental physics, rector of the N. I. Lobachevsky Nizhny Novgorod State University (National Research University).

Scientific speciality: 01.04.07 «Physics of condensed state».



ЯБЛОКОВ Вениамин Александрович, засл. деят. науки РФ, д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой химии ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Научная специальность: 02.00.08 «Химия элементоорганических соединений».

YABLOKOV Veniamin Aleksandrovich, honoured worker of science of Russian Federation, doctor of chemical sciences, professor, holder of the chair of chemistry of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

Scientific speciality: 02.00.08 «Chemistry of elementorganic compounds».





## СОДЕРЖАНИЕ

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Супрун А. Н. Некоторые проблемы расчета строительных конструкций с учетом технологии возведения сооружения .....	9
Мурашкин В. Г. Деформационные характеристики высокопрочных бетонов при одноосном сжатии .....	17
Кондрашкин О. Б. Вероятностная оценка прочности стеновых конструкций здания .....	25
Зорков П. П., Пименов С. А. О существующих методах определения надежности конструкций .....	32
Куприянов В. Н., Морозов О. Г., Насыбуллин А. Р., Шафигуллин Р. И. К исследованию ослабления электромагнитных волн ограждающими конструкциями зданий .....	38
Ерофеев В. И., Лисенкова Е. Е., Хазов П. А. Анализ дисперсионных свойств упругой волны, распространяющейся в поврежденной струне, лежащей на упругом основании .....	45
Гордеев Б. А., Охотников М. Н., Титов Д. Ю., Шевырев Ю. В., Федоров О. В. Полупроводниковый преобразователь для питания гидроопор в электротехнических комплексах высотных зданий .....	50
Шеховцов Г. А., Шеховцова Р. П., Ивенин Д. П., Раскаткина О. В. Экспериментальные исследования координатного способа определения крена промышленных дымовых труб .....	58

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

Бодров М. В., Кузин В. Ю., Морозов М. С., Шаповал А. Ф. Обоснование границ применения естественных систем вентиляции многоквартирных жилых домов для Нижегородской области .....	65
--	----

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Рахимов Р. З., Рахимова Н. Р., Гайфуллин А. Р. Влияние добавок глинистов в портландцемент на водостойкость цементного камня .....	72
---	----

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Лапшин А. А., Васильев А. Л. Концепция формирования региональных экологических программ .....	81
Соболь С. В. Оценка геоэкологических последствий создания и многолетней эксплуатации равнинного Горьковского водохранилища на р. Волге .....	88
Гелашвили Д. Б., Дмитриев А. И., Сидоренко М. В., Безруков М. Е., Нижегородцев А. А., Маркелов И. Н. Современное состояние и прогноз функционирования фито- и зооценозов ООПТ «Дубрава у города Городца» при строительстве Нижегородского низконапорного гидроузла и создаваемого им водохранилища на р. Волге .....	97
Охапкин А. Г., Шурганова Г. В., Пухнаревич Д. А., Кудрин И. А., Ильин М. Ю., Бондарев О. О., Воденеева Е. Л. О современном гидроэкологическом состоянии зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища .....	104

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

Пономаренко Е. В. Особенности архитектуры городов-заводов Южного Урала в XVIII – начале XX века .....	114
---	-----



<b>Шумилкин С. М.</b> Торговые комплексы и ярмарки в структуре новых регулярных планов русских городов .....	119
<b>Шумилкин С. М.</b> Архитектурно-пространственные типы торговых центров русских городов конца XVIII века .....	127
<b>Пиляк С. А.</b> Объемно-пространственные особенности культового деревянного зодчества Костромского региона .....	134
<b>Худин А. А.</b> Архитектура Майкла Грейвса в аспекте постмодернизма .....	139
<b>Жданов Е. С.</b> Сфера в архитектурном формообразовании XX–XXI вв. ....	145
<b>Гоголева Н. А.</b> История развития пропедевтики .....	150

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

<b>Орлова Л. Н., Бутыревская И. Н.</b> Эволюция развития искусственного освещения архитектурных пространств .....	155
<b>Яковлев А. А., Яковлев М. А.</b> Функционально-планировочный баланс в проектировании складских комплексов .....	158
<b>Учаева К. О.</b> Современные тенденции в проектировании загородных рекреационных комплексов .....	166

## **ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

<b>Федотова И. А., Карелин Д. В.</b> Анализ пешеходных миграций Ново-Николаевска в период 1895–1905 гг. ....	170
<b>Кутай Е. П.</b> Развитие системы высотных ориентиров центра исторического города (на примере г. Пензы) .....	176

## **ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ**

Юбилей профессора С. В. Соболя .....	182
Юбилей профессора В. И. Бодрова .....	183
Юбилей профессора Р. Грэфе .....	184
Новые издания .....	185
Перечень требований и условий для публикации научной статьи в периодическом научном издании «Приволжский научный журнал» .....	188

**НА ОБЛОЖКЕ:** Река Керженец, Нижегородская область. Автор фото: нижегородский путешественник Валентин Ефремов



## CONTENTS

### BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES

<b>Suprun A. N.</b> Some problems of structure calculation taking into account building technologies .....	9
<b>Murashkin V. G.</b> Deformation characteristics of high strength concrete under uniaxial compression .....	17
<b>Kondrashkin O. B.</b> Probabilistic assessment of strength of building wall structures .....	25
<b>Zorkov P. P., Pimenov S. A.</b> About current fault-tolerance techniques .....	32
<b>Kupriyanov V. N., Morozov O.G., Nasybullin A. R., Shafigullin R. I.</b> On the research of electromagnetic waves weakening by external walls of buildings .....	38
<b>Erofeev V. I., Lisenkova E. E., Khazov P. A.</b> Analysis of dispersion properties of elastic waves propagating in a damaged string on an elastic foundation .....	45
<b>Gordeev B. A., Okhotnikov M. N., Titov D. Yu., Shevryov Yu. V., Fyodorov O. V.</b> Semiconductor converter for powering hydromounts in electrical complexes of high-rise buildings .....	50
<b>Shekhovtsov G. A., Shekhovtsova R. P., Ivenin D. P., Raskatkina O. V.</b> Experimental studies of the coordinate method for determining the heeling of industrial chimneys .....	58

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

<b>Bodrov M. V., Kuzin V. Yu., Morozov M. S., Shapoval A. F.</b> Rationale of the limits of use of natural ventilation in apartment houses for Nizhny Novgorod region .....	65
---	----

### CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

<b>Rakhimov R. Z., Rakhimova N. R., Gayfullin A. R.</b> The influence of additives in Portland cement on water resistance of cement stone .....	72
---	----

### ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND CITY ECONOMY

<b>Lapshin A. A., Vasil'ev A. L.</b> The concept of formation of regional environmental programmes .....	81
<b>Sobol S. V.</b> Evaluation of geoecological consequences of creation and long-term operation of the plain Gorky reservoir on the Volga river .....	88
<b>Gelashvili D. B., Dmitriev A. I., Sidorenko M. V., Bezrukov M. E., Nizhegorodtsev A. A., Markelov I. N.</b> Current state and forecast of phyto- and zoocenoses functioning of the specially protected natural area «Dubrava u goroda Gorodtsa» during construction of a Nizhny Novgorod low-head hydrounit and created by it reservoir on the Volga river ...	97
<b>Okhapkin A. G., Shurganova G. V., Pukhnarevich D. A., Kudrin I. A., Il'in M. Yu., Bondarev O. O., Vodeneeva E. L.</b> The present hydroecological state of the area of fluvial hydraulics of the Cheboksary reservoir .....	104

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

<b>Ponomarenko E. V.</b> The architectural features of cities-factories of the Southern Urals in the XVIII – early XX centuries .....	114
<b>Shumilkin S. M.</b> Trade complexes and fairs in the structure of new regular plans of Russian towns .....	119
<b>Shumilkin S. M.</b> Architectural-spatial types of trade centers of Russian towns of the late XVIII century .....	127





<b>Pilyak S. A.</b> Spatial features of the cult wooden architecture of the Kostroma region.....	134
<b>Khudin A. A.</b> Michael Graves architecture in postmodernism aspect .....	139
<b>Zhdanov E. S.</b> Sphere in architectural forming in XX–XXI centuries .....	145
<b>Gogoleva N. A.</b> History of propaedeutics.....	150

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

<b>Orlova L. N., Butyrevskaya I. N.</b> The evolution of artificial lighting of architectural spaces .....	155
<b>Yakovlev A. A., Yakovlev M. A.</b> Functional planning balance in the design of warehouse complexes.....	158
<b>Uchaeva K. O.</b> Current trends in the design of suburban recreational complexes .....	166

#### **TOWN-PLANNING, PLANNING RURAL BUILT-UP AREAS**

<b>Fedotova I. A., Karelin D. V.</b> Analysis of pedestrian migration of Novo-Nikolaevsk for 1895–1905 .....	170
<b>Kutay E. P.</b> Development of a system of high-rise landmarks in the center of a historical city (by the example of Penza city) .....	176

#### **INFORMATION SECTION**

Jubilee of professor Sobol S. V.....	182
Jubilee of professor Bodrov V. I.....	183
Jubilee of professor Graefe R.....	184
New publications .....	185
List of requirements for publication in the scientific periodical «The Privolzhsky scientific journal».....	188

**COVER PAGE:** The Kerzhenets River. Nizhny Novgorod region. Photo by Nizhny Novgorod traveler Valentin Efremov

УДК 624.042.1

**А. Н. СУПРУН**, д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой информационных систем и технологий

## НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ СООРУЖЕНИЯ

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 433-19-20;  
эл. почта: suprun@nngasu.ru

*Ключевые слова:* расчетная схема, принцип суперпозиции, стадийность решения, электронное моделирование.

---

*Статья посвящена актуальной проблеме расчета конструкций, изменяющих свою расчетную схему в процессе возведения сооружений. Представлен обзор научной литературы, показывающий, что указанная проблема имеет относительно давнюю историю исследований. Дается новое объяснение причины существенных отличий результатов двух известных решений одной и той же задачи.*

---

Катастрофы строительных сооружений XXI века, сопровождающиеся многочисленными человеческими жертвами (небоскребы Всемирного торгового центра Нью-Йорка 11 сентября 2001 г., здание Трансвааль-Парка в Москве 14 февраля 2004 г. и др.), поставили перед строителями задачу существенного повышения уровня ответственности к расчетам, качеству возведения и условий эксплуатации строящихся объектов. Это коснулось, прежде всего, нормативной базы (Федеральный закон от 30.12.2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», Межгосударственный стандарт «Мониторинг технического состояния уникальных зданий и сооружений» от 18.12.2012 г. и др.). В частности указывалось, что при проектировании требуется «...рассматривать различные расчетные ситуации..., в том числе стадии изготовления, транспортирования, возведения, эксплуатации...» (Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003).

В настоящее время в мире уже накоплен солидный опыт проектирования и монтажа крупноразмерных конструкций, например в мостостроении. Однако и многоэтажное строительство, в частности в связи с необходимостью выполнения требований создания зон повышенной огнестойкости (для противопожарных укрытий), столкнулось с проблемами неоднородности жесткостей по высоте здания и тем самым с необходимостью расчета конструкций, поэтажно изменяющих свои расчетные схемы.

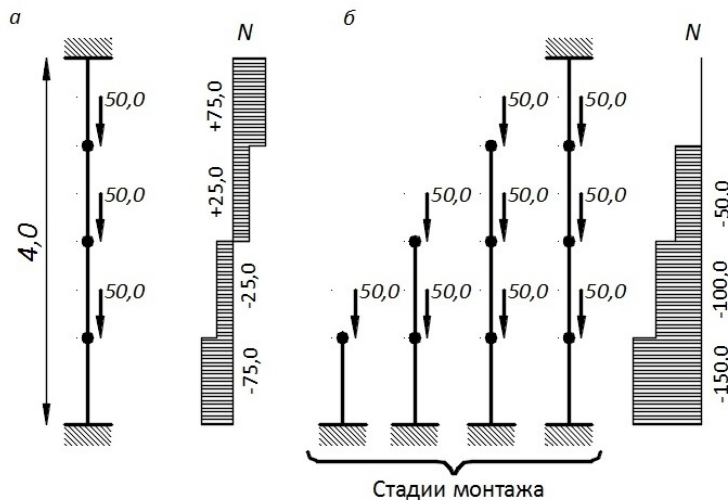
Следует заметить, что проблема изменяющейся расчетной схемы имеет относительно давнюю историю исследований. Это, прежде всего, классическое направление, связанное с наращиванием тел в упругой, вязкоупругой и вязкоупруго-пластической постановках [1–7]. Некоторые общие проблемы учета изменяющейся расчетной схемы в процессе возведения зданий рассматривались в [8–15]. Специфика гидротехнических сооружений и мостостроения нашла отражение, например в [16–20]. Учет сочетания изменяющейся расчетной схемы с физической и геометрической нелинейностями, ползучестью и пластичностью материала приобрел особую актуальность, прежде всего при проектировании сооружений из монолитного железобетона [5], [21–28], а также при моделировании имевших место или возможных аварий или катастроф.

Различным подходам к решению проблемы компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) строительных конструкций, учитывающих технологию возведения сооружений, а также механические свойства конструктивных материалов и грунтовых оснований, были посвящены многочисленные исследования, например [29–38]. Этому способствовала возможность моделировать стадийность возведения объекта с изменениями расчетных схем конструкций в процессе строительства, предоставляемая

рядом ориентированных на строительство коммерческих программных комплексов (ЛИРА, СКАД, ANSYS и др.).

Вероятно, по той же причине в последние годы в научной литературе стали широко применяться иллюстративные примеры результатов численных расчетов конструкций с изменяющейся расчетной схемой.

Вместе с тем в некоторых случаях стремление авторов продемонстрировать контрастность результатов приводит к утрате корректности их сопоставления. Так, например в [38], приведены решения двух задач (рисунок), в которых, по мнению авторов, «распределение внутренних усилий существенно отличается при учете стадийности и при игнорировании этого факта».



Два варианта возведения стойки [38]

На рис. *а* представлены закрепленная с двух концов стойка с тремя вертикальными нагрузками и эпюра внутренних усилий, построенная в предположении «одномоментного» создания конструкции. На рис. *б* иллюстрируется стадийный монтаж системы, состоящий из четырех стадий. Четвертая стадия состоит в присоединении стойки с верхней заделкой.

Внешне система «*а*» и итоговая система «*б*» полностью совпадают, но имеют существенно различающиеся эпюры внутренних сил, а также и коэффициенты запаса устойчивости. В заключение авторы делают следующий вывод: «Трудно сказать, какая из указанных постановок задачи является «более правильной», обе они в той или иной степени условны» [38].

Проанализируем здесь причины столь существенных различий двух решений.

Известно, что при выполнении естественных предпосылок классической механики (каждая нагрузка в отдельности и все вместе дают малые изменения формы системы, материал упругий и следует закону Гука, определение реакций и внутренних сил производится по недеформированному состоянию) будет применим принцип суперпозиций. Поэтому всякая стадийность (например, какой-либо вариант не мгновенного приложения нагрузок), не приводящая в статически неопределимой задаче «*а*» к нарушению указанных предпосылок, не изменит итоговую эпюру  $N$ .

В задаче «*б*» на первых трех стадиях имеют место статически определимые задачи, для которых эпюры внутренних усилий определяются уравнениями равновесия. Поэтому эпюра внутренних сил в частности третьей стадии будет зависеть только от действующих на стойку нагрузок и не зависеть от предшествующей истории их приложения. Таким образом, изображенная на рисунке стадийность никакого влияния на эпюру не оказывает.



Кроме того, эпюра не зависит от формы поперечного сечения и материала стоек, а также и от конструкций их соединения. Очевидно, что присоединение на четвертой стадии стойки с заделкой носит декоративный характер, т. к. четвертая стойка не несет никакой нагрузки (см. эпюру на рисунке).

Подводя итог выполненному анализу, следует признать, что различия двух решений связаны не с учетом в одном из них стадийности монтажа, а с выбором различных расчетных схем. Таким образом, выбор задачи («а» или «б») должен определяться принимаемой технологией монтажа стойки.

В заключение следует заметить, что еще в период конкурентного развития аналоговой и цифровой вычислительной техники строились электронные модели, позволяющие наблюдать на экранах осциллографов процессы возведения строительных объектов в удобном для пользователя масштабе времени. Так было получено решение [39] задачи последовательного возведения из монолитного железобетона трехъярусной рамы с выводом на экран технологической карты и эпюр изгибающих моментов. При этом учитывались ползучесть и старение бетона.

Также на электронной модели было выполнено исследование влияния скорости и закона возведения сооружения во времени на его отклонение от вертикали при незначительной неоднородности реологических свойств грунтов под подошвой фундамента [40]. Для возможности использования в электронных моделях строящихся объектов различных вариантов определяющих соотношений деформаций ползучести стареющего бетона были построены [41] электрические аналоги уравнений Н. Х. Арутюняна, Д. Мак-Генри, А. В. Яшина, С. В. Александровского, С. В. Александровского и О. М. Попковой.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рашба, Э. И. Определение напряжений в массивах от действия собственного веса с учетом порядка их возведения / Э. И. Рашба // Сборник трудов института строительной механики АН УССР. – 1953. – № 18. – С. 23–27.
2. Левин, М. А. Напряжения и деформации в растущих телах / М. А. Левин // Доклады АН БССР. – 1967. – Т. 11, № 3. – С. 222–225.
3. Вайнберг, А. И. Плоская задача теории упругости для возводимого массива на упругом основании / А. И. Вайнберг // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1969. – № 5. – С. 43–48.
4. Харлаб, В. Д. К линейной теории ползучести наращиваемого тела / В. Д. Харлаб // Механика стержневых систем и сплошных сред : межвуз. темат. сб. тр. – Ленинград : ЛИСИ, 1980. – Вып. 13 – С. 149–157.
5. Арутюнян, Н. Х. Механика растущих вязкоупруго-пластичных тел / Н. Х. Арутюнян, А. Д. Дроздов, В. Э. Наумов. – Москва : Наука, 1987. – 148 с.
6. Тринчер, В. К. Расчет наращиваемых тел / В. К. Тринчер. – Москва : Изд-во МГУ, 1989. – 156 с.
7. Образцов, И. Ф. О постановках задачи непрерывного наращивания упругих тел / И. Ф. Образцов, В. Н. Наймушин, Н. Н. Сидоров // Доклады АН СССР. – 1990. – Т. 314, № 4. – С. 813–816.
8. Гильман, Г. Б. Расчет пространственных систем с изменяющейся в процессе нагружения расчетной схемой / Г. Б. Гильман, В. С. Борисенко // ЭВМ в исследованиях и проектировании объектов строительства. – Киев, 1973. – С. 27–37.
9. Сапожников, А. И. Расчет сооружений методом конечных элементов с поэтажным формированием матрицы жесткости / А. И. Сапожников, С. Ф. Горелов // Строительная механика и расчет сооружений. – 1982. – № 4. – С. 54–56.
10. Ильичев, В. А. Плоская задача о штампе на упругом основании с учетом технологии его возведения / В. А. Ильичев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2008. – № 4. – С. 12–16.
11. Завьялова, О. Б. Учет последовательности монтажа конструкций при расчете усилий в рамных системах / О. Б. Завьялова // Известия вузов. Сер. «Строительство». – 2009. – № 2. – С. 115–122.



12. Сапожников, А. И. Учет последовательности возведения зданий различной конструктивной схемы / А. И. Сапожников, С. М. Григорьев // Известия вузов. Сер. «Строительство». – 2010. – № 2. – С. 96–105.
13. Кабанцев, О. В. Технология расчетного прогноза напряженно-деформированного состояния конструкций с учетом истории возведения, нагружения и деформирования / О. В. Кабанцев, В. С. Карпиловский, Э. З. Криксунов, А. В. Перельмутер // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2011. – Vol. 7, Issue 3. – С. 110–117.
14. Кабанцев, О. В. Учет изменений расчетной схемы при анализе работы конструкции / О. В. Кабанцев, А. Г. Тамразян // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 5. – С. 15–26.
15. Кабанцев, О. В. Расчет несущих конструкций зданий с учетом истории возведения и поэтапного изменения основных параметров расчетной модели / О. В. Кабанцев // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 7. – С. 33–35.
16. Шульман, Г. Расчеты гидротехнических сооружений с учетом последовательности возведения / Г. Шульман. – Москва : Энергия, 1975. – 168 с.
17. Дятловский, Л. И. Формирование напряжений в гравитационных плотинах / Л. И. Дятловский, А. И. Вайпберг. – Киев : Наукова Думка, 1975. – 264 с.
18. Золотов, О. Н. Особенности расчета обделок гидротехнических туннелей на нагрузки от веса горных пород методами механики сплошных сред / О. Н. Золотов, Р. А. Резников // Гидротехническое строительство. – 1978. – № 6. – С. 24–27.
19. Золотов, О. Н. Особенности формализации процедуры численных исследований на ЭВМ подземных гидротехнических сооружений / О. Н. Золотов // Сборник научных трудов Гидропроекта. – Москва, 1983. – Вып. 85. Автоматизация исследований, расчетов и проектирования. – С. 68–70.
20. Пуляевский, Д. В. Напряженно-деформированное состояние наращиваемых систем из вязкоупругого материала / Д. В. Пуляевский // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2007. – № 1. – С. 75–88.
21. Хило, Е. Р. Усиление железобетонных конструкций с изменением расчетной схемы и напряженного состояния / Е. Р. Хило, Б. С. Попович. – Львов : Выща шк., 1976. – 76 с.
22. Здоренко, В. С. Определение напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций во времени / В. С. Здоренко, И. Д. Евзеров, М. Е. Винницкий // Пространственные конструкции в Красноярском крае. – Красноярск, 1983. – С. 151–157.
23. Арутюнян, Н. Х. Расчет строительных конструкций с учетом ползучести / Н. Х. Арутюнян, А. А. Зевин. – Москва : Стройиздат, 1988. – 256 с.
24. Пуляевский, Д. В. Напряженно-деформированное состояние железобетонных мостов с учетом стадийности сооружения, усадки и ползучести бетона / Д. В. Пуляевский // Транспортное строительство. – 2007. – № 2. – С. 26–28.
25. Шеин, А. И. Расчет монолитных железобетонных каркасов с учетом последовательности возведения, физической нелинейности и ползучести бетона / А. И. Шеин, О. Б. Завьялова // Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. – № 5. – С. 64–69.
26. Завьялова, О. Б. Учет истории нагружения монолитных железобетонных плитно-стержневых систем при определении напряженного состояния их элементов / О. Б. Завьялова // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 7. – С. 58–61.
27. Шеин, А. И. Влияние физической нелинейности бетона на напряженно-деформированное состояние элементов монолитных железобетонных рам, рассчитываемых с учетом истории нагружения / А. И. Шеин, О. Б. Завьялова // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 8. – С. 29–31.
28. Шеин, А. И. Учет реологических свойств бетона при возведении монолитных многоэтажных рам с ускорением сроков строительства / А. И. Шеин, О. Б. Завьялова // Перспективы развития строительного комплекса. – 2013. – Т. 1, № 1. – С. 12–19.
29. Перельмутер, А. В. О влиянии изменения жесткостей на перераспределение усилий в статически неопределимой системе / А. В. Перельмутер // Строительная механика и расчет сооружений. – 1974. – № 5. – С. 64–67.
30. Кашеварова, Г. Г. Численный анализ эффективных упругих свойств материала кир-



пичной кладки / Г. Г. Кашеварова, Н. А. Труфанов // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2005. – Т. II, № 1. – С. 49–60.

31. Назаров, Ю. П. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла конструкций / Ю. П. Назаров, В. Н. Симбиркин, А. С. Городецкий // Актуальные проблемы исследований по теории сооружений : сб. науч. ст. : в 2 ч. / Центр. науч.-исслед. ин-т строит. конструкций им. В. А. Кучеренко. – Москва, 2009. – Ч. 2. – С. 204–216.

32. Карпенко, Н. И. О методах расчета высотных зданий и сооружений из монолитного железобетона на основе послойной детализации / Н. И. Карпенко, С. Н. Карпенко, В. И. Травуш // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2011. – Т. 7, № 3. – С. 149–163.

33. Вознюк, А. Б. Мониторинг в процессе строительства напряженно-деформированного состояния несущих конструкций и грунтов основания высотных зданий в Москве / А. Б. Вознюк, Н. К. Капустян, В. К. Таракановский, А. Н. Климов // Будівельні конструкції. – 2010. – Вып. 73. – С. 461–467.

34. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – Москва : СКАД СОФТ : АСВ : ДМК Пресс, 2011. – 709 с.

35. Перельмутер, А. В. Моделирование процесса монтажа и создания преднапряжения / А. В. Перельмутер // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений. – Челябинск, 2012. – С. 7–9.

36. Барабаш, М. С. Методы компьютерного моделирования процессов возведения высотных зданий / М. С. Барабаш // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2012. – Vol. 8, Issue 3. – С. 58–67.

37. Кабанцев, О. В. Учет изменения жесткостей элементов в процессе монтажа и эксплуатации / О. В. Кабанцев, А. В. Перельмутер // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – № 1 (53). – С. 6–14.

38. Перельмутер, А. В. Анализ конструкций с изменяющейся расчетной схемой: учеб. пособие для магистрантов и студентов / А. В. Перельмутер, О. В. Кабанцев. – Москва : СКАД СОФТ : АСВ, 2015. – 148 с.

39. Супрун, А. Н. Некоторые методы электронного моделирования рам с учетом ползучести, старения и переменной структуры сооружения / А. Н. Супрун, П. П. Медведев // 25 научно-техническая конференция БПИ. Материалы секции строительной механики / Белорус. политехн. ин-т. – Минск, 1968. – С. 73–78.

40. Супрун, А. Н. Исследование влияния скорости строительства на перекося сооружения в процессе осадки с помощью электронных моделей / А. Н. Супрун // Исследования по теории упругости и пластичности : сб. работ аспирантов и соискателей. – Горький, 1970. – Вып. 56. – С. 125–134. – (Исследования по теории упругости и пластичности / отв. ред. А. Г. Угодчиков. – Горький : Волго-Вят. кн. изд-во, 1968. – 55 с. – (Труды / Горьк. инж.-строит. ин-т ; Вып. 49).

41. Супрун, А. Н. Электроаналоги математических моделей теории упруго-ползучего тела / А. Н. Супрун // Доклады АН УССР. Сер. А. – Киев, 1971. – № 3. – С. 260–263.

**SUPRUN Anatoliy Nikolaevich, doctor of physical and mathematical sciences, professor, holder of the chair of information systems and technologies**

### **SOME PROBLEMS OF STRUCTURE CALCULATION TAKING INTO ACCOUNT BUILDING TECHNOLOGIES**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 433-19-20; e-mail: suprun@nngasu.ru

*Key words:* calculation scheme, superposition principle, phase-by-phase decision, electronic simulation.





*The article is dedicated to an actual problem of design calculation of structures subjected to the change of their calculation scheme in the process of construction. A review of scientific literature proves that the mentioned problem has quite a long history of study. A new explanation of the reason why the results of two known solutions of one and the same problem may be significantly different is given.*

## REFERENCES

1. Rashba E. I. Opredelenie napryazheniy v massivakh ot deystviya sobstvennogo vesa s uchyotom poryadka ikh vozvedeniya [Calculation of strain in constructions caused by their own weight taking into account the sequence of their erection]. Sbornik trudov instituta stroitelnoy mekhaniki AN USSR [Collected articles of the Institute of structural mechanics AS USSR]. 1953. № 18, P. 23–27.
2. Levin M. A. Napryazheniya i deformatsii v rastuschikh telakh [Strain and deformation in growing bodies]. Doklady AN BSSR 1967, Vol. 11, № 3, P. 222–225.
3. Vaynberg A. I. Ploskaya zadacha teorii uprugosti dlya vozvodimogo massiva na uprugom osnovanii [A plane problem of the theory of elasticity for a construction built on an elastic foundation]. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo i arkhitektura [Proceedings of Higher Schools. Construction and Architecture]. 1969, № 5, P. 43–48.
4. Kharlab V. D. K lineynoy teorii polzuchesti naraschivaemogo tela [To the linear theory of creeping of a heightened body]. Mekhanika sterzhnevyykh sistem i sploshnykh sred: mezhvuzovskiy tematischeskiy sbornik trudov [Mechanics of frameworks and continuous systems: interuniversity thematic articles]. Vyp. 13, Leningrad: Izd-vo LISI. 1980, P. 149–157.
5. Arutyunyan N. Kh., Drozdov A. D., Naumov V. E. Mekhanika rastuschikh vyazkouprugoplastichnykh tel [Mechanics of growing viscoelastic-plastic bodies]. Nauka, Moscow, 1987.
6. Trincer V. K. Raschyot naraschivaemykh tel. [Calculation of heightened bodies]. Izdatelstvo MGU, Moscow, 1989.
7. Obraztsov I. F., Naymushin V. N., Sidorov N. N. O postanovkakh zadachi nepreryvnogo naraschivaniya uprugikh tel. [On a problem of continuous heightening elastic bodies]. Doklady AN SSSR [Reports of AS USSR]. 1990.
8. Gilman G. B., Borisenko V. S. Raschyot prostranstvennykh sistem s izmenyayuscheysya v protsesse nagruzeniya raschyotnoy skhemoy [Designing 3D systems with a calculation scheme being changed in the process of loading]. EVM v issledovaniyakh i proektirovanii ob'ektov stroitelstva [PCs in researches and designing construction objects]. Vyp. III, Kiev: Kiev NIIEP, 1973, P. 27–37.
9. Sapozhnikov A. I., Gorelov S. F. Raschyot sooruzheniy metodom konechnykh elementov s poetazhnym formirovaniem matritsy zhyostkosti [Designing constructions by a finite-element method with phase-by-phase formation of stiffness matrix]. Stroitel'naya mekhanika i raschyot sooruzheniy [Structural mechanics and structure calculation]. 1982, № 4, P. 54–56.
10. Ilichev V. A. Ploskaya zadacha o shtampe na uprugom osnovanii s uchyotom tekhnologii ego vozvedeniya [Plane problem about stamp on an elastic foundation with a glance at the technology of its erection]. Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov [Bases, foundations and mechanics of grounds]. 2008, № 4, P. 12–16.
11. Zavyalova O. B. Uchyot posledovatelnosti montazha konstruktsey pri raschyote usiliy v ramnykh sistemakh [Taking into consideration the sequence of structure erection during calculation of forces in framework systems]. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo [Proceedings of Higher Schools. Construction], 2009, № 2, P. 115–122.
12. Sapozhnikov A. I., Grigorshev S. M. Uchyot posledovatelnosti vozvedeniya zdaniy razlichnoy konstruktivnoy skhemy [Taking into consideration the sequence of construction of buildings of different structural schemes]. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo [Proceedings of Higher Schools. Construction], 2010, № 2, P. 96–105.
13. Kabantsev O. V., Karpilovskiy V. S., Kriksunov E. Z., Perel'muter A. V. Tekhnologiya raschyotnogo prognoza napryazhyonno-deformirovannogo sostoyaniya konstruktsey s uchyotom istorii vozvedeniya, nagruzeniya i deformirovaniya. [Technology of computation forecast of the



mode of deformation of structures taking into account the history of construction, loading and deformation]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2011, Vol. 7, Issue 3, P. 110–117.

14. Kabantsev O. V., Tamrazyan A. G. Uchyot izmeneniy raschyotnoy skhemy pri analize raboty konstruktсии [Taking into consideration calculation scheme changes during analysis of structures function]. *Inzhenerno-stroitelny zhurnal* [Magazine of Civil Engineering]. 2014, № 5, P. 15–26.

15. Kabantsev O. V. Raschyot nesuschikh konstruktсий zdaniy s uchyotom istorii vozvedeniya i poetapnogo izmeneniya osnovnykh parametrov raschyotnoy modeli [Designing bearing structures of buildings with consideration of the history of construction and phase-by-phase change of main parameters of the calculation model]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2012. № 7, P. 33–35.

16. Shulman G. Raschyoty gidrotekhnicheskikh sooruzheniy s uchyotom posledovatelnosti vozvedeniya [Designing waterworks with taking into consideration the sequence of construction]. Moscow: Energiya. 1975, 168 p.

17. Dyatlovitskiy L. I., Vaypberg A. I. Formirovanie napryazheniy v gravitatsionnykh plotinakh [Strain formation in gravity dams]. Kiev: Naukova Dumka, 1975, 264 p.

18. Zolotov O. N., Reznikov R. A. Osobennosti raschyota obdelok gidrotekhnicheskikh tunney na nagruzki ot vesa gornyykh porod metodami mekhaniki sploshnykh sred [Specific features of calculation of the hydraulic tunnel lining subject to rock weight by methods of continuum mechanics]. *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Hydrotechnical Construction]. 1978, № 6, P. 24–27.

19. Zolotov O. N. Osobennosti formalizatsii protsedury chislennykh issledovaniy na EVM podzemnykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Specific features of formalization of the procedure of numerical computing of underground hydraulic structures]. *Sbornik nauchnykh trudov Gidroproekta, Vyp. 85 «Avtomatizatsiya issledovaniy, raschyotov i proektirovaniya»* [Collected scientific articles, issue 85» Automation of researches, calculations and designing]. Moscow. 1983, P. 68–70.

20. Pulyaevskiy D. V. Napryazhyonno-deformirovannoe sostoyanie naraschivaemykh sistem iz vyazkoupругogo materiala [Mode of deformation of heightened systems of viscoelastic material]. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktсий i sooruzheniy* [Structural mechanics of engineering constructions and buildings]. 2007, № 1, P. 75–88.

21. Khilo E. R., Popovich B. S. Usilenie zhelezobetonnykh konstruktсий s izmeneniem raschyotnoy skhemy i napryazhyonnogo sostoyaniya [Strengthening reinforced concrete constructions with change of calculation scheme and stress]. Lvov: Izdatelskoe ob'edinenie «Vyscha shkola», 1976, 76 p.

22. Zdorenko V. S., Evzerov I. D., Vinnitskiy M. E. Opredelenie napryazhyonno-deformirovannogo sostoyaniya zhelezobetonnykh konstruktсий vo vremeni [Determining the mode of deformation of reinforced concrete constructions with time]. *Prostranstvennye konstruktсии v Krasnoyarskom krae* [Three-dimensional constructions in Krasnoyarsk region]. Krasnoyarsk: KPI. 1983, P. 151–157.

23. Arutyunyan N. Kh., Zevin A. A. Raschyot stroitelnykh konstruktсий s uchyotom polzuchesti. [Calculation of constructions taking into account creeping]. Moscow. Stroyizdat, 1988, 256 p.

24. Pulyaevskiy D. V. Napryazhyonno-deformirovannoe sostoyanie zhelezobetonnykh mostov s uchyotom stadiynosti sooruzheniya, usadki i polzuchesti betona [Mode of deformation of reinforced concrete bridges with an allowance to the stages of construction, concrete shrinkage and creeping]. *Transportnoe stroitelstvo* [Transport construction]. 2007. № 2, P. 26–28.

25. Shein A. I., Zav'yalova O. B. Raschyot monolitnykh zhelezobetonnykh karkasov s uchyotom posledovatelnosti vozvedeniya, fizicheskoy nelineynosti i polzuchesti betona [Designing cast reinforced concrete carcasses taking into consideration the sequence of construction, physical non-linearity and creep of concrete]. *Stroitel'naya mekhanika i raschyot sooruzheniy* [Structural mechanics and calculation of constructions]. 2012, № 5, P. 64–69.

26. Zav'yalova O. B. Uchyot istorii nagruzheniya monolitnykh zhelezobetonnykh plitno-sterzhnevyykh sistem pri opredelenii napryazhyonnogo sostoyaniya ikh elementov [Taking into account the history of loading cast reinforced concrete slab-rod systems at determining stress of their elements]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and civil engineering]. 2012, № 7, P. 58–61.

27. Shein A. I., Zav'yalova O. B. Vliyanie fizicheskoy nelineynosti betona na napryazhyonno-deformirovannoe sostoyanie elementov monolitnykh zhelezobetonnykh ram, rasschityvaemykh s uchyotom istorii nagruzheniya [Influence of physical non-linearity of concrete on deformation mode of cast reinforced concrete bent elements taking into account the history of loading]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and civil engineering]. 2012, № 8, P. 29–31.

28. Shein A. I., Zav'yalova O. B. Uchyot reologicheskikh svoystv betona pri vozvedenii monolitnykh mnogoetazhnykh ram s uskoreniem srokov stroitelstva [Taking into account rheological properties of concrete at erection of cast multistory bents with speeding-up construction process]. *Perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa* [Prospects of development of construction complex]. 2013, № 1 (Vol. I), P. 12–19.

29. Perelmutter A. V. O vliyani izmeneniya zhyostkostey na pereraspredelenie usiliy v staticheski neopredelimoj sisteme [About influence of stiffness change on forces redistribution in a statically indefinite system]. *Stroitel'naya mekhanika i raschyot sooruzheniy* [Structural mechanics and structure calculation]. 1974, № 5, P. 64–67.

30. Kashevarova G. G., Trufanov N. A. Chislenny analiz effektivnykh uprugikh svoystv materiala kirpichnoy kladki [Numerical analysis of effective elastic properties of brickwork material]. *Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruksiy* [Mechanics of composite materials and structures]. 2005, Vol. II, № 1, P. 49–60.

31. Nazarov Yu. P., Simbirkin V. N., Gorodetskiy A. S. Komp'yuternoe modelirovanie protsessov zhiznennogo tsikla konstruksiy [Computer simulation of construction life cycle]. *Aktualnye problemy issledovaniy po teorii sooruzheniy: Sbornik nauchnykh statey v 2 chastyakh* [Actual problems of researches on the theory of constructions: Selected scientific articles in 2 parts]. TsNIISK im. V. A. Kucherenko. Chast 2, Moscow. TsPP. 2009, P. 204–216.

32. Karpenko N. I., Karpenko S. N., Travush V. I. O metodakh raschyota vysotnykh zdaniy i sooruzheniy iz monolitnogo zhelezobetona na osnove posloynnoy detalizatsii [About methods of calculation of highrise buildings of cast reinforced concrete based on layerwise detailing]. *Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Modern industrial and civil engineering]. 2011, Vol. 7, № 3, P. 149–163.

33. Voznyuk A. B., Kapustyan N. K., Tarakanovskiy V. K., Klimov A. N. Monitoring v protsesse stroitelstva napryazhyonno-deformirovannogo sostoyaniya nesuschikh konstruksiy i gruntov osnovaniya vysotnykh zdaniy v Moskve [Monitoring the deformation mode of bearing structures and foundation ground in the process of construction of highrise buildings in Moscow]. *Budivelni konstruksii*. 2010, Vyp. 73, P. 461–467.

34. Perelmutter A. V., Slivker V. I. Raschyotnye modeli sooruzheniy i vozmozhnost ikh analiza [Calculation models of constructions and possibility of their analysis]. Moscow. SKAD SOFT. ASV. DMK Press, 2011, 709 p.

35. Perelmutter A. V. Modelirovanie protsessa montazha i sozdaniya prednapryazheniya [Modelling the process of construction and prestressing]. *Aktualnye problemy komp'yuternogo modelirovaniya konstruksiy i sooruzheniy* [Actual problems of computer modelling constructions and structures]. Chelyabinsk. Izdatelskiy tsentr YUUGU. 2012, P. 7–9.

36. Barabash M. S. Metody komp'yuternogo modelirovaniya protsessov vozvedeniya vysotnykh zdaniy [Methods of computer simulation of processes of construction of highrise buildings]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2012, Vol. 8, Issue 3, P. 58–67.

37. Kabantsev O. V., Perelmutter A. V. Uchyot izmeneniya zhyostkostey elementov v protsesse montazha i ekspluatatsii [Taking into account the change of element stiffness in the process of construction and exploitation]. *Inzhenerno-stroitelny zhurnal* [Magazine of civil engineering]. 2015, № 1 (53), P. 6–14.

38. Perelmutter A. V., Kabantsev O. V. Analiz konstruksiy s izmenyayusheysya raschyotnoy skhemoy [Analysis of constructions with a varying calculation scheme]. *Ucheb. posobie dlya*



magistrantov i studentov. Moscow. Iz-vo SKAD SOFT, Izdatelskiy dom ASV, 2015, 148 p.

39. Suprun A. N., Medvedev P. P. Nekotorye metody elektronnoy modelirovaniya ram s uchyotom polzuchesti, stareniya i peremennoy struktury sooruzheniya [Some methods of electronic modelling of frames taking into account creeping, aging and variable structure of construction]. 25 nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya BPI. Materialy seksii stroitelnoy mekhaniki [Proceedings of the 25th scientific and technical conference of BPI]. Minsk 1968, P. 73–78.

40. Suprun A. N. Issledovanie vliyaniya skorosti stroitelstva na perekos sooruzheniya v protsesse osadki s pomosh'yu elektronnykh modeley [Studying the influence of construction speed on building distortion in the process of settling by means of electronic models]. Sb. "Issledovaniya po teorii uprugosti i plastichnosti" [Researches on the theory of elasticity and plasticity]. Trudy GISI, vyp. 56. Gorky, 1970, P. 125–134.

41. Suprun A. N. Elektroanalogi matematicheskikh modeley teorii uprugo-polzuchego tela [Electronic prototypes of mathematic models of the theory of elastic-creeping body]. Doklady AN USSR, ser. A № 3 [Reports of AS USSR]. Kiev, 1971, P. 260–263.

© А. Н. Супрун, 2016

Получено: 30.01.2016 г.

УДК 691.328

В. Г. МУРАШКИН, канд. техн. наук, доц., финансовый директор

### ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ

ООО Конструкторское бюро «Проект: Куйбышев»

Россия, 443030, г. Самара, ул. Чкалова, д. 100, литера П. Тел.: (846) 202-36-47; факс: (846) 202-36-47; эл. почта: murvag@mail.ru

*Ключевые слова:* высокопрочный бетон, прочность, модуль упругости, модель определения характерных точек кривой деформирования, анализ деформирования композитного бетона.

---

*Анализируется изменение модуля упругости бетонов в зависимости от их прочности по нормативным материалам РФ и Eurocode, рассматриваются варианты определения характерных точек на кривой деформирования, дается пример модели деформирования композиционных бетонов.*

---

С января 2014 года в Российской Федерации и ряде стран СНГ введен в действие ГОСТ 31914-2012 [1]. Этот Межгосударственный стандарт обеспечивает применение приоритетного для строительства высокопрочного бетона класса В60 и выше и устанавливает правила его контроля и оценки качества. Применение высокопрочного бетона обеспечивает не только более высокую надежность и переход на более высокое качество конструкции, но и дает снижение затрат на строительство. Благодаря применению высокопрочного бетона возможно строительство высотных зданий, мостовых конструкций больших пролетов, спецсооружений.

Мировая практика монолитного домостроения и строительство в России монолитных высотных сооружений в Москве, сборных железобетонных конструкций в Пензе, Красноярске и других городах РФ показывают, что применение бетонов класса В60 – В120 становится не только конкурентоспособным в экономическом и конструктивном отношении, но и является основным направлением при воз-

ведении сооружений, работающих в сложных природных условиях, особенно в агрессивной среде.

Для получения высокопрочного бетона, получившего распространение, рекомендуется применить:

1. Особые материалы:

- высокопрочные цементы;
- высокопрочные чистые заполнители с определенным зерновым составом;
- добавки в виде суперпластификаторов, сверхтонкого кремнезема и др.

2. Особые технологические приемы:

- обеспечение плотной укладки бетонной смеси с низким В/Ц, вибрирование с пригрузом, кратковременное прессование;
- обеспечение регламентированного теплового и влажностного режима при твердении бетона.

Будем считать эти условия стандартными, и называть полученный с учетом этих условий бетон – стандартным высокопрочным.

Кроме стандартного высокопрочного бетона существуют технологии получения особых видов высокопрочных бетонов, которые по своим показателям существенно отличаются. Это бетоны, получаемые путем:

- применения в качестве вяжущего полимерных смол, а в качестве заполнителя – обычного щебня и песка (полимербетоны);
- применения в качестве вяжущего комбинации из обычного цемента и органического полимера (цементно-полимерный бетон);
- порошковой активации бетонной смеси;
- уплотнения бетонной смеси в результате прессования;
- твердения под искусственно созданным давлением или в условиях естественного сжатия (например, под водой).

Объемы применения стандартных и особых высокопрочных бетонов растут высокими темпами, и в ряде стран их применение превысило 60 % от общего объема. Кроме повышения прочности для стандартного высокопрочного бетона характерно повышение модуля упругости, рост величины относительной деформации в момент максимального напряжения, снижение пластических свойств (повышение хрупкости).

Изменение начального модуля упругости стандартного высокопрочного бетона, представленное в [2], соответствует матрице, которую проще чем данные таблицы использовать для решения задач, когда имеет место в одной конструкции несколько классов бетона с различными модулями, или один бетон, но подвергнутый при эксплуатации агрессивному воздействию.

$$B = \begin{pmatrix} 25 & 30 & 35 & 40 & 45 & 50 & 55 & 60 & 70 & 80 & 90 & 100 \\ 30 & 32,5 & 34,5 & 36 & 37 & 38 & 39 & 39,5 & 41 & 42 & 42,5 & 43 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Первая строка матрицы – класс бетона ( $B_{0,i}$ ) в МПа, второй – начальный модуль упругости ( $E(i)$ ) в ГПа.

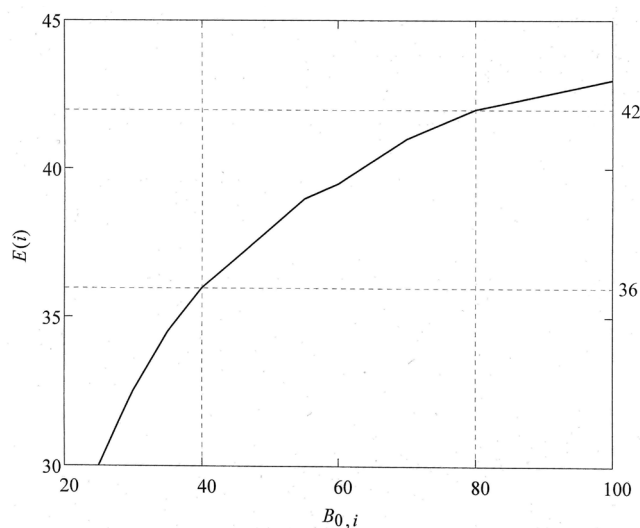


Рис. 1. Зависимость начального модуля упругости в МПа  $E = E(i) \times 10^3$  от класса бетона  $B_{0,i}$  в соответствии с [2]

При обследовании железобетонных конструкций экспериментально установленная прочность бетона обычно не совпадает с градацией по классам норм. Чтобы избежать линейной интерполяции для определения модуля упругости, найдем уравнение связи ( $E(i) \rightarrow B_{0,i}$ ) в виде логарифмической зависимости, используя характерные точки на кривой рис. 1, тогда:

$$t(x) = 7,796 \log (50,29 \cdot x^2 - 975,434) . \quad (2)$$

Совпадение  $E(i)$  и  $t(x)$  показывает, что зависимость модуля упругости для стандартных высокопрочных бетонов от их прочности определяется логарифмической функцией достаточно точно.

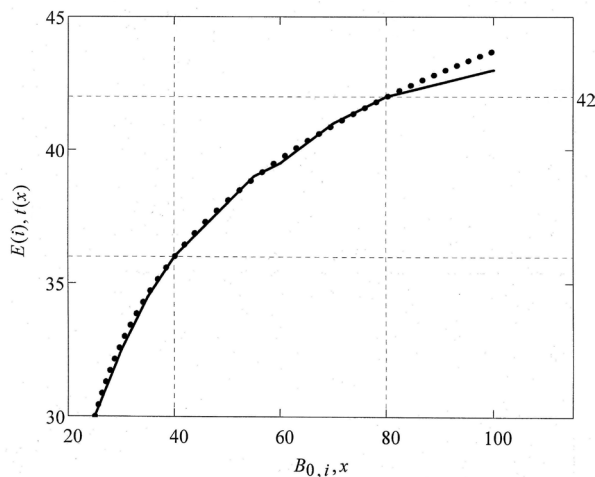


Рис. 2. Сопоставление значений  $E(i)$  (сплошная линия) с непрерывной функцией  $t(x)$  (пунктирная линия)



Одной из определяющих точек на деформационной модели бетона является значение деформаций ( $\varepsilon = P$ ) при максимуме напряжений. Свод правил в примере к расчету деформационной модели по [3] рекомендует определять величину деформаций в этой точке по уравнению, полученному на основании экспериментальных исследований:

$$P_i = \frac{B_{0,i}}{B_{1,i}} \cdot \lambda \cdot \frac{1 + 0,75 \cdot \lambda \cdot \frac{B_{0,i}}{60} + 0,2 \cdot \frac{\lambda}{B_{0,i}}}{0,12 + \frac{B_{0,i}}{60} + \frac{0,2}{B_{0,i}}}, \quad (3)$$

где  $\lambda = 1$  – для тяжелых бетонов;  $P_i$  – текущее значение деформаций при максимуме напряжений;  $B_{0,i}$  – класс бетона из матрицы (1) при значении  $i = 0-11$ ;  $B_{1,i}$  – модуль упругости из матрицы (1).

Выражение (3) достаточно сложно, рассчитано на ручной режим использования и может быть заменено более простым уравнением с применением математических программных комплексов.

В [4] для определения значения  $P$  в зависимости от прочности  $B_{0,i} = (f_{cm})$  приводится выражение:

$$PE_i = 0,7 \cdot (B_{0,i})^{0,31}. \quad (4)$$

Вручную решить такое уравнение сложно, но с использованием вычислительной техники не представляет трудностей. Сопоставление уравнений (3) и (4) показывает, что полученные по ним значения мало отличаются друг от друга, но их очертание носит противоположный характер. Из рис. 3 видно, что выражение (3) имеет вогнутый характер, а уравнение (4) – выпуклый, и они отличаются по значениям в пределах точности экспериментальных определений этой величины. Поэтому есть смысл усреднить эти выражения, так как они были получены экспериментально. Анализ уравнений (3) и (4) показывает, что они могут быть заменены более простым линейным выражением:

$$y(x) = a \cdot x + b. \quad (5)$$

При определении значений соответствующих коэффициентов  $a$  и  $b$  предпочтение было отдано кривой (3), так как отражает специфику экспериментов, полученных на бетонах, изготовленных в РФ. Но и значения функции (4) очень незначительны, в пределах точности измерения экспериментальных результатов отличаются от значений, получаемых по зависимости (5). Используя данные кривой (3), получаем выражение (5) в виде:

$$y(i) = 0,014 \cdot B_{0,i} + 1,55. \quad (5^1)$$

Снижение пластических свойств с ростом прочности стандартных высокопрочных бетонов изучено мало, но имеет большое значение для расчета поврежденных конструкций. В [4] рекомендуется использовать в расчетах коэффициент пластичности  $k = E0/E1$ , где  $E0$  – модуль упругости бетона, определяемый на уровне  $0,4R$ , а  $E1$  – секущий модуль, определяемый линией, проходящей через  $0$  и точку  $p$ .

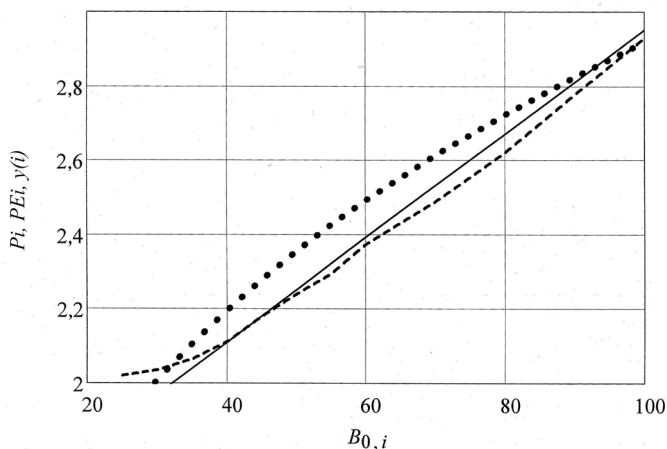


Рис. 3. Сопоставление выражений: (3) – штриховая линия; (4) – пунктир; (5) – сплошная линия

В [4] значения  $k$  представлены в виде:

$$k = \begin{pmatrix} 30 & 40 & 50 & 60 & 70 & 80 & 90 & 100 & 110 & 120 \\ 2,04 & 1,82 & 1,66 & 1,55 & 1,47 & 1,41 & 1,36 & 1,32 & 1,24 & 1,18 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где в верхней строке дано значение класса бетона, а в нижней строке – значение пластического коэффициента  $k$ .

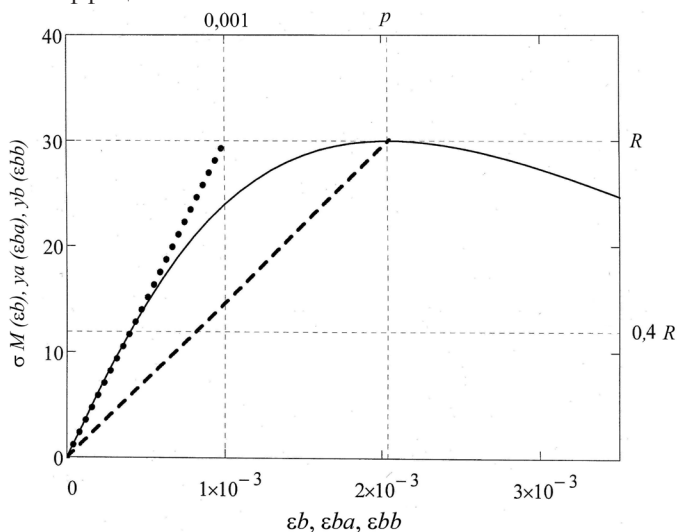


Рис. 4. Схема построения прямых для определения  $k = E1/E0$ :  $y_a(\epsilon_{ba})$  – касательная (пунктир) в точке  $0,4R$  на кривой деформирования;  $y_b(\epsilon_{bb})$  – прямая, проходящая через 0 и точку  $p$  на кривой деформирования (штриховая линия)

Графическое представление коэффициента пластичности (6) не укладывается в непрерывную кривую без переломов (рис. 5). Возможно, это вызвано неточностью экспериментальных исследований, т. к. изменение модуля упругости  $E0$  и  $E1$  представляется монолиниями.

Учитывая приведенные в нормативных материалах дискретные значения коэффициента пластичности  $k_{1,i}$ , целесообразно при сравнении с экспертными данными использовать выражение:

$$k2(i) = 7,617 \cdot 10^{-5} \cdot (k_{0,i})^2 - k_{0,i} \cdot 0,021 + 2,601. \quad (7)$$

#### Сопоставление дискретных значений коэффициентов $k_{1,i}$ и $k2(i)$

Величина	Прочность в МПа									
1. Прочность	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2. $k_{1,i}$	2,04	1,82	1,66	1,55	1,47	1,41	1,36	1,32	1,24	1,18
3. $k2(i)^*$	2,04	1,89	1,74	1,61	1,5	1,41	1,33	1,26	1,21	1,18
4. $\frac{[3]-[1]}{[3]} \cdot 100$	- 0,02	+ 3,33	+ 4,67	+ 4,03	+ 2,27	- 0,10	- 2,41	- 4,53	- 2,25	- 0,18

\* Числа в строке 3 округлены до второго знака в дробной части

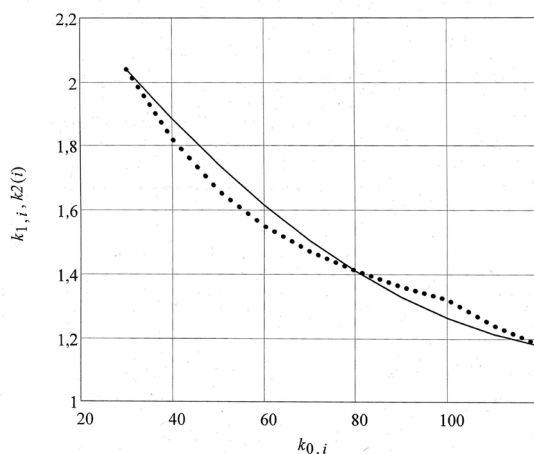


Рис. 5. Изменение коэффициента пластичности  $k_{1,i}$  (пунктир) по [4] и  $k2(i)$  (сплошная линия) по уравнению (7)

Расхождение между  $k_{1,i}$  и  $k2(i)$  не превышает нескольких процентов и выражение (7) может оказать помощь при проведении обследований сооружений.

Особые виды высокопрочных бетонов, получаемые с применением органических полимеров, имеют начальный модуль значительно меньший по сравнению со стандартными высокопрочными бетонами. В Мордовском государственном университете получены деформационные кривые с восходящей и нисходящей ветвями композитных бетонов с суперпластифицирующими добавками. Прочность исследуемых образцов достигала 60 МПа, но начальный модуль деформирования оказался ниже на 35–40 %.

В то же время и ордината точки  $p$  на кривой деформирования, соответствующая максимуму напряжений, оказалась на 40–45 % меньше по сравнению со значениями для стандартных бетонов. Интересно и то, что применение экспоненци-

альной зависимости из [5] для композитных бетонов, предложенных в [6], дало вполне удовлетворительные результаты.

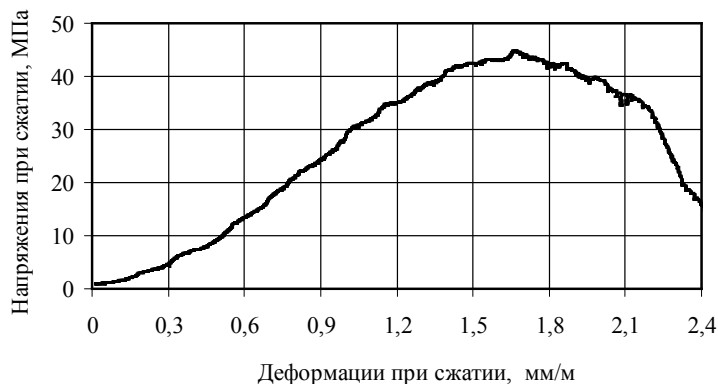


Рис. 6. Кривая деформирования композитного бетона [6] относительные деформации при сжатии  $\varepsilon \cdot 10^3$

Деформационная зависимость напряжений от деформаций при сжатии для определения  $\sigma k(\varepsilon)$  на рис. 7 имеет вид:

$$\sigma k(\varepsilon) = ak \cdot (\varepsilon k)^{bk} \exp\left(\frac{-ck \cdot \varepsilon k}{p}\right). \quad (7)$$

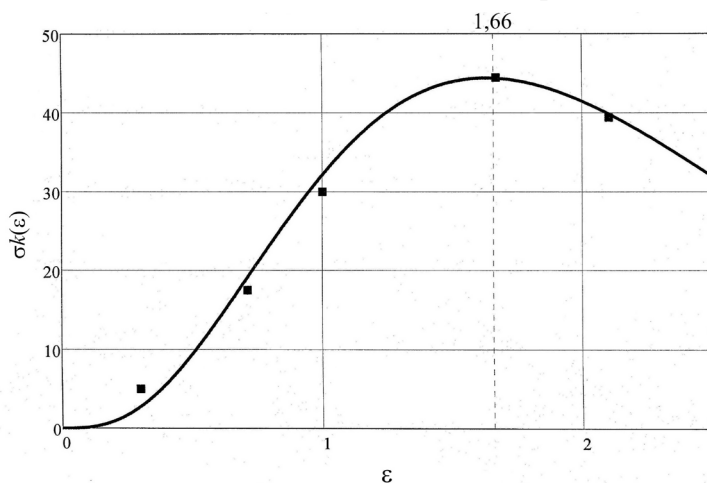


Рис. 7. Теоретическая кривая деформирования  $\sigma k(\varepsilon)$  из [5] с экспериментальными точками по данным [6]

Из рис. 7 видно, что деформационная модель для  $\sigma k(\varepsilon)$ , предложенная в [4], позволяет определить напряженное состояние сжатого сечения не только для обычных бетонов и стандартных высокопрочных бетонов, но и для композитных бетонов с полимерными добавками.



**Выводы:**

1. Кривая моделирования деформаций строится на основе определения модуля упругости бетона и значения предела деформаций при максимуме напряжений. Использование кривой позволяет выполнять более точный расчет прочностных и деформативных показателей относительно норм, а также иллюстрировать работу конструкции под нагрузкой, что особенно важно при обследовании сооружения.
2. Для работ с применением ПК, вместо табличного варианта для определения модуля упругости бетона, представленного в нормативных документах, целесообразнее использовать логарифмическую зависимость, полученную в данной работе.
3. Сопоставление сложных кривых предела деформаций бетона при максимуме напряжений по отечественным и европейским нормам показывает их незначительное расхождение между собой, а построение на их основе усредненной прямолинейной зависимости позволяет не только упростить расчеты, но и получить более достоверный результат в связи с обобщением экспериментальных результатов, полученных в различных странах.
4. Предложенная ранее экспоненциальная зависимость напряжений от деформаций может использоваться и для высокопрочных полимерных бетонов с пониженным значением модуля упругости.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ 31914-2012. Межгосударственный стандарт. Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценки качества. – Введ. 2014-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 13 с.
2. Eurocode 2, prEN 1992-1 (Final draft). Design of concrete structures – Part 1 : General rules and rules for buildings. – Brussels, 2001. – 54 p.
3. СП 63.13330.2012. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 : утв. М-вом регион. развития России 29.12.11 : [ред. от 08.07.2015]. – Москва : Минрегион России, 2012. – 165 с.
4. Fib Bulletin 55: Model Code 2010. First complete draft. – 2010. – Vol. 1. – 292 p.
5. Мурашкин, Г. В. Моделирование диаграмм деформирования бетона / Г. В. Мурашкин, В. Г. Мурашкин // Известия Орловского государственного технического университета. Сер. «Строительство и транспорт». – 2007. – № 2–14. – С. 86–88.
6. Низина, Т. А. Влияние минеральных добавок на реологические и прочностные характеристики цементных композитов / Т. А. Низина, А. В. Балбакин // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 2. – С. 148–153.

**MURASHKIN Vasilij Gennad'evich, candidate of technical sciences, financial director**

**DEFORMATION CHARACTERISTICS OF HIGH STRENGTH CONCRETE UNDER UNIAXIAL COMPRESSION**

Design bureau «Project: Kuybyshev»

100, Chkalov St., Samara, 443030, Russia. Tel.: +7 (846) 202-36-47, fax: +7 (846) 202-36-47; e-mail: murvag@mail.ru

*Key words:* high-strength concrete, strength, modulus of elasticity, model for determination of characteristic points of the curve of deformation, deformation analysis of composite concrete.



*The article analyzes the change of the modulus of elasticity of concrete depending on its strength based on the normative documents of the Russian Federation and Eurocode; options for determining the characteristic points on a deformation curve are discussed; an example of a deformation model of composite concrete is given.*

1. GOST 31914-2012. Betony vysokoprochnye tyazhyolye i melkozernistye dlya monolitnykh konstruksiy. Pravila kontrolya i otsenki kachestva [Heavy-weight and fine high-strength concrete for monolithic structures. Rules for control and quality assessment]. Vved. 2014-01-01. – Moscow : Standartinform, 2014. 13 p.

2. Eurocode 2, prEN 1992-1 (Final draft). Design of concrete structures – Part 1: General rules and rules for buildings. Brussels, 2001. 54 p.

3. SP 63.1330.2012. Svod pravil. Betonnye i zhelezobetonnye konstruksii. Osnovnye polozheniya [A set of rules. Concrete and reinforced concrete structures. Main provisions]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 52-01-2003 : utv. M-vom region. razvitiya Rossii 29.12.11 : [red. ot 08.07.2015]. – Moscow : Minregion Rossii, 2012. 165 p.

4. Fib Bulletin 55: Model Code 2010. First complete draft. Vol. 1. 292 p.

5. Murashkin G. V., Murashkin V. G. Modelirovanie diagramm deformirovaniya betona [Modeling diagrams of concrete deformation.]. Izvestiya Orlovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seria: Stroitelstvo i transport [Proceedings of Orel state technical university. Series: Construction and transport]. 2007. № 2–14, P. 86–88.

6. Nizina T. A. Balbalin A. V. Vliyaniye mineralnykh dobavok na reologicheskie i prochnostnye kharakteristiki tsementnykh kompozitov [The influence of mineral additives on rheological and strength characteristics of cement composites]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Bulletin of Tomsk state architectural university] 2012. № 2. 148–153 p.

© В. Г. Мурашкин, 2016

Получено: 16.01.2016 г.

УДК 692.2:691.31

**О. Б. КОНДРАШКИН**, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой технологии строительства

## ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-74;  
факс: (831) 433-08-69; эл. почта: nir@nngasu.ru

*Ключевые слова:* гипсоопилочные бетоны, кладка из гипсоопилочных камней, прочность, коэффициент запаса.

*Приведены исследования, которые позволили установить значения требуемого коэффициента запаса конструкции с учетом изменчивости резерва прочности, нагрузки и прочностных характеристик материала.*

Одной из основных причин, препятствующих внедрению в производство гипсоопилочных камней, является отсутствие научно обоснованных данных о прочности и деформативности кладки из этих камней. Расчет кладки из гипсоопилочных камней по предельным состояниям первой и второй группы разработан,



однако в настоящее время отсутствуют сведения о надежности кладки из гипсоопилочных камней. В данной работе выполняется исследование надежности кладки из гипсоопилочных камней типа «Крестьянин».

В нормальных условиях эксплуатации жилых зданий влажность стен составляет порядка 2,0 % [1]. По данным исследования [2] для этих условий коэффициент длительной деформативности кладки из гипсоопилочных камней составит:

$$m(\tau, \omega) = 1 + \frac{1}{(1,859 - 0,224 \cdot \omega)} = 1,71. \quad (1)$$

Тогда длительный модуль деформации кладки из гипсоопилочных камней получается равным:

$$E(\tau) = \frac{E_b}{m(\tau, \omega)} = 0,585 \cdot E_b, \quad (2)$$

где  $E_b$  – начальный модуль деформации кладки из гипсоопилочных камней с  $\omega = 2,0$  %, определяемый в зависимости от марочной прочности  $R_m$  по формуле:

$$E_b = 502 \cdot R_m - 25. \quad (3)$$

Согласно проведенным исследованиям [2] длительная прочность кладки из гипсоопилочных камней  $\sigma_{dl}$  принимается равной 65 % от призмочной прочности  $\bar{R}_b$ , т. е.:

$$\sigma_{dl} = 0,65 \cdot \bar{R}_b. \quad (4)$$

При расчете стеновых конструкций малоэтажных зданий из древесных бетонов за основу принимаются стены с двумя шарнирными опорами [3] шириной поперечного сечения  $h$  и гибкостью  $\lambda$ . В этом случае критическое напряжение с учетом фактора времени может быть определено по формуле:

$$\sigma_{кр}(\tau) = \frac{\pi^2 \cdot E(\tau)}{\lambda^2} = 5,768 \cdot \frac{E_b}{\lambda^2}. \quad (5)$$

Из условия  $\sigma_{кр}(\tau) \leq \sigma_{dl}$  получим выражение для определения граничной гибкости:

$$\lambda_{кр} = 2,98 \cdot \sqrt{\frac{E_b}{\bar{R}_b}}. \quad (7)$$

С учетом зависимости (3) и значения призмочной прочности кладки из гипсоопилочных камней  $\bar{R}_b = 0,9 \cdot R_m$  выражение (7) представим в следующем виде:

$$\lambda_{кр} = 2,98 \cdot \sqrt{558 - \frac{28}{R_m}}. \quad (8)$$

Для марочной прочности кладки из гипсоопилочных камней жилых зданий  $R_m$ , равной (2,5–5,0) МПа, значение граничной гибкости составит:

$$\lambda_{кр} = 70. \quad (9)$$

При гибкости стен  $\lambda \leq \lambda_{кр}$  они имеют высокую жесткость, а при  $\lambda > \lambda_{кр}$



относятся к гибким. Для толщины гипсоопилочных стен жилых зданий  $h = (30-40)$  см (без учета слоя теплоизоляции) с высотой жилых помещений  $H_{\text{эт}} = 3,2$  м гибкость стен получается равной  $\lambda = H_{\text{эт}}/0,289 \times h = 28-37$ , т. е. значительно меньше граничной. Следовательно, стены жилых зданий имеют высокую жесткость и при их расчете от совместного действия изгибающего момента  $M$  и продольной сжимающей силы  $N$  можно не учитывать изменений, обусловленных деформациями, в расположении сил и характере их действия на конструкцию. Такая предпосылка позволяет применить принцип независимости действия сил, и расчет ведется по недеформированной схеме. В этом случае условие прочности стеновых конструкций зданий в общем виде может быть представлено выражением [4]:

$$\sigma_0 + \sigma_0 \cdot m^* \cdot k^* \leq \bar{R}_b. \quad (10)$$

Здесь  $\sigma_0 = N/A$  – осевое сжимающее напряжение в сечении с площадью  $A$  и моментом сопротивления  $W_{\text{ред}}$ ;  $m^*$  – относительный эксцентриситет приложения сжимающей силы в расчетном сечении без учета прогиба стен, отнесенный к ядровому расстоянию сечения  $W_{\text{ред}}/A$ :

$$m^* = \frac{M}{N} \cdot \frac{A}{W_{\text{ред}}}. \quad (11)$$

Переходный коэффициент  $k^* = \bar{R}_b / \bar{R}_{bt}$  представляет собой отношение призменной прочности  $\bar{R}_b = 0,9 \cdot R_m$  к прочности на растяжение при изгибе  $\bar{R}_{bt} = 1,5 \cdot 0,18 R_m$  гипсоопилкобетона. Коэффициент  $k^*$  учитывается для внецентренно сжатых стен с двузначной эпюрой нормальных напряжений в расчетном сечении, когда появляются растягивающие напряжения. Необходимость расчета конструкций из древесных бетонов с учетом работы растянутой зоны обусловлено в работе [5]. Для однозначной эпюры нормальных напряжений в сечении внецентренно сжатых стеновых конструкций (все сечение сжато) коэффициент  $k^* = 1$ .

При вероятностной оценке прочности рассматривается случайная величина:

$$\tilde{S} = \tilde{R}_b - \tilde{\sigma}_0, \quad (12)$$

называемая резервом прочности [7].

Для определения относительного эксцентриситета как случайной величины воспользуемся выражением [6]:

$$\tilde{m}^* = \tilde{\alpha} + \lambda^2 \cdot \beta^2, \quad (13)$$

где  $\lambda$  – является детерминированной величиной;  $\tilde{\alpha}$  и  $\tilde{\beta}$  – случайные величины, для которых принимается нормальное распределение с центром в начале координат, т. е.  $\tilde{\alpha} = 0$  и  $\tilde{\beta} = 0$ .

С учетом принятых обозначений получим:

$$\tilde{S} = \tilde{R}_b - \tilde{\sigma}_0 - (\tilde{\alpha} + \lambda^2 \cdot \tilde{\beta}^2) \cdot \tilde{\sigma}_0 \cdot k^*. \quad (14)$$

В выражении (14)  $\tilde{R}_b$ ,  $\tilde{\sigma}_0$ ,  $\tilde{\alpha}$  и  $\tilde{\beta}$  являются случайными величинами.

Для решения поставленной задачи воспользуемся методом линеаризации функции случайной величины  $\tilde{x}$  в виде:

$$\tilde{S} = \bar{S} + (\tilde{x}_1 - \bar{x}_1) \cdot \frac{\partial S}{\partial x_1} + (\tilde{x}_2 - \bar{x}_2) \cdot \frac{\partial S}{\partial x_2} + \dots + (\tilde{x}_n - \bar{x}_n) \cdot \frac{\partial S}{\partial x_n}. \quad (15)$$

Тогда значения частных производных функции  $\tilde{S}$  по ее случайным аргументам составят:

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial R_b} &= 1; & \frac{\partial S}{\partial \sigma_0} &= -1 - (\tilde{\alpha} + \lambda^2 \cdot \tilde{\beta}) \cdot k^*; \\ \frac{\partial S}{\partial \alpha} &= -\tilde{\sigma}_0 \cdot k^*; & \frac{\partial S}{\partial \beta} &= -\lambda^2 \cdot \tilde{\sigma}_0 \cdot k^*. \end{aligned} \quad (16)$$

Подставляя в (16) вместо случайных величин их центры распределения  $\tilde{\sigma}_0$ ,  $\tilde{\alpha}$  и  $\tilde{\beta}$ , получим коэффициенты линейной аппроксимации функции  $S$ , которая будет выглядеть следующим образом:

$$\tilde{S} = \bar{S} + \Gamma_1 \cdot (\tilde{R}_b - \bar{R}_b) + \Gamma_2 \cdot (\tilde{\sigma}_0 - \bar{\sigma}_0) + \Gamma_3 \cdot \tilde{\alpha} + \Gamma_4 \cdot \tilde{\beta}, \quad (17)$$

где

$$\Gamma_1 = 1; \quad \Gamma_2 = -1; \quad \Gamma_3 = -\bar{\sigma}_0 \cdot k^*; \quad \Gamma_4 = -\lambda^2 \cdot \bar{\sigma}_0 \cdot k^*. \quad (18)$$

Приближенное значение центра распределения может быть представлено в виде [7]:

$$\bar{S} = \bar{R}_b - \bar{\sigma}_0, \quad (19)$$

а дисперсии:

$$\hat{S} = \Gamma_1^2 \cdot \hat{R}_b + \Gamma_2^2 \cdot \hat{\sigma}_0 + \Gamma_3^2 \cdot \hat{\alpha} + \Gamma_4^2 \cdot \hat{\beta} = \hat{R}_b + \hat{\sigma}_0 + \bar{\sigma}_0^2 \cdot k^{*2} \cdot (\hat{\alpha} + \lambda^4 \cdot \hat{\beta}) \quad (20)$$

Тогда изменчивость величины  $\tilde{S}$  составит:

$$V_s = \frac{\sqrt{\hat{S}}}{\bar{S}} = \frac{\sqrt{\hat{R}_b + \hat{\sigma}_0 + \bar{\sigma}_0^2 \cdot k^{*2} \cdot (\hat{\alpha} + \lambda^4 \cdot \hat{\beta})}}{\bar{R}_b - \bar{\sigma}_0}. \quad (21)$$

Введем безразмерную величину  $\psi^*$ , обратную коэффициенту запаса

$$\psi^* = \frac{\bar{\sigma}_0}{\bar{R}_b}, \quad (22)$$

с учетом которой выражение (21) может быть представлено в следующем виде:

$$V_s^2 \cdot R_b^2 \cdot (1 - 2 \cdot \psi^* + \psi^{*2}) = \hat{R}_b + \hat{\sigma}_0 + \bar{\sigma}_0^2 \cdot k^{*2} \cdot (\hat{\alpha} + \lambda^4 \cdot \hat{\beta}), \quad (23)$$

или

$$(1 - \psi^* + \psi^{*2}) = \frac{V_R^2}{V_s^2} + \psi^{*2} \cdot \frac{V_{\sigma_0}^2}{V_s^2} + \psi^{*2} \cdot \frac{k^{*2}}{V_s^2} \cdot (\hat{\alpha} + \lambda^4 \cdot \hat{\beta}) \quad (24)$$

Здесь

$$V_R^2 = \frac{\hat{R}_b}{\bar{R}_b^2}; \quad V_{\sigma_0}^2 = \frac{\hat{\sigma}_0}{\bar{\sigma}_0^2} - \text{относительные дисперсии} \quad (25)$$



случайных величин  $\tilde{R}_b$  и  $\tilde{\sigma}_0$ . После выполнения преобразований выражение (24) представим в виде приведенного квадратного уравнения:

$$\psi^{*2} - a^* \cdot \psi^* + c^* = 0, \quad (26)$$

в котором коэффициент  $a^*$  и свободный член  $c^*$  определяются по формулам:

$$a^* = \frac{2}{D^*}; \quad c^* = \frac{1 - \frac{V_R^2}{V_S^2}}{D^*}, \quad (27)$$

где знаменатель определяется из выражения:

$$D^* = \left[ 1 - \frac{V_{\sigma_0}^2}{V_S^2} - \frac{k^{*2}}{V_S^2} \cdot (\bar{\alpha} + \lambda^4 \cdot \bar{\beta}) \right]. \quad (28)$$

При решении уравнения (26) необходимо знать численные значения коэффициентов изменчивости (вариации): резерва прочности  $V_S$ , сопротивления материала  $V_R$  и осевого разрушения  $V_{\sigma_0}$ .

Вероятность разрушения может быть определена по характеристике безопасности:

$$t_S = \frac{\bar{S}}{\sqrt{\bar{S}}}, \quad (29)$$

представляющей собой число стандартов  $\sqrt{\bar{S}}$ , укладывающихся в интервале от  $S = 0$  до  $S = \bar{S}$ , т. е. эта величина обратная изменчивости резерва прочности (21):

$$t_S = \frac{1}{V_S}. \quad (30)$$

Для обеспечения безопасности величина  $t_S$  обычно принимается равной 2,33, что соответствует вероятности разрушения  $V = 0,01$ . Следовательно,  $V_S = 0,429$ .

В формуле относительного эксцентриситета как случайной величины (13) величина  $\beta$  может быть выражена через относительный прогиб  $f/H_{эм}$ , гибкость  $\lambda$ , радиус инерции  $i$  и для симметричного сечения ( $Z = 0,5h$ ) определяется по формуле (31):

$$\beta = \frac{f}{H_{эм}} \cdot \frac{Z}{i \cdot \lambda} = 1,73 \cdot \frac{f}{H_{эм}} \cdot \frac{1}{\lambda}. \quad (31)$$

При среднем значении гибкости величина относительного прогиба составляет порядка  $f/H_{эм} = 1/2000$ . Тогда для прямоугольного сечения:

$$\beta = 1,73 \cdot \frac{1}{2000} \cdot \frac{1}{33} = 2,62 \cdot 10^{-5}. \quad (32)$$

Дисперсии начальных искривлений оси  $\beta$  принимались равными 0 и  $6,86 \cdot 10^{-10}$ , что соответствует случаю идеально прямолинейного стержня и условию, при котором стандарт величины  $\tilde{\beta} = f \cdot Z/H_{эм}^2$  равен  $2,62 \cdot 10^{-5}$ . Дисперсии относительных эксцентриситетов приложения продольной силы к торцам стен приняты равными 0; 0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,3.



Полученная из выражения (26) величина коэффициента  $\psi^*$  с учетом установленных коэффициентов изменчивости  $V_s$ ,  $V_R$ , значения гибкости  $\lambda$ , дисперсий  $\tilde{\alpha}$  и  $\tilde{\beta}$  используется для определения требуемого коэффициента запаса по формуле:

$$K = \frac{\bar{R}_b}{\bar{\sigma}_0} = \frac{1}{\psi^*}. \quad (33)$$

Зная требуемый коэффициент запаса  $K$ , можно из выражений определить

$$\sigma_0 = \frac{\bar{R}_b}{K}; \quad N = \frac{A \cdot R_b}{K} \quad (34)$$

допустимое значение осевого напряжения сжатия и продольной сжимающей силы.

#### Выводы:

1. При вероятностном подходе рассматривается величина, называемая резервом прочности. Проведенные исследования позволили установить значения требуемого коэффициента запаса конструкции с учетом изменчивости резерва прочности, нагрузки и прочностных характеристик материала.
2. Установлены требуемые коэффициенты запаса конструкций для кладки из гипсоопилочных камней с различной жесткостью.
3. Установленные требуемые значения коэффициентов запаса конструкции позволяют определить допускаемые значения осевого напряжения сжатия и продольной сжимающей силы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ферронская, А. В. Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций / А. В. Ферронская. – Москва : Стройиздат, 1984. – 254 с.
2. Панюжев, Е. М. Прочность и деформативность опилкобетона на гипсе  $\beta$ -модификации при кратковременном и длительном действии нагрузок и оценка надежности конструкций на их основе : дис. ...канд. техн. наук / Е. М. Панюжев ; Нижегород. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2004. – 231 с.
3. СН 549–82. Инструкция по проектированию, изготовлению и применению конструкций и изделий из арболита : строит. нормы. – Москва : Стройиздат, 1983. – 41 с.
4. Цапаев, В. А. Длительная прочность и деформативность конструкционных древесно-цементных материалов и несущих элементов на их основе : дис. ...д-ра техн. наук / В. А. Цапаев ; Нижегород. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2001. – 475 с.
5. Цапаев, В. А. Метод расчета сжато-изгибаемых элементов из конструкционных древесно-цементных материалов при совместном длительном силовом и температурно-влажностном воздействии с учетом ползучести / В. А. Цапаев // Известия вузов. Серия «Строительство». – 1999. – № 3. – С. 13–18.
6. Знаменский, Е. М. О совокупной оценке и нормировании уровня надежности деревянных конструкций по доминирующим факторам / Е. М. Знаменский // Исследования в области деревянных конструкций : сб. науч. тр. / Центр. н. – и. инст. строит. конструкций. – Москва, 1985. – С. 12–23.
7. Ржаницин, А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность / А. Р. Ржаницин. – Москва : Стройиздат, 1978. – 239 с.

**KONDRASHKIN Oleg Borisovich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of construction technology**



## PROBABILISTIC ASSESSMENT OF STRENGTH OF BUILDING WALL STRUCTURES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-74;  
fax: +7 (831) 433-08-69; e-mail: nir@nngasu.ru

*Key words:* wood-gypsum concrete, wood-gypsum concrete block work, strength, safety factor.

---

*The article presents researches, which permitted to determine the required safety factor of a structure with an allowance for the variability of reserve strength, load and strength characteristics of material.*

---

### REFERENCES

1. Ferronskiy A. V. Dolgovechnost gipsovykh materialov, izdeliy i konstruktsiy [Durability of gypsum materials, products and structures]. Moscow. Stroyizdat, 1984. 254 p.
2. Panyushev E. M. Prochnost i deformativnost opilkobetona na gipse  $\beta$ -modifikatsii pri kratkovremennom i dlitelnom deystvii nagruzok i otsenka nadyozhnosti konstruktsiy na ikh osnove [Strength and deformability of sawdust concrete on gypsum  $\beta$ -modification under short- and long-term loads and an estimation of reliability of designs based on them]: Dis...k-ta tekhn. nauk. Nizhegor. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2004. 231 p.
3. СН 549 – 82. Instruksiya po proektirovaniyu, izgotovleniyu i primeneniyu konstruktsiy i izdeliy iz arbolita : stroit. normy [Instruction on design, manufacture and application of constructions and products of sawdust concrete]. Moscow, Stroyizdat, 1983. 41 p.
4. Tsepaev V. A. Dlitelnaya prochnost i deformativnost konstruktsionnykh drevesno-tsementnykh materialov i nesushchikh elementov na ikh osnove [Long-term strength and deformability of structural wood-cement materials and load-bearing elements on their basis]. Dis...d-ra tekhn. nauk; Nizhegor. arkhitektur.-stroit. un- t. Nizhny Novgorod, 2001. 475 p.
5. Tsepaev V. A. Metod raschyota szhato-izgibaemykh elementov iz konstruktsionnykh drevesno-tsementnykh materialov pri sovmestnom dlitelnom silovom i temperaturo-vlazhnostnom vozdeystvii s uchyotom polzuchesti [Method of calculation of compressed-bent elements made of structural wood-cement materials under the joint lasting influence of force, temperature and humidity with an allowance for creep]. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo. 1999. № 2. P. 13–18.
6. Znamensky E. M. O sovokupnoy otsenke i normirovanii urovnya nadyozhnosti derevyannykh konstruktsiy po dominiruyuschim faktoram [About comprehensive assessment and regulation of level of reliability of wooden structures by dominant factors]. Issled. v obl. derevyan. konstruktsiy [Researches in the field of wooden structures] : Sb. nauch. tr. / Centr. n.–i. inst. stroit. konstruktsiy. Moscow. 1985. P. 12–23.
7. Rzhantsin A. R. Teoriya raschyota stroitelnykh konstruktsiy na nadyozhnost [Theory of calculation of building structures on reliability]. Moscow. Stroyizdat, 1978. 239 p.

© О. Б. Кондрашкин, 2016

Получено: 23.01.2016 г.





УДК 624.074

**П. П. ЗОРКОВ**, инж.-технолог, аспирант; **С. А. ПИМЕНОВ**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

## О СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю. Е. Седакова»

Россия, 603137, г. Н. Новгород, ул. Тропинина, д. 47. Тел.: (831) 465-49-90;

эл. почта: spimenov\_m\_fem@mail.ru

*Ключевые слова:* надежность, оценка и прогнозирование, метод конечных элементов, комбинированные модели.

---

*Проведен обзор существующих методов оценки надежности конструкций. Приведена классификация методов. Принято разделение методов на две ключевые группы. Сделан вывод о необходимости формирования комбинированных моделей оценки надежности. Рассмотрен наиболее перспективный комбинированный метод на основе метода конечных элементов.*

---

Определение прочности, надежности, долговечности и остаточного ресурса является важным элементом современного этапа развития техники и технологии, так как имеет место наличие проблемы обеспечения комплексной безопасности потенциально опасных объектов, строительных конструкций, зданий и сооружений, мониторинг технического состояния которых производится нерегулярно или не производится вообще. Поэтому технологии предупреждения возможных отказов таких конструкций, технологии прогнозирования сроков их службы, безопасности при чрезвычайных ситуациях и запроектных воздействиях являются актуальными.

В [1] вводится следующая классификация методов расчета надежности: формальные (математические) методы и методы, учитывающие физическую природу отказов.

Считая данное разделение наиболее корректным и удобным в использовании, произведем оценку каждого из них. К математическим методам оценки надежности следует отнести в первую очередь статистическое моделирование.

Функционирование системы под действием случайных внешних воздействий можно описать следующим уравнением:

$$Z = \varphi(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (1)$$

Задача исследования надежности такой системы сводится к нахождению функций распределения случайных величин, воздействующих на систему. В [1] дано подробное описание этого метода.

Иными словами, метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) обеспечивает моделирование работы объекта (конструкции) и вычисление основных статистических характеристик его функциональных параметров путем многократного воспроизведения алгоритма, являющегося математической моделью, вероятностные характеристики которой адекватны решениям задач математического анализа. Метод статистического моделирования является универсальным и позволяет найти закон распределения стохастической модели системы, зная законы распределения ее вероятностных характеристик.



Основным достоинством статистического моделирования является его применимость для исследования надежности нелинейных систем, а также высокая степень алгоритмизации и простота численной реализации. Однако численный метод позволяет получить результаты частного характера, следовательно, точность получаемых результатов требует обязательной оценки.

К методам, учитывающим физическую природу отказов, относят: численно-графический метод, метод А. Р. Ржаницына, метод Н. С. Стрелецкого, теорию множеств В. В. Болотина. Остановимся подробнее на каждом из них.

Численно-графический метод используется, если невозможно принять допущения о каком-либо конкретном распределении нагрузки или несущей способности, но имеется достаточный объем экспериментальных данных. Подробное описание метода приведено в [2,3]. Для применения графического метода и получения приемлемого результата достаточным является малое число реализаций (от 10). Эти данные могут быть представлены как в табличной, так и в графической форме и получены, как правило, на основе испытаний материала конструкции на прочность  $F_R(R)$  и на основе истории нагрузок  $F_Q(Q)$ , действующих на конструкцию в процессе эксплуатации.

Реализация данного метода сводится к нахождению следующего интеграла:

$$P(+) = \int_0^1 G dH$$
, представляющего собой вероятность безотказной работы конструкции, которая численно равна площади интеграла под кривой зависимости  $G$  и  $H$ .

Эмпирические функции распределения  $F_Q(Q)$ ,  $F_R(R)$  строятся на основе статистических данных о несущей способности  $R$  и нагрузке  $Q$ . Характер (геометрия) кривой, аппроксимирующей график реализаций нагрузки и несущей способности, зависит от степени аппроксимирующего полинома.

Численно-графический метод базируется на использовании массива статистических данных нагрузки и несущей способности, которые косвенно учитывают причину отказов. В теории множеств В. В. Болотина напрямую вводится величина характеризующая качество работы системы, поведение которой обусловлено рядами статистических данных параметров нагрузки и несущей способности.

Как правило, в явной аналитической форме закон распределения для расчетов не предоставляется. В таком случае следует воспользоваться методом условных функций надежности, подробно описанным в [4]. Если случайные (стохастические) свойства системы можно охарактеризовать конечным числом случайных параметров, то расчет надежности проводится в два этапа. На первом этапе вводится функция надежности, и проводится расчет системы с фиксированными параметрами. Данная функция носит название функции неразрушимости или условной функции надежности. На втором этапе вычисляется полная вероятность безотказной работы системы. Данный метод удобно использовать для решения задач, в рассмотрении которых имеется случайный процесс, характеристики которого являются также случайными величинами. Наиболее ярким и наглядным примером являются сейсмические воздействия (землетрясения).

Расчет производится по всем возможным параметрам  $r_1, r_2, \dots, r_n$  (параметры системы) и  $q_1, q_2, \dots, q_n$  (параметры нагрузки). Под параметром  $P_0$  следует понимать надежность системы, рассчитанной для условной функции надежности, значения которой принадлежат области допустимых значений  $\Omega_0$ :

$$P(t) = \int \dots \int P_0(t | r, q) p(r, q) dr dq . \quad (2)$$

Если в рассмотрении имеются графики плотности распределения параметров системы и параметров нагрузки  $p(r)$  и  $p(q)$ , то надежность системы можно определить методом, предложенным Н. С. Стрелецким [5].

Существует еще один способ, упрощающий использование метода условных функций надежности, предложенный А. Р. Ржаницыным [6]. Данный метод предполагает введение следующих допущений: определяющие параметры (как параметры нагружения, так и параметры самой системы); условная функция надежности является линейной функцией определяющих параметров.

Примечание: условная функция надежности всегда нелинейна. Ее линеаризацию можно произвести, используя разложение в ряд Тэйлора.

Основной недостаток подхода по А. Р. Ржаницыну заключается в том, что игнорируется временной фактор, так как надежность является прямым следствием воздействия эксплуатационных нагрузок, которые постоянно изменяются во времени.

Очевидным является тот факт, что классификация методов по любым параметрам достаточно условна. Более корректным будет не обособление методов, а их комбинирование, и создание модели для оценки надежности и ресурса, удовлетворяющей современным требованиям конструирования и инжиниринговой поддержки.

Ввиду того, что современные конструкции представляют собой весьма сложные изделия, выявление аналитического выражения для связи параметров нагрузки и самой системы вызывает затруднение. В таких случаях применяют численные методы, а именно метод конечных элементов, получивший в среде САПР среднего и верхнего уровней наибольшее распространение. Согласно выбранной нами классификации метод оценки надежности, имеющий в основе своей МКЭ, следует отнести ко второй группе методов. Однако данный подход является комбинацией нескольких методов: для определения количества параметров нагрузки и параметров системы используется метод конечных элементов (метод дискретизации модели конструкции), метод введения условных функций надежности (если можно сделать предположение о законе распределения параметров системы и нагрузки), численно-графический метод (если параметры нагрузки и системы имеют произвольное распределение). Как было сказано выше, при оценке долговечности с применением численных методов, в частности МКЭ, конструкция представляется как конечно-элементная модель с фиксированным числом определяющих параметров, каждый из которых задан в виде статистического ряда чисел. Алгоритм расчета содержит в себе вложенный цикл расчета определяющих параметров системы по узлам конечно-элементной модели. В ходе расчета строится кривая распределения функции условной прочности  $\psi$  по узлам конечно-элементной модели:  $\psi_i = R_i - Q_i$ . В первом приближении высчитывается математическое ожидание  $\bar{\psi}$  и среднее квадратичное отклонение  $S_\psi$  для каждого узла, после чего вычисляется вероятность безотказной работы. Если параметры прочности ( $R$ ) и нагрузки ( $Q$ ) имеют произвольный закон распределения, то по полученным данным  $R_i$ ,  $Q_i$  строятся эмпирические зависимости, и расчет безотказной работы производится согласно численно-графическому методу [2, 3].

Рассмотрим результаты расчета надежности тестовой конструкции в виде оваллизованной цилиндрической оболочки (участок конструкции газопровода на

нитке «Оренбург–Новопсков»), полученные с применением различных методов. Конечно-элементная модель тестовой конструкции приведена на рис. 1. Результаты расчета представлены в виде специальной диаграммы (рис. 3).

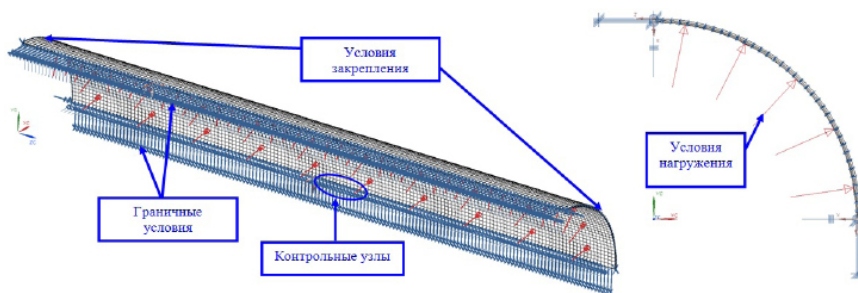


Рис. 1. Конечно-элементная модель овализованной цилиндрической оболочки

В случае применения численных методов, построенных на основе статистического моделирования, результаты решения зависят от алгоритма аппроксимации функций распределения прочности  $F_R(R)$  и нагрузки  $F_Q(Q)$ . Кроме этого, в случае вычисления напряжений по методу конечных элементов на результаты решения значительным образом влияет величина дискретизации, модели (в данных тестовых конструкциях варьируется количество конечных элементов по толщине модели, рис. 2).



Рис. 2. Конечно-элементные модели с одним (КЭМ-1), двумя (КЭМ-2) и тремя (КЭМ-3) конечными элементами по толщине

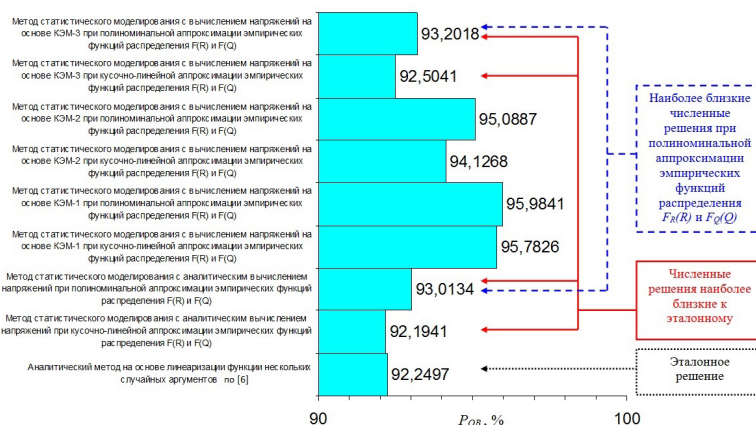


Рис. 3. Результаты расчета надежности тестовой конструкции различными методами

В качестве эталонного можно принять решение, основанное на подходе, предложенном А. Р. Ржаницыным [6]. В этом случае решение производится на основе линеаризации функции нескольких случайных аргументов, заданной в аналитическом виде.

Численные решения, наиболее близкие к эталонному, получены с применением следующих методов:

- метод статистического моделирования с аналитическим вычислением напряжений;
- метод статистического моделирования с вычислением напряжений на основе КЭМ-3 по методу конечных элементов.

Примечание: следует уделить особое внимание построению конечно-элементных моделей. Величина дискретизации влияет на рост погрешности решения, полученного методом конечных элементов. Для данной тестовой конструкции следует вводить четыре конечных элемента по толщине. Количество конечных элементов подбирается исходя из опыта расчетчика или путем проведения верификационных исследований.

Следует заметить, что при использовании так называемого эталонного подхода производится линеаризация как функций нагрузки, так и прочности, а, стало быть, и функции  $\Psi$ , которая, как правило, имеет нелинейную зависимость от определяющих параметров. Указанный подход при расчете надежности является допущением в безопасную сторону. К аналогичному явлению приводит кусочно-линейная аппроксимация эмпирических функций распределения  $F_R(R)$  и  $F_Q(Q)$  при применении метода статистического моделирования с аналитическим вычислением напряжений. В данном случае учет нелинейности производится путем полиномиальной аппроксимации эмпирических функций распределения  $F_R(R)$  и  $F_Q(Q)$  при применении метода статистического моделирования с аналитическим вычислением напряжений. Таким образом, наиболее точным решением является решение, полученное методом статистического моделирования с аналитическим вычислением напряжений при полиномиальной аппроксимации эмпирических функций распределения  $F_R(R)$  и  $F_Q(Q)$ . В указанном методе, так же как и в эталонном подходе, существенное ограничение – это требование по наличию аналитического выражения, определяющего взаимосвязь между параметрами нагрузки  $Q$  и несущей способности (прочности)  $R$  для исследуемой конструкции.

В заключение следует отметить, что для ряда конструкций получение аналитического выражения, определяющего взаимосвязь между параметрами нагрузки  $Q$  и несущей способности (прочности)  $R$ , вызывает затруднение. Поэтому наиболее универсальным методом является метод статистического моделирования с вычислением напряжений на основе конечно-элементной модели с применением метода конечных элементов. Решение с применением последнего приближается к эталонному решению при условии корректного построения конечно-элементной модели. В данном случае для тестовой конструкции решением, наиболее близким к эталонному, является решение, полученное на основе КЭМ-3 (рис. 2). Использование метода оценки надежности, предложенного Ржаницыным, для современных конструкций требует большого количества времени и высокой квалификации от инженера. Метод статистического моделирования с вычислением напряжений на основе конечно-элементных моделей при полиномиальной аппроксимации эмпирических функций имеет меньшую трудоемкость, применим к конструкциям и системам любой сложности, но требует большого количества вычислительных ресурсов.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков, В. М. Надежность машин и тонкостенных конструкций : учеб. пособие / В. М. Волков ; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2011. – 365 с.
2. Капур, К. Надежность и проектирование систем / К. Капур, Л. Ламберсон. – Москва : Мир, 1980. – 604 с.
3. Болотин, В. В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений / В. В. Болотин. – Москва : Изд-во лит. по стр-ву, 1971. – 255 с.
4. Пименов, С. А. Применение численных методов для оценки надежности конструкций / С. А. Пименов // Новые промышленные технологии. – 2010. – № 3.
5. Стрелецкий, Н. С. Основные направления исследований по уточнению метода расчета строительных конструкций по предельному состоянию / Н. С. Стрелецкий. – Москва : Акад. стр-ва и архитектуры СССР – НТО строит. пром-ти СССР, 1958. – 52 с.
6. Ржаницын, А. Р. Применение статистических методов в расчетах сооружений на прочность и безопасность / А. Р. Ржаницын // Строительная промышленность. – 1952. – № 6.

**ZORKOV Pavel Pavlovich, processing engineer, postgraduate student; PIMENOV Stanislav Aleksandrovich, candidate of technical sciences, senior researcher**

## ABOUT CURRENT FAULT-TOLERANCE TECHNIQUES

Sedakov Research Institute of Measuring Systems

47, Tropinina St., Nizhny Novgorod, 603137, Russia. Tel.: +7 (831) 465-49-90;  
e-mail: spimenov\_m\_fem@mail.ru.

*Key words:* reliability, assessment and prediction, finite element method, compound model.

---

*The article provides an overview of existing methods for assessing reliability. Classification of the methods is presented. Division of the methods into two key groups is accepted. A conclusion about the need to form combined models for reliability assessment is made. The most promising combined method based on a finite element method is considered.*

---

## REFERENCES

1. Volkov V. M. Nadyozhnost mashin i tonkostennykh konstruksiy [Reliability of machines and thin-shelled constructions], ucheb. posobie. Nizhegor. gos. tekhn. un-t im. R. E. Alekseeva, Nizhny Novgorod, 2011, 365 p.
2. Kapur K., Lamberson L. R. Nadyozhnost i proektirovanie sistem [Reliability in engineering design]. Moscow, Mir, 1980, 604 p.
3. Pimenov S. A. Primenenie chislennykh metodov dlya otsenki nadyozhnosti konstruksiy [Application of numerical methods to assess the reliability of structures], Zhurnal «Novye promyshlennyye tekhnologii» [Journal «New industrial processes»], № 3, 2010.
4. Bolotin V. V. Primenenie metodov teorii veroyatnostey i teorii nadyozhnosti v raschyotakh sooruzheniy [Application of methods of the probability theory and reliability theory in analysis of constructions]. Moscow, Izd-vo lit. po str-vu, 1971, 255 p.
5. Streletskiy N. S. Osnovnye napravleniya issledovaniy po utochneniyu metoda raschyota stroitelnykh konstruksiy po predelnomu sostoyaniyu. [Main researches to refine the method of calculation of building structures limit state], Akad. str-va i arkhitektury SSSR – NTO stroit. prom-ti SSSR, 1958.
6. Rzhantsyn A. R. Primenenie statisticheskikh metodov v raschyotakh sooruzheniy na prochnost i bezopasnost. [Application of statistical methods in calculations of strength and safety], Stroitel'naya promyshlennost [Construction industry], № 6, 1952.

© П. П. Зорков, С. А. Пименов, 2016

Получено: 12.09.2015 г.





УДК 504.75 : 537.87

**В. Н. КУПРИЯНОВ<sup>1</sup>**, чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой проектирования зданий; **О. Г. МОРОЗОВ<sup>2</sup>**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой радиофотоники и микроволновых технологий; **А. Р. НАСЫБУЛЛИН<sup>2</sup>**, канд. техн. наук, доц. кафедры радиофотоники и микроволновых технологий; **Р. И. ШАФИГУЛЛИН<sup>1</sup>**, аспирант кафедры проектирования зданий

### **К ИССЛЕДОВАНИЮ ОСЛАБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ЗДАНИЙ**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1. Тел.: (987) 290-19-98; факс: (843) 526-93-41;  
эл. почта: kuprivan@kgasu.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А. Н. Туполева-КАИ»

Россия, 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 10. Тел.: (843) 238-52-73;  
эл. почта: aydar.nasybullin@mail.ru

**Ключевые слова:** электромагнитные волны, электромагнитное излучение, ограждающие конструкции, ослабление сигнала, шунгит.

---

*Рассмотрена проблема защиты человека от действия электромагнитных волн в городской среде. Описываются результаты экспериментального исследования ослабляющих свойств различных типов материалов ограждающих конструкций при электромагнитном излучении радиочастотного диапазона. Также приводятся результаты исследований влияния штукатурного слоя с содержанием шунгита на уровень ослабления сигнала электромагнитных волн. Полученные результаты показали, что в зависимости от материала интенсивность сигнала меняется.*

---

С развитием информационных технологий, телекоммуникаций, электронного оборудования, мобильной связи и Интернета возникает проблема защиты человека от действия «электромагнитного смога» в городской среде, ослабления электромагнитных волн в жилых и гражданских зданиях, где человек проводит большую часть времени суток. При этом меры защиты населения в жилых зданиях мало распространены, что сказывается на здоровье людей [1]. В последние десятилетия в обществе усилилось использование современных систем связи, появились новые термины типа «электронные гаджеты», «wi-fi», «bluetooth» и др. В строительной отрасли получил развитие термин «умный дом», где максимально использованы электронные системы автоматизации. Обзор опубликованных работ [2, 3] показал, что информация по данному вопросу весьма ограничена, отсутствует систематизация, а результаты исследований зачастую носят противоречивый характер.

В настоящей работе представлены результаты исследования защитных свойств стеновых конструкций, выполненных из различных материалов. Исследование защитных свойств ограждающих конструкций выполнялось с применением анализатора спектра FSH8 фирмы «ROHDE & SCHWARZ» [4]. Портативный анализатор спектра FSH8 имеет функцию векторного анализатора цепей, что позволяет с его помощью производить измерения коэффициентов ослабления (передачи) и отражения радиотехнических устройств.

Коэффициент ослабления «К» (дБ) – это логарифмическая относительная величина, характеризующая уровень ослабления сигнала ЭМ волны со знаком «–», что означает уменьшение мощности сигнала [5]:

$$K = 10 \cdot \lg \left( \frac{A_o}{A_k} \right). \quad (1)$$

$$A_k = \frac{A_o}{10^{0,1 \cdot K}}, \quad (2)$$

где  $A_o$  – уровень сигнала падающей ЭМ волны;  $A_k$  – уровень сигнала ЭМ волны после прохождения препятствия.

При падении сигнала электромагнитной волны на поверхность образца происходит частичное отражение сигнала от наружной поверхности или границ слоев образца (рис. 1) и частичное поглощение сигнала телом образца («омические потери нагрева») [6]. В формуле (1) приведено соотношение, характеризующее физический смысл коэффициента ослабления или отражения. Из этого соотношения, получив формулу (2), можно определить уровень сигнала электромагнитной волны внутри помещения здания. Значение коэффициента ослабления определяется в лабораторных условиях для различных типов ограждающих конструкций стен. Исследования свойств ограждающих строительных конструкций по ослаблению и отражению электромагнитных волн проводилось в диапазоне частот от 2–3,5 ГГц как наиболее распространенном в телекоммуникационной технике.

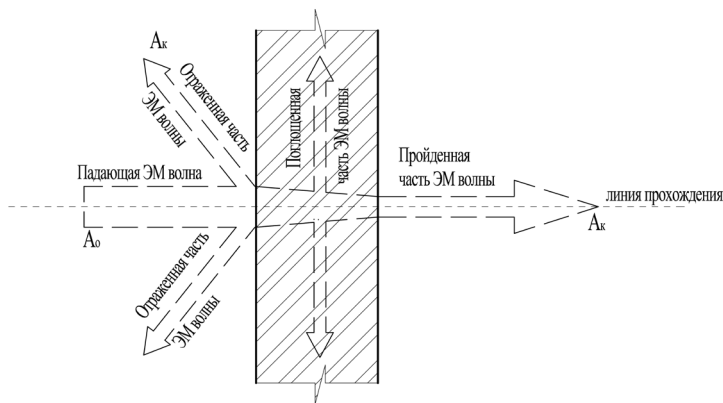


Рис. 1. Схема прохождения электромагнитной волны через испытуемый образец

Структурная схема измерительной установки приведена на рис. 2, а общий вид – на рис. 3. В состав установки входят передающая (2) и приемная (1) антенны, соединенные с анализатором (3) через соединительные коаксиальные кабели (4). В качестве антенн использовались излучатели в виде открытого конца прямоугольного волновода, обеспечивающие коэффициент стоячей волны не больше 2 в диапазоне от 2 до 3 ГГц. Вся измерительная информация обрабатывается и передается на компьютер (5). Результаты экспериментов для каждой конструкции стены (6) выводятся автоматически в виде графиков уровня пройденного или отраженного сигнала (дБ) в зависимости от частоты излучения (рис. 4).

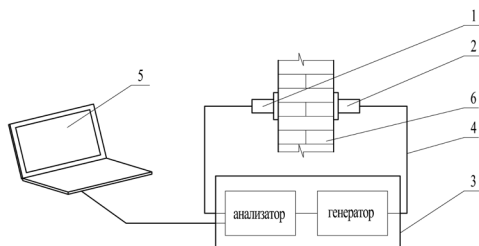


Рис. 2. Схема установки по исследованию защитных свойств ограждающих конструкций: 1 – антенна генератор; 2 – антенна приемник; 3 – анализатор волн FSH8; 4 – кабели; 5 – компьютер; 6 – исследуемый образец



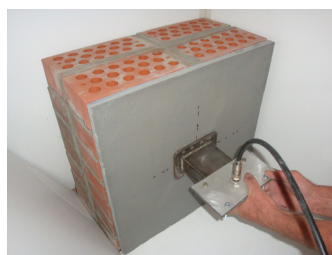
а



б



в



г

Рис. 3. Общий вид и фрагменты экспериментальной установки: а – анализатор спектра FSH8 и компьютер; б – передающая и приемная антенны; в, г – антенны, установленные на испытуемый образец

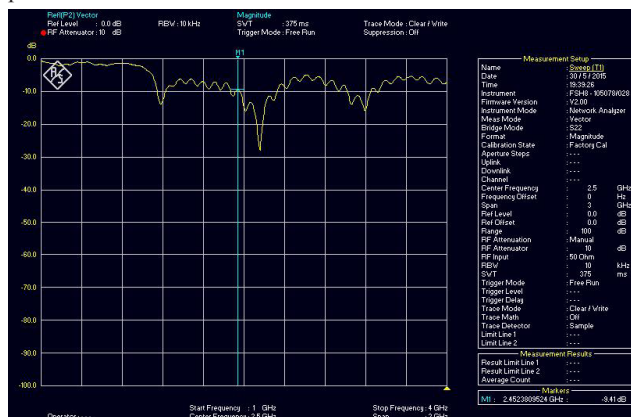


Рис. 4. График зависимости уровня сигнала от частоты излучения



Результаты экспериментов приведены в табл. 1, из которой видно, что контроль защитных свойств проводился с периодичностью 7 дней для оценки влияния влажности образцов, а также что защитные свойства ограждений снижаются по мере удаления воды (высыхания) у всех образцов. Максимальным свойством ослабления обладает образец из цементно-известкового раствора; минимальным ослаблением – образец из полнотелого кирпича. В значение измеренного коэффициента ослабления между двумя антеннами при прохождении волны через испытуемый объект также входит компонента, соответствующая неполной передаче энергии из передающей антенны в приемную. Последнее объясняется частичным рассеянием электромагнитной энергии в открытом пространстве. Для корректировки измеренных параметров был определен коэффициент ослабления в отсутствии образца, принявший значение 17 дБ на частоте 2,45 ГГц, которое необходимо вычитать из полученных данных в результате измерений.

Таблица 1

**Типы испытуемых образцов и результаты измерения  
коэффициента ослабления «К»**

Образец	Направление измерений	Коэффициент ослабления «К» по мере твердения образца, дБ							
		0 сут	7 сут	14 сут	21 сут	28 сут	35 сут	42 сут	49 сут
1. Полнотелый кирпич на цементно-песчаном растворе (кирпич М150, раствор М75)	в области материала	-33,19	-	-21,92	-19,70	-	-19,32	-	-19,14
	в области шва	-31,07	-	-22,65	-19,01	-	-18,81	-	-18,00
2. Пустотелый кирпич на цементно-песчаном растворе (кирпич М150, раствор М75) в области материала	в области материала	-51,53	-31,02	-	-27,56	-	-25,22	-22,78	-
	в области шва	-34,9	-26,95	-	-24,05	-	-24,11	-	-
3. Газобетон на цементно-песчаном растворе (газобетон D600, раствор М75) в области материала	в области материала	-	-35,31	-30,24	-	-28,08	-	-28,00	-26,28
	в области шва	-	-37,74	-40,24	-	-34,56	-	-31,70	-
4. Цементно-известковые блоки на цементно-песчаном растворе (состав: 60 % – песок, 30 % – известь, 20 % – гашеная известь)	в области материала	-	-63,89	-53,24	-	-46,03	-	-43,28	-44,32
	в области шва	-	-82,41	-70,64	-	-68,13	-	-67,46	-
5. Бетонные блоки на цементно-песчаном растворе (состав: 75 % – пгс, 25 % – цемент)	в области материала	-	-47,49	-	-30,31	-	-29,19	-30,01	-
	в области шва	-	-46,14	-	-28,62	-	-28,20	-	-

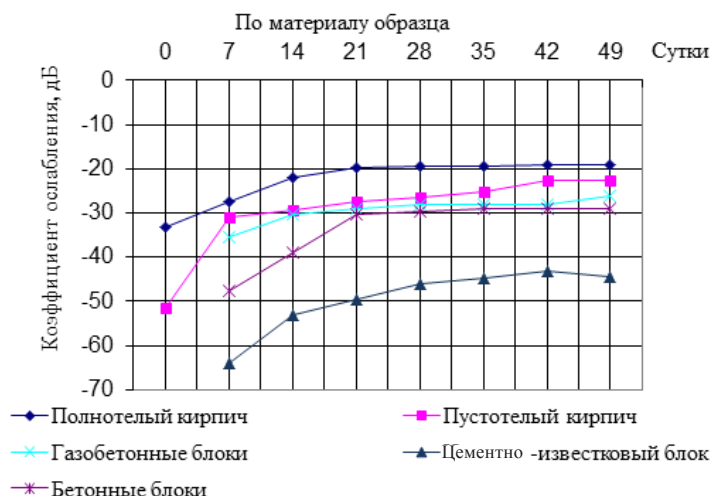


Рис. 5. График изменения коэффициента ослабления по мере высыхания кладки образцов (прохождение волны в области материала кладки)

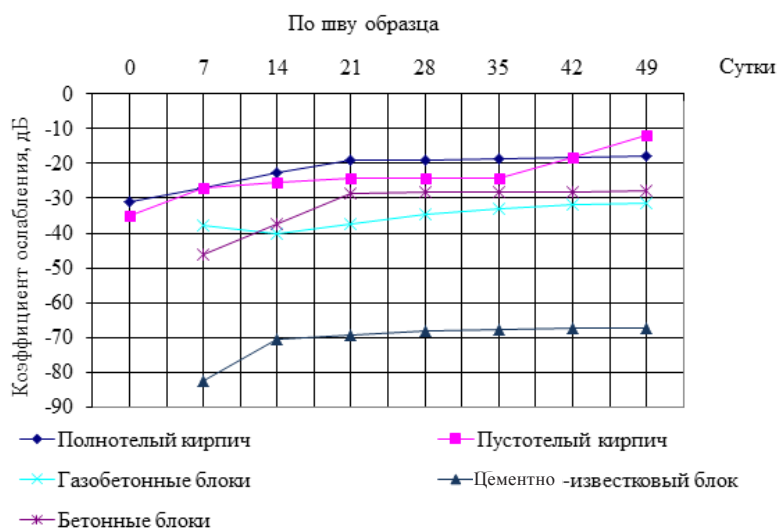


Рис. 6. График изменения коэффициента ослабления по мере высыхания кладки образцов (излучение по шву кладки)

Из научной литературы известно применение добавок шунгита в материалы ограждающих конструкций для уменьшения уровня электромагнитного излучения [2]. Такие свойства шунгита связаны с содержанием углерода в составе породы. В связи с этим на втором этапе были проведены работы по исследованию штукатурного слоя толщиной 20 мм из стандартной фасадной штукатурной смеси с различным содержанием шунгита (табл. 2).



Из данных табл. 2 следует, что защитные свойства штукатурного слоя зависят от процентного содержания шунгита в смеси, однако полученные результаты неоднозначны и требуют дальнейших исследований.

Т а б л и ц а 2

**Сводная таблица результатов испытаний для штукатурных образцов**

Образец	Коэффициент ослабления, дБ	Коэффициент отражения, дБ
1. Штукатурный слой 2 см (возраст 5 суток)	-10,32	-8,82
2. Штукатурный слой толщиной 2 см с добавлением шунгита (содержание шунгита к штукатурной смеси 7 %)	-10,51	-8,83
3. Штукатурный слой толщиной 2 см с добавлением шунгита (содержание шунгита к штукатурной смеси 10 %)	-9,67	-9,68

Третий этап работ заключается в исследовании защитных свойств двухслойных образцов стен с применением штукатурного слоя. Результаты исследования ослабления уровня интенсивности ЭМ волны приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

**Сводная таблица результатов испытаний для двухслойных образцов**

Образец	Коэффициент ослабления образца без штукатурного слоя, дБ	Коэффициент ослабления образца, дБ		
		со штукатурным слоем без шунгита	со штукатурным слоем с шунгитом (содержание 7 %)	со штукатурным слоем с шунгитом (содержание 10 %)
1. Полнотелый кирпич	-19,14	-25,56	-25,44	-25,39
2. Пустотелый кирпич	-22,78	-27,23	-27,95	-28,75
3. Газобетон	-26,28	-26,40	-26,86	-26,87
4. Цементно-известковые блоки	-44,32	-46,74	-48,29	- 47,35
5. Бетонные блоки	-30,01	-33,04	-32,66	- 34,35

Из табл. 3 следует, что наибольшая защита от электромагнитного излучения обеспечивается двухслойным образцом из кладки цементно-известковых блоков на цементно-песчаном растворе. При этом наибольшая защита обеспечивается при применении штукатурного слоя содержанием 7 % шунгита.

По результатам выполненных работ можно сделать следующие предварительные выводы:

1. С уменьшением влажности образцов при их высыхании уменьшается уровень защиты от электромагнитных волн.



2. Наилучшими защитными свойствами от электромагнитных волн обладает образец, выполненный из кладки цементно-известковых блоков; наихудшими – образец, выполненный из кладки полнотелого керамического кирпича.

3. Керамические кирпичи, имеющие пустоты, обладают лучшей защитой от электромагнитных волн, чем полнотелые, по-видимому, за счет многократного отражения волны от стенок пустот.

4. Подтверждено, что содержание шунгита увеличивает защиту от электромагнитных волн.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сподобаев, Ю. М. Основы электромагнитной экологии / Ю. М. Сподобаев, В. П. Кубанов. – Москва : Радио и связь, 2000. – 240 с.
2. Гульбин, В. Н. Материалы для защиты среды обитания человека от влияния электромагнитных излучений / В. Н. Гульбин // Технологии ЭМС. – 2013. – № 2 (45). – С. 18–25.
3. Гульбин, В. Н. Строительные материалы для защиты объектов от воздействия электромагнитных излучений / В. Н. Гульбин // Промышленно-гражданское строительство. – 2014. – № 5. – С. 7–13.
4. Хибель, М. Основы векторного анализа цепей : пер. с англ. С. М. Смольного / М. Хибель. – Москва : Изд. дом МЭИ, 2009. – 500 [4] с. : ил.
5. Богущ, В. А. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты : монография. – Минск : Изд-во УП «Беспринт», 2003 – 179 с.
6. Александров, Ю. К. Измерительные устройства для определения экранирующих свойств материалов в НЧ диапазоне электромагнитных волн / Ю. К. Александров // Технологии ЭМС. – 2013. – № 2 (45). – С. 35-41.

**KUPRIYANOV Valeriy Nikolaevich<sup>1</sup>, corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of building design; MOROZOV Oleg Gennadievich<sup>2</sup>, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of radiophotonics and microwave technologies; NASYBULLIN Aydar Refkatovich<sup>2</sup>, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of radiophotonics and microwave technologies; SHAFIGULLIN Ramil Ibragimovich<sup>1</sup>, postgraduate student of the chair of building design**

#### ON THE RESEARCH OF ELECTROMAGNETIC WAVES WEAKENING BY EXTERNAL WALLS OF BUILDINGS

<sup>1</sup>Kazan State University of Architecture and Engineering

1, Zelyonaya St., Kazan, 420043, Russia. Tel.: +7 (987) 290-19-98; fax: +7 (843) 526-93-41;  
e-mail: kuprivan@kgasu.ru

<sup>2</sup>Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI

10, K. Marks St., Kazan, 420111, Russia. Tel.: +7 (843) 238-52-73;  
e-mail: aydar.nasybullin@mail.ru

*Key words:* electromagnetic waves, electromagnetic radiation, walling, signal attenuation, shungite.

*The paper describes the results of an experimental study of attenuating properties of various types of materials of building external walls under influence of radio frequency energy. Also, the results of studies of the effect of the plaster layer containing shungit on the level of attenuation of electromagnetic waves are given. The results show that signal intensity changes depending on the type of material.*





## REFERENCES

1. Spodobayev Yu. M. Osnovy elektromagnitnoy ekologii [Fundamentals of the electromagnetic environment]. Radio i svyaz [Radio and Communications], 2000, 240 p.
2. Gulbin V. N. Materialy dlya zaschity sredy obitaniya cheloveka ot vliyaniya elektromagnitnykh izlucheniye [Materials for protection of the human environment from the effects of electromagnetic radiation]. Tekhnologii EMS [EMC technology], 2013, № 2 (45). P. 18-25.
3. Gulbin V. N. Stroitelnye materialy dlya zaschity ob'ektov ot vozdeystviya elektromagnitnykh izlucheniye [Building materials for protection of objects from the effects of electromagnetic radiation]. Promyshlenno-grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and Civil Engineering], 2014, № 5. P. 7-13.
4. Hibel M. Osnovy vektornogo analiza tsepey [Fundamentals of vector network analysis], 2009, 500 p. (Rohde&Schwarz. 2008).
5. Bogush V. A. Elektromagnitnye izlucheniya. Metody i sredstva zaschity [Electromagnetic radiation. Methods and means of protection], 2003, 179 p.
6. Aleksandrov Yu. K. Izmeritelnye ustroystva dlya opredeleniya ekraniruyushchikh svoystv materialov v NCh diapazone elektromagnitnykh voln [Measuring devices for determining shielding properties of materials in the low range of electromagnetic waves]. Tekhnologii EMS [EMC technology], 2013, № 2 (45). P. 35-41.

© В. Н. Куприянов, О. Г. Морозов, А. Р. Насыбуллин, Р. И. Шафигуллин, 2016  
Получено: 17.10.2015 г.

## УДК 539.3

**В. И. ЕРОФЕЕВ<sup>1</sup>**, д-р физ.-мат. наук, проф., директор; **Е. Е. ЛИСЕНКОВА<sup>2</sup>**, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры математики и системного анализа; **П. А. ХАЗОВ<sup>3</sup>**, ст. преп. кафедры теории сооружений и технической механики

**АНАЛИЗ ДИСПЕРСИОННЫХ СВОЙСТВ УПРУГОЙ ВОЛНЫ,  
РАСПРОСТРАНЯЮЩЕЙСЯ В ПОВРЕЖДЕННОЙ СТРУНЕ, ЛЕЖАЩЕЙ  
НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ**

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

Россия, 603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85. Тел.: (831) 432-05-76;  
эл. почта: erf04@sinn.ru

<sup>2</sup>Нижегородский институт управления – Филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

Россия, 603950, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, д. 46. Тел.: (831) 465-78-89;  
эл. почта: EELissen@yandex.ru

<sup>3</sup>ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96, (831) 433-98-64;  
эл. почта: nir@nngasu.ru, tstm@nngasu.ru, newschoolnn@rambler.ru.

*Ключевые слова:* фазовая скорость, групповая скорость, волна, дисперсия, затухание.

---

*Рассмотрено влияние параметров, характеризующих поврежденность материала струны, лежащей на упругом основании, на фазовую и групповую скорости поперечной волны. Приведен случай возможного появления комплексной волны. Показано, что для высоких частот степень затухания определяется только параметром поврежденности.*

В качестве моделей для описания путевой структуры или контактного провода часто используют одномерные распределенные системы (струна, балка), лежащие на линейно-упругом основании. Известно [1, 2], что в таких направляющих существует так называемая зона непропускания, где действительным частотам не соответствуют действительные волновые числа. При превышении частоты «отсечки» колебания направляющей носят волновой характер. Как показали проведенные исследования, при наличии поврежденности в струне, несмотря на отсутствие диссипации энергии, в области пропускания существуют волны с комплексными волновыми числами (комплексные волны КВ [3]). Появление в направляющих с поврежденностью КВ является одной из важнейших особенностей таких структур. Установлен диапазон частот, где дисперсия проявляется аномальным образом.

Проведем расчет дисперсионных характеристик одномерной упругой системы с поврежденностью. В качестве направляющей выберем струну, лежащую на упругом основании модели Винклера. Поперечные колебания струны удовлетворяют системе уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - c_{\perp}^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \omega_0^2 u = \beta_1 \frac{\partial \psi}{\partial x} , \\ \frac{\partial \psi}{\partial t} + \alpha \psi = \beta_2 N \frac{\partial u}{\partial x} . \end{cases} \quad (1)$$

Здесь  $u(x, t)$  – поперечное смещение струны,  $\psi(x, t)$  – функция поврежденности [4, 5];  $c_{\perp} = \sqrt{N/\rho}$ ;  $\omega_0 = \sqrt{k/\rho}$ ;  $N, \rho$  – натяжение и погонная плотность струны;  $k$  – коэффициент упругости основания;  $\alpha, \beta_1, \beta_2$  – коэффициенты, характеризующие поврежденность.

Продифференцируем первое уравнение системы (1) по  $t$ , второе – по  $x$  и преобразуем систему (1) к одному уравнению относительно поперечного перемещения частиц струны:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - c_{\perp}^2 \left( 1 + \frac{\beta_1 \beta_2 \rho}{\alpha} \right) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \omega_0^2 u + \frac{1}{\alpha} \frac{\partial^3 u}{\partial t^3} - \frac{c_{\perp}^2}{\alpha} \frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial t} + \frac{\omega_0^2}{\alpha} \frac{\partial u}{\partial t} = 0. \quad (2)$$

В безразмерных переменных  $U = u/u_0$ ,  $y = x/X$ ,  $\tau = t/T$ ,  $X = \frac{c_{\perp}}{\alpha \sqrt{\delta}}$ ,

$T = \frac{1}{\alpha \delta}$ ,  $\delta = 1 + \frac{\beta_1 \beta_2 \rho}{\alpha}$ , уравнение (2) будет иметь вид:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial \tau^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\omega_0^2}{\alpha^2 \delta^2} U + \delta \frac{\partial^3 U}{\partial \tau^3} - \frac{\partial^3 U}{\partial y^2 \partial \tau} + \frac{\omega_0^2}{\alpha^2 \delta} \frac{\partial U}{\partial \tau} = 0. \quad (3)$$

Для того чтобы функция  $U \sim e^{i(\tilde{\omega}\tau - \tilde{\kappa}y)}$  была решением уравнения (3), необходимо выполнение условия:

$$-i\delta\tilde{\omega}^3 - \tilde{\omega}^2 + i(\tilde{\omega}_0^2\delta + \tilde{\kappa}^2)\tilde{\omega} + \tilde{\omega}_0^2 + \tilde{\kappa}^2 = 0. \quad (4)$$

где  $\tilde{\omega} = \frac{\omega}{\alpha\delta}$ ,  $\tilde{\omega}_0 = \frac{\omega_0}{\alpha\delta}$ ,  $\tilde{\kappa} = \frac{c_{\perp}\kappa}{\alpha\sqrt{\delta}}$  – безразмерные частоты и волновое число.

Разрешая (4) относительно  $\tilde{\kappa}$ , получим:

$$\tilde{\kappa}_{1,2} = \pm \sqrt{\frac{\tilde{\omega}^2 - \tilde{\omega}_0^2}{2(1 + \tilde{\omega}^2)}} \left( \sqrt{\sqrt{(1 + \tilde{\omega}^2)(1 + \delta^2\tilde{\omega}^2)} + (1 + \delta\tilde{\omega}^2)} \pm i\sqrt{\sqrt{(1 + \tilde{\omega}^2)(1 + \delta^2\tilde{\omega}^2)} - (1 + \delta\tilde{\omega}^2)} \right). \quad (5)$$

Знаки « $\pm$ » в общей круглой скобке выражения (5) соответствуют случаям

$\delta > 1$  и  $\delta < 1$ . В данной работе  $\delta \in [0, 1]$ , поскольку  $\delta = 1 + \frac{\beta_1 \beta_2 \rho}{\alpha}$  – это

параметр, характеризующий отсутствие повреждений в материале и изменяющийся в интервале  $[0; 1]$ . При отсутствии повреждений  $\delta = 1$ , в то время как разрушенному материалу соответствует значение  $\delta = 0$  [5].

В случае  $\delta = 1$  в струне на упругом основании существует так называемая зона непропускания, где действительным частотам не соответствуют действительные волновые числа [1, 2], а волны в системе излучаются при частотах, больших частоты «отсечки»  $\tilde{\omega} > \tilde{\omega}_0$ . Наличие поврежденности ( $0 < \delta < 1$ ) приводит к существованию волн с комплексными волновыми числами (комплексные волны КВ [3]) во всем частном диапазоне.

На рис. 1 (а, б) представлены зависимости действительной и мнимой частей волнового числа от частоты при  $\tilde{\omega}_0 = 1$  и различных параметрах  $\delta$ .

С увеличением частоты ( $\tilde{\omega} \rightarrow \infty$ )  $\text{Re } \tilde{k} \rightarrow \sqrt{\delta \tilde{\omega}}$ , а  $\text{Im } \tilde{k} \rightarrow \frac{1-\delta}{2\sqrt{\delta}}$ .

Таким образом, для высоких частот степень затухания определяется только параметром поврежденности  $\delta$ .

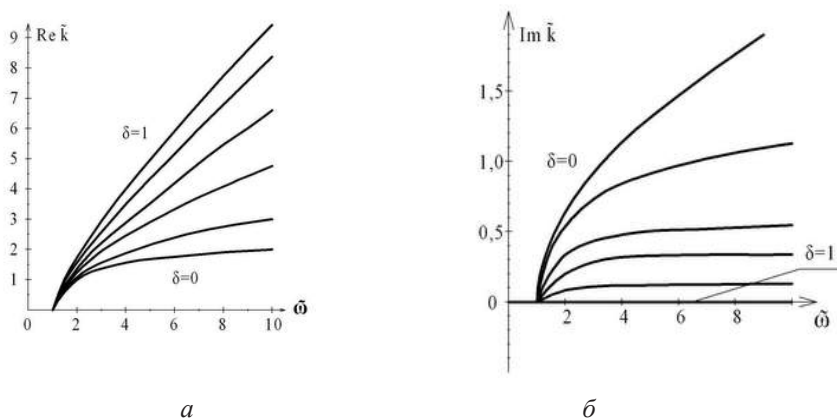


Рис. 1. Зависимости действительной и мнимой частей волнового числа от частоты при  $\tilde{\omega}_0 = 1$  и различных параметрах  $\delta$

Определяя фазовую и групповую скорости поперечных волн, распространяющихся в струне с поврежденностью, как  $V_{ph} = \frac{\omega}{k}$  и  $V_{gr} = \frac{d\omega}{dk}$ , в безразмерных переменных, соответственно, получим:

$$\tilde{V}_{ph} = \sqrt{\frac{2(1+\tilde{\omega}^2)}{\tilde{\omega}^2 - \tilde{\omega}_0^2}} \frac{\sqrt{N-1-\delta\tilde{\omega}^2}}{(1-\delta)}. \quad (6)$$

$$\tilde{V}_{gr} = \frac{2N(\tilde{\omega}(1-\delta))^{-1}(1+\tilde{\omega}^2)\sqrt{2(\tilde{\omega}^2 - \tilde{\omega}_0^2)(N+1+\delta\tilde{\omega}^2)}}{\sqrt{1+\tilde{\omega}^2}(2M+\tilde{\omega}^2+\tilde{\omega}_0^2+\delta\tilde{\omega}_0^2-3\delta\tilde{\omega}^2)+2\sqrt{1+\delta^2\tilde{\omega}^2}(M+\tilde{\omega}_0^2+\delta\tilde{\omega}^4)}, \quad (7)$$

где  $V_{ph} = \tilde{V}_{ph} c_{\perp} \sqrt{\delta}$ ;  $V_{gr} = \tilde{V}_{gr} c_{\perp} \sqrt{\delta}$ ;  $N = \sqrt{(1 + \tilde{\omega}^2)(1 + \delta^2 \tilde{\omega}^2)}$ ;  

$$M = \frac{(1 + \delta \tilde{\omega}^2)^2}{(1 - \delta)}.$$

Зависимости фазовой и групповой скоростей от частоты представлены на рис. 2 (а, б) при  $\tilde{\omega}_0 = 1$  и различных параметрах  $\delta \in [0; 1]$ .

С увеличением частоты фазовая и групповая скорости имеют своим пределом величину  $1/\sqrt{\delta}$ . Если поврежденность в струне на упругом основании отсутствует ( $\delta = 1$ ), то имеет место нормальная дисперсия, когда фазовая скорость превосходит групповую во всем диапазоне частот. В противном случае ( $0 < \delta < 1$ ), для частот выше  $\tilde{\omega}_*$  (рис. 3), возникает аномальная дисперсия ( $\tilde{V}_{ph} < \tilde{V}_{gr}$ ).

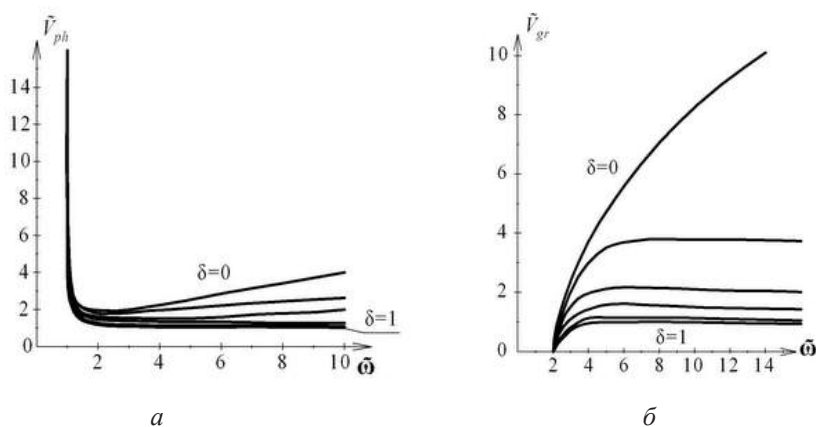


Рис. 2. Зависимости фазовой и групповой скоростей от частоты при  $\tilde{\omega}_0 = 1$  и различных параметрах  $\delta \in [0; 1]$

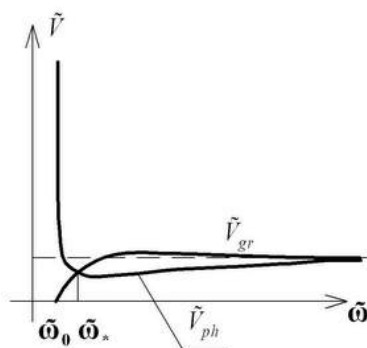


Рис. 3. Зависимости фазовой и групповой скоростей от частоты

Частота  $\tilde{\omega}_*$  определяется из равенства групповой и фазовой скоростей и является решением уравнения:

$$(1 + 2\delta - 3\delta^2 - 4\delta^2 \tilde{\omega}_0^2) \tilde{\omega}^3 - (3 - 2\delta - \delta^2 - 8\delta^2 \tilde{\omega}_0^4 - 6\delta^2 \tilde{\omega}_0^2 + 4\delta \tilde{\omega}_0^2 + 6\tilde{\omega}_0^2) \tilde{\omega}^2 + (9\tilde{\omega}_0^2 + 2\delta \tilde{\omega}_0^2 + 5\delta^2 \tilde{\omega}_0^2 + 2\delta^2 - 4\delta + 6) \tilde{\omega}_0 \tilde{\omega} + (5\tilde{\omega}_0^2 + 2\delta \tilde{\omega}_0^2 + \delta^2 \tilde{\omega}_0^2 + 4) \tilde{\omega}_0^2 = 0. \quad (8)$$



В этой точке фазовая скорость достигает своего минимального значения.

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

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Весницкий, А. И. Волны в системах с движущимися границами и нагрузками / А. И. Весницкий. – Москва : Физматлит, 2001. – 320 с.
2. Весницкий, А. И. Избранные труды по механике / А. И. Весницкий. – Нижний Новгород : Наш дом, 2010. – 248 с.
3. Раевский, А. С. Комплексные волны / А. С. Раевский, С. Б. Раевский. – Москва : Радиотехника, 2010. – 224 с.
4. Ерофеев, В. И. Самосогласованная динамическая задача оценки поврежденности акустическим методом / В. И. Ерофеев, Е. А. Никитина // Акустический журнал. – 2010. – Т. 56, № 4. – С. 554–557.
5. Ерофеев, В. И. Дисперсия и затухание акустической волны, распространяющейся в поврежденном материале / В. И. Ерофеев, Е. А. Никитина, П. А. Хазов // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2014. – № 4. – С. 22–28.

**EROFEEV Vladimir Ivanovich<sup>1</sup>, doctor of physical and mathematical sciences, professor, director; LISENKOVA Elena Evgen'evna<sup>2</sup>, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the chair of mathematics and system analysis; KHAZOV Pavel Alekseevich<sup>3</sup>, senior teacher of the chair of theory of structures and technical mechanics**

#### ANALYSIS OF DISPERSION PROPERTIES OF ELASTIC WAVES PROPAGATING IN A DAMAGED STRING ON AN ELASTIC FOUNDATION

<sup>1</sup>Mechanical Engineering Research Institute, Russian Academy of Sciences  
85, Belinsky St., Nizhny Novgorod, 603024, Russia. Tel.: +7 (831) 432-05-76;  
e-mail: erf04@sinn.ru

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod Management Institute, Branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration at the President of the Russian Federation  
46, Gagarin av., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 465-78-89;  
e-mail: EELissen@yandex.ru

<sup>3</sup>Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., 603950, Nizhny Novgorod, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96, +7 (831) 433-98-64;  
e-mail: nir@nngasu.ru, tstm@nngasu.ru

*Key words:* phase velocity, group velocity, wave, dispersion, attenuation.

---

*The article shows the influence of parameters that characterize the damaged material of a string lying on an elastic foundation, on the phase and group velocity of a transverse wave. A case of a possible appearance of a complex wave is given. It is shown that for high frequencies, the degree of attenuation is determined only by the damage parameter.*

---

#### REFERENCES

1. Vesnitskiy A. I. Volny v sistemakh s dvizhushchimisya granitsami i nagruzkami [Waves in systems with moving boundaries and loads]. Moscow, Fizmatlit, 2001, 320 p.
2. Vesnitskiy A. I. Izbrannye trudy po mekhanike. [Selected works on mechanics]. Nizhny Novgorod: «ID Nash dom», 2010, 248 p.
3. Raevskiy A. S., Raevskiy S. B. Kompleksnye volny. [Complex waves]. Radiotekhnika, 2010, 224 p.



4. Erofeev V. I., Nikitina E. A. Samosoglasovannaya dinamicheskaya zadacha otsenki povrezhdyonnosti akusticheskim metodom. [Self-consistent dynamical problem of estimating the damage by an acoustic method]. Akusticheskiy zhurnal [The Acoustic Journal]. 2010, T. 56, № 4, P. 554–557.

5. Erofeev V. I., Nikitina E. A., Khazov P. A. Dispersiya i zatukhanie akusticheskoy volny, rasprostranyayuscheysya v povrezhdyennom materiale. [Dispersion and attenuation of acoustic waves propagating in the damaged material]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [The Privolzhsky Scientific Journal], 2014, № 4, P. 22–28.

© В. И. Ерофеев, Е. Е. Лисенкова, П. А. Хазов, 2016

Получено: 05.12.2015 г.

УДК 621.314.26

**Б. А. ГОРДЕЕВ<sup>1</sup>**, д-р техн. наук, проф., зав. лабораторией волновой динамики и виброзащиты машин; **М. Н. ОХОТНИКОВ<sup>2</sup>**, канд. техн. наук, доц. кафедры электрооборудования, электропривода и автоматики; **Д. Ю. ТИТОВ<sup>2</sup>**, канд. техн. наук, доц. кафедры электрооборудования, электропривода и автоматики; **Ю. В. ШЕВЫРЕВ<sup>3</sup>**, д-р техн. наук, проф. кафедры энергетики и энергоэффективности горной промышленности; **О. В. ФЕДОРОВ<sup>2</sup>**, д-р техн. наук, проф., кафедры управления инновационной деятельностью

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ПИТАНИЯ ГИДРООПОР В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

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

Россия, 603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85. Тел.: (831) 432-23-40;  
эл. почта: revn@uic.nnov.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева»

Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Минина, д. 24. Тел.: (831) 436-93-79;  
эл. почта: fae@nntu.nnov.ru

<sup>3</sup>ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
Россия, 119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 6. Тел.: (499) 230-23-35;  
эл. почта: mggu.eegr@mail.ru

**Ключевые слова:** преобразователь частоты, виброзащита, гидроопоры, магнитореологический трансформатор.

*Гидроопоры с управляемым коэффициентом демпфирования обеспечивают наиболее эффективное виброгашение и шумогашение электротехнических комплексов высотных зданий. Такие гидроопоры содержат магнитореологический трансформатор. Режим работы магнитореологического трансформатора обеспечивается полупроводниковыми преобразователями. В статье рассмотрена система управления и выбор силовой схемы преобразователя частоты для возбуждающих электромагнитов гидроопор.*

Звуковая динамика высотных зданий и сооружений неразрывно связана с увеличением энергопотребления системами лифтов, эскалаторов, кондиционерами, вентиляционными системами и т. д. Важность данной проблемы, а также концепция ряда технических решений, позволяющих снизить уровни вибрации и

шума путем применения особых шумопоглощающих панелей, изложена в фундаментальной работе [1]. Теоретические исследования, проведенные на базе теории самосогласования волновых полей позволили разработать математический аппарат расчета данных конструкций на инженерном уровне [2]. Однако эта важная проблема может быть успешно решена только при комплексном подходе, когда уровни вибрации и шума снижаются не только на пути их распространения, а и в самом источнике. При этом важной задачей является разработка перестраиваемых вибропоглотителей – гидроопор.

Одним из важных и функциональных узлов перестраиваемой по частоте гидроопоры является устройство для создания рабочего режима намагничивания индукционного магнитореологического трансформатора (МРТ) [3, 4, 5]. Правильная работа индукционных дроссельных каналов МРТ при перестройке по частоте возможна только при заданном режиме изменения во времени напряженности или индукции магнитного поля, что эквивалентно поддержанию соответствующей формы кривой намагничивающего тока.

Полупроводниковые преобразователи, создающие необходимый режим намагничивания возбуждающих электромагнитов (ВЭ) обязательно должны входить в устройство возбуждения МРТ гидроопоры [3, 6].

Для решения задачи снижения вибрации электромеханического комплекса на резонансной частоте необходимо использовать систему автоматического управления МРТ гидроопоры, принцип действия которой поясняется на рис. 1.

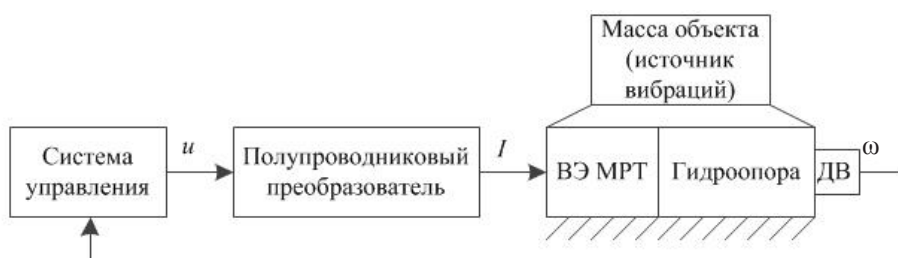


Рис. 1. Функциональная схема системы автоматического управления виброзащитной гидроопорой

На вход системы управления поступает информация о текущих колебаниях  $\omega$  с датчика вибрации (ДВ), установленного на гидроопоре. Датчик вибраций может транслировать один из сигналов, которые пропорциональны перемещению, скорости или ускорению. Этот информационный сигнал представляет собой сумму гармонических колебаний на частотах от 5 до 100 Гц. Система управления выполняет преобразование Фурье, определяет наибольшую амплитуду в заданном диапазоне частот и формирует сигнал  $u$ , управляющий ключами полупроводникового преобразователя. Под действием магнитного поля дроссельные каналы «открываются» и «закрываются», т. е. преобразователь обеспечивает возбуждающий электромагнит (ВЭ МРТ) током намагничивания  $I$ , который влияет на вязкость магнитной жидкости, протекающей через дроссельные каналы. В процессе управления МРТ гидроопоры на обмотку возбуждающего электромагнита подается двухполярное напряжение возбуждения  $U_b$  величина и частота  $f_b$  которого определяются системой управления.

Для устранения гистерезисных явлений, связанных с остаточной намагниченностью, ферромагнитные сердечники ВЭ и перегородка должны размагничиваться



при перестройке гидроопоры по частоте, а также в целях компенсации задержки в периодическом процессе изменения вязкости демпфера.

Остаточная магнитная индукция  $B_r$  ферромагнитных сердечников недопустима, так как она влечет задержку между зависимостями напряженности  $H$  и индукции  $B$  магнитного поля во времени, искажает форму кривой  $B$  и влияет на переходные процессы в магнитной среде при смене полярности внешнего магнитного поля. Задержка  $B(t)$  не должна превышать длительности периода высшей гармоники входного вибросигнала.

Представленные в [4] числовые расчеты и зависимости частотных сдвигов АЧХ, ФЧХ и частотной расстройки между функциями магнитного поля  $H$  и  $B$ , обусловленные гистерезисом ферромагнитных сердечников МРТ, показывают, что гистерезис в сердечниках МРТ оказывает отрицательное действие на работу МРТ гидроопоры – возбуждение дроссельных каналов в МРТ происходит не синхронно с частотой вибросигнала. Это влечет к частотным сдвигам АЧХ, ФЧХ гидроопоры с МРТ. Поэтому эти частотные сдвиги необходимо учитывать и устранять при настройке гидроопоры с МРТ на заданные частоты размагничивающим импульсным переменным магнитным полем.

Ликвидировать частотные сдвиги между АЧХ, ФЧХ гидроопоры с МРТ и добиться синхронного «закрывания» и «открывания» дроссельных каналов переменным магнитным полем с частотой вибросигнала можно возбуждением и предварительным размагничиванием сердечников МРТ при помощи сигнала возбуждения и размагничивания. Этот сигнал состоит из отдельных компонент, формируемых полупроводниковым преобразователем, с частотами возбуждения  $f_v$  и размагничивания  $f_p$  ферромагнитных сердечников. При этом между частотой возбуждения и размагничивания, как показали эксперименты [4], должно выполняться следующее соотношение:

$$f_p \geq 10 \cdot f_v.$$

Отношение этих переменных намагничивания и размагничивания сердечников ВЭ при перестройке МРТ гидроопоры является величиной постоянной и определяется выражением:

$$\frac{U_{\text{имп.р}}}{f_p} \approx 2\pi N_{\text{в}} \Phi_{\text{имп.р}} \approx 2\pi N_{\text{в}} L_{\text{э}} I_{\text{э.имп.р}} = 2\pi N_{\text{в}} \frac{X}{2\pi f_p} I_{\text{э.имп.р}} = \text{const},$$

где  $\Phi_{\text{имп.р}}$  – импульсный магнитный поток размагничивания сердечников в полюсе ВЭ;  $I_{\text{э.имп.р}}$  – импульсный ток размагничивания ВЭ;  $f_p$  – частота размагничивания;  $N_{\text{в}}$  – число витков;  $U_{\text{имп.р}}$  – амплитуда напряжения размагничивания.

При размагничивающем импульсном переменном магнитном поле с частотой, например  $f_p = 200$  Гц, домены в сердечниках ВЭ не будут успевать выстраиваться из-за быстрой смены полярности переменного магнитного поля и будут находиться в хаотичном порядке, тем самым ликвидируется остаточная магнитная индукция, обусловленная гистерезисом сердечников ВЭ МРТ. Импульсное переменное магнитное поле в дроссельном канале МРТ препятствует его открыванию [7]. Этому будет препятствовать созданное магнитным полем с частотой  $f_p = 200$  Гц сильное магнитное давление, которое намного больше гидравлического давления от действия инерционной нагрузки.

Таким образом, для достижения одновременного «закрывания» дроссельных каналов и размагничивания сердечников ВЭ требуется правильно выбрать амплитуды и частоты импульсов напряжения возбуждения и размагничивания сердечников ВЭ.

Особенностью изменения управляющего напряжения возбуждения  $U_b$  при постоянных магнитных потоках в МРТ, заполненных магнитореологической жидкостью, является его изменение по линейному закону от значений частоты перестройки  $f_b$  (рис. 2).

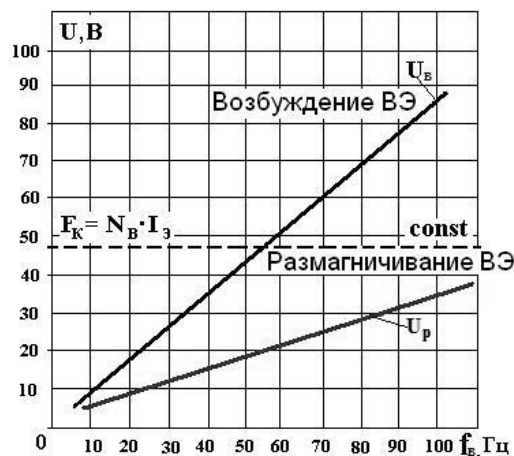


Рис. 2. Изменения напряжений возбуждения/размагничивания сердечников ВЭ и магнитной жидкости в зависимости от значений частоты перестройки  $f_b$

На рис. 2 на оси напряжений МРТ показана величина выходного напряжения преобразователя для ВЭ. Максимальное напряжение на выходе преобразователя должно быть не менее чем в 3 раза выше напряжения возбуждения МРТ (до 300 В) – это обеспечивает запас на размагничивание ВЭ. Напряжение возбуждения  $U_b$  МРТ линейно возрастает в диапазоне 26,0 дБ с увеличением значений частоты перестройки  $f_b$  от  $U_{b1} \approx 4,0$  В и до  $U_{b2} \approx 85,0$  В – в полосе частот возбуждения до 100 Гц.

Кроме выбора амплитуд и частот необходимо правильно подобрать временные интервалы импульсов возбуждения  $\tau_b$  и размагничивания  $\tau_p$ . Эти временные интервалы в периоде действия вибросигнала распределены согласно зависимости:

$$T_{cc} = [(\tau_b + \tau_p) + (\tau_b + \tau_p)], \quad (1)$$

где  $\tau_b = (1,5 / 7) \cdot T_c$  – длительность сигналов возбуждения сердечников ВЭ МРТ;  $\tau_p = 2T_c / 7$  – длительность сигналов размагничивания сердечников ВЭ МРТ;  $T_c$  – период вибросигнала.

Указанные значения коэффициентов 1,5/7 и 2/7 представляют собой эмпирически найденную комбинацию, которая позволяет реализовать соотношение (1).

На основании вышеизложенного была разработана система управления преобразователя, питающего МРТ, и получены диаграммы токов и напряжений. Система управления формирует требуемые АЧХ и обеспечивает напряжения и частоты сигналов возбуждения и размагничивания для сердечников ВЭ, при возбуждении и последующем размагничивании на временном интервале за период действия вибросигнала.

Функциональная схема системы управления полупроводниковым преобразователем показана на рис. 3.

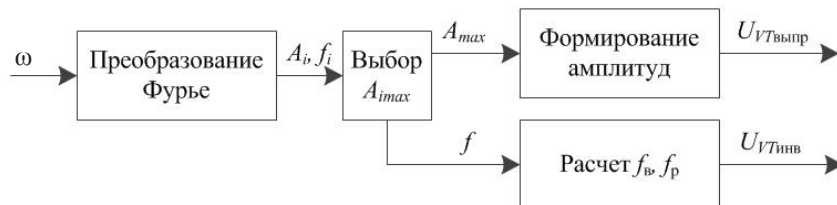


Рис. 3. Функциональная схема системы управления

На вход системы управления поступает сложный гармонический сигнал  $\omega$  от вибродатчика, над этим сигналом выполняются преобразования Фурье. В результате преобразования Фурье получены значения амплитуд  $A_i$  и частот  $f_i$  в диапазоне частот от 5 до 100 Гц. Блок «Выбор  $A_{i\max}$ » выполняет поиск наибольшей амплитуды  $A_{i\max}$  и соответствующей этой амплитуде значения частоты  $f$ . Значение  $A_{i\max}$  поступает на блок формирования амплитуды, где происходит расчет необходимого напряжения в звене постоянного тока преобразователя и формируется сигнал управления ключами выпрямителя  $U_{VT\text{выпр}}$ . Значение  $f$  поступает на блок расчета  $f_v, f_p$ , где происходит вычисление частот и длительностей сигналов возбуждения и размагничивания и формируется сигнал управления ключами инвертора  $U_{VT\text{инв}}$ .

Возможные схемы преобразователей для питания ВЭ МРТ показаны на рис. 4. Основа таких схем – преобразователь частоты, содержащий выпрямитель и инвертор. На рис. 4 показаны:  $R_L$  и  $L_L$  – активное и индуктивное сопротивление ВЭ;  $L_f$  и  $C_f$  – фильтры в звене постоянного тока. В таблице приведены сравнительные характеристики предложенных схем преобразователей.

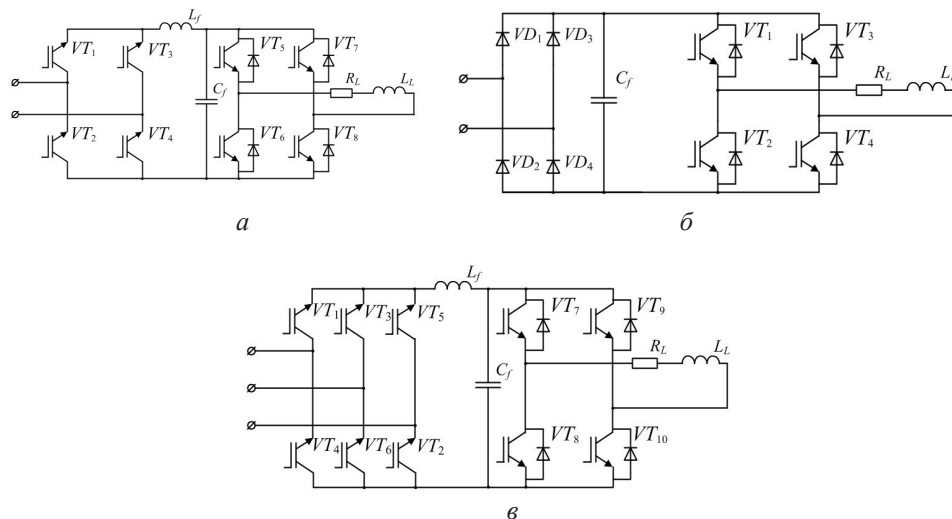


Рис. 4. Топология схем для питания возбуждающего электромагнита на основе преобразователей частоты, содержащих: а – активный выпрямитель и инвертор; б – неуправляемый однофазный выпрямитель и инвертор; в – активный трехфазный выпрямитель и инвертор

### Сравнительные характеристики преобразователей для питания ВЭ

Тип схемы	Преимущества	Недостатки
активный выпрямитель и инвертор	управляемость	диапазон частот $f_B$ – до 25 Гц, связанный с переходом сетевого напряжения через ноль (см. рис. 5)
неуправляемый однофазный выпрямитель и инвертор	диапазон частот $f_B$ до 100 Гц	высокая частота коммутации ключей инвертора
активный трехфазный выпрямитель и инвертор	– диапазон частот $f_B$ до 100 Гц; – управляемость	сложность

Авторами разработана модель, содержащая систему управления, полупроводниковый преобразователь, возбуждающий электромагнит гидропоры.

На рис. 5 показано, что при использовании схемы «активный однофазный выпрямитель и инвертор» и настройки МРТ на  $f_B = 25$  Гц в моменты времени:  $t = 0,02; 0,04; 0,06$  и т. д. – форма тока, питающего ВЭ, искажается. С ростом частоты настройки искажение увеличивается. Этого можно избежать при использовании схемы «активный трехфазный выпрямитель с инвертором».

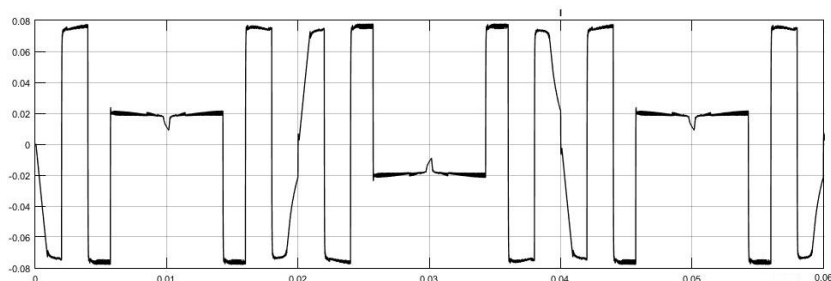
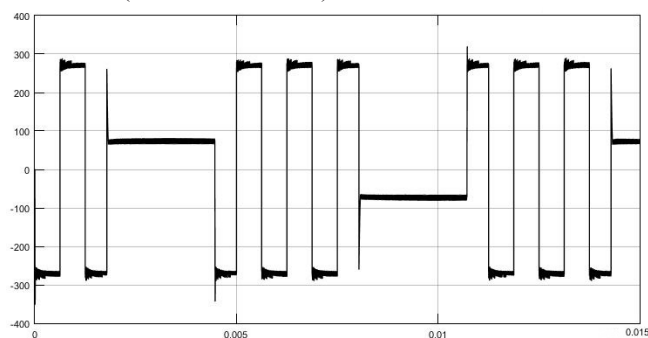


Рис. 5. Мгновенное значение тока, питающего ВЭ МРТ

Результаты моделирования для схемы «активный трехфазный выпрямитель и инвертор» при настройке МРТ на  $f_B = 80$  Гц показаны на рис. 6. На рис. 6а изображено напряжение на выходе инвертора. На рис. 6б приведены: гармонический сигнал, выделенный системой управления после обработки сигнала с вибродатчика (штриховая линия); ток, питающий ВЭ МРТ, содержащий сигнал возбуждения и размагничивания ВЭ (сплошная линия).



а

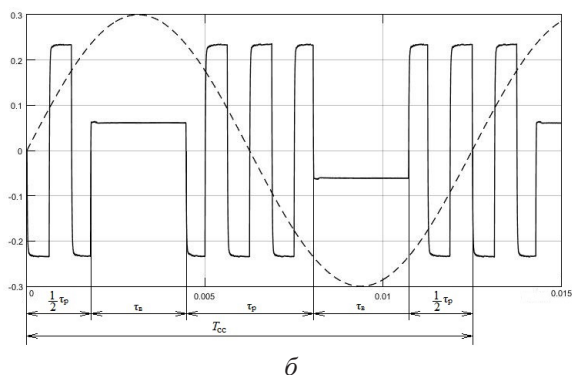


Рис. 6. Результаты моделирования

В статье рассмотрены требования к полупроводниковому преобразователю для возбуждающего электромагнита гидропоры, заполненной магнитореологической жидкостью. Разработанная система управления формирует сигналы управления ключами полупроводникового преобразователя таким образом, чтобы обеспечивался режим намагничивания и размагничивания ферромагнитных сердечников ВЭ, при котором происходит «открытие» и «запирание» дроссельных каналов в МРТ гидропоры.

*Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 15-19-10026).*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Седов, М. С. Звуковая динамика зданий и сооружений / М. С. Седов // Известия вузов. Сер. «Строительство». – 1997. – № 8. – С. 19–23.
2. Резервы повышения звукоизоляции однослойных ограждающих конструкций : монография / В. Н. Бобылев, Д. В. Монич, В. А. Тишков [и др.] ; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2014. – 118 с. : ил.
3. Применение магнитореологических жидкостей в машиностроении / Б. А. Гордеев, С. Н. Охулков, А. С. Плехов, П. А. Злобин // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2014. – № 4. – С. 29–42.
4. Влияние остаточной магнитной индукции на амплитудно-частотные характеристики магнитореологических трансформаторов / Б. А. Гордеев, С. Н. Охулков, В. В. Бугайский, А. Н. Осмехин // Вестник машиностроения. – 2014. – № 10. – С. 32–38.
5. К вопросу создания цилиндрического магнитореологического трансформатора в ортогональных магнитных полях / Б. А. Гордеев, Г. В. Маслов, С. Н. Охулков, А. Н. Осмехин // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2014. – № 2. – С. 15–21.
6. Системы виброзащиты с использованием инерционности и диссипации реологических сред / Б. А. Гордеев, В. И. Ерофеев, А. В. Синев, О. О. Мугин. – Москва : Физматлит, 2004. – 175 с.
7. Течение и релаксация магнитореологической жидкости в дроссельных каналах гидропор / Б. А. Гордеев, С. Н. Охулков, А. С. Плехов, Д. Ю. Титов, В. П. Горсков // Вестник машиностроения. – 2015. – № 7. – С. 59–63.

**GORDEEV Boris Aleksandrovich<sup>1</sup>**, doctor of technical sciences, professor, head of the laboratory of wave dynamics and vibration protection of machines; **OKHOTNIKOV Maksim Nikolaevich<sup>2</sup>**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of electric equipment, electric drive and automatics; **TITOV Dmitriy Yur'evich<sup>2</sup>**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of electric equipment, electric drive and automatics; **SHEVYRYOV Yuriy Vadimovich<sup>3</sup>**, doctor of technical sciences, professor of the chair of energy and



**energy efficiency of mining industry; FYODOROV Oleg Vasil'evich<sup>2</sup>, doctor of technical sciences, professor of the chair of innovation management**

## **SEMICONDUCTOR CONVERTER FOR POWERING HYDROMOUNTS IN ELECTRICAL COMPLEXES OF HIGH-RISE BUILDINGS**

<sup>1</sup>Institute of Mechanical Engineering Problems of the Russian Academy of Sciences  
85, Belinsky St., Nizhny Novgorod, 603024, Russia. Tel.: +7 (831) 432-23-40;  
e-mail: pevn@uic.nnov.ru

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. E. Alekseev  
24, Minin St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 436-93-79;  
e-mail: fae@nntu.nnov.ru

<sup>3</sup>National University of Science and Technology «MISiS»  
6, Leninskiy prospect, Moscow, 119049, Russia. Tel.: +7 (499) 230-23-35;  
e-mail: mggu.eegp@mail.ru

*Key words:* frequency converter, vibration protection, hydromounts, magnetorheological transformer.

---

*Hydromounts with controlled damping factor provide effective damping of vibrations and noise in electrical complexes of high-rise buildings. Such hydromounts contain a magnetorheological transformer. The operating mode of a magnetorheological transformer is controlled by semiconductor converters. The article describes a control system and selection of a power circuit of a frequency converter for excitation electromagnets of the hydromounts.*

---

### REFERENCES

1. Sedov M. S. Zvukovaya dinamika zdaniy i sooruzheniy [Sound dynamics of buildings and structures]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo. [Proceedings of the higher educational institutions. Building]. 1997, № 8, P. 19–23.
2. Boblyov V. N., Monich D. V., Tishkov V. A., Grebnev P. A. Rezervy povysheniya zvukoizolyatsii odnosloynnykh ograzhdayuschikh konstruktсий [Reserves of increase of sound insulation of single-layer enclosing structures]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2014, 117 p.
3. Gordeev B. A., Okhulkov S. N., Plekhov A. S., Zlobin P. A. Primenenie magnitnoreologicheskikh zhidkostey v mashinostroenii [Application of magneto-rheological fluids in mechanical engineering]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. 2014, № 4, P. 29–41.
4. Gordeev B. A., Okhulkov S. N., Bugayskiy V. V., Osmekhin A. N. Vliyanie ostatochnoy magnitnoy induktсии na amplitudno-chastotnye kharakteristiki magnitnoreologicheskikh transformatorov [Influence of residual magnetic induction on amplitude-frequency characteristics of magnetorheologic transformers]. Vestnik mashinostroeniya [Russian Engineering Research]. 2014, № 10, P. 32–38.
5. Gordeev B.A., Maslov G.V., Okhulkov S.N., Osmekhin A.N. K voprosu sozdaniya tsilindricheskogo magnitnoreologicheskogo transformatora v ortogonalnykh magnitnykh pol'yakh [On developing a magnetorheological transformer that operates in orthogonal magnetic fields]. Problemy mashinostroeniya i nadyozhnosti mashin [Journal of Machinery Manufacture and Reliability]. 2014, V. 43, № 2, P. 15–21.
6. Gordeev B. A., Erofeev V. I., Sinev A. V., Mugin O. O. Sistemy vibrozashchity s ispolzovaniem inertsiionnosti i dissipatsii reologicheskikh sred [Vibration protection systems with inertia and dissipation of rheological fluids]. Moscow, Fizmatlit, 2004, 175 p.
7. Gordeev B. A., Okhulkov S. N., Plekhov A. S., Titov D. Yu., Gorskov V. P. Techenie i relaksatsiya magnitnoreologicheskoy zhidkosti v drosselnykh kanalakh gidroopor [Flow and relaxation of magnetorheological fluid in throttle channels of hydromounts]. Vestnik mashinostroyeniya [Russian Engineering Research]. 2015, № 7, P. 59–63.

© Б. А. Гордеев, М. Н. Охотников, Д. Ю. Титов, Ю. В. Шевырев, О. В. Федоров, 2016  
Получено: 12.12.2015 г.



УДК 697.85 : 528.482

Г. А. ШЕХОВЦОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры инженерной геодезии;  
Р. П. ШЕХОВЦОВА, доц. кафедры инженерной геодезии; Д. П. ИВЕНИН,  
ст. преп. кафедры инженерной геодезии; О. В. РАСКАТКИНА, асс. кафедры  
технологии строительного производства

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КООРДИНАТНОГО СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕНА ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 434-05-26;  
факс: (831) 430-19-36; эл. почта: ing\_geod@nngasu.ru

Ключевые слова: сечение, координаты, радиус, окружность, крен.

---

*Описана методика определения оптимального радиуса и координат центра окружности, наименее отклоняющейся от заданных точек сечения сооружения башенного типа круглой формы. В системе MatLab разработана программа поиска такой окружности, основанная на минимизации суммы квадратов расстояний имеющихся точек от этой окружности. Показано решение поставленной задачи на примере определения пространственного положения дымовой трубы и ее геометрическая интерпретация. Приведены примеры.*

---

В работах [1, 2] изложены теоретические основы одностороннего координатного способа определения крена сооружений башенного типа круглой формы, таких как: дымовые трубы, градирни, нефтехранилища, силосные сооружения, элеваторы и др. Сущность способа заключается в том, что с одной точки стояния электронного тахеометра безотражательного типа определяют прямоугольные координаты любых трех точек  $1, 2, 3$  нижнего, промежуточных и верхнего наблюдаемых сечений. По координатам этих точек  $x_1, x_2, x_3$  и  $y_1, y_2, y_3$  можно вычислить координаты  $x_0$  и  $y_0$  каждого центра наблюдаемого сечения и его радиус  $R$  по приведенным в работах [1, 2] формулам. Этот способ не требует обязательной видимости левой и правой образующих такого сооружения. Для реализации способа достаточно наблюдать часть тела сооружения.

Если количество точек равно 3, то задача по определению координат центра и радиуса имеет единственное очевидное решение. Однако, если число точек больше, то в силу разных причин такой окружности может не существовать. Здесь возникает задача подбора окружности оптимального радиуса  $R_{opt}$ , наименее отклоняющейся от заданных точек с координатами ее центра  $X_{opt}$  и  $Y_{opt}$ .

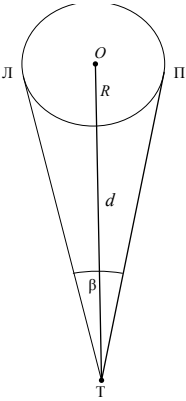
В системе *MatLab* [3] разработана программа поиска такой окружности, основанная на минимизации суммы квадратов расстояний имеющихся точек от этой окружности.

Предлагаемая методика была опробована при определении пространственного положения дымовой трубы высотой 40 м и радиусами: 1,3 м – поверху, 2,0 м – понизу.





а



б

Рис. 1. Схемы координатных (а) и линейно-угловых измерений (б) дымовой трубы

Для этого с одной точки стояния Т электронного тахеометра SET 530R/R3 были измерены в произвольной системе прямоугольных координат (одна из осей которой направлена параллельно Т–О) координаты  $x$  и  $y$  16 точек. Измерения проводились на четырех сечениях (рис. 1а) с условными отметками: 0,84 м (сечение 1–5); 8,93 м (сечение 6–10); 16,67 м (сечение 11–13) и 24,29 м (сечение 14–16). На двух нижних сечениях были взяты 5 точек, на двух верхних – 3 точки. Результаты измерений представлены в табл. 1 (столбцы 2, 3).

Т а б л и ц а 1

Результаты координатных измерений трубы

Точка	Координата, м		Координата центра сечения и радиус, м					
	$x$	$y$	$X_{opt}$	$X_{mean}$	$Y_{opt}$	$Y_{mean}$	$R_{opt}$	$R_{mean}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	127,466	98,011	100,000	100,008	127,730	127,724	2,009	<u>2,007</u> 2,007
2	125,891	99,200						
3	125,716	100,000						
4	126,060	101,127						
5	127,408	101,987						
6	127,592	98,257	100,010	100,010	127,743	127,740	1,761	<u>1,760</u> 1,766
7	126,184	99,197						
8	125,978	100,004						
9	126,389	101,129						
10	127,549	101,763						
11	127,697	98,511	100,033	100,030	127,761	127,761	1,523	<u>1,523</u> 1,523
12	126,241	100,122						
13	127,531	101,538						
14	127,535	98,738	100,024	100,020	127,750	127,750	1,304	<u>1,304</u> 1,297
15	126,474	100,290						
16	127,531	101,309						

По этим данным были подсчитаны координаты центров четырех наблюдаемых сечений и их радиусы (столбцы 4, 5, 6, 7, 8 и числитель столбца 9, табл. 1).

В случае если реальные точки не слишком сильно отклоняются от одной (пока неизвестной) окружности, то ее параметры можно с достаточной точностью найти, не прибегая к строгому способу в виде *MatLab*. Проведенные авторами численные эксперименты показывают, что хорошее приближение к идеалу дает метод «средних по тройкам». В этом случае перебирают все сочетания по трем из имеющихся  $n$  точек. Для каждой  $i$ -той тройки вычисляют параметры окружности  $x_i$ ,  $y_i$  и  $R_i$ , проходящей через эти три точки, а затем находят средние значения  $Xmean$ ,  $Ymean$ ,  $Rmean$  по формулам:

$$Xmean = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad Ymean = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad Rmean = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}. \quad (1)$$

Поскольку верхние два сечения содержат всего по 3 точки, то имеем для каждого сечения только одно решение, и здесь должно иметь место безусловное равенство соответствующих  $Xopt$  и  $Xmean$ ,  $Yopt$  и  $Ymean$ ,  $Ropt$  и  $Rmean$  (см. табл. 1).

Ниже приведен пример обработки в системе *MatLab* результатов измерений сечения 14–15–16. Для этого достаточно лишь ввести в программу измеренные координаты точек этого сечения:

```
>> X=[98.738 100.290 101.309]
X = 9.8738e+001 1.0029e+002 1.0131e+002
>> Y=[127.535 126.474 127.531]
Y = 1.2754e+002 1.2647e+002 1.2753e+002
>> CyclesDrawing(X,Y)
ijk = 1
i = 1
j = 2
k = 3
Xijk = 1.0002e+002
Yijk = 1.2775e+002
Rijk = 1.3037e+000
Xmean = 1.0002e+002
Ymean = 1.2775e+002
Rmean = 1.3037e+000
Warning: Gradient must be provided for trust-region method;
using line-search method instead.
> In fminunc at 241
In CyclesDrawing at 26
Line search cannot find an acceptable point along the current
search direction.
Xopt = 1.0002e+002
Yopt = 1.2775e+002
Ropt = 1.3037e+000
```

Для двух нижних сечений с 5 точками каждое будем иметь по 10 различных сочетаний из 5 этих точек по три и, естественно, для каждого сечения 10 решений. Ниже приведен пример обработки в системе *MatLab* результатов измерений сечения 1–2–3–4–5. Для этого достаточно лишь ввести в программу измеренные координаты точек этого сечения:



```

>> X = [98.011 99.200 100.000 101.127 101.987]
X = 9.8011e+001 9.9200e+001 1.0000e+002 1.0113e+002 1.0199e+002
>> Y = [127.466 125.891 125.716 126.060 127.408]
Y = 1.2747e+002 1.2589e+002 1.2572e+002 1.2606e+002 1.2741e+002
>> CyclesDrawing(X,Y)
      ijk = 1                      ijk = 6
      i = 1                      i = 1
      j = 3                      j = 4
      k = 5                      k = 5
Xijk = 1.0003e+002              Xijk = 1.0000e+002
Yijk = 1.2775e+002              Yijk = 1.2773e+002
Rijk = 2.0350e+000              Rijk = 2.0090e+000
      ijk = 2                      ijk = 7
      i = 1                      i = 2
      j = 2                      j = 3
      k = 4                      k = 4
Xijk = 1.0001e+002              Xijk = 1.0001e+002
Yijk = 1.2774e+002              Yijk = 1.2769e+002
Rijk = 2.0164e+000              Rijk = 1.9756e+000
      ijk = 3                      ijk = 8
      i = 1                      i = 2
      j = 2                      j = 3
      k = 5                      k = 5
Xijk = 1.0000e+002              Xijk = 1.0002e+002
Yijk = 1.2773e+002              Yijk = 1.2771e+002
Rijk = 2.0102e+000              Rijk = 1.9930e+000
      ijk = 4                      ijk = 9
      i = 1                      i = 2
      j = 3                      j = 4
      k = 4                      k = 5
Xijk = 1.0000e+002              Xijk = 1.0001e+002
Yijk = 1.2772e+002              Yijk = 1.2772e+002
Rijk = 2.0086e+000              Rijk = 2.0011e+000
      ijk = 5                      ijk = 10
      i = 1                      i = 3
      j = 3                      j = 4
      k = 5                      k = 5
Xijk = 1.0000e+002              Xijk = 1.0000e+002
Yijk = 1.2772e+002              Yijk = 1.2773e+002
Rijk = 2.0090e+000              Rijk = 2.0097e+000
Xmean = 1.0001e+002
Ymean = 1.2772e+002
Rmean = 2.0068e+000
Warning: Gradient must be provided for trust-region method;
        using line-search method instead.
> In fminunc at 241
In CyclesDrawing at 26
Optimization terminated: relative infinity-norm of gradient less than options.TolFun.
Xopt = 1.0000e+002
Yopt = 1.2773e+002
Ropt = 2.0093e+000

```

По полученным данным для сечения 6–7–8–9–10 построены окружности, в том числе средняя и оптимальная, которые практически равны между собой (рис. 2, табл. 1).

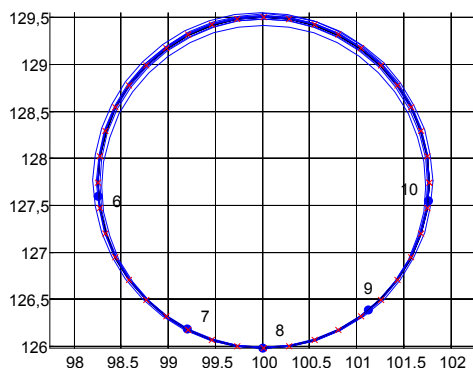


Рис. 2. Схема расположения окружностей по сечению трубы 6–7–8–9–10

Результаты обработки в системе *MatLab* координатных измерений сечения 1–2–3–4–5 представлены в табл. 1 и на рис. 3. Они, как и в предыдущем случае, демонстрируют хорошую сходимость средней, оптимальной и десяти окружностей, соответствующих 10 сочетаниям из пяти этих точек по три.

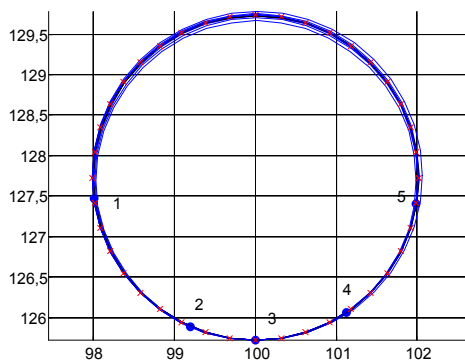


Рис. 3. Схема расположения окружностей по сечению трубы 1–2–3–4–5

Одновременно с определением координат измеряли направления на левый Л и правый П края каждого сечения, вычисляли угол  $\beta$ , а с помощью клавиши «SDh» тахеометра определяли по биссектрисе этого угла горизонтальные проложения  $d$  до каждого сечения (рис. 1б). Измерения производились при двух положениях вертикального круга тахеометра.

По значениям  $d_i$  и  $\beta_i$  находили радиусы трубы каждого наблюдаемого сечения по известной формуле [4]:

$$R_i = \frac{d_i \sin \frac{\beta_i}{2}}{1 - \sin \frac{\beta_i}{2}}, \quad (2)$$



где измеренные значения  $\beta_i/2$  и  $d_i$  для нижнего, промежуточных и верхнего наблюдаемых сечений оказались равными соответственно:  $4^\circ 12' 58''$  и 25,296 м;  $3^\circ 42' 23''$  и 25,560 м;  $3^\circ 11' 35''$  и 25,825 м;  $2^\circ 43' 18''$  и 26,022 м.

Результаты вычислений по формуле (2) представлены в табл. 1 (знаменатель гостолбца 9). Они показывают хорошую сходимость радиусов, полученных координатным и линейно-угловым способом.

По координатам  $X_i$  и  $Y_i$  центров наблюдаемых сечений можно определять частные крены по осям координат и общий крен сооружения, а также их направления (румбы  $r_i$ ). Крен по осям абсцисс  $\Delta X$  и ординат  $\Delta Y$  находят как разность координат соответствующего сечения и координат  $X_H$  и  $Y_H$  нижнего сечения трубы:  $\Delta X_i = X_i - X_H$ ,  $\Delta Y_i = Y_i - Y_H$ .

Общая величина крена в каждом сечении определяется по теореме Пифагора  $K = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)}$ , а направление  $r = \arctg \Delta Y / \Delta X$ , причем знаки  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  укажут на название румба. В табл. 2 приведены результаты сравнения координатного и линейно-углового способов определения крена дымовой трубы, иллюстрирующие хорошую их сходимость.

Т а б л и ц а 2

## Значения частных и общего крена трубы и их направления

Сече- ние	Координатный способ				Линейно-угловой способ			
	величина и направление крена							
	$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	K, м	$r$ , °	$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	K, м	$r$ , °
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6–10	+0,010	+0,002	0,010	СВ:11,3	+0,023	+0,003	0,023	СВ:7,7
11–13	+0,033	+0,022	0,040	СВ:33,7	+0,044	+0,026	0,051	СВ:30,6
14–16	+0,024	+0,012	0,027	СВ:26,6	+0,015	+0,018	0,023	СВ:50,2

**Выводы:**

Проведенные исследования показали, что рассмотренный односторонний координатный способ может с успехом применяться для определения положения и радиусов сечений сооружений башенного типа круглой формы. Он отличается высокой производительностью и имеет соответствующее программное обеспечение, позволяющее получать по координатам  $n$  точек наблюдаемых сечений искомые результаты не только в аналитической, но и в графической форме, благодаря чему (помимо прочего) путем совмещения оптимальных окружностей нижнего, промежуточных и верхнего наблюдаемых сечений можно получить наглядное представление о пространственном положении исследуемого сооружения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеховцов, Г. А. Теоретические основы одностороннего координатного способа определения крена сооружений башенного типа / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова // Известия вузов. Серия «Геодезия и аэрофотосъемка». – 2012. – № 5. – С. 30–31.
2. Шеховцов, Г. А. Односторонний координатный способ определения крена высоких сооружений башенного типа круглой формы / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, Ю. Н. Раскаткин // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2012. – № 4. – С. 172–178.
3. Кетков, Ю. Л. MatLab 7. Программирование, численные методы / Ю. Л. Кетков, А. Ю. Кетков, М. М. Шульц // «БХВ – Петербург». – Санкт-Петербург, 2005. – 752 с.



4. Шеховцов, Г. А. Теоретические основы одностороннего линейно-углового способа определения крена сооружений башенного типа круглой формы и результаты его моделирования / Г. А. Шеховцов, Ю. Н. Раскаткин // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2014. – № 2. – С. 134–140.

**SHEKHOVTSOV Gennady Anatol'evitch, doctor of technical sciences, professor of the chair of engineering geodesy; SHEKHOVTSOVA Raisa Pavlovna, associate professor of the chair of engineering geodesy; IVENIN Denis Pavlovich, senior lecturer of the chair of engineering geodesy; RASKATKINA Olga Valer'evna, assistant of the chair of building technology**

## **EXPERIMENTAL STUDIES OF THE COORDINATE METHOD FOR DETERMINING THE HEELING OF INDUSTRIAL CHIMNEYS**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., 603950, Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 434-05-26;

fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: ing\_geod@nngasu.ru

*Key words:* section, coordinates, radius, circle, heeling.

---

*The article describes a method of determining an optimal radius and coordinates of the center of a circle, the least deviating from the specified points of a section of a towerlike circular shape structure. A programme was developed in the Matlab system for finding such a circle, based on minimizing the sum of squares of the distances of the available points to the circle. Solution of a problem is shown by an example of determining a spatial position of a chimney and its geometrical interpretation. Examples are given.*

---

## **REFERENCES**

1. Shekhovtsov, G. A., Shekhovtsova R. P. Teoreticheskie osnovy odnostoronnego koordinatnogo sposoba opredeleniya krena sooruzheniy bashennogo tipa [Theory of a unilateral coordinate method of determining towerlike circular shape structures' heeling]. Izvestiya vuzov. Seriya «Geodeziya i aerofotos'yomka» [Proceedings of the universities. Geodesy and aerial photography]. 2012. – № 5. – P. 30–31.
2. Shekhovtsov, G. A., Shekhovtsova R. P., Raskatkin Yu. N. Odnostoronniy koordinatnyy sposob opredeleniya krena vysokikh sooruzheniy bashennogo tipa krugloy formy [One-way coordinate method for determining heeling of high tower type round-shaped structures]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2012, № 4, P. 172–178.
3. Ketkov, Yu. L., Ketkov A. Yu., Schulz M. M. MatLab 7. Programirovanie, chislennyye metody [Programming, numerical methods]. «BHV – Peterburg». St. Petersburg, 2005 – 752 p.
4. Shekhovtsov G. A., Raskatkin Yu. N. Teoreticheskie osnovy odnostoronnego lineynouglovogo sposoba opredeleniya krena sooruzheniy bashennogo tipa krugloy formy i rezultaty ego modelirovaniya [Theory of a oneside linear-angular method for determining the heeling of circular tower-type structures of round shape and results of method modeling]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2014. – № 2. – P. 134–140.

© Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, Д. П. Ивенин, О. В. Раскаткина, 2016

Получено: 16.01.2016 г.

# ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

---

УДК 697.952 (470.341-25)

**М. В. БОДРОВ<sup>1</sup>**, д-р техн. наук, доц. кафедры отопления и вентиляции;  
**В. Ю. КУЗИН<sup>1</sup>**, аспирант кафедры отопления и вентиляции; **М. С. МОРОЗОВ<sup>1</sup>**,  
аспирант кафедры отопления и вентиляции; **А. Ф. ШАПОВАЛ<sup>2</sup>**, д-р техн.  
наук, проф. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

## ОБОСНОВАНИЕ ГРАНИЦ ПРИМЕНЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ДЛЯ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-85;  
эл. почта: tes84@inbox.ru.

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 625001, г. Тюмень, ул. Луначарского, д. 2. Тел.: (3452) 43-42-27;  
эл. почта: ktgv@tgasu.ru

*Ключевые слова:* естественная вентиляция, гибридная вентиляция, воздухообмен,  
коэффициент обеспеченности воздухообмена, многоквартирные жилые дома.

---

*Предложена методика расчета коэффициента обеспеченности воздухообмена в помещениях многоквартирных жилых домов, оборудованных естественными и гибридными системами вентиляции. Представлены результаты исследований по определению коэффициента обеспеченности воздухообмена и границ применения систем естественной вентиляции для жилых зданий административных центров муниципальных районов Нижегородской области.*

---

Согласно действующей на территории РФ нормативной документации [1] в многоквартирных жилых домах (МЖД) может быть организована естественная приточно-вытяжная вентиляция (гравитационного принципа действия) с забором наружного воздуха через приточные отверстия (стеновые и оконные клапаны, форточки и др.) и удалением через вытяжные вентиляционные индивидуальные каналы. Предлагаются к реализации также современные решения по организации гибридных (естественно-механических) систем вентиляции, работающих в естественном и механическом режимах эксплуатации. В подавляющем числе вновь строящихся МЖД в Нижегородском регионе придерживаются именно этой традиционной схемы вентиляции, имеющей наименьшие капитальные и эксплуатационные затраты.

Современная нормативная база в области расчетных параметров микроклимата помещений МЖД регламентирует поддержание невариативных (постоянных в течение всего периода эксплуатации) воздухообменов в жилых помещениях МЖД со средней необеспеченностью 400 ч/год (16,7 сут/год) [2]. Таким образом, в течение всего периода эксплуатации должно соблюдаться следующее условие:

$$n_L \geq 95 \text{ , \%}, \quad (1)$$

где  $n_L$  – коэффициент обеспеченности воздухообмена, равный





$$n_L = \frac{n_+}{n_+ + n_-} 100, \%, \quad (2)$$

$n_+$  – число результатов расчета, при которых фактический воздухообмен  $L_\phi$ , м<sup>3</sup>/ч, был больше или равен нормативному (расчетному) воздухообмену  $L_n$ , м<sup>3</sup>/ч;  $n_-$  – то же, когда  $L_\phi < L_n$ .

Однако отсутствие какой-либо нормативной методики в области определения коэффициента обеспеченности  $n_L$  создает условия для необоснованного применения наиболее дешевых и неэффективных (с точки зрения обеспечения нормативного воздухообмена) естественных систем в периоды, когда они не способны поддерживать требуемую обеспеченность воздухообмена, а при использовании гибридных систем отсутствует научно обоснованная методика расчета границ механического и естественного режимов эксплуатации.

Существующие системы естественной вентиляции проектируются на соблюдение следующего условия:

$$\Delta p_{\text{сист}} = p_p = p_g + p_v, \text{ Па}, \quad (3)$$

где  $\Delta p_{\text{сист}}$  – потери давления в системе вентиляции, Па;  $p_p$  – располагаемое давление, Па;  $p_g$  – гравитационное давление при расчетной температуре наружного воздуха  $t_n = +5^\circ\text{C}$ ;  $p_v$  – ветровое давление, Па.

Величина гравитационного давления определяется по общепринятой методике:

$$p_g = (\rho_n - \rho_v) g h_1, \text{ Па}, \quad (4)$$

где  $\rho_n$  и  $\rho_v$  – плотности наружного и внутреннего воздуха, кг/м<sup>3</sup>, соответственно;  $h_1$  – разница между отметками оголовка вентиляционной шахты и приточного клапана окна обслуживаемого помещения, м;  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Влияние фактора ветрового давления учитывается по формуле:

$$p_v = k \frac{\rho_n v_n^2 (c_\phi - c_{\text{кр}})}{2}, \text{ Па}, \quad (5)$$

где  $v_n$  – скорость наружного воздуха, м/с, принимаемая по данным СП [3];  $k$  – безразмерный коэффициент, учитывающий плотность городской застройки;  $c_\phi, c_{\text{кр}}$  – аэродинамические коэффициенты на фасаде здания в точках расположения приточного отверстия и выброса вытяжного воздуха (оголовка выбросного вентканала), соответственно.

Потери давления в системах вентиляции в зависимости от их производительности описываются равенством:

$$\Delta p_{\text{сист}} = A_{\text{сист}} L_\phi^2, \text{ Па}, \quad (6)$$

где  $A$  – характеристика сопротивления системы вентиляции, Па/(м<sup>3</sup>/ч)<sup>2</sup>.



Анализ уравнений (3)–(6) позволяет сделать вывод, что для естественных систем вентиляции с индивидуальными вытяжными каналами справедлива следующая зависимость:

$$L_{\phi} = L_n \sqrt{\frac{p_{p(\phi)}}{p_{p(p)}}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7)$$

где  $p_{p(\phi)}$  – фактическое располагаемое давление, Па;  $p_{p(p)}$  – расчетное располагаемое давление, Па.

Полученное выражение (7) позволяет определить фактические воздухообмены как индивидуальных, так и сборных вытяжных каналов МЖД при различных сочетаниях  $p_r$ ,  $p_v$  [4]. По формулам (1)–(2), (7) авторами был произведен расчет и проанализированы значения осредненного по восьми базовым сторонам света коэффициента  $n_L$  для характерного помещения МЖД типовой геометрической формы в климатических условиях административных центров муниципальных районов Нижегородской области с учетом следующих факторов: фактических значений аэродинамических коэффициентов  $s_{\phi}$  и  $s_{kr}$ , полученных по результатам испытаний реальных моделей МЖД в аэродинамической трубе на лабораторной базе кафедры отопления и вентиляции ФГБОУ ВПО «ННГАСУ»; фактических параметров наружного воздуха  $\rho_n$  и  $v_n$  по данным метеорологических наблюдений за последние 10 лет (с 2005 по 2015 гг.) [5].

Результаты расчетов среднемесячных (с января по декабрь) и среднегодового значений коэффициента  $n_L$  представлены в табл. 1, из которых следует, что при использовании систем естественной вентиляции не представляется возможным достижение требуемых величин коэффициентов  $n_L$  для МЖД, расположенных в любом из рассматриваемых районов Нижегородской области (расчетные среднегодовые значения коэффициентов  $n_L$  лежат в интервале 55–67 %).

Данное заключение справедливо практически для всех МЖД различной этажности и объемно-планировочных решений, т. к. определяющим воздухообмен параметром в данном регионе является гравитационное давление  $p_r$ , расчетные значения которого в летний период пренебрежимо малы. Однако использование естественного побуждения движения воздуха при работе систем приточно-вытяжной вентиляции (за счет гравитационного и ветрового давлений) может быть оправдано в отдельные месяцы года, что позволяет научно обосновать и с достаточной для инженерных расчетов точностью определить (прогнозировать) границы естественного и механического режимов работы гибридных систем вентиляции в МЖД в круглогодичном цикле эксплуатации.

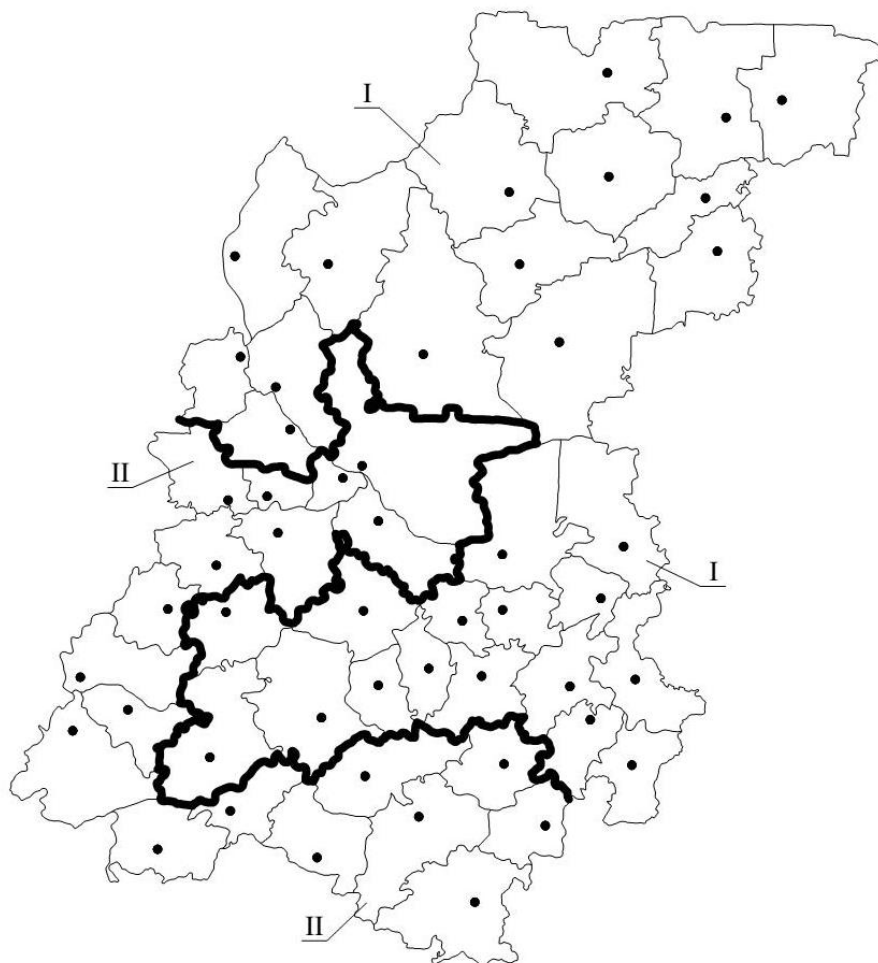


Т а б л и ц а 1

**Коэффициент  $n_L$  в помещениях с естественными вытяжными каналами, рассчитанными на  $t_n = +5^\circ\text{C}$  по месяцам административных центров Нижегородской области**

Административные центры Нижегородской области	Коэффициент обеспеченности воздухообмена $n_L, \%$	
	для расчетного месяца (с января по декабрь)	годо- вой
Ветлуга, Урень	100 / 100 / 98 / 74 / 24 / 12 / 5 / 9 / 24 / 79 / 97 / 99	59
Ковернино, Сокольское	100 / 100 / 97 / 73 / 27 / 19 / 11 / 14 / 30 / 74 / 96 / 99	61
Красные Баки, Варнавино, Воскресенское, Семеново	100 / 100 / 97 / 72 / 25 / 14 / 8 / 10 / 28 / 75 / 97 / 99	60
Шахунья, Тонкино, Тоншаево, Шаранга	99 / 99 / 98 / 83 / 42 / 26 / 17 / 21 / 43 / 85 / 98 / 99	67
Балахна	99 / 99 / 97 / 70 / 19 / 9 / 4 / 8 / 21 / 75 / 95 / 99	57
Городец, Чкаловск	100 / 100 / 97 / 70 / 19 / 9 / 4 / 8 / 21 / 75 / 95 / 99	57
Нижний Новгород, Богородск, Бор, Володарск, Кстово, Дзержинск, Павлово	100 / 100 / 96 / 63 / 16 / 6 / 3 / 5 / 15 / 66 / 95 / 99	55
Воротынец	100 / 100 / 97 / 72 / 25 / 16 / 10 / 12 / 29 / 74 / 97 / 99	60
Большое Мурашкино, Сергач, Бутурлино, Спасское, Княгинино, Урузовка, Лысково, Пильна	100 / 100 / 98 / 71 / 28 / 16 / 10 / 13 / 24 / 74 / 95 / 99	59
Выкса, Вача, Кулебаки, Навашино	100 / 100 / 96 / 67 / 24 / 17 / 10 / 13 / 27 / 72 / 94 / 99	58
Арзамас, Вад, Дальнее Константиново, Перевоз, Сосновское	100 / 100 / 98 / 72 / 27 / 15 / 9 / 13 / 28 / 76 / 95 / 99	60
Лукоянов, Большое Болдино, Гагино, Починки, Шатки	100 / 100 / 97 / 68 / 19 / 9 / 4 / 6 / 19 / 69 / 95 / 99	56
Сеченово	99 / 99 / 98 / 77 / 34 / 21 / 15 / 19 / 35 / 82 / 96 / 99	63
Вознесенское, Дивеево, Первомайск	100 / 100 / 97 / 67 / 22 / 13 / 8 / 9 / 24 / 71 / 93 / 99	57

На рисунке авторами представлены впервые полученные карты зонирования административных районов Нижегородской области по границам эффективной работы систем естественной вентиляции и естественного режима работы гибридной вентиляции для ветканалов, рассчитанных только на гравитационное давление при  $t_n = +5$  °С. Результаты исследований также приведены в табл. 2 с указанием следующих параметров: рассматриваемой зоны на карте; наименования крупных административных центров в данной зоне; границы эффективной работы системы естественной вентиляции в рассматриваемой зоне.



Зонирование районов Нижегородской области по границам эффективной работы систем естественной вентиляции и естественного режима работы гибридной вентиляции, рассчитанных на гравитационное давление при температуре  $t_n = +5$  °С: I – с октября по апрель; II – с октября по март



Т а б л и ц а 2

**Результаты расчетов зонирования границ применения естественных систем вентиляции и естественного режима работы гибридных систем вентиляции для административных центров Нижегородской области**

Зона	Наименование административного центра работы	Период
I	Арзамас, Балахна, Большое Мурашкино, Бутурлино, Вад, Варнавино, Ветлуга, Воротынец, Воскресенское, Городец, Дальнее Константиново, Княгинино, Ковернино, Красные Баки, Лысково, Перевоз, Пильна, Семеново, Сергач, Сеченово, Сокольское, Сосновское, Спасское, Тонкино, Тоншаево, Урень, Урузовка, Чкаловск, Шаранга, Шахунья ч	с октября по апрель
II	Богородск, Большое Болдино, Бор, Вача, Вознесенское, Володарск, Выкса, Гагино, Дзержинск, Дивеево, Кстово, Кулебаки, Лукоянов, Навашино, Нижний Новгород, Павлово, Первомайск, Починки, Шатки	с октября по март

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование естественной вентиляции в условиях Нижегородской области невозможно в круглогодичном режиме эксплуатации. Для решения этой задачи требуется применение гибридных систем вентиляции как при строительстве новых зданий, так и при реконструкции существующих. Авторами впервые рассчитаны и установлены границы эксплуатации естественного и механического режимов работы гибридных систем вентиляции с точностью до месяца, которые должны стать основой при выборе систем приточно-вытяжной вентиляции в процессе проектирования объектов жилищно-коммунального хозяйства на территории Нижегородской области для обеспечения круглогодичного нормируемого воздухообмена.

*Статья подготовлена в рамках выполнения НИР «Разработка и научное обоснование теплофизических закономерностей переноса теплоты и влаги в неотапливаемых производственных сельскохозяйственных зданиях» (код проекта 3008) с финансированием из средств Минобрнауки России, в рамках базовой части государственного задания на научные исследования.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 54.13330.2011. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003. – Москва : Минрегион России, 2011. – 40 с.
2. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – Москва : Минрегион России, 2012. – 76 с.
3. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*. – Москва : Минрегион России, 2012. – 108 с.
4. Бодров, М. В. Определение фактической производительности систем естественной вентиляции с вертикальным сборным коллектором многоквартирных жилых домов / М. В. Бодров, В. П. Болдин, В. Ю. Кузин [и др.] // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2015. – № 1. – С. 54–59.
5. Погода в 243 странах мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rp5.ru>. – Дата обращения: 30.11.2015.



**BODROV Mikhail Valer'evich<sup>1</sup>, doctor of technical sciences, associate professor of the chair of heating and ventilation; KUZIN Viktor Yur'evich<sup>1</sup>, postgraduate student of the chair of heating and ventilation; MOROZOV Maksim Sergeevich<sup>1</sup>, postgraduate student of the chair of heating and ventilation; SHAPOVAL Anatoliy Philippovich<sup>2</sup>, doctor of technical sciences, professor of the chair of heat and gas supply and ventilation**

## **RATIONALE OF THE LIMITS OF USE OF NATURAL VENTILATION IN APARTMENT HOUSES FOR NIZHNY NOVGOROD REGION**

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-85;  
fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: tes84@inbox.ru

<sup>2</sup>Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering  
2, Lunacharsky St., Tyumen, 625001, Russia. Tel.: +7 (3452) 43-42-27; e-mail: ktg@tgasu.ru  
*Key words:* natural ventilation, hybrid ventilation, air exchange, ratio of air, apartment buildings.

---

*The article offers a method of calculating a ratio of air in apartment houses equipped with natural and hybrid ventilation systems. The results of investigations to determine a ratio of air and limits of use of natural ventilation systems for residential buildings of administrative centers of municipal districts of the Nizhny Novgorod region are provided.*

---

### **REFERENCES**

1. SP 54.13330.2011 Zdaniya zhilye mnogokvartirnye [Residential apartment buildings]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 31-01-2003. Moscow. Minregion Rossii, 2011. 40 p.
2. SP 60.13330.2012. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha [Heating, ventilation and air conditioning]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 41-01-2003. Moscow. Minregion Rossii, 2012. 76 p.
3. SP 131.13330.2012. Stroitel'naya klimatologiya [Building climatology]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-01-99\*. Moscow. Minregion Rossii, 2012. 108 p.
4. Bodrov M. V., Boldin V. P., Kuzin V. Yu., Kucherenko M. N. Opredelenie fakticheskoy proizvoditelnosti sistem estestvennoy ventilyatsii s vertikalnym sbornym kollektorom mnogokvartirnykh zhilykh domov [Determining the actual performance of natural ventilation systems with a vertical gathering main of multifamily houses] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2015. № 1. P. 54–59.
5. Pogoda v 243 stranakh mira [Weather in 243 countries around the world]. [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: <http://rp5.ru>. Data obrascheniya: 30.11.2015.

© М. В. Бодров, В. Ю. Кузин, М. С. Морозов, А. Ф. Шаповал, 2016  
Получено: 16.01.2016 г.

УДК 666.9.046

**Р. З. РАХИМОВ**, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф., советник при ректорате; **Н. Р. РАХИМОВА**, д-р техн. наук, проф. кафедры строительных материалов; **А. Р. ГАЙФУЛЛИН**, канд. техн. наук, ст. преп. кафедры строительных материалов

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ГЛИНИТОВ В ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ НА ВОДОСТОЙКОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1. Тел./факс: (843) 236-27-21; эл. почта: rahimov@ksaba.ru; rahimova.07@list.ru; 447044@list.ru

*Ключевые слова:* глинит, метакраин, минеральная добавка, портландцемент, цементный камень, водостойкость, коэффициент размягчения.

*В статье приведены результаты сравнительных исследований влияния добавок в портландцемент прокаленных при температурах 400–800 °С и молотых до 250–800 м<sup>2</sup>/кг полиминеральных глин с содержанием каолинита от 40 до 62 % и полным его отсутствием и высококачественного метакраина на водостойкость цементного камня по показателю коэффициента размягчения. Показано, что на основе термоактивированных распространённых полиминеральных глин и последующего их помола могут быть получены глиниты, добавки которых в портландцемент приводят к более высокому повышению водостойкости цементного камня, чем аналогичные по содержанию добавки метакраина.*

### 1. Введение

В последние годы в качестве активной минеральной добавки (АМД) в портландцемент получило определенное распространение введение метакраина (МК), получаемого термической обработкой каолиновых глин при температурах в диапазоне 650–800 °С. Выявлено, что влияние добавок метакраина на свойства бетонной смеси и бетона позволяет [1–4]: улучшить удобоукладываемость, повысить устойчивость к водоотделению, уменьшить водопотребность и расход пластифицирующей добавки, увеличить прочность, снизить усадочные деформации, повысить долговечность, морозостойкость и стойкость к сульфатной, хлоридной, уксусной и щелочной коррозии, обеспечить определенную экономию цемента.

Однако для широкомасштабного производства и применения МК определенным препятствием является ограниченность месторождений и запасов каолиновых глин во многих странах, в том числе и в России. Наиболее широко применяемые в настоящее время в качестве минеральных добавок в портландцемент – доменный шлак и топливная зола – доступны не во всех странах и образуются в гораздо меньших объемах, чем производится портландцемента, и расширение сырьевой базы АМД может быть достигнуто за счет использования натуральных пуццоланов и термоактивированных обычных распространённых полиминеральных глин с различным содержанием каолинита и вовсе не содержащих его [5]. В связи с этим в последнее время возобновились исследования их пуццоланической активности и эффективности их как минеральных добавок в вяжущих [6–8]. Авторами





настоящей работы проведены исследования влияния добавок в портландцемент отдельных термоактивированных и молотых глин различного химического и минерального составов на прочность при сжатии цементного камня в сравнении с влиянием на него добавок высококачественного метакАОлина [9–12]. На основании этих исследований было установлено, что добавки в портландцемент отдельных глинистов на основе полиминеральных глин с различным содержанием каолинита и полным его отсутствием в зависимости от температуры обжига в диапазоне 400–800 °С и тонкости помола в пределах 250–800 м<sup>2</sup>/кг приводят к более высокому повышению прочности при сжатии цементного камня, чем аналогичные по содержанию добавки высококачественного метакАОлина с удельной поверхностью 1200 м<sup>2</sup>/кг. Бетон с добавками метакАОлина получил эффективное применение с середины 1990-х гг. прошлого века при строительстве в ряде стран плотин, мостов, градиен [1–4], то есть в сооружениях, в которых необходимо повышенная водостойкость конструкции. В связи с этим целесообразным являются исследования водостойкости цементного камня с добавками глинистов на основе распространенных полиминеральных глин.

Ниже приведены результаты систематических сравнительных исследований влияния добавок в портландцемент термоактивированных и молотых полиминеральных глин различного химического и минерального состава и высококачественного метакАОлина на водостойкость цементного камня по показателю коэффициента размягчения.

## 2. Материалы и методы исследования

### 2.1. Материалы для исследования:

а) Для получения глинистов были использованы полиминеральные глины различного химического и минерального составов по названиям месторождений: Ново-Орская (НОГ) в Оренбургской области; Нижне-Увельская (НУГ) в Челябинской области; Арская (АГ), Сарай-Чекурчинская (СЧГ) и Кошачовская (КГ) в Республике Татарстан.

В табл. 1 и 2 приведены химический и минеральный составы принятых при исследовании глин;

б) МетакАОлин ВМК производство ООО «Синерго» (Магнитогорск) (ТУ 572901-001-65767184-2010)

Химический состав метакАОлина, в %: SiO<sub>2</sub> – 51,4; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 42,0; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,8; H<sub>2</sub>O < 0,5; п.п.п. < 1,0; удельная поверхность 1200 м<sup>2</sup>/кг;

в) Портландцемент

Для определения пуццоланической активности глинистых термоактивированных наполнителей использовался портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н (ПЦ 500-Д-0-Н).

Химический состав цемента, масс, %: CaO – 63,0; SiO<sub>2</sub> – 20,5; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,5; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,5; SO<sub>3</sub> – 3,0.

Минералогический состав цемента: C<sub>3</sub>S – 67,0; C<sub>2</sub>S – 11,0; C<sub>3</sub>A – 4,0; C<sub>3</sub>AF – 15,0. Показатели портландцемента: удельная поверхность – 345 см<sup>2</sup>/г (по цементу), насыпная плотность – 1000 г/л, нормальная густота – 26 %, начало схватывания – 2 часа 50 минут, конец схватывания – 4 часа 10 минут.

### 2.2. Методы исследований:

а) термоактивация глин

Для каждой глины характерны своя оптимальная температура обжига, выше



и ниже которой активность продукта падает [13]. Известно утверждение, что чем ниже температура обжига, тем выше активность глинистых материалов, так как при повышенных температурах диффузионный процесс приводит к их рекристаллизации [14].

Переход в активную форму у отдельных глинистых минералов начинается с 320–400 °С и продолжается до 800 °С [15, 16]. В связи с этим исследовалось влияние на свойства цементного камня добавок глинистых, полученных обжигом глин при температурах 400 °С, 600 °С и 800 °С.

Скорость подогрева составляла соответственно 1,7; 2,5 и 3,3 °С в минуту до температуры изотермической выдержки, которая составила 3 часа;

б) прокаленные глины подвергались помолу в лабораторной мельнице МПЛ-1 до удельной поверхности 250, 500 и 800 м<sup>2</sup>/кг;

в) влияние добавок глинистых в портландцемент на коэффициент размягчения цементного камня определялось по результатам испытаний образцов размерами 2×2×2 см. Образцы изготавливались из теста нормальной густоты, которая у бездобавочного цемента составила 26 %, с 5 % добавок глинистых – 27 %, с 10 % добавок глинистых – 27,5 % исследованных разновидностей глин, с различными температурами обжига и тонкостью помола. Глинистые вводились в портландцемент в количестве 5, 10, 15 и 20 %.

Образцы выдерживались в течение 24 часов в нормальных условиях, а затем подвергались термообработке в пропарочной камере по режиму: 4 часа – подогрев до 85 °С, изотермическая выдержка – 6 часов, 3 часа – охлаждение до 35–40 °С;

г) коэффициент размягчения (Кр) цементного камня определялся по показателю отношения прочности при сжатии насыщенного водой образца к прочности при сжатии его в сухом состоянии.

### 3. Результаты исследований и их анализ

В зависимости от содержания в процентах по массе добавок МК, Кр цементного камня имел соответственно следующие значения: 0 % – 0,920; 5 % – 0,925; 10 % – 0,960; 15 % – 0,930; 20 % – 0,930.

В табл. 3–5 приведены результаты исследований изменения коэффициента размягчения цементного камня в зависимости от содержания добавок: прокаленных при температурах 400 °С, 600 °С, 800 °С и молотых до удельных поверхностей 250 м<sup>2</sup>/кг, 500 м<sup>2</sup>/кг и 800 м<sup>2</sup>/кг глин, отличающихся по химическому и минеральному составу.



Т а б л и ц а 1

**Химический состав принятых при исследовании глин**

Разновидность глин H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Содержание на абсолютную сухую навеску, %										
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub> /S
НОГ	0,81	69,18	1,36	19,55	1,32	0,01	0,20	0,42	<0,3	0,92	0,10	<0,05
НУГ	0,66	66,79	0,98	20,71	1,63	0,04	0,62	0,41	<0,3	0,65	0,08	0,13
АГ	1,05	73,65	1,47	15,37	2,23	0,01	0,28	0,50	<0,3	0,55	<0,03	<0,05
СЧГ	3,41	68,52	0,86	13,42	6,18	0,10	1,33	1,66	1,20	1,82	0,09	<0,05
КГ	4,14	64,50	0,88	13,96	7,30	0,10	2,16	2,18	0,98	1,97	0,11	<0,05

Примечание. Количественный химический состав глин определялся с использованием ARL OPTUMX – спектрометра

Т а б л и ц а 2

**Минеральный состав принятых при исследовании глин**

Разновидность глин H <sub>2</sub> O	Кварц	Минеральный состав, %						
		каолинит	иллит	слода	ортоклаз	плаги- оклаз	смешанно-слоистый глинистый минерал	хлорит
НОГ	41	51	8	–	–	–	–	–
НУГ	33	62	–	4	–	1	–	–
АГ	47	40	13	–	–	–	–	–
СЧГ	28	–	–	10	7	8	40	4
КГ	34	–	–	–	5	14	40	1

Примечание: в структуре иллита – до 10 % разбухающих слоев; смешанно-слоистый минерал имеет состав смешанно-слоистый с содержанием неразбухающих слоев: в СЧГ – до 40 %, в КГ – до 40 %, расчет приведен на 100 % (исключая п.п.п.) кристаллической фазы без учета возможного содержания рентгеноаморфной составляющей. Рентгенофазовый анализ (РФА) глин проведен с использованием дифрактометра D8 Advance фирмы «Bruker».



Т а б л и ц а 3

**Коэффициент размягчения цементного камня с добавками прокаленных и молотых до удельной поверхности 250 м<sup>2</sup>/кг глин**

% добавки	Т, °С прокали- вания	С добавками прокаленных глин				
		НОГ	НУГ	АГ	СЧГ	КГ
—	—	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
5	400	0,940	0,950	0,960	0,970	0,930
10		0,930	0,950	0,960	0,975	0,945
15		0,915	0,940	0,945	0,975	0,935
20		0,900	0,920	0,890	0,980	0,920
5	600	0,970	0,960	0,980	0,940	0,950
10		0,965	0,960	0,980	0,940	0,960
15		0,950	0,970	0,960	0,930	0,950
20		0,935	0,940	0,910	0,920	0,935
5	800	0,950	0,950	0,940	0,950	0,935
10		0,940	0,940	0,940	0,960	0,945
15		0,925	0,920	0,920	0,960	0,930
20			0,920	0,870	0,960	0,920

Т а б л и ц а 4

**Коэффициент размягчения цементного камня с добавками прокаленных и молотых до удельной поверхности 500 м<sup>2</sup>/кг глин**

% добавки	Т, °С прокали- вания	С добавками прокаленных глин				
		НОГ	НУГ	АГ	СЧГ	КГ
—	—	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
5	400	0,910	0,960	0,940	0,930	0,930
10		0,880	0,945	0,940	0,935	0,925
15		0,850	0,935	0,920	0,925	0,920
20		0,830	0,920	0,890	0,9050	0,905
5	600	0,950	0,970	0,970	0,935	0,950
10		0,930	0,975	0,980	0,945	0,960
15		0,900	0,965	0,980	0,945	0,950
20		0,870	0,960	0,970	0,925	0,935
5	800	0,970	0,930	0,950	0,950	0,925
10		0,960	0,935	0,960	0,960	0,920
15		0,940	0,910	0,960	0,965	0,915
20		0,930	0,900	0,950	0,950	0,905

Т а б л и ц а 5

**Коэффициент размягчения при сжатии цементного камня с добавками  
прокаленных и молотых до удельной поверхности 800 м<sup>2</sup>/кг глин**

% добавки	Т, °С прокали- вания	С добавками прокаленных глин				
		НОГ	НУГ	АГ	СЧГ	КГ
3	5	6	7	8	9	10
—	—	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
5	400	0,940	0,940	0,940	0,935	0,925
10		0,935	0,935	0,930	0,930	0,930
15		0,920	0,935	0,900	0,910	0,930
20		0,900	0,930	0,850	0,875	0,920
5	600	0,970	0,930	0,910	0,940	0,955
10		0,965	0,925	0,890	0,950	0,960
15		0,945	0,925	0,850	0,945	0,960
20		0,920	0,920	0,840	0,910	0,955
5	800	0,950	0,915	0,930	0,950	0,945
10		0,945	0,910	0,910	0,980	0,945
15		0,930	0,900	0,870	0,975	0,940
20		0,910	0,890	0,840	0,950	0,935

Анализ приведенных в табл. 3–5 данных исследований позволяет сделать следующие выводы о влиянии добавок в портландцемент прокаленных и молотых глин различного химического и минерального составов на коэффициент размягчения цементного камня в сравнении с влиянием на него аналогичного содержания добавок высококачественного метаксаолина.

Из 180 разновидностей по содержанию добавок в портландцемент глинистов, полученных при обжиге при различных температурах и молотых до различных удельных поверхностей, 5 разновидностей полиминеральных глин: 129 (77,28 %) обеспечили получение цементного камня с коэффициентом размягчения выше по сравнению с этим показателем цементного камня на бездобавочном цементе, а 81 (42,72 %) обеспечили получение цементного камня с коэффициентом размягчения выше, чем у цементного камня с одинаковым содержанием метаксаолина. Добавка 5 % всех принятых при исследованиях разновидностей прокаленных и молотых глин в портландцемент у 93,33 % образцов цементного камня обеспечили повышение коэффициента размягчения до 0,94–0,97 с 0,92 у бездобавочного цементного камня и с 0,925 – у цементного камня с добавкой 5 % метаксаолина. Наиболее высокие показатели коэффициента размягчения имеют образцы с 5 %-ми добавками всех каолинитсодержащих и не содержащих его разновидностей глин, прокаленных преимущественно при температурах 600 °С и 800 °С и молотых до тонкости помола 250 м<sup>2</sup>/кг и 500 м<sup>2</sup>/кг. Цементный камень с 10 % добавок прокаленных и молотых полиминеральных глин имеет коэффициент размягчения выше, чем образцы с соответствующим по содержанию метаксаолина. Такое влияние оказывают глины, прокаленные преимущественно при 600 °С и молотые до 250 м<sup>2</sup>/кг и 500 м<sup>2</sup>/кг. Цементный камень с содержанием добавок прокаленных



и молотых полиминеральных глин 15 % и 20 % имеет коэффициент размягчения соответственно у 53,33 и 24,44 % образцов выше, чем цементный камень с соответствующим содержанием метакАОлина. Наиболее высокие показатели коэффициента размягчения, чем у образцов с добавками метакАОлина, при этом имеют образцы с 15 % и 20 % добавок глиниста на основе безкАОлиновой Сарай-Чекурчинской глины соответственно 77,8 и 55,5 %.

#### 4. Заключение

В последнее время получило определенное распространение применение в качестве пуццолановых добавок метакАОлина к портландцементу с целью повышения его физико-технических свойств.

Однако сырьевая база мономинеральных кАОлиновых глин для его производства весьма ограничена по месторождениям и объемам запасов. В связи с этим в ряде стран ведутся исследования возможностей производства искусственных пуццоланов на основе повсеместно распространенных и неисчерпаемых по запасам полиминеральных глин.

В настоящей статье приведены результаты исследований в этом направлении в части сравнения влияния добавок глинистов на основе полиминеральных глин и высококачественного метакАОлина на водостойкость цементного камня.

Полученные при этом результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Добавки в портландцемент определенных глинистов на основе полиминеральных глин с различным содержанием кАОлинита и полным его отсутствием в зависимости от температуры прокаливания и тонкости помола приводят к обеспечению более высокой водостойкости цементного камня, чем аналогичные по содержанию добавки высококачественного метакАОлина.

2. Глинисты с такими свойствами могут быть получены при прокаливании глин при более низкой температуре, чем метакАОлины, и иметь в 5 и более раз меньшую тонкость помола.

3. Продолжение и расширение исследований в предпринятом в статье направлении может обеспечить научно-экспериментальное обоснование организации производства эффективных пуццоланов на основе местных глин во многих регионах.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брыков, А. С. МетакАОлин / А. С. Брыков // Цемент и его применение. – 2012. – № 7–8. – С. 36–40.
2. Siddigye, R. Influence of metakaolin on the properties of mortar and concrete / R. Siddigye, I. Klaus // Applied Clay Science. – 2009. – Vol. 43, № 3–4. – P. 392–400.
3. Advanced Concrete Technology Constituent Materials / eds J. Newnan, B. S. Chio. – Elsevier, 2003. – 280 p.
4. Concrete Construction Engineering Handbook / ed. By E. G. Nawy. – CRC Press, 2008. – 1586 p.
5. Scrivener, K. L. Hydration of cementations materials, present and future / K. L. Scrivener, A. Nonut // Cement and concrete research. – 2011. – Vol. 41. – P. 651–665.
6. Evolution of calcined clay soils as supplementary cementitious materials / L. R. Castello, H. J. F. Hernandez, K. L. Scrivener, M. Antonic // Proceedings of a XII International Congress of the chemistry of cement / Instituto de Ciencias de la Construction «Eduardo torroja». – Madrid, 2011. – P. 117.
7. He, C. Pozzolan reactions of six principal clay minerals: Activation, reactivity assessments and technological effects / C. He, B. Osbaeck, E. Makovsky // Cement and Concrete Research. – 1995. – Vol. 25. – P. 1961.



8. Ambroise, J. Hydration reaction and hardening of calcined and related minerals: Extension of the research and general conclusions / J. Ambroise, M. Murat, J. Pera // *Cement and Concrete Research*. – 1985. – Vol. 15. – P. 261.

9. Рахимов, Р. З. Влияние добавки в портландцемент прокаленной и молотой глины с содержанием 40 % каолинита на прочность цементного камня / Р. З. Рахимов, Н. Р. Рахимова, А. Р. Гайфуллин // *Архитектура*. – 2015. – № 2. – С. 129–131.

10. Рахимов, Р. З. Свойства цементного камня с добавками глины / Р. З. Рахимов, Н. Р. Рахимова, А. Р. Гайфуллин // *Строительные материалы*. – 2015. – № 5. – С. 24–26.

11. Рахимов, Р. З. Влияние добавки в портландцемент прокаленной и молотой полиминеральной глины на прочность цементного камня / Р. З. Рахимов, Н. Р. Рахимова, А. Р. Гайфуллин // *Цемент и его применение*. – 2015. – № 2. – С. 141–144.

12. Рахимов, Р. З. Влияние добавки в портландцемент полиминеральной глины на свойства цементного камня / Р. З. Рахимов, Н. Р. Рахимова, А. Р. Гайфуллин // *Техника и технология силикатов*. – 2015. – Т. 22, № 2. – С. 2–5.

13. Волженский, А. В. Минеральные вяжущие вещества, технология и свойства : учебник / А. В. Волженский, Ю. С. Буров, В. С. Колокольников. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1979. – 480 с.

14. Канаев, В. К. Новая технология строительной керамики / В. К. Канаев. – Москва : Стройиздат, 1990. – 264 с.

15. Глинит-цемент : сб. ст. Вып. 11 / ВНИИЦ ; под ред. В. И. Аксенова. – Москва : Ленинград : Гл. ред. строит. лит., 1935. – 171 с.

16. Langier-Kazniarowa, A. Termogramy mineralow ilastych / A. Langier-Kazniarowa. – Warchawa, 1967. – 316 p.

**RAKHIMOV Ravil Zufarovich, corresponding member of RAACS, doctor of technical science, professor; RAKHIMOVA Nailya Ravilevna, doctor of technical science, professor; GAYFULLIN Albert Rinatovich, candidate of technical sciences, senior lecturer**

## THE INFLUENCE OF ADDITIVES IN PORTLAND CEMENT ON WATER RESISTANCE OF CEMENT STONE

Kazan State University of Architecture and Engineering  
1, Zelyonaya St., Kazan, 420043, Russia. Tel./fax: +7 (843) 236-27-21;  
e-mail: rahimov@ksaba.ru; rahimova.07@list.ru; 447044@list.ru

*Key words:* clay, metakaolin, mineral supplements, Portland cement, cement stone, water resistance, coefficient of softening.

---

*The article presents the results of comparative studies of an effect of polymineral kaolinite-free clays and clays containing kaolinite from 40 to 62 % calcined at temperatures of 400–800 °C and ground to 250–800 m<sup>2</sup>/kg, and high-quality metakaolin, on the water resistance of the hardened Portland cement-based paste. It is stated that the pozzolanic additive glinites can be obtained based on calcined and ground widespread polymineral clays.*

*The glinites provide more beneficial effect on water resistance of hardened Portland cement-based paste compared with metakaolin.*

---

## REFERENCES

1. Brykov A. S. Metakaolin [Metakaolin]. Tsement i ego primeneniye [Cement and its application]. 2012, № 7–8, P. 36–40.

2. Siddigye R., Klaus I. Influence of metakaolin on the properties of mortar and concrete. *Applied Clay Science*. 2009, vol. 43. № 3–4. P. 392–400.





3. Advanced concrete technology constituent materials. Eds J. Newnan, B. S. Chio, Elsevier, 2003, 280 p.
4. Concrete construction engineering handbook. Eds. E. G. Nawy. CRC Press, 2008, 1586 p.
5. Scrivener K. L., Nonut A. Hydration of cementitious materials, present and future. Cement and Concrete Research. 2011, № 41, P. 651–665.
6. Castello L. R., Hernandez H. J. F., Scrivener K. L., Antonic M. Evolution of calcined clay soils as supplementary cementitious materials. Proceedings of the XII International Congress of the chemistry of cement. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción «Eduardo torroja», 2011, P. 117.
7. He C., Osbaeck B., Makovsky E. Pozzolanic reactions of six principal clay minerals: Activation, reactivity assessments and technological effects. Cement and Concrete Research. 1995, № 25, P. 1961.
8. Ambroise J., Murat M., Pera J. Hydration reaction and hardening of calcined and related minerals: Extension of the research and general conclusions. Cement and Concrete Research. 1985, № 15, P. 261.
9. Rakhimov R. Z., Rakhimova N. R., Gayfullin A. R. Vliyanie dobavki v portlandtsement prokalennoy i molotoy gliny s sodержaniem 40 % kaolinita na prochnost tsementnogo kamnya [Influence of ground calcined clay containing 40 % of caolinite on the strength of hardened cement paste]. Arkhitektura [Architecture]. 2015, № 2, P. 129–131.
10. Rakhimov R. Z., Rakhimova N. R., Gayfullin A. R. Svoystva tsementnogo kamnya s dobavkami glinita [Properties of hardened cement paste incorporated with glinite]. Stroitelnye materialy [Building materials]. 2015, № 5, P. 24–26.
11. Rakhimov R. Z., Rakhimova N. R., Gayfullin A. R. Vliyanie dobavki v portlandtsement prokalennoy i molotoy polimineralnoy gliny na prochnost tsementnogo kamnya [Influence of calcined ground polymineral clay on the strength of hardened cement paste]. Tsement i ego primeneniye [Cement and its application]. 2015, № 2, P. 141–144.
12. Rakhimov R. Z., Rakhimova N. R., Gayfullin A. R. Vliyanie dobavki v portlandtsement polimineralnoy gliny na svoystva tsementnogo kamnya [Influence of polymineral clay on the properties of hardened cement paste]. Tekhnika i tekhnologiya silikatov [Technique and technology of silicates]. 2015, vol. 22, № 2, P. 2–5.
13. Volzhenskiy A. V., Burov Yu. S., Kolokolnikov V. S. Mineralnye vyazhushchie veschestva, tekhnologiya i svoystva [Mineral binders, technology and properties]. Moscow, Stroyizdat, 1979, 480 p.
14. Kanaev V. K. Novaya tekhnologiya stroitelnoy keramiki [New technology of building ceramics]. Moscow, Stroyizdat. 1990. 264 p.
15. Gliniit-tsement [Glinite-cement]. Sbornik statey VNIIC. Pod red. Aksyonova V. I. [Collected papers of the Cement Research Institute ed. by Aksyonov V.I.]. 1935, vol. 11. 171 p.
16. Langier-Kazniarowa A. Termogramy mineralow ilastych. Warchawa. 1967, 316 p.

© Р. З. Рахимов, Н. Р. Рахимова, А. Р. Гайфуллин, 2016

Получено: 17.10.2015 г.

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 628.1-52

**А. А. ЛАПШИН**, канд. техн. наук, проф. кафедры металлических конструкций, ректор; **А. Л. ВАСИЛЬЕВ**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой водоснабжения и водоотведения

## КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГРАММ

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел./факс: (831) 430-08-60;  
эл. почта: nlg@nngasu.ru

*Ключевые слова:* экология, экологическая программа, социально-экологический мониторинг.

---

*В статье предложены принципы формирования региональных экологических программ. Рассмотрены их основные направления, организационные, функциональные и информационные аспекты. Предложена принципиальная схема социально-экологического мониторинга.*

---

Ключевым моментом в разработке региональных экологических программ является создание системы социально-экологического мониторинга.

Поскольку целью региональной политики является обеспечение сбалансированного существования на данной территории человека, общества и природы, а ее важнейшим компонентом является экономика, с учетом интегрального потенциала региона, эколого-экономического регулирования, эколого-экономического развития, управления, а также информационной деятельности, то наиболее широкие перспективы в областях регионального планирования должны базироваться на комплексном характере развития окружающей среды, территорий и пересмыслении размещения производительных сил, интегральной деятельности, реконструкции и регенерации отдельных территориальных образований, периферийных и депрессивных регионов.

Необходимо сформировать концепцию устойчивого экономического развития региона, на базе которой реализуется разумное и эффективное размещение производительных сил, распределение эндогенного потенциала региона, политико-административное и экономическое районирование.

Концепция территориальности основывается на трех составляющих:

1. Оценка интегрального потенциала как базовой основы возможных направлений регионального развития;
2. Адекватное размещение производительных сил и комплексное развитие региона;
3. Эколого-экономическое регулирование, обосновывающее граничные условия развития отдельных регионов с целью недопущения появления критических зон и зон бедствий, депрессивных областей и областей явно недостаточного развития [1].

Создание надежной системы социально-экономических критериев и показателей для реальных практических расчетов развития производительных сил,



экономической оценки и рационального использования всех элементов экономического и природно-ресурсного потенциала и окружающей среды – наиболее актуальная задача.

Существует тесная функциональная связь развития и размещения производства с определенным пространством территории. Территория рассматривается как интегральный ресурс-носитель элементарных ресурсов: климата, растительности, водных, минеральных, сырьевых, земельных, рекреационных и др.

Так как территориальность – это потенциальные возможности территории, состоящие из сложного взаимодействия основных компонентов окружающей среды, то сама территория может рассматриваться как результирующая этого взаимодействия. Это предопределяет возможность введения нормативов, с помощью которых оценивается значимость компонентов (экономический, экологический и социальный нормативы).

Интенсивность природопользования при современной технической вооруженности столь ощутима, что возникла реальная опасность экологического неблагополучия биосферы. Ущерб, нанесенный природе, выраженный в экономических показателях, может превалировать над экономическим эффектом, полученным от собственно природопользования.

Экономическая обстановка ощутимо влияет на физическое и психическое здоровье человека, затрагивает его генофонд. И, если придерживаться научного принципа приоритетности человеческого фактора, то изучение загрязнения атмосферного воздуха, воды, почв, растительности, здоровья человека наиболее значимы, так как здоровье человека зависит, в первую очередь, от степени загрязнения по отношению к природному фону трех основополагающих элементов: пищи, воды и воздуха. Условия, влияющие на формирование здоровья: питание – 35 %; вода, воздух – 25 %; условия воспитания – 20 %; условия труда – 20 %.

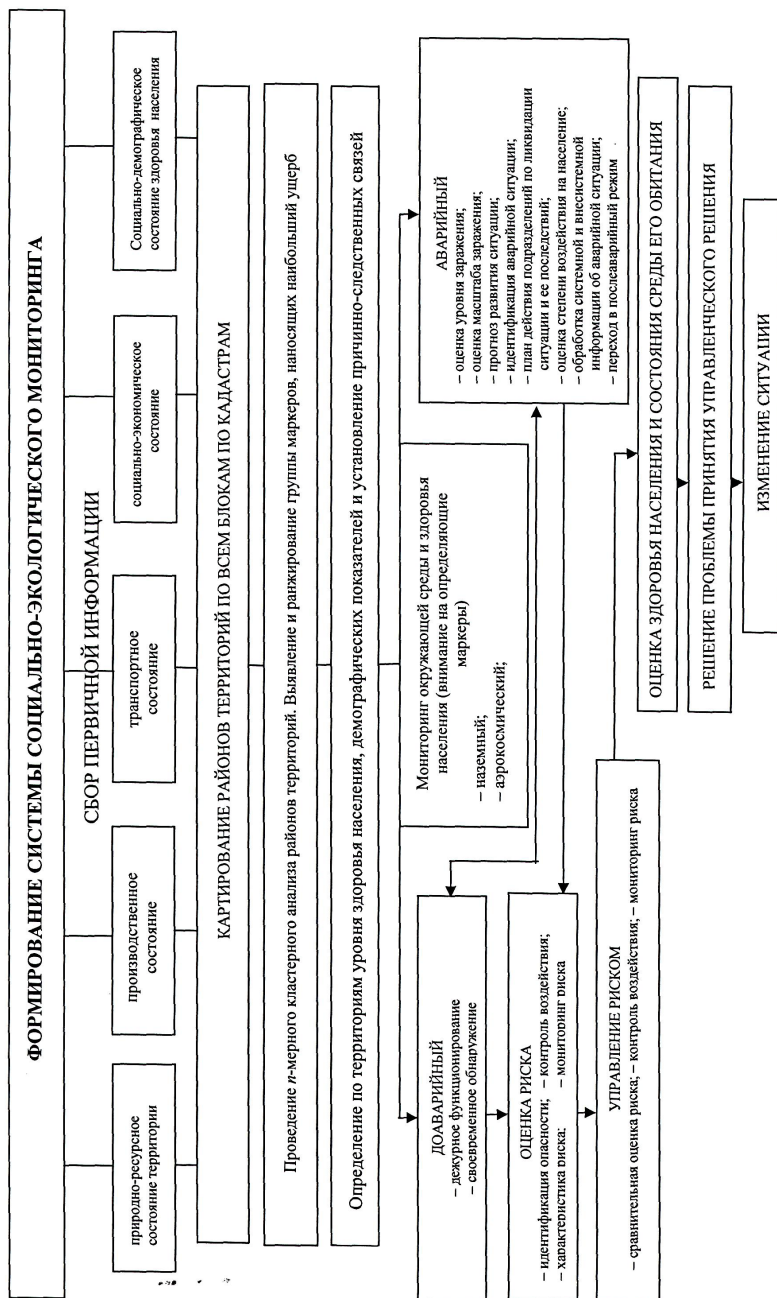
В настоящее время большое значение приобретает кадастровая форма представления мониторинговой информации.

Под кадастрами понимаются систематизированные своды данных, включающие качественную и количественную опись объектов и явлений, в ряде случаев с социально-экономической оценкой, составляемой путем периодических или непрерывных наблюдений.

Принципиальная схема социально-экологического мониторинга представлена на рисунке.

Для построения системы аварийного мониторинга необходимо:

- 1) выявление всех потенциальных источников аварийных выбросов, сильных токсикантов;
- 2) оценка размеров зон поражения при максимально возможном выбросе;
- 3) оценка степени максимальной опасности каждого потенциального аварийного объекта с учетом вероятности возникновения максимально возможной аварии, возможности ликвидации аварии, плотности населения, наличия особо важных объектов на прилегающих объектах;
- 4) выявление и анализ всех потенциально возможных аварийных ситуаций на рассматриваемых объектах и ранжирование их по степени опасности;
- 5) разработка плана действий при возникновении аварийных ситуаций.



Принципиальная схема социально-экологического мониторинга

На систему аварийного мониторинга возлагается решение следующих основных функциональных задач:

1. Доаварийный режим: дежурное функционирование; своевременное обнаружение.

2. Аварийный режим: переход в аварийный режим; перевод всей системы экологического мониторинга в аварийный режим работы; оценка уровня заражения; оценка масштабов заражения; прогноз развития аварийных ситуаций; идентификация аварийной ситуации; выбор (план) действия спецподразделений по ликвидации аварийной ситуации и ее последствий; оценка степени воздействия произошедшего на население; обработка, обобщение системной и внесистемной информации об аварийной ситуации; переход системы в послеаварийный режим.

При построении системы аварийного мониторинга необходимо знать, является аварийная ситуация управляемой (частично управляемой) или она полностью неуправляемая.

Важной методической проблемой является измерительная ориентация системы. Дело в том, что степень воздействия сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ) на человека определяется не концентрацией вещества в воздухе, а дозой, т. е. концентрацией и временем экспозиции. Доза обладает свойством кумулятивности. Поскольку одно и то же значение токсодозы можно получить и при меньшей концентрации с большой экспозицией, и при большой концентрации с малой экспозицией, возникает проблема установления чувствительности датчиков, т. е. порогового уровня концентрации.

Одна из важнейших функций системы аварийного мониторинга – оценка уровня заражения и его пространственного масштаба. Эта задача должна решаться в реальном масштабе времени.

Поскольку основной целью всякой общественной системы является производство и воспроизводство жизни, оцениваемое через критерий общественного здоровья, а процесс управления должен быть направлен на достижение желаемого состояния системы, периодически диагностика этого состояния является важнейшим звеном государственного управления. Проблемы же экологической безопасности в России не уменьшаются, а растут, что, безусловно, сказывается на состоянии здоровья населения.

Так как индивидуальное и общественное здоровье зависит от следующих факторов: образа жизни (50 %); состояния окружающей среды (до 20 %); наследственности (15–20 %); здравоохранения (10–15 %), то этим факторам и надо уделять первостепенное значение.

Идея оценки здоровья населения на основе новых информационных технологий и легла в основу создания социально-гигиенического мониторинга [2].

Социально-гигиенический мониторинг (СГМ) – государственная система наблюдения, оценки и прогнозирования изменений в состоянии здоровья населения, происходящих под влиянием неблагоприятных факторов среды обитания человека и условий его жизнедеятельности.

СГМ является интегрированной информационно-аналитической системой открытого типа, функционирующей на межрегиональном и местном уровнях.

Основными целями СГМ являются:

– обеспечение органов государственной власти и управления на региональном и местном уровнях, предприятий, организаций, учреждений и граждан достоверной и объективной информацией о состоянии здоровья населения в связи с состоянием среды обитания и условиями жизнедеятельности человека;



– разработка положений и рекомендаций, являющихся основой для конструктивного взаимодействия органов государственной власти и управления области, органов местного самоуправления, хозяйствующих субъектов, общественных объединений и граждан по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения, по проведению сбалансированной социально-экономической политики, ориентированной на жизнеобеспечение и охрану здоровья социально незащищенных слоев населения.

Для достижения поставленных целей в рамках системы СГМ решаются следующие задачи:

– обеспечение наблюдения и контроля за состоянием здоровья населения и среды обитания человека на основе единства методологии и программ сбора, обработки и передачи информации;

– выявление причинно-следственных связей между состоянием среды обитания и состоянием здоровья человека, оценки и анализа наблюдаемых изменений в состоянии здоровья населения под влиянием неблагоприятных факторов окружающей природной, производственной и социальной среды, установление этой зависимости, причин и условий распространения массовых заболеваний населения;

– прогнозирование предполагаемых изменений состояния здоровья в связи с воздействием факторов окружающей среды и условиями жизни населения;

– обоснование приоритетных направлений в социальной политике и обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения, охраны здоровья и профилактики заболевания, снижение преждевременной смертности, оздоровление среды обитания человека и условий его жизнедеятельности, а также предложения и рекомендации для принятия решений по этим вопросам.

Организация системы СГМ является наиважнейшей государственной задачей [3].

Система организации и проведения наблюдения, оценки и прогнозирования состояния здоровья в связи с состоянием среды обитания населения базируется на следующих основных принципах:

– использование единых и обязательных для всех организаций, учреждений, участвующих в системе СГМ, методологических подходов и гигиенических критериев оценки влияния на состояние здоровья факторов среды обитания человека, основанных на современных научных представлениях о взаимодействии в системе «человек – окружающая среда»;

– применение взаимосогласованных нормативных и методических документов, обеспечивающих единство методов, способов и показателей, по которым осуществляется сбор, накопление и обработка данных в системе наблюдения и контроля за состоянием здоровья и среды обитания;

– организационное объединение информации;

– открытость данных систем СГМ для широкого круга пользователей, обмен информацией между организациями, действующими в системе, на бесплатной основе.

Базы данных СГМ поддерживаются комплексом программно-технологических и технических средств, функционирующих на региональном и местном уровнях.

Программно-технологическое обеспечение предусматривает при сохранении и имеющихся функциональных возможностей формирование, использование, обновление, актуализацию и представление всех видов показателей, включаемых в систему СГМ.





Информационный фонд СГМ состоит из следующих данных:

- показателей, характеризующих состояние здоровья населения, в том числе по социально обусловленным заболеваниям и другим состояниям организма человека;
- гигиенических и эпидемиологических показателей, характеризующих состояние среды обитания человека;
- социально-экономических показателей, характеризующих уровень социально-экономического положения регионов и территорий;
- справочных банков данных.

Информационными направлениями СГМ являются:

- данные наблюдений, осуществляемых в рамках единой государственной системы экологического мониторинга:

- 1) природно-климатических факторов;
- 2) источников антропогенного воздействия на окружающую среду;
- 3) качества атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвы;
- 4) загрязнения окружающей природной среды и осуществления природоохранных мероприятий;

- данные наблюдения за радиационной безопасностью, осуществляемой в рамках единой государственной автоматизированной системой контроля радиационной безопасности;

- данные государственной системы учета и статистики состояния социальной среды обитания человека, социально-экономического положения в стране, регионах и на территории, включая информацию, характеризующую:

- 1) демографическую обстановку;
- 2) развитие промышленности, сельского хозяйства и транспорта, торговли и общественного питания;
- 3) производство товаров народного потребления, включая продовольственное сырье и пищевые продукты;
- 4) уровень жизни и доходы населения;
- 5) развитие городов и населенных пунктов, их коммунальное благоустройство и уровень культурно-бытового обслуживания;
- 6) условия проживания населения и жилищную проблему;
- 7) проблемы образования и условия воспитания и обучения детей и подростков;

- данные наблюдения за состоянием охраны и условиями труда;
- данные наблюдения за условиями, структурой и качеством питания населения, водоснабжения населения, безопасностью для здоровья человека продовольственного сырья, пищевых продуктов и питьевой воды;

- данные системы мониторинга за состоянием здоровья и физического развития населения: 1) смертность; 2) рождаемость; 3) средняя продолжительность жизни; 4) заболеваемость; 5) инвалидность; 6) уровень физического развития; 7) медицинское обеспечение населения;

- данные институтов и результатов их деятельности;

- данные справочных банков.

Обмен информацией из распределенных банков данных между субъектами СГМ должен осуществляться бесплатно по установленным каналам связи.

Пользователями системы СГМ могут стать органы государственной власти и управления, общественные объединения, заинтересованные предприятия, организации, учреждения, средства массовой информации и горожане.

Финансирование работ по созданию и функционированию СГМ осуществляется за счет средств государственных бюджетов всех уровней.





Создание подобной системы позволит объективно оценивать эколого-ресурсное состояние региона на основании полученных объективных данных с целью прогнозирования развития ситуации и выработки грамотных управленческих решений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев, А. Л. Концепция создания информационных систем управления производством питьевой воды / А. Л. Васильев // Известия вузов сер. «Строительство». – Новосибирск, 2005. – № 9. – С. 68–72.
2. Васильев, А. Л. Разработка и реализация автоматизированной информационной системы Федеральной целевой программой «Возрождение Волги» / А. Л. Васильев, Л. А. Васильев // Городское хозяйство и экология. – Москва. – 2000. № 2. – С. 6–13.
3. Федеральная целевая программа «Оздоровление экологической обстановки на реке Волге и ее притоках, восстановление и предотвращение деградации природных комплексов волжского бассейна» (концепция).

**LAPSHIN Andrey Aleksandrovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of metal constructions, rector; VASIL'YEV Aleksey L'vovich, doctor of technical sciences, professor, chair of the department of water supply and sanitation**

#### THE CONCEPT OF FORMATION OF REGIONAL ENVIRONMENTAL PROGRAMS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel./fax: + 7 (831) 430-08-60;  
e-mail: nir@nngasu.ru

*Key words:* ecology, ecological programme, socio-environmental monitoring.

---

*The article suggests principles of forming regional ecological programmes; their main directions, organizational, functional and informational aspects are considered. A basic scheme of social-ecological monitoring is proposed.*

---

#### REFERENCES

1. Vasiliev, A. L. Kotseptsiya sozdaniya informatsionnykh sistem upravleniya proizvodstvom pit'evoy vody [The concept of creating information systems of management of drinking water production]. Izvestiya vuzov. Ser. «Stroitelstvo» [News of higher educational institutions. Construction]. Novosibirsk, 2005. № 9. P. 68–72.
2. Vasiliev, A. L., Vasiliev, L. A. Razrabotka i realizatsiya avtomatizirovannoy informatsionnoy sistemy Federalnoy tselevoy prgrammy «Vozrozhdenie Volgi» [Development and implementation of automated information system of the Federal target programme «The Volga Revival»]. Gorodskoe khozyaystvo i ekologiya [Municipal economy and ecology]. Moscow, 2000. № 2. P. 6–13.
3. Oздorovlenie ekologicheskoy obstanovki na reke Volge i eyo pritokakh, vosstanovlenie i predotvrashchenie degradatsii prirodnkh kompleksov Volzhskogo basseyna : Federalnaya tselevaya programma : kontseptsiya [Federal target program «Improvement of ecological situation of the Volga river and its tributaries, restoration and preventing degradation of natural complexes of the Volga basin» (concept), Moscow. 1995, 36 p.

© А. А. Лапшин; А. Л. Васильев, 2016

Получено: 05.12.2015 г.



УДК 627.8(282.247.41)+502

С. В. СОБОЛЬ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой гидротехнических сооружений

## ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ СОЗДАНИЯ И МНОГОЛЕТНЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАВНИННОГО ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА Р. ВОЛГЕ

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

*Ключевые слова:* равнинное водохранилище, создание, многолетняя эксплуатация, геоэкологические последствия.

---

*В 2015 г. минуло 60 лет со дня пуска в эксплуатацию Горьковской (ныне – Нижегородской) ГЭС с водохранилищем на р. Волге. По исследовательским материалам, в том числе авторским, приведены результаты оценки взаимодействия Горьковского водохранилища с окружающей средой в период его создания и многолетней эксплуатации.*

---

**Введение.** Водохранилища как техногенные образования оказывают влияние на все компоненты литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы, слагающие природную среду занимаемых и прилегающих территорий, то есть на геодинамические условия и рельеф, режим подземных вод, климат, почвы, растительность, животный мир и ландшафт в целом. Сами испытывают влияние природных, прежде всего гидрометеорологических факторов. Взаимодействуют с антропогенной окружающей средой. В статье обозначены количественные пределы названного влияния и взаимодействия, наблюдаемые при создании и многолетней эксплуатации Горьковского водохранилища, относящегося к группе больших равнинных водохранилищ России.

**Параметры водохранилища.** Заполненное в 1957 г. Горьковское водохранилище имеет сложную конфигурацию в плане. Сверху от г. Рыбинска до устья р. Елнати (337 км) протянулась его русловая часть, ниже доплотины Нижегородской ГЭС (90 км) – озеровидное расширение (рис. 1 цв. вклейки). Нормальный подпорный уровень водохранилища НПУ = 84,0 м БС, уровень мертвого объема – 82,0. Проектная площадь зеркала водохранилища 1 591 км<sup>2</sup>, его озерной части – 1 008 км<sup>2</sup>, наибольшая глубина 22 м, средняя – 5,5 м, полный объем – 8,82 км<sup>3</sup>, полезный объем – 2,78 км<sup>3</sup>.

С появлением Горьковского водохранилища существенно увеличились водные ресурсы региона. Эти ресурсы понимаются как важнейшие в структуре хозяйствования страны, а управление ими – как управление развитием экономики. В экологическом плане водные ресурсы определяют качество жизни и даже возможность выживания в кризисных ситуациях [1].

**Затопление земель.** Затопление земель рассматривают обычно как наиболее существенное воздействие долинного водохранилища на природную среду. При создании водохранилищ оно неизбежно, но его нельзя понимать только как негативное явление. Надо иметь в виду, что изъятие земель под водохранилище является одним из видов их производственного использования, определяемого потребностями экономики страны. Взамен сельскохозяйственной и лесной про-



дукции с этих земель получают другую продукцию – электроэнергию, рыбу, перевозки грузов по водному пути и т. д.

Площадь затопленных Горьковским водохранилищем земель составила 1 292 км<sup>2</sup>. Землеемкость водохранилища, равная 0,853 км<sup>2</sup>/1 млн кВт.ч годовой выработки ГЭС, соответствует среднему показателю 1950-х гг. Из зоны затопления в начале 1950-х гг. было перенесено 273 населенных пункта (11 836 дворов и домовладений), переселено 47,7 тыс. человек (табл. 1). Между тем от переписи 2002 г. до переписи 2011 г. при отсутствии гидротехнического строительства с карты страны исчезли 8,5 тыс. сел и деревень (рис. 2 цв. вклейки) Причиной процесса называют урбанизацию, и ничего плохого в этом как бы и нет.

Т а б л и ц а 1

**Структура затрат, связанных с созданием Горьковского водохранилища, % от общей суммы [2]**

Мероприятия	Затраты
Инженерная защита	44,1
Перенос строений и переселение в сельской местности	17,6
Компенсация сельхозугодий	1,0
Перенос строений и переселение в городах и поселках	6,9
Переустройство и перенос промпредприятий	4,4
Переустройство железных дорог	0,3
Переустройство автодорог	7,4
Переустройство линий электропередачи и связи	0,7
Лесосводка и лесочистка	7,6
Транспортное освоение водохранилища	6,1
Рыбохозяйственное освоение водохранилища	0,5
Прочие затраты	3,4
Всего	100

От затопления Горьковским водохранилищем огражден защитной дамбой Ипатьевский Свято-Троицкий монастырь с ансамблем каменных строений 1690-х гг. в г. Костроме; в г. Чкаловске из зоны берегопереработки перенесен дом, в котором жил Герой Советского Союза летчик В. П. Чкалов (рис. 3 цв. вклейки). Осуществлены инженерные защиты 13 отдельных промпредприятий г. Кинешмы, г. Юрьевца (рис. 4 цв. вклейки), г. Костромы вместе с частью Костромской сельскохозяйственной низины площадью 355,7 км<sup>2</sup>, потребовавшие 11,3 км берегоукреплений и 100 км дамб обвалования.

Защиту сельхозземель предпринимали для развития их как кормовой базы животноводства. Но уже в 1970-е гг. расчеты показывали экономическую неэффективность капложений в инженерные защиты сельхозугодий от затопления, что вполне подтвердилось к 2000-м гг. [3].

**Образование мелководий.** Горьковское водохранилище по глубине имеет следующие площади: от 0 до 1 м – 211 км<sup>2</sup>; от 1 до 2 м – 396 км<sup>2</sup>; от 0 до 3 м – 561 км<sup>2</sup>; более 3 м – 1 030 км<sup>2</sup>. Мелководья глубиной до 2 м, составившие по проекту 24,9 % площади зеркала водохранилища, являются небольшим превышением допустимого по современным нормам предела в 20 %. Около 22 км<sup>2</sup> мелководных участков акватории водохранилища, главным образом в заливах при устьях впадающих рек, покрыто водными зарослями (рис. 5 цв. вклей-



ки). Доля акватории с глубинами более 3 м адекватна величине, характерной для естественных озерных равнинных водоемов.

Как известно, мелководья являются наименее эффективными составными элементами водохранилищ для энергетики и водного транспорта. Вместе с этим на участках мелководий в зарослях водной растительности развивается обильная фауна, создаются благоприятные условия для нереста и нагула многих видов рыб, в пределах мелководных зон воспроизводится 85–90 % общих рыбных запасов водохранилищ.

Горьковское водохранилище – это высокопродуктивный рыбный водоем, допустимый улов рыб в котором составляет около 1 300 т/год, что в несколько раз больше, чем на участке р. Волги до его создания (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Ежегодный вылов рыб на участке Горьковского водохранилища [4]**

Год вылова рыбы		Вылов рыбы, т/год
р. Волга до заполнения водохранилища	1955–1957 гг.	260
Горьковское водохранилище:	1965 г.	798
	1970 г.	539
	1980 г.	381,3
	1990 г.	598,6
	2000 г.	391

С появлением обширных мелководных акваторий на участке р. Волги, занятom водохранилищем, существенно увеличилась численность, и обогатился состав видов водоплавающих птиц.

К сожалению, мы не научились еще разумно хозяйствовать на мелководьях водохранилищ.

**Регулирование расходов и уровней воды. Водообмен.** Горьковское водохранилище осуществляет частичное сезонное регулирование стока р. Волги. Естественный среднегодовой сток реки в створе Нижегородского гидроузла – 53,3 км<sup>3</sup>. Полезный объем водохранилища – 2,78 км<sup>3</sup>. Коэффициент регулирования стока – 0,052. Сезонные колебания зарегулированных расходов воды в створе Нижегородского гидроузла по многолетним данным для межени и половодья 1 179–2 200 м<sup>3</sup>/с [1], то есть водохранилищем выровнен внутригодовой сток нижележащего участка реки.

За период эксплуатации водохранилища уровень воды в нем не поднимали выше 0,4 м и не опускали ниже 2,6 м от НПУ. Проектная форсировка в 1,5 м не понадобилась. Колебания уровня воды водохранилища в безледоставные сезоны составляли 0,2–0,4 м [1].

Российский стандарт определяет показатель водообмена как отношение объема стока воды через гидроузел в средний по водности год к полному объему водохранилища. Для Горьковского водохранилища при среднегодовом стоке в створе гидроузла 53,3 км<sup>3</sup> и полном объеме 8,82 км<sup>3</sup> показатель водообмена составляет 6,0 1/год. Для водохранилища это весьма высокий показатель, но он условный, так как рассчитывается в предположении, что вся вода в пределах полного объема замещается новой, чего в принципе не может быть никогда.

**Обеспечение судоходных глубин.** Современная р. Волга – главный внутренний водный путь России с выходом в пять морей.

Map of the Volga River basin showing the locations of 15 settlements. The settlements are marked with brown dots and labeled: Кострома, Рыбинск, Тутаев, Ярославль, Кострома, Кинешма, Меря, Навога, Нента, Желто, Шенгит, Курлово, Лопин, Сига, Соколовское, Мича, Лопина, Пучег, Ячменка, Шехин, Чкаловск, Сенюшка, Троица, Ви, Заволжье, Горьковский ГУ. The map also shows the Volga River, its tributaries, and a scale bar from 0 to 20 km.

A large, two-story wooden house with a gabled roof, multiple windows, and a porch, surrounded by lush greenery and a large tree. The house has a light-colored exterior and a dark roof. The front porch is visible, and there are several windows with white frames. The house is surrounded by a large tree on the right and a garden with pink and red flowers in the foreground.

Рис. 3. Дом-музей В. П. Чкалова в г. Чкаловске на берегу Горьковского водохранилища





Рис. 4. Дамба инженерной защиты г. Юрьевца на Горьковском водохранилище, 2008 г.



Рис. 5. Мелководье на Горьковском водохранилище в устье р. Шомохты, покрытое водной растительностью, 2012 г.



*а*



*б*

Рис. 6. Дугообразные берега озерной части Горьковского водохранилища: *а* – обвально-осыпной абразионный; *б* – отмельный аккумулятивный, с продвижением уреза НПУ соответственно в сторону суши и акватории, 2007 г.

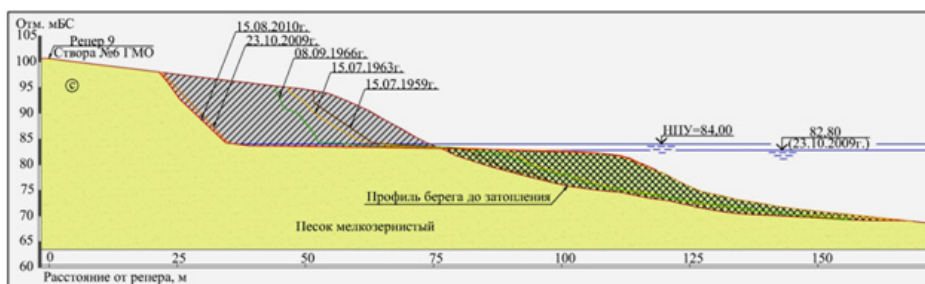


Рис. 7. Результаты инструментальных наблюдений абразии левого берега озерной части Горьковского водохранилища на участке № 1 в створе № 6:

Наблюдаемые параметры абразии на осень 2010 г.: смещение бровки берегового обрыва от первоначального уреза НПУ – 52,8 м; высота берегового обрыва над НПУ – 13,9 м; ширина береговой отмели – 79 м, в т. ч. абразионной / аккумулятивной частей – 42 / 37 м; объем разрушения берега – 422 м<sup>3</sup>/ пог. м; объем аккумуляции разрушенного грунта – 313 м<sup>3</sup> / пог. м; коэффициент аккумуляции – 0,74; средний уклон береговой отмели – 0,02; скорость отступления бровки берега за 2009 / 2010 г. – 0,5 м/год; средняя скорость отступления бровки берега за 1957–2010 гг. – 0,99 м/год



Рис. 8. Вид левого берега Горьковского водохранилища на участке № 1 у д. Наговицино с двухэтажным домом у бровки обрыва и самодельным берегоукреплением, 2009 г.



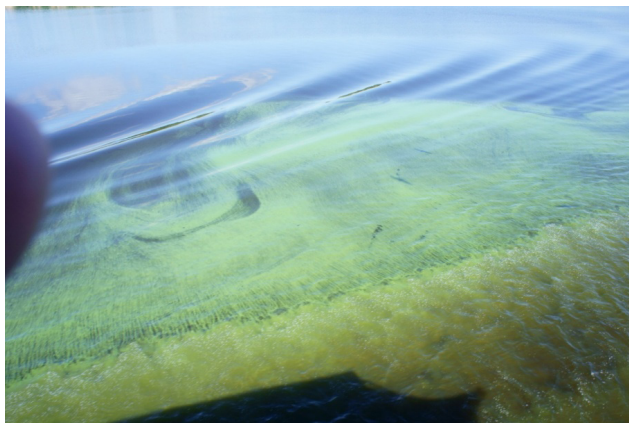


Рис. 9. Цветение воды Горьковского водохранилища, 2 июля 2012 г.



Рис. 10. Осевший ледяной покров на Горьковском водохранилище в подпертом устье р. Троцы, 10 апреля 2005 г.: осушаемая зона при максимальной зимней сработке водохранилища, на которую может осесть лед, около 290 км<sup>2</sup>



Рис. 11. Кабанчики-сеголетки



В конце XIX века от г. Рыбинска до г. Нижнего Новгорода глубины незарегулированной р. Волги на перекатах в летнюю межень составляли 0,7–0,9 м, а в маловодные годы 0,5–0,6 м, что полностью останавливало судоходство [5]. С созданием Горьковского водохранилища была обеспечена судоходная глубина 4,0 м от г. Рыбинска до г. Городца.

Проект Нижегородского гидроузла предусматривал его эксплуатацию в условиях обязательного подпора водой Чебоксарского водохранилища с отметкой 68,0 м БС. Подпор до сих пор не осуществлен. Его отсутствие привело к необратимым деформациям русла на 30-километровом участке р. Волги. Глубинная эрозия вызвала посадку уровней воды ниже гидроузла на 1,3 м, у г. Балахны – на 0,8 м.

В итоге на всем протяжении нижнего бьефа произошел разрыв связи между проектным среднесуточным расходом воды ГЭС 1 100 м<sup>3</sup>/с и проектной судоходной глубиной 3,5 м.

Посадка уровней воды привела к снижению глубин в камерах нижнего шлюза Нижегородского гидроузла и на перекатах нижнего бьефа и, как следствие – к затруднению судоходства [6]. Нижегородская ГЭС осуществляет сверхпроектные судоходные попуски воды в размере 1 300 м<sup>3</sup>/с из Горьковского водохранилища, постоянным донором которого является Рыбинское водохранилище, но проблему судоходства на участке р. Волги от г. Городца до г. Нижнего Новгорода этим не решить.

**Подпор подземных вод.** После наполнения водохранилища возник подпор подземных вод в берегах, в результате – подтопление территорий. Конечная стадия подпора была достигнута в 1965 г., через 8 лет после наполнения водохранилища. Ширина зоны подпора в озерной части составляла 10–12 км, площадь – около 1 600 км<sup>2</sup> [7]. Площадь подтопления в проекте называлась равной 113 км<sup>2</sup>, фактически 57–262 км<sup>2</sup>, т. е. 3,6–17 % к площади зеркала водохранилища [1]. Вслед за переработкой берегов уровень подземных вод понизился, подтопление значительных территорий прекратилось. Наступило новое динамическое равновесие, когда направление развития природы, связанное с повышением уровня подземных вод, перестало ощущаться.

В пределах зоны подпора увеличились эксплуатационные ресурсы подземных вод. Так, расположенные на берегах р. Волги города: Городец, Чкаловск, Юрьево – испытывали нужду в питьевой воде хорошего качества. С созданием Горьковского водохранилища возникла возможность их водоснабжения за счет устройства инфильтрационных водозаборов, которая, например в г. Городце, была успешно реализована [7].

**Переформирование берегов.** Площадь потерянных земель от береговых деформаций по периметру Горьковского водохранилища в середине 1990-х гг. называли равной 6,0 тыс. га, в среднем по 113 га/год [1], а в последующем – 200 га/год [8]. Эта площадь, определенная экспертно, представляется завышенной.

Проектная длина береговой линии водохранилища 2 168 км, из них берегов: абразионных – 631 км, в том числе в рыхлых аллювиальных, флювиогляциальных, моренных отложениях – 449 км, в плотных глинах, глинистых брекчиях, полускальных породах – 182 км; аккумулятивных – 10 км; нейтральных, биогенных – 947 км; формируемых русловыми процессами – 580 км. Наибольшим деформациям подвержены абразионные берега.

Все абразионные берега водохранилища пребывают в III стадии развития, характеризующейся на многих, особенно дугообразных участках приближением к стадии динамического равновесия (рис. 6 цв. вклейки). Расчеты показали, что у левого (пойменного) берега озерной части водохранилища в сравнении с правым энергетическая активность волнения значительно сильнее: соответственно  $(1\ 100-1\ 200) \cdot 106$  и  $(450-820) \cdot 106$  Дж/(год пог. м). Соответственно левобережье разрушается абразией более интенсивно [9].

Измерения профилей абразионных берегов на 4 участках в 13 створах озерной части водохранилища с привлечением материалов прошлых лет (рис. 7 цв. вклейки) показали следующее. За 1957–2010 гг. наибольшее смещение бровки абразионного уступа в сторону суши составило 69,1 м в створе № 4 на участке № 1 между д. Андроново и д. Вашуриха. Прибрежные отмели достигли наибольшей длины напротив невысоких песчаных берегов – 132 м в створе № 17 на участке № 2 между д. Андроново и Zubовским заливом. За период 1957–2010 гг. средняя скорость переработки берегов в исследованных створах была от 0,7 до 1,3 м/год, а в 2009–2010 гг. составила от 0,2 до 1,0 м/год. Уклоны береговых отмелей приблизились к волноустойчивым, которые для средних и мелких песков оцениваются величиной 0,01–0,005. Объемы аккумуляции в некоторых створах (№ 15, 19, 9) стали превалировать над объемами абразии. Однако вдольбереговой транспорт наносов на выпуклых участках берегов не позволяет сложиться динамическому равновесию, и абразия будет, хотя и с меньшей интенсивностью, продолжаться. По прогнозу на предстоящее 10-летие можно ожидать переформирования исследованных абразионных берегов озеровидной части водохранилища со средней интенсивностью 0,10–0,47 м/год. Имея в виду 631 км протяженности абразионных берегов и диапазон средних ожидаемых скоростей их переформирования, можно полагать, что потеря земель по берегам Горьковского водохранилища за счет абразии составит 6,3–29,7 га/год [9].

В 2009 г. экспедицией ННГАСУ была проведена эхолотная съемка дна и берегов водохранилища с последующим построением цифровой модели рельефа и уточнением морфометрических параметров (табл. 3) [10]. Зафиксировано увеличение длины береговой линии от проектных 2 168 км до 2 963 км в 2009 г., также уменьшение площади водного зеркала водохранилища от проектных 1 591 км<sup>2</sup> до 1 497,5 км<sup>2</sup> в 2009 г. При этом площадь мелководий глубиной 0–2 м уменьшилась с проектных 24,9 до 22,9 % площади зеркала [11].

С развитием капитализма в России у населения повысилась привлекательность берегов р. Волги. Земли в береговой зоне Горьковского водохранилища успешно застраивают, иногда даже в ущерб собственной безопасности (рис. 8 цв. вклейки).

**Заиление водохранилища.** Вследствие отложения в водохранилище наносов и продуктов переработки берегов происходит его постепенное заиление. По данным грунтовых съемок средняя интенсивность заиления составляла в 1955–1980 гг. 3,3 мм/год, в 1980–1999 гг. – 2,1 мм/год [12].

За 1957–2009 гг. констатируется уменьшение полного объема водохранилища вследствие заиления его чаши до 98,1 % от проектного полного объема, а полезного объема до 93,1 % от проектного полезного объема (см. табл. 3).

Т а б л и ц а 3

**Проектные и уточненные морфометрические характеристики  
Горьковского водохранилища [10]**

Характеристика	Проектное значение	Данные ЦМР 2009 г.
Нормальный подпорный уровень (НПУ), м БС	84,0	84,0
Уровень мертвого объема (УМО), м БС	82,0	82,0
Длина по фарватеру, км	430	427
Площадь зеркала при НПУ, км <sup>2</sup>	1 591 (100 %)	1 497,5 (94,1 %)
Наибольшая ширина при НПУ, км	–	14,3
Средняя ширина при НПУ, км	3,7	3,51
Наибольшая глубина при НПУ, м	–	22,9
Средняя глубина при НПУ, м	5,54	5,77
Длина береговой линии, включая подпертые участки впадающих рек, при НПУ, км	–	2 963
Полный объем при НПУ, млн м <sup>3</sup>	8 820 (100 %)	8 652 (98,1 %)
Полезный объем между НПУ и УМО, млн м <sup>3</sup>	2 780	2 588,67
Мертвый объем при УМО, млн м <sup>3</sup>	6 040	6 000,2
Площадь мелководий, км <sup>2</sup>	глубиной 0–1 м	211 (13,3 %)
	глубиной 0–2 м	396 (24,9 %)
		343,5 (22,9 %)

Проведенные совместно с германскими учеными исследования показали, что содержание основных загрязнителей – тяжелых металлов в донных отложениях Горьковского водохранилища – остается сравнительно низким, не превышая двукратного уровня средних геохимических фоновых концентраций (за исключением кадмия, кобальта и никеля) [13].

**Качество воды в водохранилище.** Вода Горьковского водохранилища принадлежит к разряду слабо загрязненных. Качество воды не идеальное, но оно не может считаться плохим. Волжская вода значительно чище, чем в основной реке Западной Европы – Рейне [14]. Наиболее эффективно самоочищение воды водохранилища происходит в макрофитных прибрежных биоценозах [1].

Бичом равнинных водохранилищ считают цветение воды. О степени цветения водного объекта судят по величине биомассы фитопланктона, зависящей, в том числе от концентрации фосфора в воде, поступающего с неочищенными стоками. По современной оценке, Горьковское водохранилище является водоемом умеренного цветения со средним и максимальным содержанием биомассы фитопланктона соответственно 5,86 г/м<sup>3</sup> и 63 г/м<sup>3</sup>. Интенсивное цветение фиксируется как локальное (рис. 9 цв. вклейки). До зарегулирования р. Волги в 1935–1938 гг. на участке от г. Кинешмы до г. Городца содержание фитопланктона составляло 9,7–17,4 г/м<sup>3</sup> [1]. Таким образом, создание Горьковского водохранилища привело к двукратному уменьшению концентрации фитопланктона в воде, несмотря на рост численности населения на волжских берегах.



**Изменение местного климата.** В пределах береговой полосы водохранилища шириной от 1 до 4 км снизилась на 1,5–2 °С максимальная и повысились на 0,2–0,7 °С минимальная температура воздуха. Над акваторией изменился годовой слой испарения: с суши был 350 мм, с воды стал 450 мм. Увеличилась абсолютная и относительная влажность воздуха на 2–7 %, повысились месячные суммы осадков в летний период на 10–12 %. Кстати, замечено, что на европейской территории страны за время после создания больших водохранилищ не было ни одной засухи. Над водной поверхностью водохранилища на 30–40 % увеличились скорости ветров. Преобладающими ветрами весной–летом–осенью являются южные и западные, средняя месячная скорость ветра изменяется от 3,4 м/с (июнь) до 7 м/с (октябрь). При северном ветре со скоростью 24 м/с отмечена наибольшая высота ветровых волн – 2,3 м на судовом ходу у г. Чкаловска.

Несколько сместились сроки ледостава. Замерзание водохранилища раньше всего происходит у пос. Сокольское. Средняя дата начала ледостава в озерной части – 22 ноября, очищения ото льда – 3 мая. Толщина льда на реке в естественных условиях была 40–50 см, на водохранилище у берегов стала 65–100 см, в открытой части – 55–25 см (рис. 10 цв. вклейки).

Таким образом, водохранилище внесло некоторые изменения в местный климат, так же как вносят и крупные города на его побережье.

**Состояние береговой флоры и фауны.** Лесное растительное сообщество на берегах водохранилища давно стабилизировалось по примеру берегов естественных водоемов. Численность всего лесного населения на побережье колеблется сообразно природным циклам, а в последние годы увеличивается, кроме численности рысей (рис. 11 цв. вклейки). Сейчас минимальная ширина водохранилища 200 м. Это меньше, чем прежние 500 м, что не соответствует выполнению принципа приоритета охраны водных объектов перед их использованием.

**Вывод.** При создании и эксплуатации Горьковского водохранилища природная среда претерпела разнообразные изменения в силу многогранности его воздействия, особенностей его показателей и динамики развивающихся процессов. Но пределы воздействия таковы, что по прошествии 60 лет это водохранилище, как и другие большие водохранилища России, не показало несовместимости с природной средой и не привело к последствиям, угрожающим жизни людей и природных комплексов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вода России. Водоохранилища / под науч. ред. А. М. Черняева ; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург : Аква-Пресс, 2001. – 700 с.
2. Возрождение Волги – шаг к спасению России / под ред. И. К. Комарова. – Москва : Нижний Новгород : Экология, 1996. – 464 с.
3. Дебольский, В. К. Волжские берега / В. К. Дебольский // Экология и жизнь. – 2000. – № 1. – С. 44–47.
4. Вода или нефть? Создание единой водохозяйственной системы / под общ. ред. Д. В. Козлова. – Москва : МППА БИМПА, 2008. – 456 с.
5. Асарин, А. Е. Горьковский гидроузел – важная ступень волжской судоходной лестницы / А. Е. Асарин // Гидротехническое строительство. – 2015. – № 10. – С. 54–8.
6. Уровненный режим свободного участка реки Волги от г. Городца до г. Нижнего Новгорода и пути решения проблемы судоходства / Р. Д. Фролов, С. В. Соболев, Е. Н. Горохов, А. К. Битюрин, А. В. Орлов // Сборник трудов кафедры ЮНЕСКО / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2003. – Вып. 4. – С. 88–94.





7. Копосов, Е. В. Особенности формирования подземного стока в зоне влияния крупных равнинных водохранилищ : монография / Е. В. Копосов, И. Н. Гришина ; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2007. – 288 с.

8. Малик, Л. К. Факторы риска повреждения гидротехнических сооружений. Проблемы безопасности / Л. К. Малик. – Москва : Наука, 2005. – 354 с.

9. Анализ переформирования абразионных берегов Горьковского водохранилища за период эксплуатации 1957–2010 гг. с прогнозом на следующее десятилетие / С. В. Соболев, И. С. Соболев, Л. Б. Иконников, Д. Н. Хохлов // Гидротехническое строительство. – 2011. – № 12. – С. 23–30.

10. Красильников, В. М. Уточнение морфометрических параметров водохранилищ на базе цифровых моделей рельефа / В. М. Красильников, И. С. Соболев // Вестник МГСУ. – 2012. – № 10. – С. 272–280.

11. Соболев, И. С. Об измерении длины береговой линии водохранилищ / И. С. Соболев, С. В. Соболев, А. С. Крупинов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2014. – № 6. – С. 30–43.

12. Пространственно-временная трансформация донных отложений водохранилищ Средней Волги / В. В. Законнов, Д. В. Иванов, А. В. Законнова [и др.] // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34, № 3. – С. 1–9.

13. Оценка загрязненности донных отложений реки Волги на участке Горьковское–Чебоксарское водохранилища / Г. Мюллер, А. Яхья, Х. Ф. Шелер, О. В. Кашенко, И. С. Соболев // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2008. – № 2. – С. 112–126.

14. Видение Волги : междисциплинар. инициатива ЮНЕСКО по устойчивому развитию Волжско-Каспийского бассейна / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2004. – 144 с.

**SOBOL Stanislav Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of hydraulic structures**

## EVALUATION OF GEOECOLOGICAL CONSEQUENCES OF CREATION AND LONG-TERM OPERATION OF THE PLAIN GORKY RESERVOIR ON THE VOLGA RIVER

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St. Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel./fax: +7 (841) 430-42-89;  
e-mail: gs@nngasu.ru

*Key words:* plain reservoir, creation, long-term operation, geoeological consequences.

*In 2015, 60 years had passed from commissioning Gorky (now Nizhny Novgorod) hydropower plant on the Volga river. According to the research materials, including those obtained by the author, results of evaluation of the interaction of the Gorky reservoir with the environment during its creation and long-term operation are given.*

### REFERENCES

1. Voda Rossii. Vodokhranilischa [Water of Russia. Reservoirs] / Under the scientific editorship of A. M. Chernyaev. Russian Research Institute of integrated use and protection of water resources. Ekaterinburg. Aqua-Press, 2001, 700 p.

2. Vozrozhdenie Volgi – shag k spaseniyu Rossii [Revival of the Volga – a step to save Russia] / Ed. by I. K. Komarov. Moscow – Nizhny Novgorod: Ecology, 1996, 464 p.

3. Debol'skiy, V. K. Volzhskie berega [Banks of the Volga] // Ekologiya i zhizn [Ecology and Life]. 2000. № 1, P. 44–47.



4. Voda ili neft? Sozдание edinoi vodokhozyaystvennoy sistemy [Water or oil? Creating a unified water management system] / Under general editorship of D. Kozlov. Moscow: MPPA BIMPA, 2008, 456 p.
5. Asarin, A. E. Gorkovskiy gidrouzel – vazhnaya stupen volzhskoy sudokhodnoy lestnitsy [Gorky hydrosystem – an important step of the Volga shipping ladder] // *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Hydraulic engineering]. 2015. № 10. P. 54–58.
6. Frolov, R. D., Sobol S. V., Gorokhov E. N., Bityurin A. K., Orlov A. V. Urovenny rezhim svobodnogo uchastka reki Volgi ot g. Gorodtsa do g. Nizhnego Novgoroda i puti resheniya problemy sudokhodstva [Level regime of unregulated section of the Volga River between the town of Gorodets and Nizhny Novgorod and ways of solving shipping problems] // *Sbornik trudov kafedry UNESCO* [Articles of the UNESCO Chair] / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2003. Issue 4. P. 88–94.
7. Koposov, E. V., Grishina I. N. Osobennosti formirovaniya podzemnogo stoka v zone vliyaniya krupnykh ravninnykh vodokhranilish [Features of formation of groundwater flow in the area of influence of large lowland reservoirs]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2007. 288 p.
8. Malik, L. K. Faktory riska povrezhdeniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy. Problemy bezopasnosti [Risk factors of damaging waterworks. Safety issues]. Moscow: Nauka, 2005. 354 p.
9. Sobol, S. V., Sobol I. S., Ikonnikov L. B., Khokhlov, D. N. Analiz pereformirovaniya abraziyonnykh beregov Gorkovskogo vodokhranilisha za period ekspluatatsii 1957–2010 gg. s prognozom na sleduyushchee desyatiletie [Analysis of reformation of Gorky water reservoir's scarps for the operating period 1957–2010 with the forecast for the next decade] // *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Hydraulic Engineering]. 2011. № 12. P. 23–30.
10. Krasilnikov, V. M., Sobol I. S. Utochnenie morfometricheskikh parametrov vodokhranilish na baze tsifrovyykh modeley rel'efa [Refinement of morphometric parameters of reservoirs on the basis of digital elevation models] *Vestnik MGSU* [Bulletin of Moscow State University of Civil Engineering], 2012. № 10. P. 272–280.
11. Sobol, I. S., Sobol, V. S., Krupinov, A. S. Ob izmerenii dliny beregovoy linii vodokhranilish [On the measurement of the length of the coastline of reservoirs] // *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*. [Water management in Russia: Problems, technology, management]. 2014. № 6. P. 30–43.
12. Zakonnov, V. V., Ivanov, D. V., Zakonnova, A. V. et al. Prostranstvenno-vremennaya transformatsiya donnykh otlozheniy vodokhranilish Sredney Volgi [Space-time transformation of sediments of the Middle Volga reservoirs] // *Vodnye resursy* [Water Resources], 2007. Vol. 34, № 3. P. 1–9.
13. Mueller, G., Yahya, A., Scheler, H. F., Kaschenko O. V., Sobol, I. S. Otsenka zagryaznyonnosti donnykh otlozheniy reki Volgi na uchastke Gorkovskoe – Cheboksarskoe vodokhranilisha [Assessment of pollution of the bottom sediments of the Volga River between the Gorky and Cheboksary reservoirs] // *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. 2008. № 2. P. 112–126.
14. Videnie Volgi. Mezhdistsiplinarnaya initsiativa UNESCO po ustoychivomu razvitiyu Volzhsko-Kaspiyskogo basseyna [The Volga Vision. UNESCO Interdisciplinary Initiative for the Sustainable Development of the Volga-Caspian Basin]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2004. 144 p.

© С. В. Соболев, 2016

Получено: 16.01.2016 г.





УДК 627:502(470.341-25)

Д. Б. ГЕЛАШВИЛИ<sup>1</sup>, д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой экологии; А. И. ДМИТРИЕВ<sup>2</sup>, д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой биологии, химии и биолого-химического образования; М. В. СИДОРЕНКО<sup>1</sup>, канд. биол. наук, доц. кафедры экологии; М. Е. БЕЗРУКОВ<sup>1</sup>, канд. биол. наук, зав. лабораторией теоретической и прикладной экологии; А. А. НИЖЕГОРОДЦЕВ<sup>1</sup>, канд. биол. наук, ст. преп. кафедры экологии; И. Н. МАРКЕЛОВ<sup>1</sup>, канд. биол. наук, асс. кафедры экологии

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ФИТО- И ЗООЦЕНОЗОВ ООПТ «ДУБРАВА У ГОРОДА ГОРОДЦА»  
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НИЖЕГОРОДСКОГО НИЗКОНАПОРНОГО  
ГИДРОУЗЛА И СОЗДАВАЕМОГО ИМ ВОДОХРАНИЛИЩА НА Р. ВОЛГЕ**

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, д. 23, корп. I. Тел.: (831) 462-32-22;  
эл. почта: ecology@bio.unn.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет имени  
Козьмы Минина»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, пл. Минина, 7, корп. II. Тел.: (831) 439-14-14; эл. почта:  
dmitriev-50@mail.ru

*Ключевые слова:* низконапорный гидроузел, ООПТ «Дубрава у г. Городца».

---

*В статье приводится анализ современного состояния и прогноз функционирования фито- и зооценозов особо охраняемой природной территории «Дубрава у г. Городца», затрагиваемой строительством и последующей эксплуатацией низконапорного гидроузла на р. Волге в районе пос. Большое Козино.*

---

Чебоксарское водохранилище образовалось в результате перекрытия Волги плотиной ГЭС в 1980 году у г. Новочебоксарска. Проектным заданием предусматривалось довести уровень воды до отметки 68,0 м. Однако из-за несвоевременного ввода в эксплуатацию гидротехнических сооружений график наполнения был изменен. К настоящему времени при отметке 63,0 м водохранилище существует почти 35 лет. Из-за низкого уровня воды и его колебаний на данном участке, а также ежегодного «заиления» русла существует проблема бесперебойного прохождения судов через шлюзы Нижегородского гидроузла. В настоящее время реализуется проект «Строительство Нижегородского низконапорного гидроузла (ННПГ)» на р. Волге в районе н. п. Б. Козино с образованием малого водохранилища с отметкой НПУ 68,0 м БС (эксплуатационный период). Задача ННПГ – создание нормальных судоходных условий с гарантированной глубиной 4,0 м на проблемном участке р. Волги от Городецкого гидроузла до г. Н. Новгорода путем достижения проектного подпорного уровня 68,0 м. Створ сооружений гидроузла располагается в Сормовском районе г. Н. Новгорода, на 890,5 км судового хода, ниже пос. Большое Козино. Создаваемое водохранилище затрагивает территории г. Н. Новгорода, Балахнинского и Городецкого районов Нижегородской области. В зону воздействия от строительства гидроузла и создаваемого им водохранилища попадает около 925 га земель, в том числе в зону затопления – 735 га, зону подтопления – 170 га, зону берегопереработки – 20 га. На левом берегу создаваемого водохранилища находится особо охраняемая природная территория

(ООПТ) – государственный памятник природы регионального (областного) значения «Дубрава у города Городца».

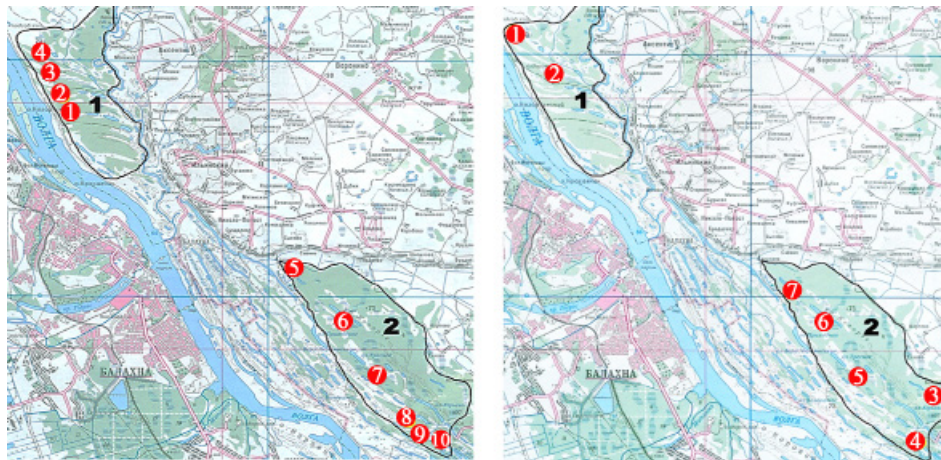
Территория ООПТ «Дубрава у г. Городца» расположена ниже плотины Горьковской ГЭС и находится в 6 км к юго-востоку от г. Городца на левом берегу реки Волги. ООПТ представлена двумя участками (рисунок), большая часть которых покрыта лесом.

С учетом вышеизложенного в весенне-летне-осенний период 2014–2015 гг. по заданию проектной организации ООО «Техтрансстрой» были проведены комплексные полевые исследования по оценке современного состояния и прогнозу функционирования животного мира и растительных сообществ ООПТ «Дубрава у города Городца».

### Фитоценозы

Географические координаты пунктов наблюдений (рисунок) определялись с помощью персонального GPS навигатора «eTrex HC series». Кроме того, на территории памятника природы «Дубрава у г. Городца» проведено рекогносцировочное обследование для обнаружения видов, занесенных в Красную книгу Нижегородской области и Красную книгу РФ. В работе использовались общепринятые методики исследований растительности [1–3].

Следует подчеркнуть, что в результате работы была впервые создана карта растительности зоны затопления Нижегородского низконапорного гидроузла в границах памятника природы «Дубрава у г. Городца», составленная на планово-картографической основе М 1:100 000 с учетом данных лесоустройства, фондовых материалов, топографических карт, представленных заказчиком картографических материалов, результатов полевых исследований и их камеральной обработки. Таким образом, составленная карта растительности отражает как динамические характеристики и смены растительных сообществ (производная растительность), так и коренные условия произрастания, т. е. коренные типы растительности.



Расположение пунктов наблюдений за объектами растительного (1–10) и животного (1–7) мира в пределах участков 1 и 2 ООПТ «Дубрава у г. Городца»

Памятник природы состоит из двух участков центральной левобережной поймы реки Волги в типичном для настоящего времени состоянии. Здесь представлена первичная (несколько измененная человеком) и вторичная раститель-



ность неморальной поймы, пойменные водоемы. Типичный пойменный ландшафт данного памятника природы обуславливает одновременное сочетание лесной, пойменно-луговой и прибрежно-водной типов растительности. Охраняемых видов растительного мира в зоне затопления на ООПТ «Дубрава у г. Городца» не выявлено.

Лесная растительность занимает три четверти территории. Среди них наиболее распространены пойменные дубравы. В лесах ООПТ в первом ярусе древостоя преобладает дуб (56 % от общей площади). Большое распространение имеют также черноольховые леса (24 %), что свидетельствует о значительной доли заболоченных земель.

По типам условий местопроизрастания (ТЛУ) лесных земель памятника природы «Дубрава у г. Городца» преобладают в основном дубравные типы (в % от общей площади): Д4 – 54 %, Д3-13 % и Д2 – 8 %. Это соответствует породному составу насаждений. Из других древесных пород встречаются липа, осина, береза, ива, ель, сосна, вяз гладкий. Наиболее возвышенные местообитания заняты дубняками снытьевыми. Их древостой сложен дубом с существенной примесью липы, а в напочвенном покрове доминируют сныть, медуница, осока волосистая, колокольчик крапиволистный, а также типичным комплексом неморальных эфемероидов. Временно подтопляемые участки дубрав заняты дубняками ландышевыми. В сложении их древостоя, кроме дуба, велика доля участия осины, вяза гладкого, березы повислой. Нелесная растительность представлена в основном типичными пойменными злаково-разнотравными лугами. Общее проективное покрытие травостоя составляет 70–90 %. Преобладают мезофиты – мятлик луговой, ежа сборная, овсяница луговая, земляника лесная, вейник наземный, василек луговой и др. Остальные виды (в основном луговые и сорные виды) представлены единично. В напочвенном покрове (кроме главного доминанта – ландыша) широко распространены типичные пойменные виды: тысячелистник-птармика, вербейник обыкновенный, а в лесных мочажинах – ольха, таволга, крапива двудомная, кочедыжник женский, страусник обыкновенный. Наиболее влажные местообитания заняты заболоченными черноольшанниками и ивняками, с доминированием в напочвенном покрове пойменного крупнотравья – таволги вязолистной, крапивы двудомной, страусника, кочедыжника женского, бодяков.

Луговая растительность (20 % от площади) представлена двумя основными пойменными типами двукисточниковыми и кострцовыми лугами. Распространенные в наиболее подтопляемых участках поймы двукисточниковые луга слагают двукисточник тростниковидный, василистник малый, лабазник вязолистный, осока острая, осока пузырчатая. В кострцовых лугах доминируют кострец безостый, пырей ползучий, мятлик луговой, лисохвост луговой, пижма обыкновенная, тысячелистник хрящеватый.

Неотъемлемой частью пойменных ландшафтов являются старичные озера (занимают 5 % от площади памятника природы). В прибрежной части таких озер преобладают заросли рогоза, осоки острой, камыша лесного, изредка встречается ирис ложноаировидный. Среди водных фитоценозов этих озер преобладают группировки с доминированием элодеи канадской, кубышки желтой, рясок.

В прогнозе функционирования памятника природы «Дубрава у г. Городца» важную роль играют размеры площади подтопления. В соответствии с проектом в зоне подтопления окажется около 114 га территории природного парка, что составляет 2,3 %. Кроме того, 128 га (2,6 %) территории памятника природы будут затронуты береговой переработкой. При подтоплении территории сократятся пло-



щади пойменных дубняков ландышевых, которые в настоящее время исчезают по всей волжской пойме. Сохранение этого типа лесной растительности имеет важное значение для сохранения пойменных экосистем в целом. Место дубняков ландышевых (богатых во флористическом отношении) будет занято, по-видимому, маловидовыми заболоченными черноольшанниками и ивняками. Кроме того, сократятся площади многовидовых гигромезофитных луговых сообществ, на смену которым придут двукисточниковые луга (с более бедным видовым составом). Вместе с тем следует учесть, что эти изменения будут происходить не одновременно, а растянутся на десятилетия, о чем свидетельствуют материалы геофилтрационного моделирования подъема грунтовых вод, выполненное ОАО «ИЦЭ Поволжья». Следовательно, замещение дубняков ольшаниками и ивняками будет происходить постепенно, без явного ускорения под влиянием подъема уровня грунтовых вод.

Таким образом, строительство ННПГ и сезонный подъем уровня воды в создаваемом водохранилище до отметки 68,0 м (с учетом относительно небольшой площади подтопляемых территорий памятника природы) не окажет существенного негативного влияния на экосистему ООПТ «Дубрава у г. Городца» и совместно с мониторинговыми геоботаническими исследованиями и проведением в случае необходимости биотехническими мероприятиями является допустимым воздействием на окружающую среду.

#### Зооценозы

Географические координаты пунктов наблюдений за состоянием объектов животного мира (рис. 1) определялись с помощью персонального GPS навигатора «eTrex HC series». Кроме того, по территории памятника природы «Дубрава у г. Городца» проведено рекогносцировочное обследование на предмет обнаружения редких видов и видов, занесенных в Красную книгу Нижегородской области

В работе использовались общепринятые методики сбора и обработки полевого материала [4–6]. Количественные показатели собранного материала представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Количественные показатели материала по объектам животного мира на ООПТ «Дубрава у г. Городца» (Городецкий район, Нижегородская область) в 2014 году**

Систематические группы	Количество пунктов наблюдений	Протяженность маршрутов	Количество пробных площадок	Отработано ловушко/суток	Отмечено или отловлено особей
Класс земноводные	7	21	-	-	181
Класс Пресмыкающиеся	7	21	-	-	66
Класс Птицы	7	35	-	-	322
Класс Млекопитающие	7	-	28	2800	210
Наземные насекомые	7	14	14	140	346
Микроартроподы	7	-	210	-	2441
Всего	7	91	252	1100	3566

При проведении комплексного экологического обследования территории



памятника природы «Дубрава у г. Городца» выявлен ряд видов, занесенных в Красную книгу Нижегородской области (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Виды, занесенные в Красную книгу Нижегородской области  
на территории ООПТ «Дубрава у г. Городца»**

Система	Статус	Мера охраны
<i>Vipera berus</i> – обыкновенная гадюка	ВЗ	Соблюдение мер запрета уничтожения вида до применения штрафных санкций
<i>Ardea cinerea</i> – цапля серая	ДЗ	Организация ООПТ и запрет рубок леса с сохранением ключевых местообитаний
<i>Sterna albifrons</i> – крачка малая	Б	Сохранение ключевых местообитаний и организация ООПТ
<i>Sterna hirundo</i> – крачка речная	З	Сохранение ключевых местообитаний и организация ООПТ
<i>Meloe proscarabaeus</i> – майка черная	Д	Виды, нуждающиеся в особом контроле за их состоянием в природной среде
<i>Papilio machaon</i> – махаон	ВЗ	Виды, нуждающиеся в особом контроле за их состоянием в природной среде
<i>Parnassius Apollo</i> – аполлон	В2	Виды, нуждающиеся в особом контроле за их состоянием в природной среде

К настоящему времени на территории памятника природы «Дубрава у г. Городца» сформировалась достаточно устойчивая система сообществ беспозвоночных и позвоночных животных. В ней широко представлены и хорошо адаптированы друг к другу различные комплексы объектов животного мира. При возведении низконапорной плотины в районе пос. Большое Козино гидрологический режим водохранилища между Н. Новгородом и Городцом несколько изменится. Однако каких-либо катастрофических последствий для существования сообществ животных на территории памятника природы не предполагается. Учитывая, что ООПТ «Дубрава у г. Городца» находится на высоком левобережье Волги, по расчетам гидрологов не произойдет затопления памятника природы.

В западной части участка 2 памятника природы достаточно близко подходит граница зоны подтопления. Это может привести к негативным последствиям сообществ микроартропод, которые реагируют на изменения гидрологического режима. Эта многочисленная и широко распространенная группа животных с большим количеством особей и видов, включая редких, представлена панцирными клещами и коллемболами. Большая часть территории памятника природы не будет подвергнута затоплению и подтоплению, поэтому для рассматриваемой группы животных выраженных отрицательных последствий, при возведении низконапорной плотины, не предполагается.





Что касается сообществ наземных насекомых, способных к активному передвижению, то в случае строительства низконапорного гидроузла, негативное воздействие будет выражено еще в меньшей степени, чем для микроартропод.

Практически не будет никаких негативных последствий для сообществ земноводных, представленных на территории памятника природы, которые неразрывно связаны с водной средой обитания. На территории памятника природы абсолютно преобладали представители рода *Rana*, остальные земноводные встречались на территории памятника природы единично.

Сходная картина будет наблюдаться и для сообществ, пресмыкающихся. В составе этого класса в пределах памятника природы отмечены 6 видов. Из них к редким относятся обыкновенная медянка, которая занесена в Красную книгу Нижегородской области категории В1 (Красная книга Нижегородской области, 2003), а также обыкновенная гадюка, внесенная в Красную книгу Нижегородской области категории В3.

Практически не затронет строительство Нижегородского низконапорного гидроузла сообщество птиц, для которых характерна высокая степень подвижности. Незначительное подтопление участка 2 памятника природы не окажет негативных последствий для этой группы животных. В составе этого класса отмечены представители 12 отрядов.

В составе мелких млекопитающих отмечено 13 видов, относящихся к отрядам грызунов и насекомоядных. Доминировали представители отряда грызунов как по количеству особей (83,8 %), так и по видовому составу (61,5 %).

Большой практический интерес представляют охотничье-промысловые животные, достаточно широко представленные на территории памятника природы. Учитывая «кормность» пойменных угодий для этой группы животных, многие из них сконцентрированы именно на этих территориях. Для целого ряда охотничье-промысловых видов (лось, кабан, лисица и др.) характерны кормовые миграционные процессы. Поэтому при незначительных изменениях гидрологического режима на территории памятника природы, они могут перейти в другие местообитания. Таким образом, незначительные изменения природной обстановки при строительстве низконапорного гидроузла на территории памятника природы «Дубрава у г. Городца» не окажут выраженных негативных последствий для сообществ беспозвоночных и позвоночных животных.

Для минимизации негативного воздействия ННПГ на объекты животного мира целесообразно предусмотреть организацию особо защитных участков в местах высокой численности насекомых, с акцентом на редкие виды и виды, занесенные в Красную книгу Нижегородской области (аполлон, махаон, майка черная и др.), как это успешно сделано на примере Пустынского и Тумботинского заказников. Следует предусмотреть биотехнические мероприятия по поддержанию численности охотничье-промысловых животных, стоимость которых оценивается в 1 млн руб/год.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 15-44-02219\_поволжье\_а).*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аверкиев, Д. С. Определитель растений Горьковской области / Д. С. Аверкиев, В. Д. Аверкиев. – Горький : Волго-Вят. кн. изд-во, 1985. – 320 с.
2. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – Москва : Лесная пром-сть, 1981. – 552 с.



3. Макунина, Г. С. Методика полевых физико-географических исследований. Структура и динамика ландшафта / Г. С. Макунина. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 115 с.
4. Амфибии и рептилии Нижегородской области : материалы к кадастру / М. В. Пестов, Е. И. Маннапова, В. А. Ушаков [и др.]. – Нижний Новгород : [б. и.], 2011. – 178 с.
5. Гаранин, В. И. Методы изучения амфибий в заповедниках / В. И. Гаранин, И. М. Панченко // Амфибии и рептилии заповедных территорий : сб. науч. тр. / ЦНИЛ Главохоты РСФСР. – Москва, 1987. – С. 8–25.
6. Дмитриев, А. И. Млекопитающие Нижегородской области (прошлое и настоящее) / А. И. Дмитриев, Ж. А. Заморева, Д. М. Кривоногов. – Нижний Новгород : [б. и.], 2008. – 467 с.

**GELASHVILI David Beganovich<sup>1</sup>, doctor of biological sciences, professor, holder of the chair of ecology; DMITRIEV Aleksandr Ivanovich<sup>2</sup>, doctor of biological sciences, professor, holder of the chair of biology, chemistry and biological-chemical education; SIDORENKO Mikhail Vladimirovich<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, associate professor of the chair of ecology; BEZRUKOV Mikhail Evgenevich<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, head of the laboratory of theoretical and applied ecology; NIZHEGORODTSEV Aleksandr Aleksandrovich<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, senior teacher of the chair of ecology; MARKELOV Ivan Nikolaevich<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, assistant of the chair of ecology**

**CURRENT STATE AND FORECAST OF PHYTO- AND ZOOCENOSES  
FUNCTIONING OF THE SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREA  
«DUBRAVA U GORODA GORODTSA» DURING CONSTRUCTION OF A  
NIZHNY NOVGOROD LOW-HEAD HYDROUNIT AND CREATED BY IT  
RESERVOIR ON THE VOLGA RIVER**

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

23, Gagarina St., bldg. 1, Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 462-32-22;  
e-mail: ecology@bio.unn.ru

<sup>2</sup>Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University.

7, Minin Sqr., bldg. 2, Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 439-14-14;  
e-mail: dmitriev-50@mail.ru

*Key words:* low-head hydrounit, specially protected natural area «Dubrava u goroda Gorodtsa».

*The article provides analysis of current status and forecast of phyto- and zoocenoses functioning of the specially protected natural area «Dubrava u goroda Gorodtsa», which will be affected by the construction and subsequent operation of a low-head hydrounit on the Volga river near the village of Bolshoe Kozino.*

REFERENCES

1. Averkiev D. S., Averkiev V. D. Opredelitel rasteniy Gorkovskoy oblasti [The identifier of Gorky region plants]. Gorky: Volgo-Vyatskoe knizhnoe izdatelstvo, 1985. 320 p.
2. Anuchin N. P. Lesnaya taksatsiya. [Forest inventory]. Moscow, 1981. 552 p.
3. Makunina G. S. Metodika polevykh fiziko-geograficheskikh issledovaniy. Struktura i dinamika landshafta [Methods of field physical and geographical research. Structure and dynamics of the landscape]. Moscow: Izdatelstvo Moskovskogo universiteta, 1987. 115 p.
4. Амфибии и рептилии Нижегородской области (материалы к кадастру) [Amphibians and reptiles of the Nizhny Novgorod region (materials for inventory)] Nizhny Novgorod, 2011. 178 p.





5. Garanin V. I., Panchenko I. M. Metody izucheniya amfibiy v zapovednikakh [Methods of studying amphibians in nature reserves] // Amfibii i reptilii zapovednykh territoriy [Amphibians and reptiles of protected areas]: Sbornik nauchnykh trudov [Collection of scientific articles]. TsNIL Glavokhoty RSFSR. Moscow, 1987. P. 8-25.

6. Dmitriev A. I., Zamoreva Zh.A., Krivonogov D. M. Mlekopitayushchie Nizhegorodskoy oblasti (proshloe i nastoyashee) [Mammals of the Nizhny Novgorod region (past and present)]. Nizhny Novgorod, 2008. 467 p.

© Д. Б. Гелашвили, А. И. Дмитриев, М. В. Сидоренко, М. Е. Безруков, А. А. Нижегородцев, И. Н. Маркелов, 2016

Получено: 16.01.2016 г.

УДК 574.58+627.8(282.247.414.5)

А. Г. ОХАПКИН, д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой ботаники и зоологии; Г. В. ШУРГАНОВА, д-р биол. наук, проф. кафедры экологии; Д. А. ПУХНАРЕВИЧ, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отдела охраны окружающей среды; И. А. КУДРИН, аспирант кафедры экологии; М. Ю. ИЛЬИН, аспирант кафедры экологии; О. О. БОНДАРЕВ, аспирант кафедры ботаники и зоологии; Е. Л. ВОДЕНЕЕВА, канд. биол. наук, доц. кафедры ботаники и зоологии

## О СОВРЕМЕННОМ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ЗОНЫ РЕЧНОЙ ГИДРАВЛИКИ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

ФГАОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» Россия, 603950, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, д. 23. Тел.: (831) 462-32-22; эл. почта: ecology@bio.unn.ru.

*Ключевые слова:* низконапорный гидроузел, Чебоксарское водохранилище, зоопланктон, фитопланктон, бентос.

---

*На основе характеристики состава и количественного развития сообществ планктона и зообентоса в период летней межени 2015 г. дана оценка современного экологического состояния участка Чебоксарского водохранилища от плотины Горьковского водохранилища до устья р. Оки. Показано отсутствие крупных структурных преобразований исследованных водных сообществ в конце XX – начале XXI вв., дан краткий прогноз динамики гидробиологических показателей этого района Чебоксарского водохранилища в связи с планируемым строительством Нижегородского низконапорного гидроузла.*

---

### Введение

Чебоксарское водохранилище, создание которого было начато в конце 1980 г., уже более 30 лет существует в режиме промежуточного наполнения (63 м БС). По конфигурации оно относится к водохранилищам пойменного типа, по морфометрическим характеристикам (объему и площади водного зеркала) – к руслово-озерным, по глубине – к мелководным водоемам. Трофический статус водохранилища по содержанию хлорофилла и биомассе фитопланктона является устойчиво эвтрофным [1, 2].

В конце XX – начале XXI вв. основное внимание исследователей было уделено изучению зоопланктона [3–6]. На основе выработанного авторами подхода [7–9] выделены сообщества зоопланктона, определено их расположение, дина-

мика границ, оценена скорость и направление перестроек видовой структуры на разных участках водоема в период его формирования и функционирования [5, 10–14]. Публикации, содержащие информацию о зоопланктоне верхнего речного участка Чебоксарского водохранилища от плотины Горьковской ГЭС до устья р. Оки, единичны [15].

Работы, касающиеся изменения состава, количественных показателей и различных компонентов структуры фитопланктона после выхода монографии А. Г. Охапкина [16] по динамике фитопланктона р. Волги от Городца до Чебоксар за период с 1969 по 1990 гг. немногочисленны [17–20]. Публикации, касающиеся зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища, единичны [21].

Исследования зообентоса Чебоксарского водохранилища в 1990-х – 2000-х годах не носили систематического характера. Подробные бентосные съемки были выполнены сотрудниками Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН [22–23]. Данные по зообентосу, относящиеся к 1990-м годам, обобщены Г. А. Лазаревой [24]. Результаты отдельных съемок бентоса, проведенных на акватории Чебоксарского водохранилища, опубликованы сотрудниками Нижегородского государственного университета [17, 25].

После принятия правительством РФ решения о консервации уровня наполнения Чебоксарского водохранилища на отметке 63 м БС актуализировался вопрос о диагностике экологического состояния наземных и водных экосистем, попадающих в зону воздействия планируемого к строительству Низконапорного гидроузла (ННПГ) и создаваемого им водохранилища. Задача ННПГ – создание нормальных судоходных условий с гарантированной глубиной 4,0 м на проблемном участке р. Волги от Городецкого гидроузла до г. Нижнего Новгорода.

Цель работы: характеристика современного гидроэкологического состояния зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища и прогноз динамики гидробиологических показателей после строительства ННПГ.

#### Материалы и методы исследований

Пробы фитопланктона, зоопланктона и зообентоса были отобраны на 12 станциях, расположенных в зоне речной гидравлики Чебоксарского водохранилища в июле 2015 г. На изученной акватории было заложено 6 створов (ниже г. Городца, выше г. Правдинска, выше и ниже г. Балахны и н.п. Б. Козино), на каждом створе установлено по 2 станции у правого и левого берега р. Волги (рисунк).



Схема точек отбора гидробиологических проб на акватории речного участка Чебоксарского водохранилища в июле 2015 г.

Отбор проб фитопланктона и их обработка осуществлялись стандартными альгологическими методами [16, 26]. Отбор проб зоопланктона осуществлялся сетью Джели путем тотальных ловов от дна до поверхности. Обработка материала проводилась общепринятым счетно-весовым методом [27].

Сбор зообентоса проводили дночерпателем системы Экмана-Берджа ( $1/40 \text{ м}^2$ ). Численность организмов определяли методом прямого счета. Для расчета биомассы животных взвешивали на электронных весах AND HL-100. Полученные данные были пересчитаны на  $1 \text{ м}^2$  поверхности грунта [28–29].

### Результаты и их обсуждение

В составе фитопланктона изученного участка водохранилища обнаружено 112 видов и внутривидовых таксонов водорослей, из них зеленых – 49 таксонов (34,7 % состава), диатомовых – 35 (31,3 %), синезеленых – 15 (13,4 %). Разнообразие видов остальных отделов менее значительно (золотистых, криптофитовых и эвгленовых – по 3; динофитовых и желтозеленых – по 2). Преобладали истинные и факультативно-планктонные формы. Основу перечня видов, как и в прежние годы, формировали представители пресных, нейтрально-олигощелочных вод средней или повышенной минерализации и  $\beta$ -мезосапробной степени самоочищения. Состав доминирующих видов водорослей был небогат и представлен лимнофильными широко распространенными в водохранилищах волжского каскада цианопрокариотами (*Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs ex Born. et Flah., *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz.) и диатомеями (*Aulacoseira granulata* (Erh.) Sim., *A. ambigua* (Grun.) Sim.). Средние для участка численность и биомасса фитопланктона были свойственны водоемам эвтрофного типа ( $59,1 \pm 9,0$  млн кл./л,  $4,62 \pm 0,56 \text{ г/м}^3$ ).

В составе зоопланктона было идентифицировано 45 видов, в том числе: коловраток (Rotifera) – 24; ветвистоусых (Cladocera) – 11; веслоногих ракообразных (Copepoda) – 10. Как и в прошлые годы, зоопланктон этого участка водохранилища представлял собой обедненный, в том числе и по числу видов зоопланктон приплотинной части Горьковского водохранилища. Компонентами зоопланктона всей акватории зоны речной гидравлики, доминирующими по численности, являлись: *Euchlanis dilatata* (Ehrenberg, 1832), копепоидитные и науплиальные стадии Copepoda, *Daphnia galeata* (Sars, 1864), *Keratella cohlearis* (Gosse, 1851), *Polyarthra major* (Burckhardt, 1900). По биомассе значительно преобладал ветвистоусый рачок *Daphnia galeata* (Sars, 1864). Большинство видов планктонных животных являются типичными представителями озерного лимнофильного планктона и широко распространены в водоемах и водотоках Европейской части России [30]. Средние численность и биомасса зоопланктона на исследуемом участке водохранилища составили  $42,19 \pm 6,26$  тыс. экз./м<sup>3</sup> и  $1,42 \pm 0,37 \text{ г/м}^3$  соответственно. Доминирующей группой по численности зоопланктона являлись коловратки.

В составе бентосных сообществ обнаружен 31 вид животных, большинство из которых (23) относится к гетеротопным, преимущественно к хирономидам (17). Среди гетеротопов также были отмечены реофильные ручейники *Hydropsyche ornatula* McLachlan и представители рода *Oecetis*, мокрецы *Problezzia seminigra* (Panzer) и *Bezzia* sp., личинка мухи *Hydromyia dorsalis* (Fabricius). В составе зообентоса также найдены 5 видов малощетинковых червей (класс Oligochaeta), пиявки (класс Hirudinea) *Erpobdella octoculata* (Linnaeus), представители ракообразных (класс Crustacea). Перечисленные виды являются обычными и широко распространенными в настоящее время в водных объектах умеренной зоны. Среднее



значение общей численности зообентоса в зоне речной гидравлики составляло  $563 \pm 245$  экз./м<sup>2</sup>, биомассы –  $0,90 \pm 0,27$  г/м<sup>2</sup>. Доминировали как по численности, так и по биомассе представители семейства Chironomidae.

В пределах зоны речной гидравлики распределение количественных показателей развития фито- и зоопланктона было неравномерным. Качественный состав зообентоса, его численность и биомасса носили мозаичный характер. Основные характеристики зообентосных сообществ в сравнении с их состоянием в конце XX – начале XXI вв. сильно не изменились. По течению р. Волги от плотины Горьковской ГЭС была отмечена тенденция возрастания численности биомассы донных сообществ с их преобладанием в районе правобережья.

При планируемом подъеме уровня воды при эксплуатации Нижегородского низконапорного гидроузла на данном участке р. Волги снизится водообмен и скорость течения воды. Повышение уровня воды на любом участке водохранилища вновь запустит механизмы аллогенной сукцессии фитопланктона, связанной с изменением гидрологии водоема и затоплением площадей суши.

Планируемое создание низконапорной плотины в районе н.п. Б. Козино ухудшит экологическое состояние Чебоксарского водохранилища ниже плотины. Результаты настоящей съемки показывают, что в условиях малой водности (июль) имеющийся гидрологический режим этого участка уже не способен сдерживать процессы «цветения» воды. Так, средняя по створам численность фитопланктона от плотины Горьковского водохранилища до н.п. Б. Козино выросла в 2,4 раза, биомасса – в 1,3–1,6 раз, в левобережном потоке показатели роста интенсивности развития водорослей вниз по течению много выше. В этих условиях любые манипуляции с гидрологическим режимом, приводящие к формированию застоя воды, будут факторами, благоприятствующими развитию интенсивного «цветения» воды со всеми вытекающими из этого последствиями. Кроме того, возрастет угроза ухудшения токсикологической ситуации, поскольку многие виды синезеленых выделяют токсины разной природы в воду. Поскольку утвержденных нормативов содержания цианотоксинов в природной и водопроводной воде в России не существует, непредсказуемость ситуации в этой области экологических рисков может привести к серьезным последствиям. Поступающие водные массы из вновь созданного водоема в период летней межени будут поставлять в речной район водохранилища у г. Н. Новгорода воду с повышенной концентрацией цианопрокаринтов, что сильно ухудшит экологическую ситуацию ниже впадения р. Оки, и без того уже характеризующую как неудовлетворительную.

Сообщества зоопланктона, населяющие толщу воды, быстро реагируют на все изменения гидрологического режима. Планируемое замедление скоростей течения снизит способность водоема к самоочищению и повысит вероятность вторичного загрязнения, что может привести к сокращению численности зоопланктона на этом участке водохранилища при существующем уровне антропогенной нагрузки на него. Подъем уровня воды на незарегулированном участке р. Волги «Б. Козино–Городец» вызовет перестройку сообществ зоопланктона. Развитие зоопланктона будет лимитироваться токсическим действием загрязнителей (Балахнинский бумкомбинат) и интенсивным развитием синезеленых водорослей. После подъема уровня воды зоопланктон останется лимнофильным с усилением черт лимнофильности в водохранилище ННПГ. Однако имеющееся в настоящее время существенное антропогенное загрязнение этого района, в частности механическое загрязнение отходами целлюлозно-бумажной промышленности, усугубится значительным смывом в водохранилище токсических и органи-



ческих загрязнителей с затопленных территорий, что приведет к ухудшению способности зоопланктона к самоочищению водоема и ухудшению качества воды.

Прогнозируемый рост процессов эрозии берегов, усиление седиментации наносов из толщи воды в бенталь и заиление речного дна приведет к образованию пелофильных биоценозов, в которых будут преобладать хирономиды, моллюски. На этом участке возможно расселение высших ракообразных, среди которых будут преобладать представители инвазивных видов бокоплавов и корофид. Численность и биомасса зообентоса возрастут. Ниже города Балахны будет наблюдаться затопление земель левобережья. Отрицательное влияние на развитие донной фауны будут оказывать стоки промышленных зон, находящихся на этом участке.

Таким образом, планируемое строительство низконапорной плотины у н.п. Б. Козино приведет к ухудшению экологической ситуации на акватории зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища. Необходимо проведение тщательных и подробных комплексных гидробиологических, микробиологических, гидрохимических и гидрофизических исследований этого района водохранилища с целью оптимизации мониторинга экологического состояния и его динамики в условиях потепления климата, усиления инвазионных процессов и антропогенного пресса.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 15-44-02219 \_поволжье\_a).*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минеева, Н. М. Растительные пигменты в воде волжских водохранилищ / Н. М. Минеева. – Москва : Наука, 2004. – 156 с.
2. Корнева, Л. Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги / Л. Г. Корнева. – Кострома : Костром. печат. дом, 2015. – 284 с.
3. Шурганова, Г. В. Статистическая оценка факторов, определяющих динамику биомассы зоопланктона Чебоксарского водохранилища в промежуточный период заполнения / Г. В. Шурганова, А. А. Черников // Моделирование динамики популяций : межвуз. сб. / Горьк. гос. ун-т. – Горький, 1989. – С. 7–11.
4. Кузнецова, М. А. Анализ процесса трансформации зоопланктоценозов при регулировании стока с помощью показателей видового разнообразия / М. А. Кузнецова, Г. В. Шурганова, А. А. Черников // Экология. – 1991. – № 4. – С. 68–72.
5. Шурганова, Г. В. Динамика видовой структуры зоопланктоценозов в процессе их формирования и развития (на примере водохранилищ Средней Волги: Горьковского и Чебоксарского) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Г. В. Шурганова. – Нижний Новгород, 2007. – 48 с.
6. Шурганова, Г. В. Гидрохимический режим и современное состояние сообществ зоопланктона Горьковского и Чебоксарского водохранилищ / Г. В. Шурганова, М. Ю. Кочеткова // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер. «Биология». – 2006. – Вып. 1 (11). – С. 63–68.
7. Шурганова, Г. В. Динамика пространственного распределения основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища / Г. В. Шурганова, В. В. Черепенников, Е. В. Артельный // Поволжский экологический журнал. – 2003. – № 3. – С. 297–304.
8. Шурганова, Г. В. Динамика численности дискриминантных видов основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища / Г. В. Шурганова, В. В. Черепенников, Е. В. Артельный // Поволжский экологический журнал. – 2004. – № 2. – С. 200–209.
9. Исследование различий видовой структуры основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища методом многомерного анализа / В. В. Черепенников, Г. В. Шурганова, Д. Б. Гелашвили, Е. В. Артельный // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2004. – Т. 6. – №2 (12). – С. 328–333.



10. Многолетняя динамика некоторых показателей трофической структуры зоопланктонных сообществ Чебоксарского водохранилища / Г. В. Шурганова, В. В. Черепенников, Е. И. Мельникова, Е. В. Артельный // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер. «Биология». – 2004. – Вып. 3 (5). – С. 97–102.
11. Характеристика современного состояния видовой структуры и пространственного размещения сообществ зоопланктона Чебоксарского водохранилища / Г. В. Шурганова, В. В. Черепенников, И. А. Кудрин, М. Ю. Ильин // Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 3. – С. 417–421.
12. Шурганова, Г. В. Формирование и развитие зоопланктонных сообществ водохранилищ Средней Волги / Г. В. Шурганова, В. В. Черепенников // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2006. – Т. 8. – № 1. – С. 241–247.
13. Шурганова, Г. В. Динамика видовой структуры зоопланктоценозов двух волжских водохранилищ в процессе их формирования и развития / Г. В. Шурганова, В. В. Черепенников // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. «Биология». – 2010. – № 3. – С. 267–277.
14. Шурганова, Г. В. Биоиндикационная характеристика качества воды Чебоксарского водохранилища (по данным 2011 года) / Г. В. Шурганова, М. Ю. Ильин, И. А. Кудрин // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2014. – №2(1). – С. 106–111.
15. Шурганова, Г. В. Изменение некоторых характеристик видовой структуры зоопланктоценозов речного участка Чебоксарского водохранилища в ходе экзогенной сукцессии / Г. В. Шурганова, Л. И. Ахметов // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер. «Биология». – 2001. – Вып. 1(2). – С. 103–108.
16. Охапкин, А. Г. Фитопланктон Чебоксарского водохранилища / А. Г. Охапкин. – Тольятти, 1994. – 275 с.
17. Современное состояние и прогноз функционирования гидробиоценозов Чебоксарского водохранилища при изменении его уровня / Д. Б. Гелашвили, А. Г. Охапкин, Г. В. Шурганова, Д. А. Пухнаревич, А. А. Кравченко, Л. А. Солнцев, М. Е. Безруков // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2012. – Т. 50, № 2. – С. 16–29.
18. Структура и динамика фитопланктона Чебоксарского водохранилища / А. Г. Охапкин, Е. Л. Воденеева, О. О. Бондарев, Е. М. Шарагина // Бассейн Волги в XXI веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ : сб. материалов докл. участников Всерос. конф. / Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН (Борок, 22–26 окт. 2012 г.). – Ижевск, 2012. – С. 211–214.
19. Охапкин, А. Г. О развитии синезеленых водорослей в Чебоксарском водохранилище на современном этапе его существования / А. Г. Охапкин, Е. Л. Воденеева, О. О. Бондарев // Проблемы Чебоксарского водохранилища : тез. докл. науч. конф., 4–5 апреля 2013 г. – Нижний Новгород, 2013. – С. 25–26.
20. Охапкин, А. Г. Фитопланктон Чебоксарского водохранилища на современном этапе его существования / А. Г. Охапкин, Е. М. Шарагина, О. О. Бондарев // Поволжский экологический журнал. – 2013. – № 2. – С. 190–199.
21. Охапкин, А. Г. Современное состояние фитопланктона верхнего речного участка Чебоксарского водохранилища / А. Г. Охапкин, Е. П. Чигирева // X съезд Гидробиологического общества при РАН : тез. докл. (Владивосток, 28 сент.–2 окт. 2009 г.) / отв. ред. А. Ф. Алимов, А. В. Адрианов. – Владивосток, 2009. – С. 301.
22. Баканов, А. И. Бентос Чебоксарского водохранилища: таксономический состав и обилие / А. И. Баканов // Биология внутренних вод. – 2005. – № 1. – С. 69–78.
23. Баканов, А. И. Бентос Чебоксарского водохранилища: современное состояние и пространственная структура / А. И. Баканов // Биология внутренних вод. – 2005. – № 4. С. 59–66.
24. Лазарева, Г. А. Изменения экологического состояния Горьковского и Чебоксарского водохранилищ по многолетним данным гидробиологического мониторинга / Г. А. Лазарева : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Москва, 2005. – 26 с.





25. Пухнарович, Д. А. Таксономический состав и структурные характеристики зообентоса Чебоксарского водохранилища / Д. А. Пухнарович, А. Ю. Есипенко // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2014. – № 4(1). – С. 233–240.
26. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / отв. ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовской. – Москва : Наука, 1975. – 239 с.
27. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. – Ленинград : ЗИН РАН : ГосНИОРХ, 1984. – 33 с.
28. Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. – Вып. 2. – 215 с.
29. Попченко, В. И. Мониторинг макрозообентоса / В. И. Попченко // Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – Санкт-Петербург, 1992. – С. 64–104.
30. Пидгайко, М. Л. Зоопланктон водоемов Европейской части СССР / М. Л. Пидгайко. – Москва : Наука, 1984. – 207 с.

**OKHAPKIN Aleksandr Gennad'evich, doctor of biological sciences, professor, holder of the chair of botany and zoology; SHURGANOVA Galina Vasil'evna, doctor of biological sciences, professor of the chair of ecology; PUKHNAREVICH Dmitriy Anatol'evich, candidate of biological sciences, senior researcher of the department of environment preservation; KUDRIN Ivan Aleksandrovich, post-graduate student of the chair of ecology; IL'IN Maksim Yur'evich, post-graduate student of the chair of ecology; BONDAREV Oleg Olegovich, post-graduate student of the chair of botany and zoology; VODENEEVA Ekaterina Leonidovna, candidate of biological sciences, associate professor of the chair of botany and zoology**

## **THE PRESENT HYDROECOLOGICAL STATE OF THE AREA OF FLUVIAL HYDRAULICS OF THE CHEBOKSARY RESERVOIR**

Lobachevsky Nizhny Novgorod State University  
23, Gagarin St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 462-32-22;  
e-mail: ecology@bio.unn.ru

*Key words:* low-head hydrounit, Cheboksary reservoir, zooplankton, phytoplankton, benthos.

---

*Based on the characteristics of plankton and zoobenthos communities' composition and quantitative development in the midsummer period 2015, the present ecological state of the area of the Cheboksary reservoir from the dam of the Gorky reservoir to the Oka river mouth is estimated. The absence of important changes in the structure of investigated water communities in late XX – early XXI century is shown, a brief forecast of dynamics of hydrobiological activities in this area of the Cheboksary reservoir caused by possible construction of a Nizhny Novgorod low-head hydrounit is given.*

---

## **REFERENCES**

1. Mineeva N. M. Rastitelnye pigmenty v vode volzhskikh vodokhranilishch [Plant pigments in the waters of Volga reservoirs]. Moscow: Nauka, 2004. 156 p.
2. Korneva L. G. Fitoplankton vodokhranilishch basseyna Volgi [Phytoplankton of reservoirs of Volga basin]. Kostroma: Kostromskoy pechatny dom, 2015. 284 p.
3. Shurganova G.V., Chernikov A.A. Statisticheskaya otsenka faktorov, opredelyayuschikh dinamiku biomassy zooplanktona Cheboksarskogo vodokhranilisha v promezhutochny period





zapolneniya [Statistical assessment of factors, which define dynamics of zooplankton biomass of the Cheboksary reservoir in an intermediate fill period] // *Modelirovanie dinamiki populyatsiy [Modelling population dynamics]*: Mezhev. sb., Gork. gos. un-t. Gorky, 1989. P. 7–11.

4. Kuznetsova M. A., Shurganova G. V., Chetnikov A. A. Analiz protsessa transformatsii zooplanktonosozov pri zaregulirovani stoka s pomosh'yu pokazateley vidovogo raznoobraziya // *Ekologiya [Ecology]*. 1991. № 4. P. 68–72.

5. Shurganova G. V. Dinamika vidovoy struktury zooplanktonosozov v protsesse ikh formirovaniya i razvitiya (na primere vodokhranilish Sredney Volgi: Gorkovskogo i Cheboksarskogo) [Dynamics of the species structure of zooplankton communities during their formation and development (on the example of the Middle Volga reservoirs: Gorky and Cheboksary)]. Avtoref. diss. d-ra biol. nauk. Nizhny Novgorod, 2007. 48 p.

6. Spurganova G. V., Kochetkova M. Yu. Gidrokhimicheskiy rezhim i sovremennoe sostoyanie soobshchestv zooplanktona Gorkovskogo i Cheboksarskogo vodokhranilish [The hydrochemical regime and present state of zooplankton communities of the Gorky and Cheboksary reservoirs] // *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo [Journal Lobachevsky Nizhny Novgorod State University]*. Seriya Biologiya. 2006. Vyp. 1 (11). P. 63–68.

7. Shurganova G. V., Cherepennikov V. V., Artelny E. V. Dinamika prostranstvennogo raspredeleniya osnovnykh zooplanktonosozov Cheboksarskogo vodokhranilisha [Dynamics of the spatial distribution of main zooplankton communities in Cheboksary reservoir] // *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal [Povolzhskiy Journal of Ecology]*. 2003. № 3. P. 297–304.

8. Shurganova G. V., Cherepennikov V. V., Artelny E. V. Dinamika chislennosti diskriminantnykh vidov osnovnykh zooplanktonosozov Cheboksarskogo vodokhranilisha [Dynamics of density of discriminant species of main zooplankton communities in Cheboksary reservoir] // *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal [Povolzhskiy Journal of Ecology]*. 2004. № 2. P. 200–209.

9. Cherepennikov V. V., Shurganova G. V., Gelashvili D. B., Artelny E. V. Issledovanie razlichiy vidovoy struktury osnovnykh zooplanktonosozov Cheboksarskogo vodokhranilisha metodom mnogomernogo analiza [Research of the differences of species structure of main zooplankton communities in Cheboksary reservoir] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk [Journal of Samara science centre of Russian Academy of Science]*. 2004. V. 6. № 2(12). P. 328–333.

10. Shurganova G. V., Cherepennikov V. V., Melnikova E. I., Artelny E. V. Mnogoletnyaya dinamika nekotorykh pokazateley troficheskoy struktury zooplanktonnykh soobshchestv Cheboksarskogo vodokhranilisha [Long-term dynamics of some indicators of the trophic structure of zooplankton communities in Cheboksary reservoir] // *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. Seriya Biologiya. [Journal of the Lobachevsky Nizhny Novgorod State University. Biology]*. 2004. Vyp. 3(5). P. 97–102.

11. Shurganova G. V., Cherepennikov V. V., Kudrin I. A., Il'in M. Yu. Kharakteristika sovremennoy sostoyaniya vidovoy struktury i prostranstvennogo razmescheniya soobshchestv zooplanktona Cheboksarskogo vodokhranilisha [Characteristics of the present state of species structure and spatial distribution of zooplankton communities in the Cheboksary reservoir] // *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal [Povolzhskiy Journal of Ecology]*. 2014. № 3. P. 417–421.

12. Shurganova G. V., Cherepennikov V. V. Formirovanie i razvitie zooplanktonnykh soobshchestv vodokhranilish Sredney Volgi [Formation and development of zooplankton communities in the Middle Volga reservoirs] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk [Journal of the Samara science centre of Russian Academy of Science]*. 2006. V. 8. № 1. P. 241–247.

13. Shurganova G. V., Cherepennikov V. V. Dinamika vidovoy struktury zooplanktonosozov dvukh volzhskikh vodokhranilish v protsesse ikh formirovaniya i razvitiya [Dynamics of species structure of zooplankton communities of two Volga reservoirs in the process of their formation and development] // *Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. Biologiya. [Siberian Federal University journal]*. 2010. № 3. P. 267–277.

14. Shurganova G. V., Il'in M. Yu., Kudrin I. A. Bioindikatsionnaya kharakteristika kachestva vody Cheboksarskogo vodokhranilisha (po dannym 2011 goda) [Bioindicative water quality characteristics of the Cheboksary reservoir (according to 2011)] // Vestnik NNGU im. N. I. Lobachevskogo [Journal of the Lobachevsky Nizhny Novgorod State University]. 2014. № 2(1). P. 106–111.
15. Shurganova G. V., Akhmetov L. I. Izmenenie nekotorykh kharakteristik vidovoy struktury zooplanktonov rechnogo uchastka Cheboksarskogo vodokhranilisha v khode ekzogennoy suksessii [Changes of some characteristics in species structure of zooplankton communities of the fluvial part of the Cheboksary reservoir during exogenous succession] // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. Seriya Biologiya [Journal of the Lobachevsky Nizhny Novgorod State University. Biology]. 2001. Vyp. 1(2). P. 103–108.
16. Okhapkin A. G. Fitoplankton Cheboksarskogo vodokhranilisha [Phytoplankton of the Cheboksary reservoir]. Togliatti. 1994. 275 p.
17. Gelashvili D. B., Okhapkin A. G., Spurganova G. V., Pukhnarevich D. A., Kravchenko A. A., Solntsev L. A., Bezrukov M. E. Sovremennoe sostoyanie i prognoz funktsionirovaniya gidrobiotsenozov Cheboksarskogo vodokhranilisha pri izmenenii ego urovnya [Current status and forecast of operation of hydrobiocenoses of Cheboksary reservoir at the change of its level] // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie [Water treatment. Water purification. Water supply]. 2012. V. 50. № 2. P. 16–29.
18. Okhapkin A. G., Vodeneva E. L., Bondarev O. O., Sharagina E. M. Struktura i dinamika fitoplanktona Cheboksarskogo vodokhranilisha [Structure and dynamics of phytoplankton of the Cheboksary reservoir] // Basseyn Volgi v XXI veke: struktura i funktsionirovanie ekosistem vodokhranilish [Volga basin in the XXI century: structure and function of ecosystems of reservoirs] / Sbornik materialov dokladov uchastnikov Vseross. Konf. In-t biologii vnutr. vod im. I. D. Papanina RAN, Borok, 22–26 oktyabrya 2012 g. Izhevsk: Izdatel Permyakov S. A., 2012. P. 211–214.
19. Okhapkin A. G., Vodeneva E. L., Bondarev O. O. O razvitii sinezelyonykh vodorosley v Cheboksarskom vodokhranilische na sovremennom etape ego suschestvovaniya [The development of blue-green algae in the Cheboksary reservoir at the present stage of its existence] // Problemy Cheboksarskogo vodokhranilisha. [Problems of the Cheboksary reservoir]. Nauch. konf., 4–5 aprelya 2013 goda. Tez. dokl. Nizhny Novgorod. 2013. P. 25–26.
20. Okhapkin A. G., Sharagina E. M., Bondarev O. O. Fitoplankton Cheboksarskogo vodokhranilisha na sovremennom etape ego suschestvovaniya [Phytoplankton of the Cheboksary reservoir at the present stage of its existence] // Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal [Povolzhskiy Journal of Ecology]. 2013. № 2. P. 190–199.
21. Okhapkin A. G., Chigireva E. P. Sovremennoe sostoyanie fitoplanktona verkhnego rechnogo uchastka Cheboksarskogo vodokhranilisha [The current state of the phytoplankton of the river part of the Cheboksary reservoir] // X S'ezd Gidrobiologicheskogo obshchestva pri RAN [The 10th congress of the Hydrobiological Society of RAS]. Tez. dokl. (g. Vladivostok, 28 sentyabrya – 2 oktyabrya 2009 g.) / Otv. red. Alimov A. F., Adrianov A. V. Vladivostok. Dalnauka, 2009. P. 301.
22. Bakanov A. I. Bentos Cheboksarskogo vodokhranilisha: taksonomicheskii sostav i obilie [Benthos of the Cheboksary reservoir: taxonomic composition and abundance] // Biol. vnutr. vod [Inland water biology]. 2005. № 1. P. 69–78.
23. Bakanov A. I. Bentos Cheboksarskogo vodokhranilisha: sovremennoe sostoyanie i prostranstvennaya struktura [Benthos of the Cheboksary reservoir: current status and spatial structure] // Biologiya vnutrennikh vod [Inland water biology]. 2005. № 4. P. 59–66.
24. Lazareva G. A. Izmeneniya ekologicheskogo sostoyaniya Gorkovskogo i Cheboksarskogo vodokhranilish po mnogoletnim dannym gidrobiologicheskogo monitoringa [Changes in the ecological condition of the Gorky and Cheboksary reservoirs according to long-term data of hydrobiological monitoring]. Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. Moscow, 2005. 26 p.
25. Pukhnarevich D. A., Esipyonok A. Yu. Taksonomicheskij sostav i strukturnye kharakteristiki zoobentosa Cheboksarskogo vodokhranilisha [The taxonomic composition and structural characteristics of zoobenthos of the Cheboksary reservoir] // Vestnik Nizhegorodskogo



universiteta im. N. I. Lobachevskogo [Journal of the Lobachevsky Nizhny Novgorod State University]. 2014. № 4(1). P. 233–240.

26. Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoyomov [Methods of studying biogeocenosis of inland water bodies]. Moscow: Nauka, 1975. 239 p.

27. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoyomakh. Zooplankton i ego produktsiya [Guidelines for the collection and processing of materials in hydrobiological studies in freshwater bodies. Zooplankton and its products.]. Leningrad, 1984. 33 p.

28. Metody bioindikatsii i biotestirovaniya prirodnykh vod [Methods of bioindication and biological testing of natural waters]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989. Vyp. 2. 215 p.

29. Popchenko V. I. Monitoring makrozoobentosa [Monitoring of macrozoobenthos] // Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem [Guide for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. St. Petersburg, 1992. P. 64–104.

30. Pidgayko M. L. Zooplankton vodoyomov Evropeyskoy chasti SSSR [Zooplankton waters of the European part of the USSR]. Moscow: Nauka, 1984. 207 p.

© А. Г. Охупкин, Г. В. Шурганова, Д. А. Пухнарович, И. А. Кудрин,  
М. Ю. Ильин, О. О. Бондарев, Е. Л. Воденеева, 2016

Получено: 16.01.2016 г.

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

---

УДК 72.03(574.11)

Е. В. ПОНОМАРЕНКО, д-р арх., проф. кафедры реконструкции и реставрации

## ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ ГОРОДОВ-ЗАВОДОВ ЮЖНОГО УРАЛА В XVIII – НАЧАЛЕ XX ВЕКА

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194. Тел./факс: (846) 340-02-39;  
эл. почта: evron@mail.ru

*Ключевые слова:* появление городов-заводов; застройка поселений; использование металла в конструкции и оформлении фасадов зданий.

---

*Статья посвящена особенностям использования продукции металлургических заводов в застройке поселений. Проведен анализ возникновения и характера застройки городов-заводов на Южном Урале. На основе натурных обследований, воспоминаний очевидцев и архивных изысканий рассмотрены характерные примеры использования металла в конструкциях и декоративном убранстве особняков заводоладельцев, церквей и жилых домов XVIII – начала XX веков. Исследована возможность сохранения этой традиции в современном частном строительстве региона.*

---

Группа городов, сформировавшихся на основе горных заводов на Южном Урале, достаточно многочисленна. Эти города имеют ярко выраженные особенности в планировке и застройке, отличающие их от других типов поселений. Возникновение первых городов-заводов на Южном Урале относится к середине XVIII века, что на несколько десятилетий позже аналогичного процесса на Среднем Урале.

В этот период наблюдается рост экономического развития и политического влияния Российского государства. В конце 40-х годов XVIII века повысился спрос на железо из-за его экспорта и военных нужд. Государству была необходима медь для чеканки монеты. Во второй половине XVIII века черная металлургия продолжала активно развиваться, чему способствовало усиление внутреннего спроса (турецкие войны) и огромный иностранный спрос на железо. Наличие полезных ископаемых привело к многочисленному строительству городов-заводов на территории Южного Урала.

Горнозаводское строительство в регионе связано с появлением симбирских купцов И. Б. Твердышева и И. С. Мясникова. Это были менее богатые купцы, чем Демидовы и Строгановы, строившие заводы на Среднем Урале.

Выбор места для города-завода определяется наличием руды, леса и водной энергии. Требовалась такая площадка, где небольшая речка, пригодная для строительства плотины, впадала в более крупную, используемую как транспортную артерию. Планировка городов-заводов Южного Урала повторяла принципы, ранее сформировавшиеся на Среднем Урале. Автор термина «город-завод» Н. С. Алферов отмечает, что к концу первой четверти XVIII столетия, т. е. за каких-нибудь два десятилетия, сложились и осуществились с большим для своего времени размахом принципы планировки заводских площадок, на которых размещались десятки производственных зданий различного назначения [1, с. 15].



**К СТАТЬЕ Е. В. ПОНОМАРЕНКО  
«ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ ГОРОДОВ-ЗАВОДОВ ЮЖНОГО  
УРАЛА В XVIII – НАЧАЛЕ XX ВЕКА»**



*а*



*б*



*в*



*г*

Рис. 1. Использование металла в декоре жилых зданий: *а* – ворота усадьбы Демидова; *б* – особняк Белосельских-Белозерских в Катав-Ивановске; *в* – особняк Рамеева в Верхнеуральске; *г* – жилой дом в селе Алабуга



*а*



*б*



*в*



*г*

Рис. 2. Использование металла в середине XIX века: *а* – решетки церкви в селе Лейпциг; *б* – церковная ограда в Нижнем Уфалее; *в* – мост с металлической решеткой в селе Багаряк; *г* – фонтан на главной площади Кыштыма





*а*



*б*



*в*

Рис. 3. Использование металла в конце XIX – начале XX века: *а* – колокольня с металлическим завершением в поселке Сугояк; *б* – трапезная церкви в поселке Сугояк; *в* – гостиница Башкирова в Троицке



*а*



*б*

Рис. 4. Современное использование металла в городской и частной сельской архитектуре:  
*а* – улица Кирова в Челябинске; *б* – дом Зубарева в поселке Пороги





Как правило, города-заводы были достаточно большими поселениями. «На основании инструкции, данной еще Татищеву 23 марта 1734 г., полагалось при каждом железоделательном заводе 160 дворов, а при медных заводах по 50 дворов на каждые 1000 пудов выплавки чистой меди, считая по четыре души мужского пола во всяком дворе» [2, с. 654].

По свидетельству очевидцев, уже в XVIII веке: «Заводы были те же небольшие города. Там была нередко церковь и, пожалуй, школа. Грамотные люди были необходимы для контор. Существовала полиция, устраивался пожарный сарай, открывались лавки» [3, с. 40].

На рисунках того времени мы находим во всех поселках при заводах четкий строгий план с деревенскими домами и смежными однотипными усадебными участками. Высотной доминантой являлась церковь, расположенная на главной (предзаводской) площади. Другими высотными акцентами были производственные сооружения. Особое значение для объемно-пространственной композиции городов-заводов имел активный рельеф, так как они располагались в горных или предгорных районах. Важнейшей особенностью архитектурного решения застройки городов-заводов было использование их продукции – металлических элементов.

Например, Катав-Ивановский завод был основан в очень живописном месте. «Заводу соседственны были самые высочайшие зауральские хребты, из которых ближайший верстах в тридцати отстоял» [4, с. 285]. В XVIII веке по описанию П. И. Рычкова: «...на нем для плавки чугуна две домны... Покупных крестьян поселено 370 дворов. Церковь во имя Иоанна Крестителя» [5, с. 199]. На литографии с изображением завода сразу после основания это небольшой поселок с тремя параллельными улицами и перпендикулярными им переулками [6].

Владельцем завода в XIX веке стал князь Белосельский-Белозерский. Особняк хозяина был построен в 1829 году Эспером Александровичем. Его главный фасад акцентирован широким сильно выступающим центральным ризалитом с аркадой в первом этаже (рис. 1б цв. вклейки). Особый интерес представляют колонны аркады, выполненные из металла и по форме напоминающие французские колонны эпохи возрождения. Эти колонны имеют вместо капители сильно раскрепованную абак, состоящую из полочек. База колонны включает два вала, на стволе находятся горизонтальные ремешки в верхней и нижней части. Между этими поясами ствол колонны имеет каннелюры. Арки выделены скромными архивольтами. Такой декор и особенно применение металла совершенно не были характерны для существовавшей до этого периода архитектуры в регионе.

Стилевая архитектура появилась на Южном Урале во второй трети XVIII века. Она проходила в регионе те же этапы, что и в столицах, но иногда асинхронно. В конце XVIII века применялось восемь разновидностей «образцовых проектов» жилых зданий. В 1809 году 100 проектов жилых домов были созданы архитекторами А. Захаровым, В. Гесте и Л. Руска, в 1812 году еще 125 образцовых проектов разработал В. Стасов. Тогда же были определены типовые фасады ворот, заборов и т. д. Таким образом, устанавливался единый стилистический и композиционный строй всех сооружений.

Известны примеры использования металла на фасадах зданий и сооружений усадеб XVIII века. Наиболее сохранившийся памятник XVIII века на Южном Урале усадьба Никиты Никитича Демидова в городе-заводе Кыштым. Центром поселения являлась территория самого завода и предзаводская площадь с усадьбой владельца. Селитба веером сходится к заводу. Природные элементы – за-

водской пруд и остров – активно включены в объемно-пространственную композицию города. Остров и ведущий к нему мост придают центру Кыштыма живописность, а расположенная там церковь Иоанна Предтечи является одной из высотных доминант города. Другой активной доминантой городского пространства стал завод [7]. Ворота усадьбы представляют собой трехпролетную арку. Все три пролета имеют завершения в виде фигурных столбиков и декоративные металлические решетки в верхней части проема (рис. 1а цв. вклейки).

Новые жилые дома середины XIX века, особенно расположенные вблизи городов-заводов, выпускавших чугунное литье, таких как Каслинский и Кусинский, декорировались металлическими решетками и другими подобными элементами. Характерными примерами являются жилой дом в поселке Алабуга современного Красноармейского района Челябинской области (рис. 1г цв. вклейки). Другой пример – дом с магазином золотопромышленника Рамеева в Верхнеуральске. Его вход оформлен высоким деревянным псевдоордерным крыльцом с двускатным навесом с фронтоном, который опирается на две кирпичные фигурные колонны. Крыльцо имеет ограждение в виде чугунной решетки (рис. 1в цв. вклейки).

Интересные примеры решеток окон и оград участка встречаются в культовой архитектуре Южного Урала. В городе-заводе Нижнем Уфалее в 1852–1853 годах была построена церковь иконы Казанской Божьей матери. Ее ограда выполнена в виде орнаментальной кованой решетки, которая эффектно дополняет протяженный в горизонтальном направлении объем церкви (рис. 2б цв. вклейки). Кованые оконные решетки украшают здания южноуральских храмов очень часто. Они встречаются даже в декоре деревянных церквей. Церковь Казанской Божьей Матери в станице Лейпциг была построена в 1874 году мастерами из Нижнего Новгорода и Пскова. Цоколь – из камня-плитняка. С севера и юга основной объем имеет двери с арочным завершением, а в верхней части – по три больших арочных окна с кованой решеткой (рис. 2а цв. вклейки).

Металл широко использовался в благоустройстве городов-заводов и сел региона. Ограждения моста перед церковью в селе Багаряк сохранилось до настоящего времени (рис. 2в цв. вклейки). Ансамбль центра Кыштыма являлся одним из самых интересных на Южном Урале. На главной площади находился фонтан, который занимал центральное место на площади и удачно завершал весь ансамбль, воспринимаясь вместе с чугунными решетками ограды и ворот завода. Композиция фонтана представляла собой каскад из трех уменьшающихся сверху чаш, по бокам которого располагались бассейны с двумя тройными ромбовидными фонарями. Рядом находились краны для воды. С двух сторон к фонтану вели лестницы (рис. 2г цв. вклейки).

Впоследствии использование металла в архитектурном решении различных зданий Южного Урала получило более широкое распространение. Например, церковь Ильи Пророка в селе Сугояк, построенная в 1868 г., в 1912 г. была дополнена обширной трапезной с колокольней. Трапезная имеет плоское перекрытие из кирпича, уложенного по двутавровым металлическим балкам. Балки поддерживаются продольными прогонами, которые опираются на чугунные колонны разного диаметра. Колокольня Ильинской церкви расположена над трапезной. Она состоит из двух ярусов восьмериков и высокого восьмигранного барабана с куполом. Купол и барабан выполнены из металла. Венчающий колокольню крест находится на высокой металлической мачте (рис. 3а, 3б цв. вклейки).

Интересным примером позднего модерна с использованием металлических балконных ограждений сложного рисунка является гостиница Башкирова, по-



строенная в 1909 году в Троицке (рис. 3в цв. вклейки). Здание трехэтажное с тремя ризалитами на главном фасаде. Центральный ризалит декорирован портиком, пилястры которого завершены ступенчатыми капителями с лепниной. Во втором и третьем этажах проходят балконы.

Таким образом, особенностью планировок городов-заводов являлась вытянутость кварталов вдоль пруда, что приводило к вытянутости самих поселений. Заводы располагались, как правило, не на крутом берегу, а на пониженных территориях. Иногда поселение имело два пруда: большой заводской и небольшой мельничный. Наличие пруда и реки приводило к потере замкнутости застройки и визуальной связи ее с окружающим ландшафтом. Центром поселений являлись территории заводов и предзаводские площади с усадьбой владельца, конторой и другими общественными зданиями. Центральные площади городов-заводов четких очертаний, не особенно крупных размеров, часто являлись одновременно предзаводскими, церковными и базарными.

Тенденция использования архитектурных деталей из чугуна характерна и для современной архитектуры региона.

Например, пешеходная часть улицы Кирова в Челябинске гармонично дополнена разнообразными декоративными металлическими элементами (рис. 4а цв. вклейки). Интересно, что металл в декоративных целях используют и для самостоятельного строительства в селах региона (рис. 4б цв. вклейки). В поселке Пороги Саткинского района Челябинской области Павел Викторович Зубарев использовал самодельную чугунную решетку для строительства своего дома.

Таким образом, использование своеобразных архитектурных деталей из чугуна стало типичным элементом архитектуры городов-заводов и Южного Урала в целом.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алферов, Н. С. Зодчие старого Урала: первая половина XIX века / Н. С. Алферов. – Свердловск : Среднеурал. кн. изд-во, 1960. – 215 с. : ил.
2. Витевский, В. А. И. И. Неплюев и Оренбургский край в прежнем его составе до 1758 года. В 3 т. Т. 1–3 / В. А. Витевский. – Казань : Типолитограф. В. М. Ключникова, 1897.
3. Алекторов, А. Е. История Оренбургской губернии / А. Е. Алекторов. – 2-е изд. – Оренбург : Тип. Б. Бреслина, 1883. – 128 с.
4. Лепехин, И. И. Записки путешествия академика Ивана Лепехина / И. И. Лепехин. – Санкт-Петербург : Император. Акад. наук, 1821. – 554 с.
5. Рычков, П. И. Топография Оренбургской губернии / П. И. Рычков. – Санкт-Петербург : Император. Акад. наук, 1762. – 595 с.
6. РГИА (Рос. гос. ист. архив). Ф. 37. Оп. 63. Д. 57.
7. РГАДА (Рос. гос. архив древних актов). Ф. 271. Оп. 3. Д. 451.

**PONOMARENKO Elena Vladimirovna, doctor of architecture, professor of the chair of reconstruction and restoration**

#### **THE ARCHITECTURAL FEATURES OF CITIES-FACTORIES OF THE SOUTHERN URALS IN THE 18TH – EARLY 20TH CENTURIES**

Samara State University of Architecture and Civil Engineering  
194, Molodogvardeyskaya St., Samara, 443001, Russia. Tel./fax: + 7 (846) 340-02-39;  
e-mail: evpon@mail.ru



**Key words:** emergence of cities-factories; building of settlements; use of metal in construction and decoration of the facades of buildings.

---

*The article is devoted to the specific ways of using metal in construction of settlements. The analysis of this type of settlements and the identification of architectural features of buildings in the Southern Urals is performed. Based on field surveys, memories of eyewitnesses, and archival studies, examples of the use of metal in construction and decoration of farmsteads, churches and homes of the 18th – early 20th centuries are considered. A possibility of maintaining this tradition in a contemporary private construction in the region is investigated.*

---

#### REFERENCES

1. Alfeyorov N. S. Zodchie starogo Urala. Pervaya polovina XIX veka [Architects of the old Urals. The first half of the XIX century], Sverdlovsk: Sredneural kn. izd-vo, 1960. P. 254.
2. Vitevskiy V. A. I. I. Neplyuev i Orenburgskiy kray v prezhnem ego sostave do 1758 goda [I. I. Neplyuev and Orenburg region in its composition up to 1758]. V 3 t. T. 1–3 / Kazan: Tipolitogr. V. M. Klyuchnikova, 1897. P. 1232.
3. Alektorov A. E. Istoria Orenburgskoy gubernii [History of Orenburg Province], Orenburg. Tip. B. Breslina, 1883. P. 128.
4. Lepekhin I. I. Zapiski puteshestviya akademika Ivana Lepekhina [Travel notes by academician Ivan Lepekhin]. Saint-Petersburg: Imperator. Acad. nauk, 1821. 554 p.
5. Rychkov P. I. Topografiya Orenburgskoy gubernii [Description of Orenburg province], Saint-Petersburg: Imperator. Acad. nauk, 1762. 595 p.
6. Rossiyskiy gosudarstvenny istoricheskiy arkhiv [The Russian State archive of ancient documents]. F. 37. Op. 63. D. 57.
7. Rossiyskiy gosudarstvenny arkhiv drevnikh aktov [The Russian State archive of ancient documents]. F. 271. Op. 3. D. 451.

© **Е. В. Пономаренко, 2016**

Получено: 13.06.2015 г.





УДК 71:72.03

**С. М. ШУМИЛКИН, д-р арх., проф., зав. кафедрой истории архитектуры  
и основ архитектурного проектирования**

## **ТОРГОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ И ЯРМАРКИ В СТРУКТУРЕ НОВЫХ РЕГУЛЯРНЫХ ПЛАНОВ РУССКИХ ГОРОДОВ**

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950 г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;  
эл. почта: ist\_arh@nngasu.ru

*Ключевые слова:* торговые здания, ярмарки, типология.

---

*Рассматривается архитектурно-планировочное построение торговых комплексов  
и ярмарочных площадей и типология их размещения в структуре регулярных планов  
городов, выявлена планировочная типология отдельных торговых зданий.*

---

В процессе перепланировки городов в конце XVIII – первой половине XIX вв. сформировались многообразные типы торговых центров. Несмотря на утилитарность назначения, торговые здания имели большое функциональное значение в структуре городов, т. к. торговая функция в этот период была определяющей для развития городов, и вследствие этого торговые здания получили выразительное архитектурно-пространственное построение. Появление крупных стилистически единых торговых центров на основе общегосударственной программы перепланировки русских городов определило их самобытность [1]. Ни в одном другом европейском государстве торговым центрам не уделялось столько внимания.

С 1780-х гг. важное место в планировке городов отводилось ярмаркам. Особенно это было характерно для южных районов. Проекты городов Пензенской губернии (1785) дают наиболее ясные примеры размещения ярмарочных площадей, размеры которых резко колеблются от 8 га (г. Шешкеев) до 40 га (г. Саранск). Автором выделены три планировочные схемы расположения ярмарочных площадей по отношению к городскому центру, которые показывают стремление градостроителей объединить эти площади в единую пространственную систему: 1 – ярмарочные площади находятся на одной композиционной оси с центром, и она исполняет роль главного стержня города. Часто эта ось совпадает с главным въездом в город. Такую схему имеют города Инсар, Пенза, Чембар, Городня (рис. 1); 2 – ярмарочная площадь находится в непосредственной близости к центру, соединяется с ним небольшой улицей (г. Наровчат, г. Керенск) или представляет единое пространство с городским центром, размеры которого значительно уступают торговому пространству (г. Саранск, г. Верхний Ломов, г. Шешкеев); 3 – ярмарочная площадь теряет композиционную связь с центром и располагается на окраине города. Она может быть обстроена с двух сторон жилой застройкой или быть совсем открытой, как в г. Краснослободске.

На этих площадях проектируются торговые лавки, представляющие замкнутые прямоугольные ряды, т. е. ярмарочные площади становятся важными элементами планировки и играют активную градообразующую роль.

При анализе планов первой трети XIX века автором выявлено, что торговой функции уделялось еще больше внимания. В этот период в основном утверж-

дались планы городов южных украинских губерний, в том числе Черниговской, Екатеринославской, Киевской. Подавляющее большинство планов разрабатывались в период с 1810 по 1832 гг. под руководством архитектора В. И. Гесте. В отличие от планов второй половины XVIII века в проектах этого периода разрабатывались преимущественно не отдельные торговые здания или комплексы, а торговые пространства как отдельной площади, так и системы взаимосвязанных площадей, которые формировали основу пространственного построения городов.

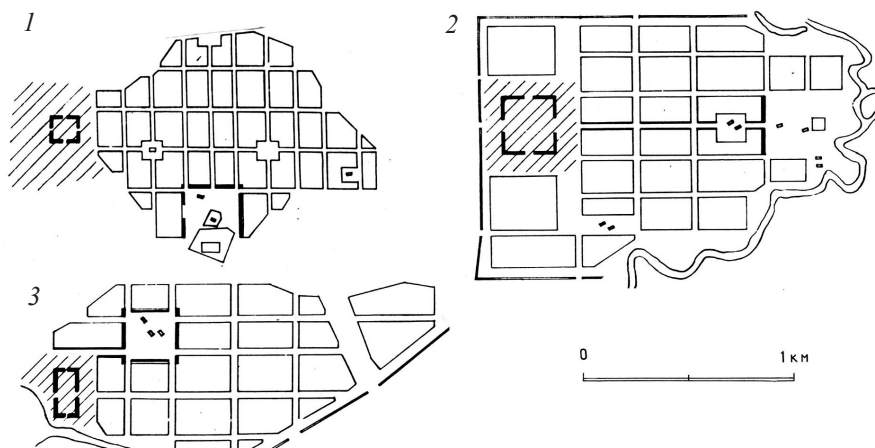


Рис. 1. Схемы размещения ярмарочных площадей в планировке городов (на примере Пензенской губернии, 1785 г.): 1 – ярмарочная площадь на окраине города (г. Краснослободск); 2 – ярмарочная площадь на композиционной оси с городским центром (г. Инсар); 3 – ярмарочная площадь в непосредственной близости к городскому центру (г. Наровчат). Чертеж автора

В первой трети XIX в. сохранился старый тип торговых зданий – гостиный двор, но его архитектурно-пространственная роль в городе существенно изменилась. Гостиный двор стал главным элементом на площади. Так, например, в Новомосковске (1823) одну сторону ярмарочной площади на протяжении почти 450 м образуют три крупных корпуса гостиных дворов. Гостиный двор также рассматривался как единственный композиционный и главный функциональный центр города. Образцом для них послужил проект центра Симбирска (1780). В плане Нахичевани и Уфы (1811) гостиный двор также вписывается в квадрат, в центре которого образуется круглая площадь.

Ярмарочные площади ввиду своих обширных размеров чаще всего размещались ближе к окраине города, а в отдельных случаях и за его пределами [2].

Автором выделено четыре схемы постановки ярмарочной площади по отношению к административному центру. Эти схемы близки к схемам, разработанным на примере Пензенской губернии в 1775 г., но в отличие от них ярмарочные площади не являются единственными торговыми пространствами, а только выделяются по форме организации торговли:

1 – ярмарочная площадь располагается в непосредственной близости к административному центру или сростается с ним (Кролевцы, Сураж, 1805 г., Городня, 1803 г.) (рис. 2);



2 – ярмарочная площадь располагается на окраине рядом с въездом в город и не имеет явно выраженной планировочной связи с центром (Конотоп, Нежин, Новгород-Северский, Чернигов, 1805 г.);

3 – ярмарочная площадь располагается на окраине города, но соединяется с центром широкой улицей (Мглин, Коропа, Сосницы, 1805 г., Новомосковск, 1823 г., Ростов, 1811 г.);

4 – ярмарочная площадь и административный центр имеют ясно выраженную планировочную ось построения (Остер, Борзнь, Стародуб, Березень).

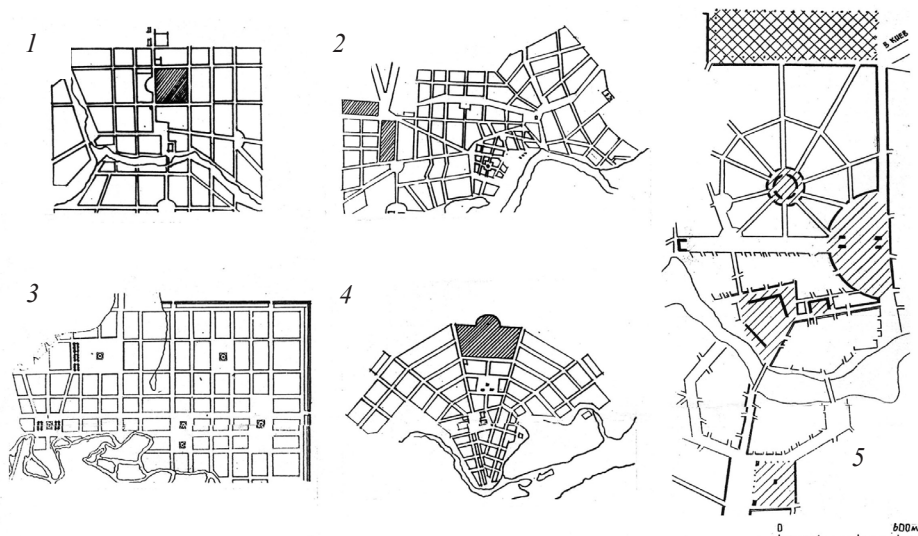


Рис. 2. Схемы размещения ярмарочных площадей в планировке городов по проектам начала XX в.: 1 – ярмарочная площадь вблизи городского центра, г. Городня, 1803 г.; 2 – ярмарочная площадь на окраине города, г. Новгород-Северский, 1805 г.; 3 – ярмарочная площадь на окраине города имеет пространственную связь с центром, г. Новомосковск, 1823 г.; 4 – ярмарочная площадь и городской центр имеют раженную планировочную ось, г. Остер, 1805 г.; 5 – линейное построение торговых площадей в г. Нежине, 1805 г. Чертеж автора.

По сравнению с обычными торговыми площадями, которые вносили разнообразие в жесткую планировочную сеть улиц, ярмарочные площади были в 3–5 раз больше по размерам и достигали 30–40 га. В ярмарочных площадях видна попытка урегулирования свободной ярмарочной торговли, стихийной по своей организации. Площади имели четко зафиксированные границы, и в отдельных случаях, где проходили крупные ярмарки, в центре площадей проектировались торговые корпуса (Кролевец, Новгород-Северский, Ростов, Саранск и др.).

В наиболее крупных торговых городах образовались своеобразные цепочки торговых площадей, имевших разнообразную форму планов: прямоугольную, квадратную, полукруглую и круглую. Наиболее выразительно построение Нежина, в котором шесть торговых площадей, включая и ярмарочную, размещались вдоль главной транзитной магистрали на торговом пути из Москвы в Киев.

Подобное линейное построение нескольких торговых площадей становится характерной чертой торговых центров первой половины XIX в. (рис. 2).

Обширная торговля русских со среднеазиатскими и китайскими купцами способствовала появлению на границах России крупных торговых центров. Специфические торговые здания, особая разновидность гостиных дворов – меновые дворы – были построены в середине XVIII в. около Оренбурга, где происходил обмен товаров с бухарскими и хивинскими купцами, и в Кяхте – главном и единственном месте привоза китайского чая на русский рынок. Первый меновой двор располагался в 4 км от Оренбурга и представлял собой обширный градостроительный комплекс, который состоял из двух дворов: Российского и располагавшегося внутри него Азиатского. Для защиты от набегов киргизов от двора до р. Урал были вырыты два рва, длиной 2,8 и 1,9 км. Согласно съемке 1784 г. Российский двор включал в себя 384 каменные лавки русских купцов, выстроенных по сторонам квадрата  $435 \times 435$  м. Азиатские лавки со складами были заключены в квадрат  $107 \times 107$  м. В целях защиты от нападений наружные стены лавок были глухими за исключением азиатских и российских ворот, находившихся в двух противоположных сторонах. Около углов внешнего прямоугольника были насыпаны бастионы. Меновые дворы состояли из протяженных одноэтажных лавок, перекрытых цилиндрическими сводами. Лавки не имели обычных открытых галерей, и торговля велась через большие проемы. Азиатский двор имел двухстороннее расположение лавок, внутренние из которых занимали азиатские, а наружные – русские купцы [3]. Необходимо отметить, что кроме лавок и складов, внутри территории имелись различные сооружения (весы, пакгауз, таможня), необходимые для функционирования дворов на период ежегодной четырехмесячной торговли, а также церковь Захария и Елизаветы и мечеть.

В Кяхте меновой двор повторял аналогичную структуру традиционных гостиных дворов с обращенными на внутреннюю территорию лавками. Особенностью его было образование военного поселения, с трех сторон окружавшего двор, с целью защиты купцов. Подобный гостинный двор был выстроен и на территории Китая.

В середине XVIII века в самом Оренбурге был выстроен большой гостинный двор. Здесь одноэтажные лавки опоясывали прямоугольник размером  $209 \times 185$  м, но в отличие от Менового двора были обращены вовнутрь территории широкими открытыми галереями по всему периметру. Главную планировочную ось отмечали колокольня и церковь, стоявшие над воротами с двух противоположных сторон.

Во второй половине XVIII – первой половине XIX вв. в процессе разработки торговых зданий была создана весьма сложная и разветвленная функционально-планировочная типология, рационально сочетающая торговые и складские помещения. Автором выявлены три типа торговых рядов: I – одноэтажные с односторонним расположением лавок и галерей, II – одноэтажные с двухсторонним расположением лавок и галерей, III – двухэтажное построение торговых рядов (рис. 3). Кроме того, I–II типы имели несколько вариантов.

Исходной ячейкой является одноярусная торговая лавка, единое пространство которой использовалось для торговли и хранения товара (I-a). Для улучшения условий покупателей перед лавкой стали устраивать открытую галерею (I-b) Вход в лавку, ее освещение осуществлялись чаще всего через единственный широкий проем. В конце XVIII века дополнительно делали небольшое окно, а в первой половине XIX в. окно стали устраивать с двух сторон от входа, что придавало

характерное симметричное построение фасаду лавки. Часто пространство лавки членилось на два яруса. Верхний ярус, так называемая палатка, предназначался для складирования товаров, а также для проживания торговцев и как конторское помещение. Такое двухъярусное построение лавок стало наиболее распространенным типом в торговых зданиях (I-в).

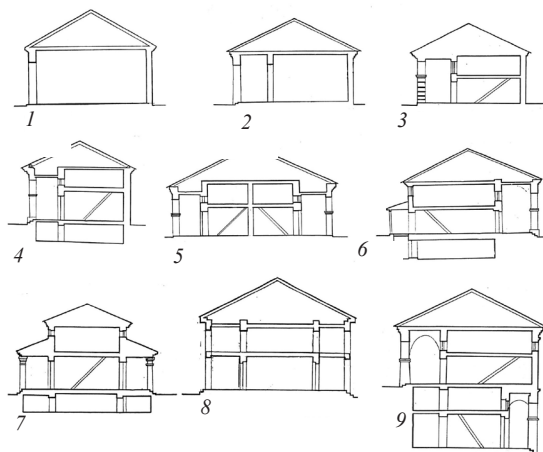


Рис. 3. Функционально-планировочная типология торговых рядов: 1 – тип I-а, одноярусная лавка; 2 – тип I-б, одноярусная лавка с галереей; 3 – тип I-в, двухъярусная лавка с галереей; 4 – тип I-г, двухъярусная лавка с галереей и подвалом-складом; 5 – тип II-а, двухсторонняя лавка с галереями; 6 – тип II-б, двухсторонняя лавка с галереей, навесом и подвалом; 7 – тип II-в, лавка с выступающей палаткой; 8 – III тип, двухэтажные лавки с двухсторонними галереями; 9 – четырехъярусное построение Пряничных рядов в Костроме. Чертеж автора

С целью увеличения складских помещений под лавкой устраивался подвальный этаж, загрузка товаров в который осуществлялась независимо от лавки: или через люк в полу галереи, или через самостоятельный вход с лестницей с противоположной стороны (I-г). Зодчие также активно использовали перепады рельефа, что позволяло устроить удобное складское или торговое помещение с обычным входом. При наличии сильного уклона, что создавало перепад уровней в 5–6 м, складывалось своеобразное сочетание лавок друг над другом, имеющих входы с противоположных сторон здания, например, Пряничные ряды в Костроме (рис. 3).

Весьма широкое распространение получили торговые ряды с двухсторонним расположением галерей (II тип), где торговые лавки могли группироваться в два ряда или одна лавка имела входы с двух сторон галереи (II-а, II-б). При этом лавки сохраняли разнообразные сочетания торговых и складских помещений, как в одногалерейном варианте. Но отношение к галереям было различным. Наиболее часто они имели одинаковые размеры, но в некоторых случаях, особенно при построении замкнутых объемов по типу гостиного двора, внутренняя галерея была значительно меньше по ширине. Более того, галерея могла проявиться в форме узкого невысокого навеса. Двухстороннее расположение галерей позволяло также построить палатки с большей высотой за счет чердачного пространства. К своеобразному варианту следует отнести торговый ряд с галереей высотой, со-



ответствующей первому торговому ярусу, и палаткой, выступающей самостоятельным объемом (II-в).

III тип образуют двухэтажные торговые лавки со входами со стороны галерей. В этом случае в торговых лавках первого этажа как наиболее выгодного для торговли не предусматривались палатки в целях уменьшения высоты подъема на второй этаж [4].

Важным этапом в развитии типологии торговых зданий стало включение торговых помещений в планировку жилых домов. Подобное построение было разрешено царским указом еще в 1782 г. Торговые лавки располагались в первых этажах жилых домов, занимали их или полностью на всю ширину, или частично. В отдельных случаях перед лавками устраивались галереи, и они подобно торговым рядам имели двухъярусное построение.

В процессе исследования была выявлена архитектурно-пространственная типология торговых рядов, включающая четыре типа:

I тип – отдельно стоящая лавка, которая в зависимости от размеров могла иметь различное количество окон и дверей;

II тип образуют торговые ряды, имеющие линейное построение и состоящие из отдельных лавок, чаще всего объединенных галереями. Торговые ряды могли иметь двухстороннее расположение лавок и периметральную галерею;

III тип – торговые ряды, образующие целостные пространственные группы (комплексы). Парная постановка зданий – наиболее распространенный прием в этот период. Удачное архитектурное решение при симметричной композиции дают корпуса с Г-образной формой плана;

IV тип – торговые ряды, образующие замкнутую систему лавок в плане с внутренним двором подобно гостиным дворам и галереями. В этом варианте торговые ряды могли образовывать сплошную линию с прямоугольными очертаниями плана или с закругленными внешними углами, что способствовало большей целостности объема здания.

Наибольшее распространение получили II и III типы, которые допускали включение значительного количества торговых лавок, а также различные варианты планировочного построения. Сочетание четырех архитектурно-пространственных типов торговых зданий позволило образовать новые торговые центры.

В русском градостроительстве конца XVIII – начала XIX вв. нашли отражение основные характерные черты восточных торговых центров. Поскольку торговля была одним из главных факторов процветания восточных городов и бурно развивалась, это отразилось на торговых зданиях, получивших разнообразное типологическое построение (тимы, купольные пассажи), а особенно зданий, обслуживавших караванную торговлю (караван-сарай, ханы). По своим архитектурным формам и размерам они стояли наравне с общественными сооружениями – медресе, мечетями. Монументальность торговых зданий выявлялась четкостью и простотой форм, которые противопоставлялись беспорядочному окружению жилой застройки. Широкое развитие русской торговли потребовало не только крупных торговых построек, но и способствовало их активному выделению как важных градостроительных элементов. Торговые центры тоже рассматривались как один, а порой и основной планировочный композиционный элемент центра города. Подобно восточным торговым центрам они имели значительные размеры, по сравнению с окружающей их жилой застройкой, и их монументальность достигалась простой повторяемостью торговых ячеек и протяженными аркадами или колоннадами. В конце XVIII – начале XIX вв. торговые здания в России занимают





одно из центральных мест в городах подобно восточным тимам, караван-сараям и определяют их облик.

Таким образом, на основе нового территориального деления (1775) были заложены новые административно-функциональные основы городов, среди которых торговые функции стали доминировавшими. В то же время, несмотря на усиление административных начал в развитии городов, ведущие торговые города располагались на старых главных торговых путях, а также образовывались и новые, выходившие к портовым черноморским и балтийским городам. В процессе утверждения планов городов торговые центры получили сложные архитектурно-пространственные структуры, которые изменялись от отдельного здания до системы специализированных площадей. В процессе перепланировки городов одновременно сформировалась и функционально-планировочная типология торговых зданий.

В зависимости от торгового значения города торговые центры представляли собой отдельные здания, комплексы, включавшие несколько торговых зданий или систему торговых кварталов. В результате исследования было выявлено, что в период строительства торговых центров сложилось девять архитектурно-пространственных типов построения торговых рядов в зависимости от различного сочетания торговых и складских помещений и расположения галерей, от самых элементарных одноэтажных торговых лавок и двухъярусных лавок с галереями до двухэтажных лавок с двухсторонними галереями. Торговые здания этого периода стали элементами архитектурных ансамблей городских центров, органично влились в систему административных и жилых зданий, но в наиболее значимых губернских торговых городах играли доминирующую роль и определяли их архитектурный облик (Ярославль, Н. Новгород, Казань и др.).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петербург и другие новые российские города XVIII – первой половины XIX веков / Н. Ф. Гуляницкий, Ю. Н. Герасимов, Н. А. Евсина и др. ; Рос. акад. архитектуры и строит. наук, НИИ теории архитектуры и градостроительства. – Москва : Стройиздат, 1995. – 404 с.
2. Москва и сложившиеся русские города XVIII – первой половины XIX веков / Под общ. ред. Н. Ф. Гуляницкого ; Рос. акад. архитектуры и строит. наук, НИИ теории архитектуры и градостроительства. – Москва : Стройиздат, 1998. – 440 с.
3. Шумилкин, С. М. Ярмарки в русском градостроительстве XVII–XIX веков / С. М. Шумилкин // Архитектурное наследство. – Москва, 2011. – Вып. 54. – С. 167–185.
4. Шумилкин, С. М. Торговые центры европейской части России конца XVIII – первой половины XIX вв. / С. М. Шумилкин. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2012. – 227 с.
5. Шумилкин, С. М. Архитектурно-пространственное формирование Нижнего Новгорода XIII – начала XX вв. / С. М. Шумилкин, А. С. Шумилкин. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2010. – 213 с.

**SHUMILKIN Sergey Mikhaylovich, doctor of architecture, professor, holder of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design**

#### **TRADE COMPLEXES AND FAIRS IN THE STRUCTURE OF NEW REGULAR PLANS OF RUSSIAN TOWNS**



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:* trade buildings, fairs, typology.

---

*The article studies architectural and plan design of trade complexes and fair squares and typology of their position in the structure of regular town plans, the planning typology of individual trade buildings is revealed.*

---

#### REFERENCES

1. Gulyanitskiy N. F., Gerasimov Yu. N., Evsina N. A. Peterburg i drugie novye rossiyskie goroda XVIII – pervoy poloviny XIX vekov [Peterburg and other new Russian towns of the XVIII – early XIX centuries]. Ros. akad. arkhitektury i stroit. nauk, NII teorii arkhitektury i gradostroitelstva. Moscow, Stroyizdat, 1995, 404 p.
2. Moskva i slozhivshiesya russkie goroda XVIII – pervoy poloviny XIX vekov [Moscow and formed Russian towns of the XVIII – early XIX centuries]. Ros. akad. arkhitektury i stroit. nauk, NII teorii arkhitektury i gradostroitelstva. Moscow, Stroyizdat, 1998, 440 p.
3. Shumilkin S. M. Yarmarki v russkom gradostroitelstve XVII–XIX v. [Fairs in Russia urban development of XVII–XIX centuries]. Arkhitekturnoe nasledstvo [Architectural heritage], № 54. Moscow, 2011. P. 167–185.
4. Shumilkin S. M. Torgovyie tsentry evropeyskoy chasti Rossii kontsa XVIII – pervoy poloviny XIX v. [Trade centers of the European part of Russia of late XVIII – early XIX centuries]. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2012. 227 p.
5. Shumilkin S. M., Shumilkin A. S. Prostranstvennoe formirovanie Nizhnego Novgoroda XIII – nachala XX vekov. [Architectural and spatial formation of Nizhny Novgorod in XIII – early XX centuries]. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2010. 213 p.

© С. М. Шумилкин, 2016

Получено: 05.12.2015 г.



УДК 71:72.03

**С. М. ШУМИЛКИН, д-р арх., проф., зав. кафедрой истории архитектуры и основ архитектурного проектирования**

## **АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ТИПЫ ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ РУССКИХ ГОРОДОВ КОНЦА XVIII ВЕКА**

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950 г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;  
эл. почта: ist\_arh@nngasu.ru

*Ключевые слова:* торговые здания, торговые центры, типология.

---

*Рассматривается процесс формирования архитектурно-пространственных типов торговых центров русских городов конца XVIII в.*

---

Вторая половина XVIII века занимает особое место в истории градостроительства, т. к. в связи с быстрым экономическим развитием страны была развернута крупномасштабная работа по перепланировке городов. Русские градостроители к этому времени накопили достаточный опыт в данной области. В Петербурге и Москве проводились значительные преобразования застройки и планировки на принципах регулярности [1].

В процессе утверждения новых регулярных планов русским городам были разработаны новые архитектурно-пространственные типы торговых центров. Сам процесс утверждения проходил в столичной Комиссии для устройства Петербурга и Москвы и включал два этапа. Первый этап (1763–1775 гг.) – подготовительный, в который отдельные города становились объектами внимания градостроителей, и на них апробировались новые приемы и методы реконструкции. В этот период было утверждено всего 19 планов городов.

Второй этап (1776–1788 гг.) – это период массового проектирования планов городов, начало которому положила губернская реформа 1775 г., послужившая основой развертывания проектных работ на местах, а в последующем и осуществлению проектных замыслов. В этот этап, как правило, утверждались планы не отдельным избранным городам, а в целом по наместничествам. Однако эти наместничества были сосредоточены в основном в центральной части России; в окраинных наместничествах (Рижском, Уфимском, Саратовском, Екатеринославском и др.) не было утверждено ни одного плана, в некоторых (Выборгском, Симбирском, Киевском и др.) были разработаны планы только губернским городам. В результате из 497 городов к концу перепланировки в XVIII в. 299 городов получили утвержденные планы. При рассмотрении общего процесса можно заключить, что наиболее интенсивно период утверждения планов происходил в 1780–1785 гг. Несмотря на прекращение работы Комиссии для устройства Петербурга и Москвы в 1797 г. практически процесс разработки планов городов был закончен к 1788 г. Таким образом, за довольно короткий период с 1763 г. по 1788 г., т. е. за 25 лет была завершена огромная работа по проектированию новых планов (более 300) русским городам, многие из которых стояли на значительном художественном и техническом уровне.

Общая периодизация совпадает с творческой деятельностью ведущих русских градостроителей, работавших в Комиссии. Так, первый этап связан с твор-



чеством А. В. Квасова (1763–1772 гг.) и И. Е. Старова (1772–1774 гг.), а второй – И. Лема. Установление общей периодизации в процессе утверждения планов, приведенных в Полном собрании законов Российской империи (Планы городов, 1839 г.), позволило автору выявить процесс формирования планировки торговых центров, ставших в этот период одним из важнейших градостроительных элементов городов.

На первом этапе (1763–1775 гг.) использовался тип торгового центра на основе традиционного гостиного двора. Первый регулярный план из провинциальных городов получила Тверь (1763), и это был первый пример внедрения петербургского опыта в провинции. В этом проекте торговым центром выступал гостиный двор, который представлял собой обстроенную по периметру квартала сплошную линию торговых лавок. Местоположение его традиционно: гостиный двор занял территорию бывшего торгового двора около кремля. План двора вписан в проектную сетку улиц, имел сложную конфигурацию в плане и являлся самым крупным зданием в городе (периметр стен около 570 м). В последующих проектах вплоть до 1770 г. тип торгового центра не изменялся, разрабатывались варианты местоположения его в планировке города. Важно отметить, что при постановке гостиного двора всегда учитывалось место старого торгового двора, в данный период они совпадали.

В проекте центральной части Каргополя гостиный двор рассматривался как крупный градостроительный объект, формирующий центр города вдали от старого кремля. Это подчеркивалось его симметричной постановкой на площади и по оси главной улицы. В Торжке все внимание градостроителей сосредоточено на размещении гостиного двора с учетом окружающей застройки. Гостиный двор получает замкнутый треугольный план, одной стороной обращенный к кремлю, при этом композиционная ось здания ориентирована на кремлевский собор. Новый план определил только центральную городскую территорию, и гостиный двор являлся основой регулярного начала: его стороны задавали направления улицам. Подобное построение отмечено в трех других торговых городах: Н. Новгороде, Казани и Астрахани [2]. Эти примеры характеризуются замкнутостью объемно-планировочного построения гостиных дворов и сохранением господствующего значения кремлей.

С 1770 г. гостиные дворы уступили место торговым лавкам и рядам, которые стали основным типом торговых зданий. Применение их дало новые более гибкие варианты размещения в планировке городов. В Белгороде лавки образовали полукруг, обращенный в сторону крепости и формирующий площадь у ее главного входа. Это первый пример использования криволинейного очертания плана в торговых постройках.

Центр Ельца показывает постановку торговых лавок по одной стороне городской площади, т. е. торговый центр формирует периметральную застройку площади и рассматривается наряду с административными и жилыми зданиями. Планы городов Осташкова, Валдая, Вышнего Волочка и Боровичей дают варианты пространственной постановки торговых лавок в середине городских площадей.

В Осташкове торговые лавки образовали целый комплекс с периметральной застройкой (размеры в плане 120×140 м), в середине которого расположена церковь. Срединное положение торговых лавок на большой площади 220×250 м четко определило ее назначение и планировку. В Валдае центральное место на площади, симметричное по отношению к основной композиционной оси, занимали два корпуса лавок, общей длиной по фасаду 160 м. В Вышнем Волочке корпуса



торговых лавок, имеющих Г-образный план со сторонами равными 60 м, обращены на реку и занимают господствующее положение в планировке площади. Кроме того, между корпусами запроектировано здание церкви, что способствует усилению симметричности площади, в то время как административные здания занимают боковое положение. В дополнение к лавкам вдоль противоположной стороны р. Цны поставлено множество корпусов амбаров, усиливающих значимость торговой функции города. В Боровичах амбары расположены на стороне городской площади и вместе с торговыми лавками образуют развитый торговый центр вдоль реки почти на протяжении 1,5 км.

Проект Твери 1768 г. демонстрирует тип торгового центра как торговая площадь. Торговые площади определили основные планировочные узлы – главные направления и пересечения основных магистралей. Если в постановке гостиного двора зафиксированы первоначальные градостроительные замыслы, то образование двух самостоятельных геометрически правильных торговых площадей на единой композиционной оси говорит о начале нового этапа в развитии торговых центров. Определяющим структурным элементом торгового центра становится не отдельное здание, а пространственно развитая площадь.

Наиболее завершенным, вобравшим в себя новые планировочные приемы является проект торгового центра в Воронеже (1774). В данном случае торговый центр превратился в пространственно развитую систему площадей и торговых зданий и формировал построение всего плана города. Можно сказать, что вся планировка города подчинена выявлению торгового центра. Центр состоит из двух площадей, расположенных на единой композиционной оси и простирающихся более чем на 1 км. На первой площади (квадратной в плане) расположен замкнутый гостиный двор. На второй площади, имеющей в плане форму креста, находятся два П-образных корпуса лавок, объединяющих огромное пространство площади (размеры по осям 440 и 530 м). Если до 1770 г. размеры площадей не превышали 3–5 га (Тверь – 2 га, Торжок – 4 га, Белгород – 4,4 га), то в 1772 г. появились площади до 8 га (Тихвин – 7,3 га, Валдай – 7,8 га, Осташков – 6 га), в Воронеже размеры площади равнялись 18 га. Такой рост площадей и их гигантские размеры являлись важной тенденцией в развитии торговых центров. Этот план занимает порубежное положение и является итогом творческой мысли архитекторов-градостроителей, занимавшихся перепланировкой городов на первом этапе. Необходимо отметить, что столь крупные торговые центры отражали как существующее положение, так и перспективное развитие городов [3].

В 1776–1788 гг. было разработано большое количество планов и характерной чертой было то, что планы городов утверждались одновременно для целых наместничеств-губерний. Каждый город рассматривался важным торговым центром, в котором находились торговые здания и площади. Важной особенностью торговых центров регулярных планов становится не только индивидуальная планировка каждого из них, но выявление общего планировочного характера торговых пространств в пределах губернии. Это впоследствии отразилось на архитектурном облике торговых зданий. Начало этому процессу было положено в 1777 г., когда впервые в истории русского градостроительства были утверждены планы 12 городам: 2 – в Новгородском, 7 – в Тверском, 3 – в Калужском наместничествах. В 1780-х гг. в отдельные годы утверждалось до 20–30 планов, а в 1784 г. – 71 план.

В это бурное плодотворное время градостроительная мысль архитекторов создала многочисленные архитектурно-пространственные типы торговых центров. В ходе их анализа автор определил шесть основных типов.

К I типу относится построение торгового центра как группы торговых лавок, расположенных в центре городской площади. Этот тип впервые появился в планах Валдая и Вышневолочка (1772) и был использован в планировке торговых центров Псковского, Новгородского и Тверского наместничеств. В Тверском наместничестве торговые лавки имеют Г-образный план и располагаются на треугольных городских площадях, раскрывающихся в сторону реки. Подобное построение имеют центры Весьегонска, Зубцова, Старицы и др. (рис. 1). В Псковском наместничестве торговые лавки имели П-образный план или располагались в линию на прямоугольных площадях, причем в центре площади обязательно располагалась церковь. Количество корпусов лавок изменялось от 2 до 6, размеры их достигали 70–80 м в длину.

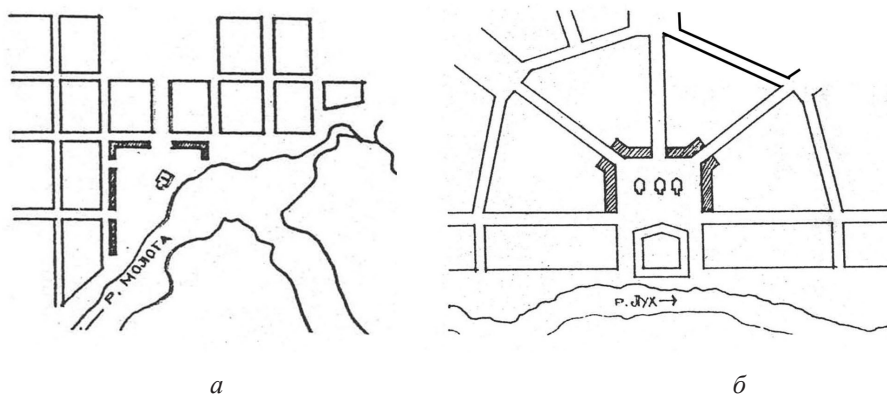


Рис. 1. Архитектурно-пространственные типы торговых центров: *а* – I тип: группа торговых лавок на городской площади, г. Весьегонск, 1777 г.; *б* – II тип: каменные дома с лавками на городской площади, г. Лух, 1781 г.; штриховкой выделены торговые лавки и дома с лавками

В Новгородском наместничестве использовался другой композиционный прием. Во-первых, торговые лавки располагаются у старого центра города или монастыря. Торговый центр отделяется от реки и переносится вглубь города (Белозерск и Кириллов). Во-вторых, торговые лавки группируются на замкнутой городской площади, образуя вместе со зданием собора различные сложные планировочные сочетания. Подобные центры имеют Петрозаводск, Устюжна. Это был первый шаг в градостроительном построении торгового центра как сложной системы торговых лавок.

II тип торгового центра – торговые лавки или каменные дома с лавками, стоящие по сторонам городской площади. В отдельных случаях одну сторону площади образовывали торговые ряды по типу гостиных дворов (Курск, 1782). По этому типу построены планы торговых центров городов 80-х гг. XVIII в. в Костромском, Рязанском, Нижегородском, Смоленском, Вологодском наместничествах. Так, в городах Костромского и Вологодского наместничества площади с двух-трех (г. Лух, 1781), а иногда и полностью со всех сторон получают застройку каменными домами с лавками.

III тип – торговые центры крупных торговых или губернских городов, в которых торговые здания составляют целые кварталы и занимают значительную тер-



риторию. Торговый центр рассматривается как крупное градостроительное образование, сконцентрированное в отдельном районе, непосредственно связанном с главной площадью. В Ярославле (1778) торговый центр занимает четыре крупных квартала, фиксирующих трехлучевую систему в планировке центра города (рис. 2). В Ростове Великом (1779) наблюдается еще большая концентрация: торговый центр и рядом стоящий кремль с собором занимают всю территорию старого города. Такой тип центра был принят для Калуги (1778) и Костромы (1781). Интересна планировка центра Симбирска (1780), в котором торговый центр образован кварталами вокруг круглой площади.

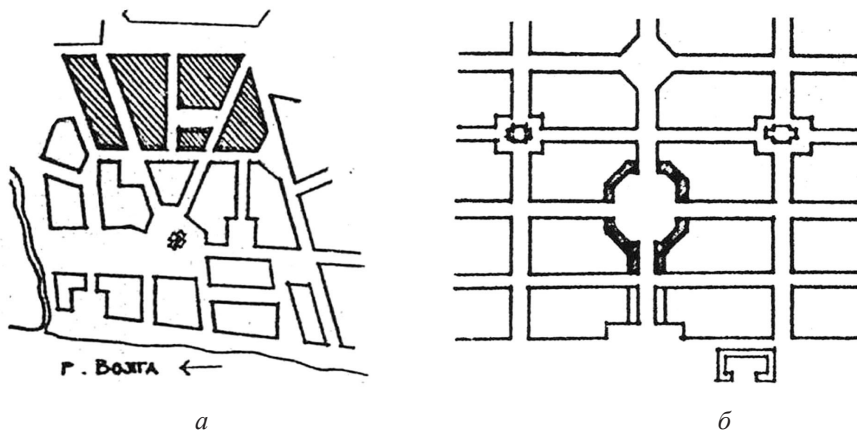


Рис. 2. Архитектурно-пространственные типы торговых центров: *а* – III тип: торговые кварталы, г. Ярославль, 1778 г.); *б* – IV тип: торговая площадь с лавками, г. Лихвин, 1779 г.; штриховкой выделены торговые кварталы и лавки

IV тип – это самостоятельная, предназначенная только для торговли площадь. Первые примеры таких площадей были созданы в Твери и Воронеже, но массовое использование в проектах они получили в 80-х гг. XVIII в. Как правило, главная и торговая площади располагаются на одной композиционной оси, составляющей основной стержень планировки города. Торговая площадь часто находится рядом с главной площадью, иногда переносится на окраину города и располагается у въезда. Такое положение показывают города Тульского наместничества (1779): Богородицк, Венев, Одоев и др. Интересные планировочные примеры взаимосвязи торговой и главной площадей показывает Козельск, в котором торговая площадь в три раза крупнее административной, и Лихвин, где создана восьмигранная площадь, как в Твери.

V тип – система торговых площадей. Подход к торговым площадям стал строго дифференцированным, и они стали подразделяться по виду продаваемых на них товаров: Сенная, Хлебная, площадь мелочной торговли, Дровяная и др. Примеры подобных центров показывают города Московской губернии (1784): Можайск, Волоколамск, Бронницы и др. Обилие площадей, располагавшихся у въездов в города, около главной площади, говорит о том, что они стали основными пространственными элементами городской структуры (рис. 3).

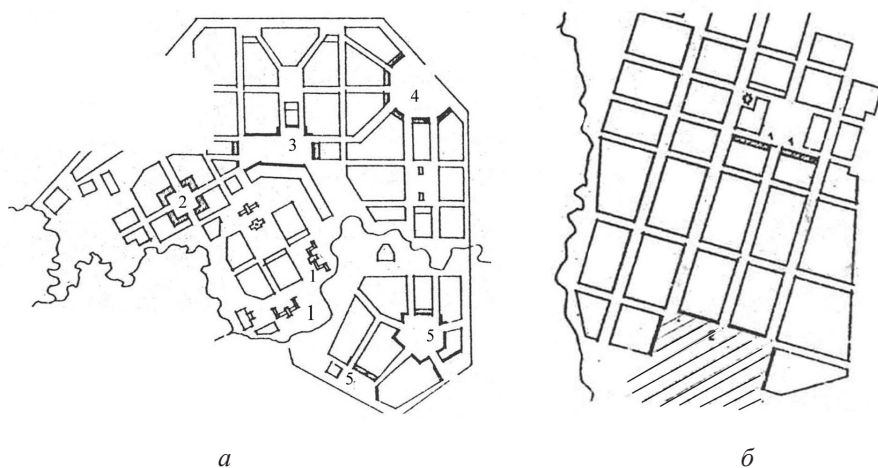


Рис. 3. Архитектурно-пространственные типы торговых центров: *а* – V тип: система торговых площадей, г. Волоколамск, 1784 г.: 1 – торговые склады, 2 – торговая площадь с лавками, 3 – Сенная площадь, 4 – Хлебная площадь, 5 – площади для мелочной торговли; *б* – VI тип – ярмарочная площадь, г. Короча, 1784 г.; штриховкой показана ярмарочная площадь

К VI типу относятся ярмарочные площади, появившиеся на завершающем этапе перепланировки городов II половины XVIII в. и получивших наибольшее развитие в первой половине XIX в. Они имеются на планах городов Курского и Пензенского наместничеств, в частности Корочи и Старого Оскола. Ярмарочные площади имеют более значительные размеры, чем обычные торговые площади, и достигают 40–50 га. Они, как правило, располагаются при въезде в город. На этих огромных пространствах проектируются крупные здания или многочисленные лавки [4]. В наиболее раннем примере выделения ярмарочной площади в Мещовске (1778) ярмарочная площадь размещается вне города на месте существовавшей ярмарки.

Таким образом, в 1760–1780-х гг. в Комиссии строений были разработаны планы большей части городов с формированием новых торговых центров. Автором выявлены шесть архитектурно-пространственных типов торговых центров, которые использовались в проектировании планов городов конца XVIII в., а также получили дальнейшее распространение в первой половине XIX в. При этом с середины 80-х гг. XVIII в. все эти типы использовались одновременно, даже иногда на примере одного города. Но общая прогрессирующая линия их развития проявляется в укрупнении размеров, увеличении количества торговых площадей и зданий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петербург и другие новые российские города XVIII – первой половины XIX веков / Н. Ф. Гуляницкий, Ю. Н. Герасимов, Н. А. Евсина и др. ; Рос. акад. архитектуры и строит. наук, НИИ теории архитектуры и градостроительства. – Москва : Стройиздат, 1995. – 404 с.
2. Шумилкин, С. М. Архитектурно-пространственное формирование Нижнего Новгорода XIII – начала XX вв. / С. М. Шумилкин, А. С. Шумилкин. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2010. – 213 с.



3. Шумилкин, С. М. Торговые центры европейской части России конца XVIII –первой половины XIX вв. / С. М. Шумилкин. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2012. – 227 с.

4. Шумилкин, С. М. Ярмарки в русском градостроительстве XVII–XIX веков / С. М. Шумилкин // Архитектурное наследство. – Москва, 2011. – Вып. 54. – С. 167–185.

**SHUMILKIN Sergey Mikhaylovich, doctor of architecture, professor, holder of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design**

## **ARCHITECTURAL-SPATIAL TYPES OF TRADE CENTERS OF RUSSIAN TOWNS OF THE LATE XVIII 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:* trade buildings, trade centers, typology.

---

*The article studies the process of formation of architectural-spatial types of trade centers of Russian towns of the late XVIII century.*

---

### REFERENCES

1. Gulyanitskiy N. F., Gerasimov Yu. N., Evsina N. A. Peterburg i drugie novye rossiyskie goroda XVIII – pervoy poloviny XIX vekov [Peterburg and other new Russian towns of the XVIII – early XIX centuries]. Ros. akad. arkhitektury i stroit. nauk, NII teorii arkhitektury i gradostroitelstva. Moscow, Stroyizdat, 1995, 404 p.

2. Shumilkin S. M., Shumilkin A. S. Prostranstvennoe formirovanie Nizhnego Novgoroda XIII – nachala XX vekov. [Architectural and spatial formation of Nizhny Novgorod in XIII – early XX centuries]. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2010. 213 p.

3. Shumilkin S.M. Torgovyie tsentry evropeyskoy chasti Rossii kontsa XVIII – pervoy poloviny XIX v. [Trade centers of the European part of Russia of late XVIII – early XIX centuries]. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2012. 227 p.

4. Shumilkin S.M. Yarmarki v russkom gradostroitelstve XVII–XIX v. [Fairs in Russia urban development of XVII–XIX centuries]. Arkhitekturnoe nasledstvo [Architectural heritage], № 54. Moscow, 2011. P. 167–185.

© С. М. Шумилкин, 2016

Получено: 12.09.2015 г.



УДК 72.03(470.317)

С. А. ПИЛЯК, зам. директора по развитию

## ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТОВОГО ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА КОСТРОМСКОГО РЕГИОНА

Областное государственное бюджетное учреждение культуры «Костромской архитектурно-этнографический и ландшафтный музей-заповедник «Костромская слобода»

Россия, 156004, г. Кострома, ул. Просвещения, 1Б. Тел.: (4942) 31-31-12;

факс: (4942) 31-28-23; эл. почта: s.pilyak@mail.ru

*Ключевые слова:* культовая архитектура, деревянное зодчество, региональные особенности.

---

*Рассмотрены три основные храмостроительные школы, отмеченные в развитии костромского деревянного зодчества. Проанализированы особенности объемно-пространственной композиции культовых зданий, являющиеся важной составляющей регионального своеобразия культового деревянного зодчества.*

---

Храм – наиболее значительное общественное сооружение в традиционной застройке населенных мест. И в русском деревянном зодчестве храмовая архитектура стала наиболее яркой страницей, в полной степени отразила эстетику народного творчества. Храмы как сооружения, преимущественно возводимые строительными артелями, часто становились своеобразными оттисками творческого почерка зодчего. Для сравнительно поздних памятников, датированных XVIII–XIX веками, составляющих основную массу сохранившихся объектов культовой архитектуры, является значительным влияние архитектурных стилей барокко и классицизма.

Редкость зафиксированных и тем более сохранившихся памятников культового деревянного зодчества России не позволяет подробно проследить зарождение местных архитектурных особенностей. Однако это не отменяет возможности выявления локальных архитектурных храмостроительных школ и черт собственного отдельным территориям архитектурного своеобразия, что и является одной из целей настоящего исследования.

Стоит отметить, что понятие архитектурной школы для памятников народного зодчества нуждается в уточнении. По отношению к культовой архитектуре академик В. П. Орфинский дал следующее определение архитектурной школы в деревянном зодчестве: «Храмостроительные школы – это творческие направления, связанные с общностью или преемственностью основных принципов формообразования и совокупностью устойчивых приемов решения конкретных архитектурно-конструктивных задач, локализованных на отдельных территориях» [1, с. 396]. Именно такого определения понятия необходимо придерживаться при выявлении местных архитектурных особенностей.

Основные региональные особенности традиционно связываются с объемно-пространственной композицией храмов. Во многом композиция здания создается его функциональным наполнением, решением его плана и составом помещений. Значительное влияние на композицию также оказывает уровень плотницких умений и распространенных узлов конструкций. Все это в целом создает как индивидуальные черты отдельных памятников, так и характерные особенности групп сооружений – традиции, локализованные во времени и пространстве. А. В. Ополовников отмечает: «Как известно, в разных географических (или эт-



нических) зонах страны народное зодчество обладает своими чисто местными особенностями, свойственными только этим зонам» [2, с. 163].

Поиски набора определенных черт, определяющих своеобразие костромского культового деревянного зодчества, уже к середине XX века привели к указанию на существование «костромской» школы. Авторы издания «Русское деревянное зодчество» делают следующий вывод: «Декоративный измельченный верх и приземистые пропорции основного восьмерика являются отличительными приемами костромской архитектурной школы» [3, с. 171]. Выдающийся исследователь и практик-реставратор А. В. Ополовников при работе с костромскими памятниками – церковью Собора Богородицы из села Холм, исследуя местные аналоги, пришел к следующему выводу, созвучному тезису С. Я. Забелло: «Есть черты сугубо регионально-костромской архитектурной школы и в Богородицкой церкви. Это – декоративный измельченный верх и массивные, приземистые пропорции основного восьмерика. Эти черты костромской школы ярко выражены в образах других географически близких к холмской церкви, например Никольской на Ноле и Георгиевской в Старо-Георгиевском» [4, с. 241].

Ключевым признаком, характеризующим «костромскую» школу, исследователи считают особую пропорцию в соотношении между массивным срубным основанием и гораздо более миниатюрным завершением. Венчание храма решается также в срубных конструкциях, и в плане близко стопе. Усиливает ощущение контраста между стопой и верхом пятиглавие, составленное из изящных луковичных главков. Тонкие округлые главки, создающие легкую игру теней, разительно отличаются от грузного основания, кажущегося высеченным из монолита. Лишь 3 памятника были отнесены к группе «костромской» церкви: Воскресенский храм в селе Старый Георгий, Николаевский в селе Березовец на Ноле, церковь Собора Богородицы в селе Холм. Опираясь на основные отличия, также к данной группе можно причислить церковь Владимирской иконы Божией Матери из села Починок. Увенчанный легким трехглавием, этот храм обладает массивным ярусным основанием.

В целом датировка храмов, причисленных к указанной традиции, находится в широком диапазоне – от 1552 до 1783 года. Возможно, это связано с бытованием традиции в более древний период. Следовательно, сохранившиеся или зафиксированные памятники могут представлять собой поздние памятники, отразившие распространение и постепенное угасание «костромской» традиции. Среди указанных памятников сохранился лишь один объект – церковь из села Холм. Разные исследователи датируют современное завершение храма XVI–XVIII веками [5–7].

Ориентируясь на ареал распространения традиции, включающий в себя Галичский и Солигаличский уезды Костромской губернии, можно присвоить выявленному типу название «галичского». В рамках настоящего исследования будет использоваться данное название. Указанная архитектурная особенность, характерная для северо-западной части Костромского региона, составляет часть архитектурного своеобразия региона.

Общие указания на «особый тип храма», распространенного в Костромском Поветлужье, оставили Е. В. Кудряшов и К. Г. Тороп [8]. Однако выявления школы, выделяющейся благодаря особым характерным чертам, вплоть до недавнего времени не было проведено. Анализ объемно-пространственной композиции вышеупомянутых храмов Поветлужья позволяет выявить следующие характерные особенности. В середине XVIII века на территории Среднего Поветлужья сформировался тип деревянного храма, выделяющийся по следующим призна-



кам: обширная трапезная с выделенными объемами северного и южного приделов; примыкающее с запада на полную ширину трапезной гульбище на консолях; башнеобразное ярусное завершение храмового четверика, достигающее в высоту 30–40 метров. Наиболее характерным является широкое распространение ярусных построек как в общем решении культовых сооружений (церквей и колоколен), так и отдельных деталей сооружения (купольных завершений четвериков, придельных храмов и алтарных апсид). Особенность была характерна на протяжении 1750–80-х годов на территории Среднего Поволжья, объединяющей Варнавинский и Ветлужский уезды Костромской губернии. Тип «ветлужского» храма является одной из составляющих архитектурного своеобразия Костромского культового деревянного зодчества.

Одним из самобытных субрегионов Костромского края является Костромское Поволжье. В настоящее время данная территория преимущественно входит в границы Ивановской области. Регион с развитой экономикой, Костромское Поволжье, объединяющее берега Волги от Костромы до Юрьевца, с давних времен было местом пересечения торговых путей, зоной взаимопроникновения культурных традиций. Общее указание на возможность выявления своеобразного типа культового деревянного здания оставил выдающийся исследователь русского деревянного зодчества А. В. Ополовников, имевший опыт графической реконструкции и реставрации клетских храмов Верхневолжья. Как отмечает исследователь, «есть архитектурно-конструктивные приемы, типичные для клетских церквей Ивановской области» [4, с. 241]. Среди рассмотренных А. В. Ополовниковым – храмы в городе Плесе, селах Иваново, Талицах, Билуково. Памятники имеют схожую объемную композицию. На примере талицкой церкви А. В. Ополовников развивает гипотезу о существовании особого типа клетской церкви [4, с. 241].

Тип клетской церкви Костромского Поволжья детализирует и выделяет группу церквей, построенных на территории, тяготеющей к Костроме. Распространение клетских храмов в Верхневолжье на протяжении длительного времени создало условия для разнообразия форм и местных подвидов. Своеобразие костромского зодчества заключается в том числе в местном типе.

Повсеместным для костромского типа клетского храма является применение подкупольных постаментов, характерное, впрочем, для всего Верхневолжья. В общем ареал распространения традиции включает в себя территории Нерехтского, Костромского и Галичского уездов. Отдельные памятники встречаются на территории Кинешемского и Юрьевецкого уездов. Территория ареала вытянута в двух направлениях: по течению Волги от Костромы до Кинешмы и по дороге на Галич. Временные рамки устойчивого распространения типа – первая половина XVIII века.

Тип костромской клетской церкви является одним из элементов, составляющих своеобразие костромской деревянной архитектуры, является региональной особенностью.

В целом можно отметить, что деревянное культовое зодчество Костромского региона имеет следующие характерные особенности объемно-пространственной композиции:

1. Деревянное культовое зодчество Костромского региона обладает определенным архитектурным своеобразием, заключающимся в ряде локальных храмо-строительных школ, географически тяготеющих к речным долинам и крупным городам;
2. Деревянное культовое зодчество Костромского региона испытало влияние архитектурных школ других регионов основных историко-культурных зон – Русского Севера и Центральной России;





3. Деревянные храмы Костромского региона имеют ряд индивидуальных особенностей, связанных с неоднородностью развития территорий региона.

Совокупность данных особенностей составляет важную часть архитектурного своеобразия региона. К общероссийским тенденциям, объединяющим всю территорию Центральной России, является идея ярусности, по-разному представленная практически в каждой костромской деревянной культовой постройке. Диапазон форм невероятно широк – от нескольких крупных рубленых ярусов, составляющих основу облика памятника и строящих его силуэт, до каркасных поздних решений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орфинский, В. П. Храмостроительные школы в народном деревянном зодчестве Русского Севера / В. П. Орфинский // Локальные традиции в народной культуре Русского Севера : материалы IV Междунар. науч. конф. «Рябининские чтения-2003». – Петрозаводск, 2003.
2. Ополовников, А. В. Реставрация памятников народного зодчества / А. В. Ополовников. – Москва : Стройиздат, 1974. – 391 с.
3. Забелло, С. Я. Русское деревянное зодчество / С. Я. Забелло, В. Н. Иванов, П. Н. Максимов. – Москва : Изд-во Акад. архитектуры СССР, 1942. – 74 с. : ил.
4. Ополовников, А. В. Русское деревянное зодчество / А. В. Ополовников. – Москва : Искусство, 1986. – 311 с.
5. Агафонов, С. Л. Некоторые исчезнувшие типы древнерусских деревянных построек / С. Л. Агафонов // Архитектурное наследство. – Москва, 1952. – Вып. 2. – С. 173–186.
6. Уткин, С. А. Церковь Собора Богородицы из села Холм Галичского района / С. А. Уткин // Костромская слобода. – Кострома, 2015. – № 1. – С. 7–10.
7. Москалева, Л. В. «... И совершиша церковь ... велми чудну ...» / Л. В. Москалева // Материалы и исследования : сб. ст. – Кострома, 2010. – С. 5–47.
8. Учетная документация по объекту культурного наследия федерального значения «Часовня, XVIII в., перевезена из деревни Притыкино Шарьинского района» // Архив Департамента культуры Костромской области.

**PILYAK Sergey Aleksandrovich, deputy director for development**

#### SPATIAL FEATURES OF THE CULT WOODEN ARCHITECTURE OF THE KOSTROMA REGION

Regional state budgetary institution of culture «Kostroma architectural-ethnographic and landscape museum-reserve «Kostromskaya Sloboda»

1B, Prosvescheniya St., Kostroma, 156004, Russia. Tel.: +7 (4942) 31-31-12;

fax: +7(4942) 31-28-23; e-mail: s.pilyak@mail.ru

*Key words:* cult architecture, wooden architecture, regional features.

---

*The article considers three main cult styles noted in the development of the Kostroma wooden architecture. Features of spatial composition of religious buildings, being an important component of the regional identity of the cult wooden architecture are analyzed.*

---

#### REFERENCES

1. Orfinskiy V. P. Khramostroitelnye shkoly v narodnom derevyannom zodchestve Russkogo Severa [Cult styles of folk wooden architecture of the Russian North]. Lokalnye traditsii v narodnoy kulture Russkogo Severa (Materialy IV Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Ryabininskie chteniya-2003») [Local traditions in folk culture of the Russian



North (Proceedings of the IV International scientific conference «Ryabininskie chteniya-2003»)]. Petrozavodsk, 2003.

2. Opolovnikov A. V. *Restavratsiya pamyatnikov narodnogo zodchestva* [Restoration of monuments of folk architecture]. Moscow. Stroyizdat, 1974. 391 p.

3. Zabello S. Ya., Ivanov V. N., Maksimov P. N. *Russkoe derevyannoe zodchestvo* [Russian wooden architecture]. Moscow. Izd-vo Akad. arkhitektury SSSR, 1942. 74 p., il.

4. Opolovnikov A. V. *Russkoe derevyannoe zodchestvo* [Russian wooden architecture]. Moscow. Iskusstvo, 1986. 311 p.

5. Agafonov S. L. *Nekotorye ischeznuvshie tipy drevnerusskikh derevyannykh postroek* [Some vanished types of ancient wooden buildings]. *Arkhiturnoe nasledstvo. Vypusk 2* [Architectural heritage. Issue 2]. Moscow. Gosudarstvennoe izdatelstvo literatury po stroitelstvu i arkhiturne, 1952. P. 173–186.

6. Utkin S. A. *Tserkov Sobora Bogoroditsy iz sela Kholm Galichskogo rayona* [The Church of the Our Lady Cathedral of the Kholm village of Galich district]. *Khudozhestvenno-etnograficheskiy zhurnal «Kostromskaya sloboda»* [Art-ethnographic journal «Kostromskaya sloboda»]. Kostroma: Izdatelskiy proekt Kostromskogo arkhiturno-etnograficheskogo i landshaftnogo muzeya-zapovednika «Kostromskaya sloboda», 2015. № 1. P. 7–10.

7. Moskal'yova L. V. «... I sovershisha tserkov ... velmi chudnu ...» [...maked the church... very wonderful ...]. *Materialy i issledovaniya. Sbornik statey* [Materials and researches. Selected articles]. Kostroma: Kostromskoy arkhiturno-etnograficheskiy i landshaftny muzey-zapovednik «Kostromskaya sloboda», 2010. P. 5-47.

8. *Uchyotnaya dokumentatsiya po ob'ektu kulturnogo naslediya federalnogo znacheniya «Chasovnya, XVIII v., perevezena iz derevni Pritykino Shar'inskogo rayona»* [Registration documentation of the cultural heritage object of Federal value «Chapel, XVIII century, moved from the village of Pritykino of Sharya district»]. Arkhiv Departamenta kultury Kostromskoy oblasti.

© С. А. Пиляк, 2016

Получено: 12.09.2015 г.



УДК 72.03

**А. А. ХУДИН, канд. арх., доц. кафедры архитектурного проектирования**

## **АРХИТЕКТУРА МАЙКЛА ГРЕЙВСА В АСПЕКТЕ ПОСТМОДЕРНИЗМА**

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;

факс: (831) 430-19-36; эл. почта: hoodin-alex@rambler.ru

*Ключевые слова:* постмодернизм, стилистические особенности, постмодернистский классицизм, контекстуализм.

---

*В статье анализируются произведения постмодернизма второй половины XX – начала XXI века в творчестве всемирно известного американского архитектора М. Грейвса. Анализ позволил выявить особенности авторского стиля мастера, работавшего в рамках западного постмодернизма, которые демонстрируют стремление мастера создавать новую архитектуру на стыке традиций и новаторства. Архитектура М. Грейвса обладает концептуальным разнообразием и яркой художественной выразительностью в зависимости от конкретной задачи и конкретного места.*

---

Среди лидеров зарубежной архитектуры второй половины XX – начала XXI века особое место занимает американский архитектор Майкл Грейвс (1934–2015 гг.) (рис. 1 цв. вклейки). Его творчество столь же широко и многообразно, как и сам термин «постмодернизм», который до сих пор не имеет однозначного определения и трактуется как многополярное явление, противостоящее модернизму с его штампами и ограничениями. На волне протеста против догм функционализма в США во второй половине XX века целый ряд архитекторов стали вести активные морфологические эксперименты в архитектурной практике, символизируя уход в индивидуальную авторскую архитектуру. Они стремились не порвать с многовековыми традициями и в то же время остаться в рамках современной архитектуры.

Майкл Грейвс в своем творчестве был всегда самостоятелен и смел в своих формально-композиционных поисках. Здания по его проектам построены во многих городах мира: Нью-Йорке, Вашингтоне, Атланте, Филадельфии, Лос-Анджелесе, Портленде, Цинциннати, Питтсбурге, Токио, Фукуоке, Риме, Брюсселе, Лондоне, Амстердаме, Гааге, Антверпене, Каире и др. Майкл Грейвс имел около сотни международных наград, удостоен Национальной Медали Искусств (1999 г.) и Золотой медали Американского института архитекторов (2001 г.).

Образование он получил сначала в университете Цинциннати (степень бакалавра), затем в университете Гарварда (степень магистра). После двухлетнего обучения в Американской академии в Риме приехал в Принстон, где в 1964 году организовал проектное бюро «Майкл Грейвс и Партнеры», которое создавало разнообразные дизайн-проекты во всем мире. Впоследствии М. Грейвс занялся преподаванием, стал заслуженным профессором архитектуры в Принстонском университете, где преподавал почти 40 лет. Начало его творческого пути было связано с модернизмом. Известно, что он входил в «Нью-Йоркскую пятерку», увлекавшуюся творчеством Ле Корбюзье (Ричард Мейер, Питер Эйзенман, Майкл Грейвс, Чарльз Гуотми, Джон Хейдук), провозгласившими себя авангардистами. Но широкое признание архитектор получил за свои последующие постмодернистские произведения, среди которых необходимо выделить следующие:

- **Центральная библиотека Beatley (Ч. Э. Битли) в Александрии, штат Вирджиния (1996 г.)** (рис. 2 цв. вклейки) представляет собой здание, состоящее из ряда блоков, соединенных между собой. Они выполнены из красного кирпича и завершены высокими крышами складчатой формы. Выразительная линия остроконечных крыш имеет ссылки на историческую архитектуру и демонстрирует поразительное сходство с аналогичными ориентирами в городе. В результате именно силуэт библиотеки символизирует первый шаг к взаимодействию с особенностями городской среды и формирует новый общественный центр в западной части Александрии. Символы из окружающей среды – неперенный знак обращения к традиции места в произведениях М. Грейвса. Так, обращение к неоклассике в данном архитектурном объекте происходит в виде применения осовремененных приставных портиков, круглой ротонды с плоскими навесами входа, а также широкого горизонтального руста, равномерно членящего поверхность стен.

- **Министерство здравоохранения в Гааге, Нидерланды (1998 г.)** (рис. 3 цв. вклейки) представляет собой ряд разновысотных зданий, которые формируют замкнутый по периметру квартал. Доминирующая роль среди них принадлежит небоскрегам. Тема башен-близнецов с высокими щипцовыми кровлями предложена автором в постмодернистской трактовке. Они разделены узкими выступающими коммуникационными объемами. Многоэтажные красного цвета башни имеют одинаковые прямоугольные оконные проемы с решетчатой белой сеткой переплетов. Основание башен имеет горизонтальный характер оконных проемов, что создает четкий разнообразный графический рисунок фасадов. Этой теме отвечает и остросюжетный скошенный силуэт соседнего высотного здания, входящего в комплекс, фасады которого представляют белую решетчатую поверхность. В данном примере вновь возникают ассоциации со щипцовыми традиционными голландскими кровлями исторических зданий. Не меньший интерес представляют фасады трех ступенчатых красных многоэтажных корпусов комплекса, на которых ось симметрии подчеркнута белой решетчатой темой, напоминающей силуэт готических соборов. Их современная архитектура также диалогична с историей.

Тема символических портиков присутствует в ряде различных построек мастера. Примером может служить:

- **Главное управление международной компании «Miele» (электроприборы) в Принстоне (1996 г.)** (рис. 4 цв. вклейки). Здание включает в свой состав офисы для служащих, демонстрационные залы для продукции, комнаты для собраний и помещения для обслуживания клиентов. Центральный входной павильон увенчан большеразмерным названием компании и служит светящимся ориентиром на главном шоссе в ночное время. Яркая раскраска фасадов также подчеркивает уникальность компании. Высокий шестиколонный портик из круглых металлических темно-серых колонн несет достаточно мощный профилированный карниз входного блока на фоне горизонтального желтого глухого корпуса, за которым, словно за забором, возвышается красный объем здания с большими оконными проемами. Со стороны главного фасада автор создал простую классическую ступенчатую композицию здания с четко выраженной осью симметрии.

- **Институт в Нью-Джерси (2002 г.)** (рис. 5 цв. вклейки). Пятиэтажное здание имеет главный протяженный фасад, который членится шестью слегка выступающими одинаковыми ризалитами с двумя световыми осями, которые в верхней части имеют завершения в виде четырехпилястровых портиков, напоминающих

**К СТАТЬЕ А. А. ХУДИНА  
«АРХИТЕКТУРА МАЙКЛА ГРЕЙВСА В АСПЕКТЕ ПОСТМОДЕРНИЗМА»**

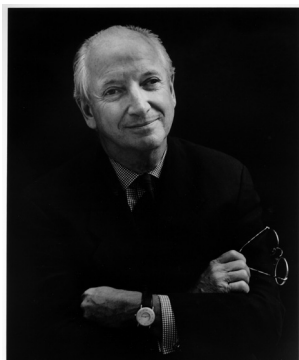


Рис. 1. Архитектор М. Грейвс  
(1934–2015)



Рис. 2. Библиотека Битли в Вирджинии, 1996 г.



Рис. 3. Министерский квартал  
в Гааге, 1998 г.



Рис. 4. Управление компании  
«Miele» в Принстоне, 1996 г.



Рис. 5. Институт в Нью-Джерси,  
2002 г.



Рис. 6. Винодельня «Клос-Пегас»  
в Калифорнии, 1987 г.



Рис. 7. Школа архитектуры  
М. Грейвса в Нью-Джерси, 2014 г.



Рис. 8. Школа Св. Колетты в Вашингтоне



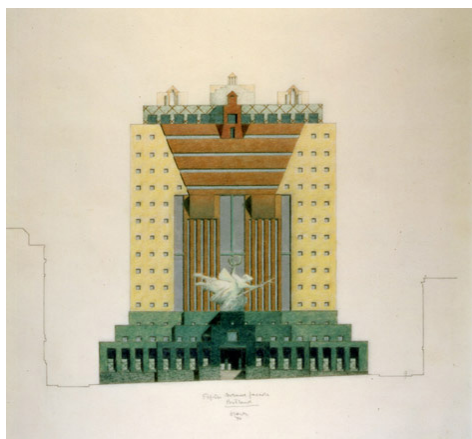


*a*



*б*

Рис. 9. Центральная библиотека в Денвере:  
*a* – эскиз автора; *б* – фото

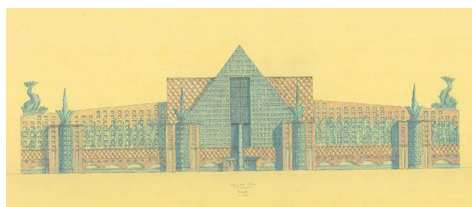


*a*



*б*

Рис. 10. Здание Государственных служб в Портленде, 1983 г.:  
*a* – эскиз автора; *б* – фото



*a*



*б*

Рис. 11. Гостиничный комплекс центра Уолта Диснея в Орландо, 1988 г.:  
*a* – эскиз автора; *б* – фото



*a*



*б*

Рис. 11. Гостиничный комплекс центра Уолта Диснея в Орландо, 1988 г.:  
*a* – эскиз автора; *б* – фото





«гребенку». Ризалиты расположены по обе стороны от центрального широкого ризалита в пять световых осей, перед которым на всю высоту поднимается охристого цвета постмодернистский портик, состоящий из трех пар круглых тонких колонн, стоящих на одноэтажном пьедестале с четырьмя прямоугольными входами. Серый цвет фасадной плоскости становится нейтральным фоном для наложенных на нее розовых «ризалитов». Темно-красный цвет имеют центральный ризалит и венчающая часть боковых ризалитов. Пятиэтажный блок торцом присоединен к семиэтажному, на который переходит тема розовых ризалитов в четыре этажа, а над ними вырастают еще три этажа серых блоков, на которые наложена сетка из прямоугольников, продолжающих вариацию на тему «гребенки». Торцы семиэтажного корпуса также украшены приставными желтыми четырехколонными портиками на высоту в пять этажей, что позволяет причислить объект к вариации постмодернистского неоклассицизма.

- **Загородная резиденция винодельни «Клос-Пегас» в Калифорнии (1987 г.)** (рис. 6 цв. вклейки). Архитектура винодельни адаптирована к образам сельских построек. Но, несмотря на камерный масштаб сооружения, архитектор наделяет его чертами монументальности и даже репрезентативности. Этому эффекту способствуют симметрия, наличие ряда мощных круглых колонн, преувеличенный размер входного портика. Необычно широкий пологий треугольный фронтон, интерпретированный автором в данном примере, навевает воспоминания о классике. Симметрию подчеркивают и расположенные по обеим сторонам от центрального объема флигели с поднимающимися вверх на торцах каминными конусообразными трубами. Горизонтальный строй загородного комплекса позволяет ему органично вписаться в природное окружение.

- **Школа архитектуры М. Грейвса в Нью-Джерси (2014 г.)** (рис. 7 цв. вклейки) Все ее фасады симметричны и запроектированы как ряд квадратных модулей разной величины. Главный фасад членится по вертикали и горизонтали на три части. Ось симметрии подчеркнута двумя боковыми ризалитами и выступающим кубиком входного блока, над которым возвышается объем небольшого цилиндра. Центральная заглубленная светло-желтая плоскость фасада перфорирована мелкими квадратными окнами, на ней изображена тема крупной кирпичной кладки. Над ней на кровле поднимается вертикаль большого цилиндра с арочным окном у основания. Первый этаж здания также окрашен в желтый цвет. В боковых ризалитах первого этажа имеются узкие прорезы вертикальных окон, которые создают впечатление шестиколонных портиков. Над ними ризалиты выполнены в красном кирпиче. По оси каждого ризалита расположено огромное окно-квадрат, обрамленное желтой рамкой-наличником. Его по периметру окружают мелкие квадратики окон. Верхний этаж над каждым ризалитом перекрыт полуцилиндром, в котором на главный фасад выходит большое арочное окно. Красные переплеты окон объединяют все этажи. Своеобразные заявленные темы переходят и на другие фасады.

- **Школа Святой Колетты в Вашингтоне (2001–2006 гг.)** (рис. 8 цв. вклейки) предназначена для учащихся с ограниченными возможностями (детей-аутистов). Комплекс отличаются характерные членения, как в плане, так и во внешнем облике здания. Композиция набрана из простых разноцветных геометрических объемов. На фасадах прочтываются геометрические фигуры: треугольник, квадрат, флажок, овал, которые дополнены квадратными окнами в белых наличниках-рамках. В объеме они становятся пирамидой, кубом, цилиндром на сером основании-цоколе. Вертикаль изумрудного цилиндра, расположенного



на углу, имеет белый выступающий козырек-навес над входом, поддерживаемый одинокой колонной. Рельефная каменная кладка придает фактуру объемам, а на боковом фасаде переходит в тему рисунка крупного квадратного руста. Симметрия возникает и на боковом фасаде, где ось подчеркнута аркой входа, а по бокам располагаются блоки с треугольным пилообразным завершением, напоминая абрис классических фронтонов. Простенки окон первого этажа с рисунком квадратного руста создают впечатление колоннады. Неоклассицистические постройки в условно упрощенном исполнении похожи на блокированные традиционные домики под скатными крышами, они объединены по три и разделены раскреповками в виде заглаблений с входами. Г-образный в плане комплекс напоминает одновременно и детские цветные кубики, и корреспондирует к знакомым образам жилой архитектуры, создавая ряд по-разному обыгранных фасадов.

• **Пространственное решение Центральной библиотеки в Денвере** (1990 г.) (рис. 9 цв. вклейки) состоит из серии разнообразных геометрических объемов, наполненных разным функциональным содержанием, но при этом такой прием позволяет утверждать, что все они части одной большой композиции. Ротонда на южном фасаде содержит в себе специальные коллекции документов по истории американского Запада, поэтому в венчающую часть ее включены деревянные балочные конструкции, характерные для большинства исторических построек. Этот знак указывает на глубокие исторические корни данного места, данного города.

На фоне окружающих здание в настоящее время небоскребов-параллелепипедов оно представляет собой многообъемную композицию из разновысоких объемов, соединяющую в себе симметрию в своей центральной части и живописную асимметрию из объемов в целом, подчеркнутую башней с активным силуэтом в виде шатра-пирамиды. Такое решение не противоречит разновременному окружению, привлекая внимание своим многообразием форм и деталей.

• **Кубический объем здания Государственных служб в Портленде** (1983 г.) массивен и статичен (рис. 10 цв. вклейки). Статику подчеркивает классицистическая тема портала-арки, крупные детали: нарисованный гигантский замковый камень, расположенный по оси симметрии «триумфальной арки». Тема канелированных пиластр также присутствует в вертикальных членениях фасадов, восходя к стилю ар-деко. Суперграфика часто присутствует в постмодернистских объектах М. Грейвса, внося изобразительное графическое начало в образное и стилистическое решение.

• **Гостиничный комплекс центра Уолта Диснея в Орlando** (1988 г.) (рис. 11 цв. вклейки) расположен в парке и состоит из двух отелей: «Дельфин» и «Лебедь». Их отличает высокая степень декоративности в духе и характере Диснейленда, что приводит к созданию архитектуры на грани с китчем [1, с. 269]. В решении фасадов отеля «Дельфин» автор использует суперграфику, создавая разновидность постмодернизма – популистскую архитектуру. Цвет и тематические скульптурные детали корреспондируют с назначением развлекательно-досугового комплекса, с его сказочной, театрализованной атмосферой. Симметричные фасады дополнены гигантскими скульптурными элементами.

• **Отель «Майкл» в Сентосе, Сингапур** (2006 г.) (рис. 12 цв. вклейки) включает в свой состав два основных здания. Первое – в виде протяженного жилого девятиэтажного корпуса, разделенного на семь ризалитов. Его фронтальная композиция фасадов строится на чередовании ризалитов с круглыми окнами-иллюминаторами и с квадратными. Основное внимание архитектор уделяет не-



обычному решению венчающей «мансардной» многоэтажной части здания в виде чередующихся пяти- и семиэтажных изумрудных по цвету параболических оболочек, напоминающих гигантские морские волны. Их фронтальные поверхности закрыты солнцезащитной решетчатой структурой. Второе – жилой корпус в виде цилиндра имеет в завершении центрично расположенный купол вытянутой формы, состоящий из изумрудных по цвету ребер конструкции, в основании которых расположены оболочки, обрамляющие арки стрельчатой формы. Этот комплекс характеризуется постмодернистской зрелищностью и развлекательностью. Здесь криволинейные поверхности, образующие выразительный силуэт, противостоят жестким геометрическим основаниям и придают зданиям вид огромной архитектурной скульптуры, пронизанной экспрессией и энергией фантазии архитектора.

### **Особенности архитектурного стиля М. Грейвса**

Исследователи творчества М. Грейвса отмечают его глубокую связь с классической архитектурой. Если в раннем творчестве он тяготел к метафорам Ле Корбюзье и кубизму, то в последующие десятилетия он присоединяется к протесту против однообразия в современной архитектуре. Время, проведенное им в Риме, повлияло на дальнейшие творческие поиски [2]. В качестве генератора архитектурной формы М. Грейвс обычно использует архитектурную концепцию, направленную на решение конкретных задач. Он противник цитат из истории и откровенных стилизаций. От модернизма он сохранил в своем творчестве оперирование простейшими абстрактными объемами, а в широком веере постмодернистских направлений ему близок постмодернистский неоклассицизм и ассоциативный контекстуализм.

Особенность персонального стиля и почерка мастера – колебания между интерпретацией классики и современностью, историческим окружением и ассоциативной символикой. Приемы коллажа различных форм показывают профессионализм мастера. Для М. Грейвса характерно виртуозное владение средствами композиции. Его творчество отличает создание зданий-комплексов, состоящих из ряда самостоятельных объемов, частей, соединенных рукой мастера в единое целое. В этом несомненное влияние модернистских корней, и в то же время их пространственная композиция всегда глубоко индивидуальна, творчески осмысленна и лишь пронизана духом историзма. При всей живописности комплексов внутри них одновременно живут свободная асимметрия и симметрия, которые собирают разные по аранжировке объемы в целостный постмодернистский конгломерат взаимодействующих между собой форм. Его здания удачно вписываются то в природный, то в урбанистический контекст, но не растворяются в нем, а всегда достаточно громко заявляют о своей яркой индивидуальности.

Прообразы и элементы классики, такие как портики, фронтоны, арки, подиумы, карнизы, присутствуют в его объектах, но они не заимствованы напрямую из истории, они интерпретированы как символы прошлого, осовременены и упрощены, для того чтобы не быть диссонирующими при участии в создании настоящего, современного. «...Возвращение классических форм в практику отражает и глубокое разочарование архитекторов Запада в новаторстве, даже в чисто формальной области» [3, с. 80]. Традиции места всегда зримо присутствуют в его собственной трактовке. Артистическая комбинаторика архитектурных объемов и масс показывает изобретательность архитектора. Эстетические мотивы разнообразны и всегда соответствуют содержанию и назначению здания: от сказочно-игривого коллажа в сооружениях для компании У. Диснея до строгих административных и учебных зданий. Цвет присутствует всегда, но он достаточно сдержан.



Колористика активна, но не агрессивна и не резко контрастна, как например, у А. Росси. Цвет – излюбленное средство архитектора, которое помогает противостоять обыденности и серости, придает его постройкам сдержанную театрализованность, зрелищность и привлекательность. Единение прошлого и настоящего позволяет автору вводить акценты, которые отличаются элегантностью и интеллектуальной выразительностью. Здания всегда грамотно пропорционированы, жесткость геометрии кубических объемов зачастую смягчена введением мягких скульптурных элементов и объемов. В них прослеживается и скульптурная экспрессия, и строгая функциональность, которые всегда дополняют друг друга. В его зданиях всегда есть акцент, всегда – свой собственный запоминающийся силуэт. Монументальность не тяжеловесна, компоновка различных по силуэтам объемов эффектна и подчинена авторскому замыслу. М. Грейвс не отвергает современную архитектуру, он базируется на ней, он не стремится и к возрождению исторических форм, а идет по пути создания новой, запоминающейся выразительной архитектуры, адаптированной к тому или иному контексту.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иконников, А. В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. Т. II / А. В. Иконников. – Москва : Прогресс-Традиция, 2002. – 672 с.
2. Michael Graves. Idee e progetti 1981–1991, catalogo della mostra, Electa. – Milano 1991.
3. Хайт, В. Л. Классицизм и постмодернизм / В. Л. Хайт // Архитектура Запада-4 : Модернизм и постмодернизм. Критика концепций – Москва, 1986.

**KHUDIN Aleksey Aleksandrovich, candidate of architecture, associate professor of the chair of architectural design**

#### MICHAEL GRAVES ARCHITECTURE IN POSTMODERNISM ASPECT

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia Tel.: +7 (831) 430-17-83;  
fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: hoodin-alex@rambler.ru  
*Key words:* postmodernism, stylistic features, post-modern classicism, contextualism

---

*The article examines architecture of post-modernism of the second half of the XX century – early XXI century in the works of world-known American architect M. Graves. The analysis reveals a particular author's style, that of the master who worked in the western postmodernism, which demonstrate his desire to create new architecture at the junction of traditions and innovations. The architecture by M. Graves has conceptual diversity and vibrant artistic expression, depending on specific tasks and specific location.*

---

#### REFERENCES

1. Ikonnikov, A. V. Arkhitektura XX veka. Utopii i realnost. T. II [Architecture of the XX century. Utopia and reality, vol. II]. Moscow, Progress-Tradition, 2002, 672 p.
2. Michael Graves. Idee e progetti 1981–1991, catalogo della mostra, Electa, Milano 1991.
3. Hite, V. L. Klassitsizm i postmodernizm /Arkhitektura Zapada-4: Modernizm i postmodernizm. Kritika kontseptsii [Classicism and Postmodernism / Western Architecture-4: Modernism and postmodernism. Criticism of ideas]. Moscow, Stroyizdat, 1986.

© А. А. Худин, 2016

Получено: 16.01.2016 г.



УДК 72.01+72.036

Е. С. ЖДАНОВ, аспирант, асс. кафедры архитектурного проектирования

### СФЕРА В АРХИТЕКТУРНОМ ФОРМООБРАЗОВАНИИ XX–XXI ВВ.

ФГБОУ ВПО «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:* архитектура советского авангарда, архитектурная концепция, формообразование, сфера, первоформа, модернизм, зеркальная архитектура, хай-тек.

---

*Анализируются концепции архитектурного формообразования XX в., возникшие в эпоху авангарда и затрагивающие проблему использования простых геометрических форм. Их развитие прослежено на примере применения формы сферы в известных проектах XX и XXI вв. в России и за рубежом.*

---

После длительного периода историзма в архитектуре начала XX века появляется тенденция к упрощению и лаконичности средств формообразования. Рационалистическое движение, возникшее как реакция на предшествующий период эклектики, ставило перед собой задачу формирования нового архитектурного формообразования, отвечающего современным достижениям науки и техники. Поиски новой выразительности велись в направлении выявления и подчеркивания функциональной и конструктивной составляющих формообразования. Появление новых строительных материалов и конструкций, таких как стальной каркас и железобетон, открывало перед проектировщиками новые возможности формообразования и повлияло на становление нового понимания эстетики в архитектуре как адекватного выражения функции и тектоники строения.

Хотя рационалистические тенденции в мировой архитектуре начали проявляться с конца XIX века, как целостное явление архитектура модернизма сформировалась в 1920-х гг. В это время возникли главные центры новой архитектуры во Франции, Германии, Нидерландах и Советском Союзе. Здесь, помимо практического проектирования, активно шла разработка теоретических основ современной архитектуры и создание экспериментальных проектов, в наиболее чистой форме выражающих идеи новой архитектуры.

Пожалуй, главной общей чертой архитектурных школ в рассматриваемых странах стало стремление к простой геометрической форме, лишенной исторического декоративизма как выражению принципов рационализма и экономии.

В статьях лидеров и теоретиков авангардной архитектуры этих лет уделяется большое внимание вопросам архитектурного формообразования. Лидер движения во Франции Ле Корбюзье в статье «Новый дух в архитектуре» заявлял, что облик простейших геометрических форм (куб, конус, шар, цилиндр или пирамида) «представляется нам четким, осязаемым и недвусмысленным» благодаря тому, что легко воспринимается на свету [1, с. 237].

В. Гроппиус – лидер германского функционализма, учредитель Баухауса, делал акцент на экономическую составляющую формообразования и настаивал на функциональной обусловленности формы и на «ограничении типичными основными формами» [1, с. 333].

Его сподвижник Л. Мис ван дер Роэ, полагая, что «истинная форма предполагает истинную жизнь» [1, с. 372], пришел к выводу, что жизнь современного человека должна быть облачена в чистые геометрические формы.

Аналогичные идеи мы находим и в архитектуре советского авангарда, главной отличительной чертой которого стала ведущая роль новаторских течений в искусстве: супрематизме и конструктивизме. Оба стилистических направления объединяло социально-реформистское начало, а также стремление выявить «корни формообразования», геометрические «первоформы», лишённые культурных наслоений. В определенный момент в своих поисках они выходят к архитектуре, в которой видят идеальное поле для воплощения своих жизнестроительных концепций [2].

Позже в теоретических трудах лидеров ведущих направлений архитектурного авангарда мы встречаем аналогичное стремление к упрощению и лаконичности форм в архитектуре. Обращение к «первоформам» в архитектуре теперь оправдывается также и соображениями экономии, как это уже было рассмотрено на примере зарубежной архитектуры. Современные здания не только «должны быть чистыми конструкциями без балласта изобразительности», как пишет в своем «Кредо» А. Веснин, но и строиться «по принципу экономии при максимуме действия» [3, с. 14]. Впервые советскими теоретиками архитектуры было введено понятие «экономия психической энергии», которое подразумевает легкость восприятия «пространственных и функциональных свойств сооружения» [4, с. 347–348]. Данная концепция встречается в работах и конструктивистов (М. Гинзбург) [5, с. 72–73], и рационалистов (Н. Ладовский), что роднит эти направления, несмотря на их острое противостояние на протяжении всего рассматриваемого периода.

Влияние архитектурных концепций авангарда 1920–1930-х гг. и стремление к использованию простых геометрических форм мы видим в работах ведущих мировых архитекторов в XX–XXI вв.

Наглядно эту преемственность можно проследить на примере использования в проектах и архитектурных композициях конкретного геометрического тела, например сферы. Было бы неверным утверждать, что до XX века данная форма не встречалась в архитектуре. Пример тому – дом садовника (рис. 1 цв. вклейки) в идеальном городе Шо архитектора К. Н. Леду (1804 г.). Однако в данном случае еще рано говорить о реальном архитектурном проектировании, здесь речь идет лишь о прожектерстве, полете фантазии.

Но это уже не относится к всемирно известному проекту Института Ленина в Москве (рис. 2 цв. вклейки) арх. И. И. Леонидова (1927 г.), в чьих работах мы можем видеть наиболее артистичное и смелое использование элементарных геометрических тел: параллелепипедов, пирамид, шаров и их сочетаний – не имевшее аналогов в зарубежной архитектуре в те годы. Автор запроектировал аудиторию в форме сферы, подвешенной над землей на ажурных металлических конструкциях. Верхняя часть сферы остеклена, а нижняя представляет собой амфитеатр. Объем аудитории композиционно увязан с вертикальным параллелепипедом книгохранилища. Вопреки обвинениям в утопичности и неоправданности применения данной формы, И. И. Леонидов опирался на достижения современной техники и новых конструкций, а примеры последующих десятилетий доказали реальность воплощения проекта. Проект отражает такую особенность творчества автора, как стремление к выявлению художественных возможностей предельно лаконичной формы здания. При этом важно заметить также, что Леонидов делал



**К СТАТЬЕ Е. С. ЖДАНОВА  
«СФЕРА В АРХИТЕКТУРНОМ ФОРМООБРАЗОВАНИИ XX–XXI ВВ.»**



Рис. 1. К. Н. Леду.  
Дом садовника.  
Идеальный город Шо, 1804 г.

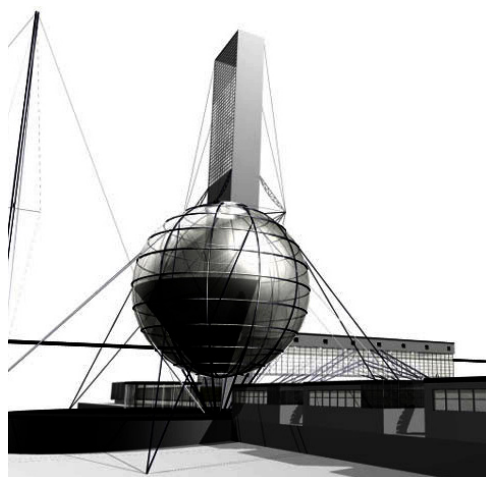


Рис. 2. Проект Института Ленина  
в Москве на Ленинских горах, 1927 г.



Рис. 3. П. Биркенхольц.  
Кегельхаус (Круглый дом) – выставочные залы Технического университета. Дрезден. Германия, 1928 г.



Рис. 4. Р. Б. Фуллер.  
Павильон США  
на ЭКСПО-67 в Монреале

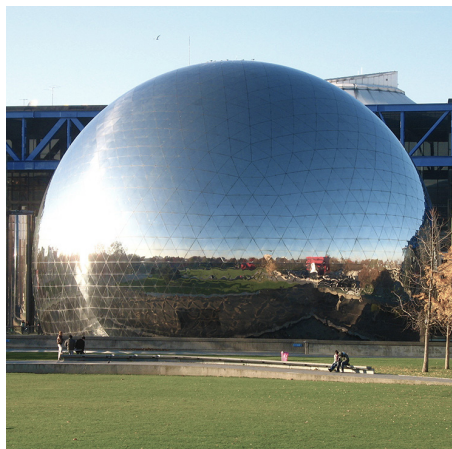


Рис. 5. А. Фансильбер, Ж. Шамаю.  
Кинотеатр Жеод  
в парке Ля-Вилетт.  
Париж, Франция,  
1985 г.

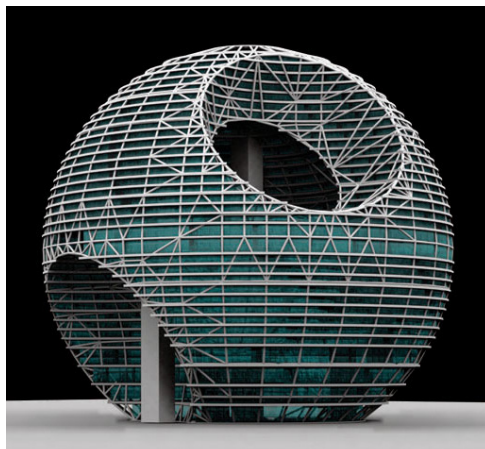


Рис. 6. Р. Колхас, Р. де Граф.  
Центр выставок и конгрессов RAK  
для эмирата Рас-Эль-Хайма,  
2007 г.



Рис. 7. SC M&C Strategy Development.  
Павильон Румынии на ЭКСПО-2010.  
Шанхай.



Рис. 8. Проект музея Мирового океана  
в Калининграде, 2011 г., арх. мастерская  
О. С. Романова



главный акцент на последние достижения техники и на максимальные возможности конструкций [6, с. 472–474].

Как мы видим далее, эти тенденции, начало которым было положено советским архитектурным авангардом, имели место и в последующие годы в отечественной и зарубежной архитектуре.

Наиболее ранним примером шарообразного здания является Кегельхаус («Круглый дом») – выставочные залы Технического университета в Дрездене, – построенный по проекту архитектора П. Биркенхольца в 1928 г. (рис. 3 цв. вклейки). Использование новаторской формы в сочетании с новыми возможностями строительных конструкций и материалов выражало одновременно гармонию и динамику. Тем не менее здание в виде достаточно непривычной для своего времени формы выглядит более традиционным за счет использования матрицы из привычных рядов прямоугольных проемов, только «растянутой» на сферу, что не позволяло в полной мере использовать преимущества новой в архитектуре формы [7].

С середины XX в. сферические здания получают все большее распространение. Одним из самых известных примеров сооружений данной формы является павильон США на ЭКСПО-67 в Монреале (рис. 4 цв. вклейки), построенный по проекту Р. Б. Фуллера. Павильон расположен в пространстве, заключенном внутри прозрачной сферической оболочки. Конструкция сферической оболочки павильона – каркас из стальных труб, обтянутый прозрачным пластиком – была разработана Фуллером за несколько лет до этого и успешно опробована в ряде проектов. Данное произведение наглядно иллюстрирует техницистическую концепцию автора, в соответствии с которой за архитектурой должны остаться только чисто утилитарные функции, а ее произведения создаваться по принципу минимальных затрат при максимальной эффективности [8, с. 167–168].

Другой известный пример сферического здания – кинотеатр «Жеод» в парке Ля-Виллетт (рис. 5 цв. вклейки) А. Фансильбера и Ж. Шамаю (1985 г.), входящий в комплекс Музея науки и индустрии. Здание представляет собой геодезический купол, составленный из зеркальных треугольников, в котором расположен кинозал с полусферическим экраном. Его можно отнести к стилю «зеркальной архитектуры»: в зависимости от погодных условий оно может «растворяться» в пространстве либо «материализоваться» [9].

В форме сферы спроектирован центр выставок и конгрессов RAK (рис. 6 цв. вклейки) для эмирата Рас-Эль-Хайма Р. Колхаса и Р. де Графа, ОМА (2007 г.), вместивший конгресс-центр, гостиницу, жилье, офисы и магазины. Весь комплекс состоит из сферического основного объема из стекла и металла в стиле хай-тек, имеющего круглые сквозные проемы, и прямоугольной пластины, «парящей» над землей. Выбор формы, по словам авторов, продиктован стремлением выразить через их совершенство вечные и универсальные культурные ценности [10].

Павильон Румынии (рис. 7 цв. вклейки), построенный по проекту компании SC M&C Strategy Development для ЭКСПО-2010 в Шанхае в форме сферы, отсылающей к образу зеленого яблока, который по замыслу авторов символизирует знания, экологию, здоровый образ жизни. На пяти этажах расположены конференц-залы, выставочные залы, офисные помещения, ресторан, смотровые площадки [11].

Главный экспозиционный корпус музея Мирового океана Калининграда (рис. 8 цв. вклейки) в конкурсном проекте архитектурной мастерской О. С. Романова (2001 г.) имеет форму сферы, огибаемую волнообразной стеклянной структурой.



Как и в предыдущем примере, форма здания должна вызывать у зрителя разнообразные ассоциативные связи: с земным шаром, покоящимся на морской волне, с идеей первозданности. В основном объеме располагается единое пространство главного экспозиционного зала, сформированного по «палубному» принципу. Здание музея стоит посреди искусственного водоема, придающего его объему легкость [12].

Практически все рассмотренные примеры являются типами общественных зданий, что отражает специфику формы сферы, характерную преимущественно для зальных помещений (лекториев, кинозалов, выставочных залов). При этом в большинстве случаев выбор формы продиктован необходимостью создания доминантного объекта, запоминающегося образа, выполняющего рекламную функцию, демонстрирующего достижения техники и престиж заказчика (выставочные павильоны, здание музея в Калининграде, конгресс-центр RAK). И, наконец, форма сферы всегда выполняет роль символа: научного прогресса, вечных ценностей, земного шара. В большинстве примеров используется стальная стержневая конструкция, преимущественно с заполнением прозрачными материалами (стеклом, пластиком).

Прослеживаемая общность идей формообразования в рассмотренных конкретных примерах позволяют нам говорить о наличии преемственности в применении формы сферы в новейшей архитектуре с начала XX в. до наших дней. Идея использования геометрических «первоформ» в архитектуре, заложенная еще в 1920-х гг. в рамках архитектуры модернизма как манифестация новых принципов формообразования, начиная от дипломного проекта И. Леонидова (1927 г.), получила свое дальнейшее развитие в архитектурном формообразовании последующих лет и продолжает быть востребованной как в реальной архитектурной практике, так и в футуристических проектах сегодня.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мастера архитектуры об архитектуре / под ред. А. В. Иконникова. – Москва : Искусство, 1972. – 590 с.
2. Хан-Магомедов, С. О. Архитектура советского авангарда [Электронный ресурс]. В 2 кн. Кн. 2. Социальные проблемы / С. О. Хан-Магомедов // Персональный сайт Вадима Алешина. – Режим доступа : [http://www.alyoshin.ru/Files/publika/khan\\_archi/khan\\_archi\\_2\\_000.htm.l](http://www.alyoshin.ru/Files/publika/khan_archi/khan_archi_2_000.htm.l)
3. Мастера советской архитектуры об архитектуре : в 2 т. / под ред. М. Г. Бархина. – Москва : Искусство. – 1975. – Т. 2. – 584 с.
4. Мастера советской архитектуры об архитектуре : в 2 т. / под ред. М. Г. Бархина. – Москва : Искусство. – 1975. – Т. 1. – 544 с.
5. Гинзбург, М. Я. Функциональный метод и архитектура / М. Я. Гинзбург // Из истории советской архитектуры 1926–1932 гг. – Москва : Наука, 1970. – Т. 2. – 584 с.
6. Хан-Магомедов, С. О. Архитектура советского авангарда : в 2 кн. / С. О. Хан-Магомедов. – Москва : Стройиздат, 1996. – Кн. 1. – 709 с.
7. Schacht, M. Das Dresdner Experiment [Электронный ресурс] / M. Schacht // Dresdner Kugelhaus e. V. – Режим доступа : <http://www.kugelhaus-dresden.de>.
8. Иконников, А. В. Архитектура США. Архитектура в системе буржуазной культуры / А. В. Иконников. – Москва : Искусство, 1979. – 199 с.
9. An amazing place [Электронный ресурс] // La Géode. – Режим доступа : <https://www.lageode.fr/la-geode/?lang=en>.
10. Архитектурная фантастика [Электронный ресурс] // Агентство архитектурных новостей (agency.archi.ru). – Режим доступа : <http://archi.ru/world/3891/arhitekturnaya-fantastika>.





11. Аксанова, Г. 15 удивительных павильонов из выставки Шанхай Экспо [Электронный ресурс] / Г. Аксанова // Идеальные интерьеры. – Режим доступа : <http://dli.ru/15-amazing-pavillions-from-shanghai-expo-2010>.

12. Будущее музея Мирового океана // Архитектурный Петербург. – Санкт-Петербург, 2011. – № 3(10). – С. 11–12.

**ZHDANOV Egor Sergeevich, post graduate student, assistant lecturer of the chair of architectural design**

## **SPHERE IN ARCHITECTURAL FORMING IN XX–XXI CENTURIES**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Il'inskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;

e-mail: [arch@nngasu.ru](mailto:arch@nngasu.ru)

*Key words:* architecture of soviet avant-garde, architectural concepts, morphogenesis, sphere, proforma, modern movement, mirror architecture, hi-tech.

---

*In this article author analyzes concepts of architectural forming in XX c, which apply to the pure geometric forms. The evolution is traced on the example of spherical forms in world's well-known projects in XX–XXI cc.*

---

### **REFERENCES**

1. Mastera arhitektury ob arhitekture, v 2 t. T. 1 [Masters of architecture about the architecture, in 2 vol. Vol. 2]. Moscow, «Iskusstvo», 1975, 590 p.

2. Han-Magomedov S.O. Arhitektura sovetskogo avangarda, Kn. 2: Socialnye problemy [The architecture of soviet avant-garde, Vol. 2: The social problems] [Electronic resource]. Personalnyj sajt Vadima Alioshina [The personal site of Vadim Alioshin]. Access mode : [http://www.aliyoshin.ru/Files/publika/khan\\_archi/khan\\_archi\\_2\\_000.html](http://www.aliyoshin.ru/Files/publika/khan_archi/khan_archi_2_000.html).

3. Mastera sovetskoy arhitektury ob arhitekture, v 2 t. T. 2 [Masters of soviet architecture about the architecture, in 2 vol. Vol. 2]. Moscow, «Iskusstvo», 1975, 584 p.

4. Mastera sovetskoy arhitektury ob arhitekture, v 2 t. T. 1 [Masters of soviet architecture about the architecture, in 2 vol. Vol. 2]. Moscow, «Iskusstvo», 1975, 544 p.

5. Ginzburg M. Ya. Funkcionalny metod i arhitektura [Functional method and architecture]. Iz istorii sovetskoy arhitektury 1926-1932. T. 2 [To the history of Soviet architecture. Vol. 2]. Moscow, «Nauka», 1970, 584 p.

6. Han-Magomedov S. O. Arhitektura sovetskogo avangarda, Kn. 1 [The architecture of soviet avant-garde, Vol. 1]. Moscow, Stroyizdat, 1996, 709 p.

7. Schacht M. Das Dresdner Experiment [Electronic resource]. Dresdner Kugelhaus e. V. Access mode : <http://www.kugelhaus-dresden.de/>.

8. Ikonnikov A. V. Arhitektura SShA. Arhitektura v sisteme burzhuanoy kultury [The architecture of the USA. The architecture in the system of bourgeois culture]. Moscow, Iskusstvo, 1979. 199 p.

9. An amazing place [Electronic resource] // La Géode. Access mode: <https://www.lageode.fr/la-geode/?lang=en>.

10. Arhitekturnaya fantastika [The Architectural fantasy] [Electronic resource]. Agenstvo arhitekturnyh novostey [The agency of architectural news]. Access mode : <http://archi.ru/world/3891/arhitekturnaya-fantastika>.

11. Aksanova G. 15 udivitel'nyh pavil'onov iz vystavki Shanhay Ekspo [The 15 amazing pavilions from Shanghai Expo exhibition] [Electronic resource]. Ideal'nye inter'ery [The ideal interiors]. Access mode : <http://dli.ru/15-amazing-pavillions-from-shanghai-expo-2010/>.

12. Buduschee muzeja Mirovogo okeana [The future of The World ocean museum]. Arhitekturny Peterburg [Architectural Saint-Petersburg], 2011, № 3(10), P. 11–12.

© **Е. С. Жданов, 2016**

Получено: 05.12.2015 г.



УДК 378+72.01

**Н. А. ГОГОЛЕВА, канд. арх., проф. кафедры художественного проектирования интерьеров**

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРОПЕДЕВТИКИ**

ФГБОУ ВПО «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:* пропедевтика, основы композиции.

---

*Рассматривается история возникновения и становления одной из основополагающих дисциплин в обучении студентов архитекторов и дизайнеров. Прослеживается процесс развития курса пропедевтических дисциплин в архитектурно-дизайнерских вузах нашей страны в XX веке.*

---

Пропедевтика является профилирующей и фундаментальной учебной дисциплиной в подготовке художника, дизайнера, архитектора.

Пропедевтика зародилась в начале XX века во ВХУТЕМАС, он был создан на этапе резкой интенсификации процессов взаимодействия различных видов пространственных искусств, в ходе которого рождался новый стиль. Стоит отметить, что изначально пропедевтический курс разрабатывался педагогами-архитекторами для студентов-архитекторов отделения ВХУТЕМАС. Все началось с появления новых объединенных мастерских во главе с Н. Ладовским и его концепции формообразования, которая состояла в систематизации основополагающих положений и в выделении приемов построения объемно-пространственной композиции, основанных на изучении основных «архитектурных элементов» – простых геометрических тел. В них были заложены основы действительно универсальной пропедевтики, ориентированной на художественно-композиционные проблемы, как бы вынесенные за скобки отдельных сфер пространственных искусств.

Настрой создателей пропедевтических дисциплин на предметно-художественные виды творчества (архитектуру, дизайн) позволил придать этим дисциплинам подлинно универсальный характер. Можно сказать, что созданные Н. Ладовским, А. Родченко, Л. Поповой, А. Весниным, А. Лавинским и Б. Королевым пропедевтические дисциплины «Пространство», «Цвет», «Графика» и «Объем» были подлинным творческо-методическим открытием. Они несли на себе явное влияние аналитической стадии развития изобразительного искусства (кубизма, кубофутуризма, супрематизма и т. д.), но не это определяло их роль в процессе обучения студентов. Важно было то, что впервые удалось создать комплекс органически дополняющих друг друга пропедевтических художественных курсов, которые одинаково успешно могли быть использованы при первоначальной подготовке студентов различных факультетов. В этом огромное методическое значение первых пропедевтических дисциплин, сформировавшихся в единую систему к 1922–1923 учебному году.

Владимир Фаворский, один из ректоров и творческих лидеров ВХУТЕМАС, в своем пояснении к курсу «Теория композиции» справедливо заметил, что термин «композиция» редко используется теоретиками искусствоведения, но гораздо чаще художниками-практиками. Можно говорить о композиции пространства,





композиции листа, композиционном чутье, композиции пятен, линий, цвета; композиция – термин учебный, выполняя курсовые проекты, студенты учатся именно композиции в выбранной ими области [1].

Представители «молодой» профессуры пришли во ВХУТЕМАС не просто внедрять некий сугубо учебный «объективный метод» преподавания, ориентируясь на начинающих учиться студентов, не имеющих никакого представления о художественном творчестве, но и внесли в художественную школу идеи крайне левых течений искусства, рассчитывая на понимание со стороны молодежи.

Борьба старой профессуры против универсальной пропедевтики и внедрение во ВХУТЕМАС идей производственного искусства была направлена против «молодой» профессуры и поддерживающего ее ректора. Формально-аналитический метод, отработанный в ходе экспериментов художниками русского авангарда в 1910–1920-е годы, стал базой для создания упражнений по дисциплинам «Пространство», «Объем», «Цвет», «Графика», изучавшимся в течение двух лет студентами всех специальностей. Процесс становления первого варианта пропедевтических дисциплин шел по восходящей линии до 1922–1923 учебного года. Затем создатели трех дисциплин Цвет», «Объем» и «Графика» покинули Основное отделение, и преподавание этих дисциплин существенно изменилось.

В разное время на Основном отделении преподавали: А. Бабичев, Б. Корлев, и А. Лавинский (объем); Н. Ладовский, В. Кринский, И. Ламцов, М. Туркус (пространство); А. Веснин, Л. Попова, Н. Удальцова, А. Древин, Г. Клуцис (цвет); Л. Бруни, А. Родченко, П. Павлинов (графика).

Бывшая пропедевтическая дисциплина «Графика» стремительно превратилась в обычную общехудожественную дисциплину – рисунок, где много внимания уделялось рисованию обнаженной натуры. Пропедевтическая дисциплина «Цвет» как бы распалась на два предмета: живопись и учение о цвете как об оптическом явлении. Пропедевтическая дисциплина «Объем» в большей степени дольше сохраняла преемственность с первоначальными разработками. Однако и здесь постепенно отвлеченные задания занимали все меньшее место, превратившись, наконец, в некие начальные упражнения перед переходом к рельефу и круглой фигуративной скульптуре. Дисциплина объема ставила целью изучение методов пластического построения объемной формы в реальном пространстве.

Сложнее обстояло дело с дисциплиной «Пространство», которая единственная продолжала успешно развиваться и совершенствоваться, методически все больше превращаясь в стержень Основного отделения и сохраняя при этом все лучшие черты первых пропедевтических дисциплин, включая активную формообразующую роль. Она ставила целью изучение методов построения в реальном пространстве основных видов больших форм: поверхности, объема, пространства. Дисциплина «Пространство» Н. Ладовского была основана, с одной стороны, на поиске конфигураций, камерных соотношений пространства и объема, а с другой – на создании пространственных композиций и макетов. Чем же объясняется такая устойчивость именно этой пропедевтической дисциплины? Во-первых, в старой художественной школе среди общехудожественных дисциплин не было предмета, заимствованного из архитектуры, необходимо было знать архитектуру как смежное искусство.

Во ВХУТЕМАС впервые из недр архитектуры рождалась общехудожественная дисциплина. Она несла в себе черты подлинно универсальной пропедевтики и занимала в общехудожественной подготовке студентов принципиально новое место, ранее ничем не занятое.



Во-вторых, дисциплина «Пространство» не только не вступала в конфликт ни с одной традиционной общехудожественной дисциплиной, но и появилась в момент, когда в искусстве в целом и у представителей различных сфер художественного творчества обострилось внимание к роли пространства в композиционных и образных построениях. Поэтому психоаналитический метод Ладовского легко вышел за пределы узко архитектурной пропедевтики и был воспринят представителями других видов художественного творчества как важное и нужное новшество.

Какие были главные моменты теории Н. Ладовского, названной в истории «психоаналитическим методом»?

1. Стремившийся преодолеть условия и наследие классических форм Н. Ладовский резко изменил соотношение конкретного и абстрактного в системе преподавания, перевернув все с ног на голову. До этого преобладал метод «от конкретного к абстрактному» – сначала усваивали конкретные формы и анализировали конкретные памятники, а потом подходили и к общим приемам композиции. Н. Ладовский предложил метод «от абстрактного к конкретному», т. е. обучение начиналось с методов, а не с деталей. Результат – быстрое развитие механизма мышления и воображения, овладение логическими и образными моделями.

2. В основе всех заданий Н. Ладовского стояли две задачи: учет закономерностей восприятия и организация пространства с учетом этих закономерностей. Он ставил задачу найти в вопросах объемно-пространственного формообразования не только эмоциональные, но и рациональные моменты, т. е. учет объективных закономерностей восприятия человеком архитектурных сооружений в формально-эстетических поисках. Он не ставил композиционные задачи, а говорил об организации пространства, о преобразовании формы с точки зрения задач ее восприятия и т. д.

3. Н. Ладовский ввел макетный метод преподавания, очень важный в учебно-методическом плане. Этот метод помог расковать фантазию архитекторов на этапе выработки новых приемов и средств художественной выразительности. Студенты стали мыслить не фасадами, а объемно-пространственной композицией задания в целом.

Следующий виток в развитии пропедевтики произошел в связи с коренным программным перестроением ВХУТЕМАС – учреждением базового двухгодичного Основного отделения для всех факультетов, где художественная пропедевтика играла важную роль в первоначальной подготовке будущих специалистов. Все специализации проходили предварительную общехудожественную подготовку по дисциплинам: «Цвет», «Графика», «Объем» и «Пространство».

В пропедевтических дисциплинах Основного отделения, а именно: «Объем» и «Пространство» и в архитектурной пропедевтике Н. Ладовского начинает формироваться дизайнерская пропедевтика, самостоятельно определившаяся на кафедре «Художественного конструирования» только к 1960 году.

Весной 1930 года, после генеральной реорганизации вузов, ВХУТЕИН был ликвидирован. При этом практически прекратила свое существование отечественная школа по подготовке дизайнеров. При этом факультет дерметфак (прообраз сегодняшней кафедры «Дизайна») оказался в наихудшем положении, так как основные факультеты передавались в специализированные вузы с сохранением художественной специфики (например, архитектурный), а дерметфак был просто ликвидирован. Позднее, с восстановлением МГХПУ им. Строганова, пришлось заново создавать школу дизайнеров (художников-конструкторов).



В 1962 году в училище был приглашен профессор МАРХИ И. Ламцов – ученик Н. Ладовского и один из авторов известного труда 20-х годов прошлого века – композиционной пропедевтики. Под его руководством велось изучение закономерностей построения формы в пространстве на кафедре художественного конструирования [2].

Разработка программ курса упражнений с попыткой в возможно более полной мере учесть специфику дизайн-проектирования проводилась в МВХПУ профессором Г. Б. Минервиным. Его курс «Архитектоника промышленных форм» ставил своей целью развитие у студентов объемно-пространственного представления, навыков восприятия, умения анализировать форму промышленных изделий, навыков использования закономерностей формообразования и отдельных средств композиции.

Цель: дать сначала общее представление о технической эстетике как о науке и ее предмете, задачах и структуре, раскрыть отдельные разделы и проблемы технической эстетики, дать определение общих понятий используемых в ней и подготовить к проектированию.

Курс состоял из 3 разделов:

1. Техническая эстетика и эстетика промышленных форм.
2. Основы формообразования промышленных изделий.
3. Закономерности и средства построения формы промышленных изделий.

Основы практического курса упражнений составляет система с широким охватом вопросов специфики дизайнерского творчества. Основные упражнения – изучение основ объемно-пространственной композиции и формообразования. При изучении композиции рассматривались темы: объемно-пространственная структура, тектоника, средства гармонизации. Одним из нововведений курса стали задания по комбинаторике и выполнение небольшого проекта для освоения связи объекта со средой.

Пропедевтический курс Минервина является определенно дизайнерской пропедевтикой. Выводы, которые он делает в конце своего курса, близки к позициям архитектурной пропедевтики, но и имеют ряд существенных отличий.

Минервин, так же как и Ладовский, рассматривал пропедевтику в общем процессе подготовки студента, но не студента-архитектора, а студента-дизайнера; без пропедевтики не мыслилась нормальная подготовка специалистов. Задания по пропедевтическому курсу обязательно должны были выполняться в макете и носить исключительно непредметный характер. Говоря о том, что целью курса является в конечном счете направленность на освоение основных закономерностей композиции и формообразования, он не придавал сильного значения влиянию или воздействию формы на человека, но особое внимание обращал на методы достижения потребительских эффектов в условиях массового промышленного производства. К профессиональной подготовке студента в первую очередь он относил формирование его мировоззрения, развитие композиционных способностей, пространственного мышления и образного структурного воображения, выработку художественного и эстетического вкуса.

Вместо субъективного подхода отдельных педагогов к вопросам композиции стал применяться новый метод развития композиционных способностей студентов – метод изучения свойств и качеств художественной формы и овладение закономерностями ее создания. Методическими разработками преподавания основ композиции этого времени пользуются педагоги последующих поколений.



Общий пропедевтический курс в университете создает основу единой профессиональной школы, при этом в разработке программы для каждой специальности учитывается специфика будущей профессии.

Программа кафедр постоянно совершенствуется, однако главной целью дизайнерского пропедевтического курса остается – развитие у студентов композиционных способностей, пространственного мышления и графического мастерства.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хан-Магомедов, С. О. Развитие психоаналитического метода Н. Ладовского на Основном отделении ВХУТЕМАСа – ВХУТЕИНа (пропедевтическая дисциплина «Пространство», теоретические разработки рационалистов) / С. О. Хан-Магомедов – Москва : Архитектура, 1995.
2. Голубева, О. Л. Строгановская школа композиции / О. Л. Голубева, А. Н. Лаврентьев, А. Н. Бурганов [и др.]. – Москва : Сварог и К, 2005. – 351 с.

**GOGOLEVA Natalia Arkad'evna, candidate of architecture, professor of the chair of artistic design of interiors**

#### HISTORY OF PROPAEDEUTICS

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:* propaedeutics, fundamentals of composition.

---

*The article deals with the history of emergency of one of the basic subjects for the students special training in architecture and design. The process of development of the course of propaedeutic subjects in universities of architecture and design in the 20th century in Russia is traced.*

---

#### REFERENCES

1. Khan-Magomedov S. O. Razvitie psikhoanaliticheskogo metoda N. Ladovskogo na osnovnom otdelenii VKhUTEMASa – VKhUTEINa (propedevticheskaya distsiplina «Prostranstvo», teoreticheskie razrabotki ratsionalistov) [The development of a psychoanalytic method of N. Ladovsky in the main department of VKhUTEMAS – VHUTEINa (propaedeutic discipline «Space», theoretical developments of rationalists)]. Moscow. Arkhitektura. 1995.
2. Golubeva O. L., Lavrent'ev A. N., Burganov A. H., et al. Stroganovskaya shkola kompozitsii [Stroganov school of composition] / Moscow. Svarog i K, 2005. 351 p.

© Н. А. Гоголева, 2016

Получено: 12.12.2015 г.

# АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 72.017

**Л. Н. ОРЛОВА<sup>1</sup>**, д-р техн. наук, проф. кафедры городского строительства;  
**И. Н. БУТЫРЕВСКАЯ<sup>2</sup>**, канд. арх., специалист первой категории отдела  
реставрации и охраны исторических поселений

## ЭВОЛЮЦИЯ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ ПРОСТРАНСТВ

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;  
факс: (831) 430-19-36; эл. почта: nir@nngasu.ru

<sup>2</sup>Управление государственной охраны объектов культурного наследия Нижегородской области

Россия, 603134, г. Н. Новгород, ул. Костина, д. 2. Тел.: (831) 437-30-85;  
факс: (831) 434-23-22; эл. почта: i.b.1402@mail.ru

*Ключевые слова:* искусственное освещение, периоды и этапы развития искусственного освещения, источники, объекты и типы освещения; архитектурные пространства; светодизайн; искусственная световая среда.

---

*В статье прослеживается эволюция формирования искусственной световой среды. Выделены основные периоды и соответствующие им этапы развития искусственного освещения архитектурных пространств в историческом ракурсе.*

---

История развития искусственного освещения насчитывает не одно столетие. В историческом ракурсе выделены основные периоды и соответствующие им этапы развития искусственного освещения [1].

**Дозлектрический период** (от древних времен до XVIII в.):

I этап – *зарождения* (от древних времен до 450 г. н. э.) – источниками искусственного освещения архитектурных пространств (жилых, общественных зданий и территорий) служили: огонь костра, лучины, факелы, свечи, лампы и масляные светильники;

II этап – *становления* (V – XVIII вв.) – появляются первые уличные фонари; создается система уличного освещения с помощью развешенных на стенах домов масляных фонарей, вынесенных из помещений; появляются первые образцы архитектурного и праздничного освещения в виде иллюминации сотнями свечных фонарей и фейерверками.

**Электрический период** (XIX – середина XX вв.):

III этап – *развития* (XIX в.) – в начале века развивалось архитектурное освещение на правительственных и частных зданиях с использованием разноцветных огней и «шкаликов», которые расставляли на повторяющих формы архитектурных сооружений специальных деревянных каркасах, а также праздничное освещение в виде фейерверков и иллюминации, в том числе иллюминирование садов и парков газовыми светильниками. В конце XIX в. созданы первые электрические лампы; активным толчком к повсеместному распространению электрического света стала Всемирная выставка в Париже 1878 г.;



IV этап – *консервации* (начало XX – середина XX вв.) – этап поиска новых решений освещения архитектурных пространств. Происходила модернизация источников освещения, вызванная научно-техническим прогрессом: произошел переход от ламп накаливания с монохромным тепло-белым светом к лампам с разнспектральным освещением, изменяющим свето-колористическое восприятие архитектурного пространства. Начиная с 50-х гг. XX века, за рубежом формировался новый концептуальный подход к освещению – световое оформление должно не только обеспечивать утилитарные потребности (видимость и различимость объектов), но и удовлетворять эстетике восприятия. С этого момента проектирование искусственного освещения архитектурных пространств стало базироваться на двух принципах: светотехническом и архитектурном.

**Современный период** (середина XX – начало XXI вв.):

V этап – *развития* (начало – середина XX в.). В начале XX в. эстетическая функция наружного искусственного освещения стала доминирующей; формируется «световая архитектура» для восприятия человеком архитектурных объектов (светоформ) во время зрелищных представлений;

VI этап – *инноваций* (середина – конец XX в.) – появление новых функций искусственного освещения: художественное освещение фасадов значимых объектов и световая реклама. Массовое производство и внедрение электрических ламп (гаалогенных, светодиодов и др.) в системах художественного освещения фасадов и наружной световой рекламе в основном за рубежом;

VII этап – *адаптации* (90-е гг. XX в.) – индустрия искусственного освещения в странах Запада, Советском Союзе и европейских странах социалистического лагеря вышла на качественный уровень, закрепленный в национальных нормах и стандартах наружного освещения 2];

VIII этап – *интеграции* (с начала XXI в.) – переход к качественно новому состоянию освещаемого пространства – искусственной световой среде, социальная роль и эстетическая ценность которой динамично растут вместе с общецивилизационным прогрессом [3,4].

Эволюция искусственного освещения архитектурных пространств, обобщающая накопленный опыт и отражающая его зарождение, становление и развитие, представлена в таблице цв. вклейки.

Ретроспективный анализ показал, что светотехнические тенденции формирования искусственной световой среды связаны с использованием инновационных подходов к светодизайну, посредством которых визуально меняются эстетическая ценность и композиционно-художественные характеристики архитектурных пространств.

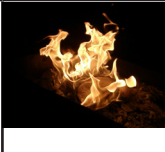















#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК











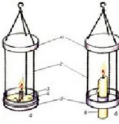



1. Бутыревская, И. Н. Принципы формирования светопространств урбанизированных комплексов : монография / И. Н. Бутыревская, С. В. Норенков, Л. Н. Орлова ; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2013. – 119 с. : ил.
2. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – 3-е изд. перераб. и доп. – Москва : Знак, 2006. – 972 с. : ил.
3. Ефимов, А. В. Дизайн архитектурной среды : учеб. для вузов / А. В. Ефимов [и др.]. – Москва : Архитектура-С, 2007. – 504 с. : ил.
4. Щепетков, Н. И. Световой дизайн города : учеб. пособие / Н. И. Щепетков. – Москва : Архитектура-С, 2006. – 320 с. : ил.

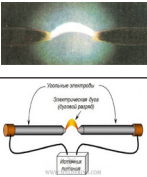

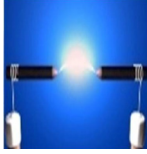










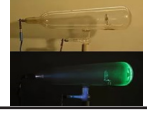


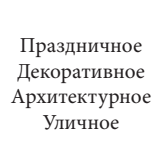



















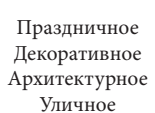
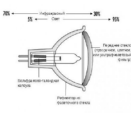



**К СТАТЬЕ Л. Н. ОРЛОВОЙ, И. Н. БУТЫРЕВСКОЙ**  
**«ЭВОЛЮЦИЯ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ**  
**АРХИТЕКТУРНЫХ ПРОСТРАНСТВ»**




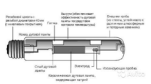

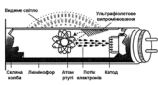


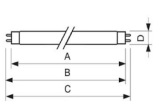




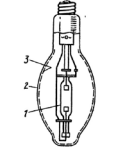

**ЭВОЛЮЦИЯ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

Этапы	Даты	Источники освещения		Объекты освещения	Типы освещения
Доэлектрический период					
Зарождение (от древних времен до 450 г. н. э.)	Древние времена		Огонь костра, лучины, факелы (солома или палка)	Пещеры	 Утилитарное (ежедневное)
	70000 г. до н.э.		Лучины, первые свечи, лампы с животным жиром	Общественные пространства (площади древних Афин, храмы Китая)	 Утилитарное (ежедневное) Интерьерное праздничное
	10 000 г. до н.э. – 2 500 г. до н. э.		Лучины, факелы, "горящие камни", свечи, глиняные лампы с маслом	Жилища (Малая Азия и Дальний Восток, Греция, Рим)	 Интерьерное
	2 500 г. до н. э. – 450 г. н. э.	 	Костры из ветвей смолистых деревьев, факелы, масляные лампы, ручные факелы (лампы Терракотта), маяки	Общественные пространства и стены зданий (древняя Греция и древний Рим), Храм Соломона в Антиохии (на территории современной Турции)	 Уличное  Интерьерное
Становление (V–XVII вв.)	V–XV вв.		Свечи (сальные, восковые) в светильниках и фонарях	Жилища (Греция, Рим)	 Интерьерное Уличное
	XVI–XVII вв.	 	Фонари (масляные и др.) Фейерверки Иллюминация	Санкт-Петербург, Москва (общественные пространства) Рим (собор Святого Петра) Париж (улицы)	 Уличное  Праздничное















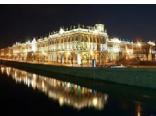

Этапы	Даты	Источники освещения		Объекты освещения	Типы освещения
Развитие (XVIII — конец XIX вв.)	1706– 1766 гг.		Фонари (масляные) и стаци- онарные светильники	Россия (Зимний Дворец в Санкт- Петербурге, Москва)	 Архитктурное Праздничное Уличное Праздничное
	1745 г.		Применение керосина	Россия (ученые- изобретатели Иван Зег и Игнатий Лукаевич)	 Уличное
	1780 г.		Водородные лампы	Европа	 Уличное
	1785 г.		Светильники на каменно- угольном газе	Европа	 Уличное
	1798– 1866 гг.		Газовые фонари	Англия, Франция Германия (Фрейбург) Россия (Москва)	 Уличное
	1816 г.		Стеари- новые свечи	Европа	 Уличное
	1830 г.		Парафи- новые свечи	Европа	 Интерьерное

Этапы	Даты	Источники освещения	Объекты освещения	Типы освещения
<b>Электрический период</b>				
Зарождение (начало XIX в.)	1802 г.	 <p>Дуга между угольными стержнями</p> <p>Свечение тлеющего разряда</p>	Россия (В. В. Петров)	
	1807 г.	 <p>Электрическая дуга между угольными стержнями</p>	Англия (Г. Деви)	
	1840 г.	 <p>Использование для подогрева нитей накала электрического тока</p>	Германия (Гrove)	  <p>Праздничное Декоративное Архитектурное Уличное</p>
	1840 г.	 <p>Лампа с угольной нитью</p>	США (Старр)	
	1841 г.	 <p>Первая электрическая лампочка</p>	Англия (Федерик ди Молейнс, патент)	
	1841 г.	 <p>Первая электрическая лампочка</p>	Англия (Федерик ди Молейнс, патент)	
Становление (50—70-е гг. XIX в.)	1854 г.	 <p>Лампа с угольной нитью</p>	США (Х. Гебель, освещение витрины магазина)	
	1860 г.	 <p>Первые ртутные разрядные трубки</p>	Англия	
	1860 г.	 <p>Вакуумная светящаяся трубка</p>	Германия (Х. Гейслер)	
	1872 г.	 <p>Первая угольная лампа накаливания</p>	Россия (А. Н. Лодыгин)	 <p>Праздничное Декоративное Архитектурное Уличное</p>

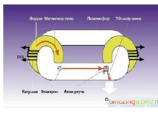

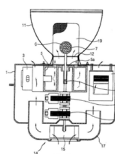

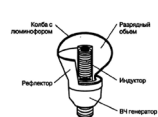






Этапы	Даты	Источники освещения		Объекты освещения	Типы освещения
Развитие (конец XIX — начало XX вв.)	1876 г. 1878 г.		Свеча из двух параллельных угольных стержней	Россия (Н. П. Яблочков)  США (Сван)	
	1877 г. 1878 г.		Лампа из платиновой ленты и проволоки	Англия США (Эдиссон)	
	1879 г.		Разработка системы освещения лампами накаливания	США (Эдиссон)	
	1880 г. 1882 г.		Лампа с угольной нитью	США (Эдиссон) Германия (Берлин, Мюнхен, Фирма «Сименс»)	
	1897 г.		Лампа с металлической нитью накаливания	Германия (Вальтер Фридрих Нернст)	
	1901 г.		Ртутная лампа низкого давления	США	
	1903 г.		Первая лампа накаливания с танталовой нитью	Германия (Больтен)	
	1905 г.		Лампа с вольфрамовой спиралью	Австрия, Вена, (Карл Ауэр фон Вельсбах)	
	1906 г.		Ртутная дуговая лампа высокого давления	Германия (Кюх)	
	1909 г.		Лампы накаливания с галогенными соединениями	Германия (Скаупи)	
	1908–1910 г.		Лампы накаливания с вольфрамовым телом накала	Нидерланды, Амстердам, («General Electric», «Philips»)	Праздничное Декоративное Архитектурное Уличное
	1913 г.		Газонаполненная лампа с вольфрамовой спиралью	Нидерланды, Амстердам, (Ленгмюр)	





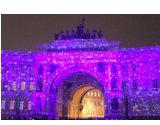


Этапы	Даты	Источники освещения		Объекты освещения	Типы освещения
Развитие (начало — середина XX в.)	1923 г.		Явление и теоретическое обоснование электролюминесценции кристаллов	Россия (О. В. Лосев – «свечение Лосева»)	—
	1926 г.		Первая лампа накаливания с двойной спиралью	Германия	—
	1929 г.		Первая лампа накаливания с матовым стеклом	Германия	—
	1931 г.		Натриевая лампа низкого давления	Германия (Пирани)	
	1936 г.		Люминисцентная лампа низкого давления с аргоно-ртутным наполнением	Россия	 
	1938 г.		Серийный выпуск первых линейных люминисцентных ламп с галофосфатными люминофорами	США, Нидерланды (Амстердам), Германия («General Electric», «Philips», «Osram»)	 
	1946 г.		Ксеноновая лампа	Германия (Шульц)	 Праздничное Декоративное Архитектурное Уличное
	1946 г.		Ртутная лампа высокого давления с люминофором	Германия	
	1947 г.		Электролюминесценция	Франция (Дестрио)	



Этапы	Даты	Источники освещения		Объекты освещения	Типы освещения
Развитие (середина — конец XX в.)	1958 г.		Первые галогенные лампы накаливания	США, Нидерланды, Амстердам, Германия («General Electric», «Osram», «Philips»)	
	1962 г.		Начало использования в наружном и производственном освещении натриевых ламп высокого давления типа Lucalox	США («General Electric»)	 
	1962 г.		Начало массового производства красных светодиодов со световой отдачей 0,1 лм/Вт	США («General Electric»)	
	1969 г.		Металлогалогенные лампы со светящими добавками на базе йодидов редкоземельных элементов	Нидерланды, Амстердам, Германия («Osram», «Philips»)	
	1978 г.		Первые компактные люминесцентные лампы	Германия («Philips»)	
	1982 г.		Галогенные лампы накаливания низкого напряжения	США, Германия («General Electric», «Philips»)	
	1985 г.		Компктные люминисцентные лампы со встроенным ПРА и резьбовым цоколем	США, Нидерланды, Амстердам, Германия («Philips», Osram», «General Electric»)	
	1988 г.		Мало-мощные натриевые лампы высокого давоения с улучшенной цвето-передачей	Германия («Philips»)	Праздничное Декоративное Архитектурное Уличное



Этапы	Даты	Источники освещения		Объекты освещения	Типы освещения
Развитие (90-е гг. XX в.)	1991 г.		Безэлектродные лампы типа QL со сроком службы 60 тыс. часов	Германия («Philips»)	
	1992 г.		Безэлектродные сверхвысокочастотные лампы с СВЧ накачкой частоты	США («Fusion Lighting Co», USA)	
	1994 г.		Безэлектродные индукционные лампы типа Genura	США («General Electric Lighting»)	
	1997 г.		Безэлектродные индукционные лампы типа Endura	Нидерланды, Амстердам («Osram»)	Праздничное Декоративное Архитектурное Уличное
Развитие (с начала XXI в.)	2000 г.	Фейерверк в честь Миллениума (белые лучи из ксеноновых прожекторов)		Германия, Берлин, (светохудожник Г. Хофу)	
	2004 г.	Светоформы в городской среде		Шотландия	Праздничное
	2005 г.	Световые скульптуры с цветодинамикой		Великобритания, Швеция, Лапландия	
	2005 г.	Световое шоу «Огни Москвы» на фасаде МГУ		Россия, Москва	
					
					Праздничное

Этапы	Даты	Источники освещения	Объекты освещения	Типы освещения
Развитие (с начала XXI в.)	2005 г.	Празднование 1000-летия Казани	Россия, Казань	 <p>Праздничное</p>
	2010–2016 гг.	Световое шоу в рамках фестиваля «Круг света» на Красной площади	Россия, Москва	  <p>Праздничное</p>
	2010–2016 гг.	Световое шоу на Дворцовой площади	Россия, Санкт-Петербург	  <p>Праздничное</p>
	2012 г.	Светоцветодинамика на снежно-ледяном сооружении	Китай, Харбин	 <p>Праздничное</p>
	2014–2016 гг.	Ежегодный фестиваль света (Festival of Lights)	Германия, Берлин	 <p>Праздничное</p>



**ORLOVA Lyudmila Nikolaevna<sup>1</sup>, doctor of technical sciences, professor of the chair of urban planning; BUTYREVSKAYA Irina Nikolaevna<sup>2</sup>, candidate of architecture, I category specialist of the department of restoration and protection of historic settlements**

## **THE EVOLUTION OF ARTIFICIAL LIGHTING OF ARCHITECTURAL SPACES**

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

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-37; fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: orludm.orlova@yandex.ru

<sup>2</sup>Department of state protection of cultural heritage of Nizhny Novgorod region

2, Kostin St., Nizhny Novgorod, 603134, Russia. Tel.: +7 (831) 437-30-85; fax: +7 (831) 434-23-22; e-mail: i.b.1402@mail.ru

*Key words:* artificial lighting; periods and phases of the development of artificial lighting; sources, objects and types of lighting; architectural space; lighting design; artificial light environment.

---

*The article traces the evolution of formation of an artificial light environment. The basic periods and corresponding stages of the development of artificial lighting of architectural spaces in a historical perspective are specified.*

---

## **REFERENCES**

1. Butyrevskaya, I. N., Norenkov S. V., Orlova L. N. Printsipy formirovaniya svetoprostranstv urbanizirovannykh kompleksov [Principles of formation of lighting spaces of urban complexes] / Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering. Nizhny Novgorod : NNGASU, 2013. 119 p.: ill.
2. Spravochnaya kniga po svetotekhnike [Handbook on Illumination] / Ed. J. B. Eisenberg. 3-rd ed. Revised and add. Moscow: Znack. 2006. 972 p.: ill.
3. Efimov, A. V. Dizayn arkhitekturnoy sredy : ucheb. dlya vuzov [Design of architectural environment : textbook for high schools] / Moscow: Arkhitektura-C, 2007. 504 p.: ill.
4. Schepetkov, N. I. Svetovoy dizayn goroda : ucheb . posobiye [Light design of a city : teach. aid] / Moscow: Arkhitektura-C, 2006. 320 p.: ill.

© Л. Н. Орлова, И. Н. Бутыревская, 2016

Получено: 25.12.2015 г.



УДК 725.353

**А. А. ЯКОВЛЕВ**, д-р арх., проф. кафедры архитектурного проектирования;  
**М. А. ЯКОВЛЕВ**, студент

## **ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЙ БАЛАНС В ПРОЕКТИРОВАНИИ СКЛАДСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, 65. Тел.: (831) 430-17-83;  
факс: (831) 430-19-36; эл. почта: nlg@nngasu.ru

*Ключевые слова:* функционально-планировочный баланс, складское хозяйство, дифференцированное размещение потоков, управление грузопереработкой, технико-экономические показатели.

---

*Авторы анализируют функционально-планировочный баланс как основной подход к проектированию современных складских комплексов. Акцентируются проблемы проектировщиков и даются рекомендации по их решению.*

---

**Баланс специалистов.** В проектировании складского хозяйства участвует комплексный коллектив проектировщиков. Велика роль технологического проектирования: технолог задает мощность склада, размеры отдельных зон, подбирает транспорт и оборудование, определяет численность и профессии работающих. Однако объединяющей видится роль архитектора – он проектирует размещение складского комплекса, решение его генерального плана, зданий и сооружений, а самое главное – задает параметры качественной внутренней и внешней среды [1].

**Баланс функций** основан на скоординированной взаимной работе десяти складских служб [2]:

- службы логистики (управление логистическим сервисом, выработка политики обслуживания клиентов, разработка стандарта услуг, анализ потребителей, анализ конкурентов, выбор поставщиков, оптимальный выбор транспортных средств при поставке);
- службы управления складом (внутрискладская технология, разгрузка и приемка грузов на складе, внутрискладская транспортировка и перевалка грузов, складирование и хранение грузов, планирование процесса грузопереработки, организация процесса грузопереработки, контроль над процессом грузопереработки, регулирование процесса грузопереработки);
- информационной (информационное обслуживание склада, обработка входящей документации, предложения по заказам поставщиков, оформление заказов поставщиков, управление приемом и отправкой, контроль наличия товаров, прием заказов потребителей, оформление документации отправки, диспетчерская помощь);
- транспортной (транспортировка и экспедиция заказов, сбор и доставка порожних товароносителей, комплектация заказа клиента и формирование партии отправки и отгрузки);
- финансовой (закупка товаров, оплата перевозки, финансовые отношения с поставщиками, производителями, посредниками, кредиторами, клиентами, финансовое обеспечение работы складского хозяйства);
- службы закупки (контроль за поставками на склад, внутрискладская технология),



- службы маркетинга и продажи (определение перечня востребованных услуг, определение перечня предлагаемых услуг, разработка политики обслуживания клиентов, анализ факторов, влияющих на выполнение услуг, оценка предоставляемых клиентам услуг, мониторинг и контроль обслуживания, разработка политики обслуживания);

- инженерной (эксплуатация и ремонт сетей и инженерного оборудования, обеспечение работы систем отопления, вентиляции, кондиционирования, водоснабжения, канализации, электропередачи, газоснабжения, теплоснабжения, контроль за работой котельной, электроподстанций, насосной, очистных сооружений, теплопунктов, венткамер, газораспределительных пунктов);

- ремонтной (обслуживание и ремонт собственного и транзитного транспорта, подъемно-транспортного оборудования, ремонт тары, основного и дополнительного оборудования для хранения и грузопереработки, ремонт технологического оборудования, ремонт зданий и сооружений);

- службы безопасности (обеспечение пожарной и санитарной безопасности, контроль доступа, соблюдение охраны труда, обеспечение экономической, технической, информационной, физической, научно-технической, экологической, собственной, психологической безопасности).

**Баланс потоков** предусматривает дифференцированное размещение транспортных и людских потоков. В работе склада мы наблюдаем постоянное движение. На складской территории возможны два вида потоков – пешеходные и транспортные. Пешеходные потоки осуществляют: работники комплекса (из дома, в обеденный перерыв, домой через проходную и со стоянки личного автотранспорта); работники комплекса (во время работы по производственным делам); клиенты (через проходную и со стоянки личного автотранспорта); охрана комплекса. Транспортные потоки осуществляют: 1) транзитный транспорт (автомобильный, железнодорожный, речной, морской) – разгрузка, погрузка, отстой, ремонт; 2) местный транспорт (автомобильный) – разгрузка, погрузка, отстой, ремонт; 3) транспорт складского комплекса (автомобили, погрузчики) – разгрузка, погрузка, отстой, ремонт, поездки за запчастями, поддонами. Получается сложный транспортно-пешеходный узел.

Эту проблему в общественных зданиях легко решить за счет устройства обширных вестибюлей, холлов и других общих пространств, а в промышленном проектировании, когда каждая копейка инвестора на счету, да и показатели проекта портить не хочется, она приобретает глобальный характер. Важно соблюсти баланс пешеходных и транспортных потоков, выделить из них главные, второстепенные, эпизодические, изолировать их друг от друга, избежать пересечений и наложений.

**Баланс процессов.** Технологические процессы на складе происходят в несколько этапов [3]: разгрузка транспорта; приемка товаров; размещение товаров на хранение; хранение товаров; отборка товаров; комплектование и упаковка товаров; перемещение товаров в зону погрузки; погрузка товаров.

Все технологические процессы на складе делятся на основные и вспомогательные. Основные – это операции, связанные с приемкой, хранением, подсортировкой и отпуском продукции. Вспомогательные – это операции, связанные с разгрузкой транспортных средств, фасовкой, упаковкой, нанесением штрих-кода.

Эффективность технологических процессов на складе достигается, когда соблюдают:



- плановность – предусматривает разработку календарного плана поступления и отпуска товаров по дням и неделям, что позволяет заблаговременно подготовиться к разгрузке, приемке и размещению товаров на складе;
- равномерность и непрерывность – позволяют распределить операции по часам, дням и неделям, что обеспечивает бесперебойную работу складов на протяжении всего рабочего времени;
- рациональная организация товарного потока – предусматривает кратчайшие пути перемещения товаров на складе, сокращение длительности выполнения отдельных операций;
- механизация и автоматизация операций – облегчают выполнение трудоемких работ, повышают производительность труда и снижают затраты; обеспечивают оптимальное использование площади, объема и торгово-технологического оборудования;
- обеспечение сохранности товарно-материальных ценностей – предполагает сокращение товарных потерь и повышение ответственности материально ответственных лиц за бережное отношение к товарам;
- распределение обязанностей между отдельными исполнителями торгово-технологических процессов – предусматривает специализацию сотрудников на определенной работе и повышает их ответственность за качество выполняемых работ.

**Баланс хранения** рассматривает складываемую грузовую единицу как элемент восьми подсистем: подъемно-транспортное оборудование, вид складирования, система коммиссионирования, управление грузопереработкой, здание, тара, транспорт и дополнительное оборудование. Главные особенности хранения: адресность, сезонность, оборачиваемость и однородность.

Современный крупный склад представляет собой сложное техническое сооружение, которое состоит из множества различных подсистем (комплекс зданий, совокупность перерабатываемых грузов, система информационного обеспечения) и элементов. Каждый имеет самостоятельную структуру, объединенную для выполнения конкретных функций, связанных с преобразованием материальных потоков.

Существуют закономерности функционирования каждого элемента, а также общие для внутрискладской транспортировки: выбор параметров средств транспортировки, доставка грузов на минимальное расстояние и время по сквозным прямоточным маршрутам, транспортировка на единой складской грузовой единице, минимальное число перевалочных операций, универсальное оборудование, дифференциация потоков, исключение встречных потоков.

**Баланс площадей.** Складской комплекс включает в себя две большие функциональные зоны: объемно-планировочную и территориальную. Объемно-планировочная зона (внутри зданий и сооружений) состоит из нескольких зон: складской, вспомогательных служб, подсобных служб, организационных служб, информационных служб, инженерно-технических служб, служб охраны и безопасности. Территориальная зона (на территории комплекса) включает в себя следующие зоны: разгрузки транспорта, загрузки транспорта, отстоя транспорта, стоянки личного транспорта работников, инженерных коммуникаций, отдыха, предзаводскую (перед входом в складской комплекс за пределами его территории) [4].

Главный подход архитектора к проектированию складских зон – рациональная компоновка зон и помещений, функциональное зонирование. Общие зако-





номерности группировки помещений: минимальные затраты на грузопереработку, зависимость от внешних факторов, зависимость компоновки зоны хранения от зоны комплектации, система рабочих зон, адаптивность к системе логистики складирования, соответствие технологическим параметрам, объединение помещений с одинаковыми режимами (крупные с крупными, мелкие с мелкими), простоя конфигурация помещений.

Функциональное зонирование отличается для разных типов складов:

- производственный тип характеризуется пограничным расположением производства и зоны хранения, наличием одной ramпы и двух блоков экспедиций (приемочной и отправочной) [5];

- агропромышленный тип отличается наличием ramп небольшого размера или полным их отсутствием, единого блока экспедиций и нескольких зон хранения [6];

- торговый тип характеризуется наличием одной ramпы и двух блоков экспедиций (приемочной и отправочной) [7];

- транспортный тип отличается наличием двух ramп и разнесенным положением помещений зон приемки и отправки [8].

**Баланс застройки и территории.** Оптимизация плотности застройки за счет блокирования зданий и служб осуществляется путем максимального блокирования застройки основной, вспомогательной, подсобной и других служб и инженерных сооружений. Возможно вертикальное функциональное блокирование. Допустимо увеличение плотности застройки по отношению к нормативной. Как правило, у современных складских комплексов она выше нормативной. Предпочтительно использование одноэтажных складских зданий как наиболее рациональных, экономичных и функциональных [9].

Группировка всех зданий, сооружений, сетей, компоновка зон погрузки, разгрузки, отстоя должна осуществляться таким образом, чтобы в дальнейшем была возможность развития складского комплекса на данном участке или с расширением территории без серьезных сносов и реконструкций. Объемно-пространственное решение подсобных, вспомогательных и других второстепенных служб предполагает их решение как встроенных или пристроенных к главному складскому объему.

Расположение складского здания на 1,2 метра выше отметки земли выполняется для упрощения погрузочно-разгрузочных работ. Это повлечет за собой устройство различных лестниц, пандусов, разворотных площадок около здания склада на территории предприятия. Возможно использование временных, механизированных ramп [10].

Подсобные службы (ремонт поддонов), инженерно-технические службы, а также те, где задействовано мало работников и не требуется присутствие посетителей, необходимо располагать сзади складского корпуса, с заднего фасада с целью создания привлекательной объемно-пространственной композиции и изолирования потоков.

Наличие функционально-планировочного баланса подразумевается между производственными зонами, типами зданий, пешеходными и транспортными потоками, грузооборотом склада и длиной погрузо-разгрузочного фронта, застроенными и незастроенными участками, благоустроенными и неблагоустроенными участками территории, озеленением и замощением.

Функционально-планировочный баланс рассматривается в виде комплексного решения технологических, конструктивных и архитектурных задач и под-



разделяется на три фактора: 1) технологический – путем пристройки отдельных зданий, чаще всего для вспомогательных нужд (складирование, инженерно-техническое обеспечение, административно-служебные функции, частичное развитие вспомогательных технологических процессов), застройке на свободных территориях в пределах комплекса; 2) конструктивный – основан на наиболее часто применяемых конструктивных решениях (несущий каркас, несущие стены, комбинированные решения), применяемых материалах и конструкциях (кирпич, железобетон, металл) и опирается на типоразмеры современных строительных конструкций и размеры свободных от застройки участков комплексов; 3) архитектурный – основан на структурном, масштабном, стилистическом соответствии застройки.

Территория склада в результате строительства должна быть приведена в состояние функционального равновесия: площади подсобной, вспомогательной, складской и других зон должны соответствовать технологическим и социальным требованиям. Формирование застройки должно осуществляться с учетом создания планировочных предпосылок к ее дальнейшему преобразованию в соответствии с требованиями постоянного развития комплекса.

**Баланс показателей.** Техничко-экономические показатели складского хозяйства можно разделить на две группы: организационно-экономические и архитектурно-планировочные.

Систему организационно-экономических показателей, отражающих эффективность размещения складского комплекса и эффективность логистического процесса на складе, можно разделить на пять групп [11]:

- 1 – показатели, характеризующие степень удовлетворения запросов потребителей;
- 2 – показатели, отражающие качество работы склада;
- 3 – показатели количественные, временные;
- 4 – показатели затрат;
- 5 – показатели, отражающие финансово-экономические результаты.

К первой группе относят оценку потребителями уровня выполнения заказа, возврат товаров потребителями, связанный с неправильной комплектацией, нарушениями упаковки, число задержек отгрузки товаров, жалобы потребителей, показатели, характеризующие уровень сервиса.

Вторая группа показателей отчасти дополняет первую, но содержит показатели, характеризующие непосредственно качество работы склада. В свою очередь, их можно условно разделить на показатели, отражающие точность выполнения параметров заказа (соблюдение сроков, объем, качество, ассортимент комплектации заказа), обеспечение выполнения заказов (точность поддержания уровня запасов, наличие запасов, соблюдение условий хранения), соблюдение внутреннего режима работы склада (случаи потерь, порчи, хищений).

Третья группа показателей отражает время логистических циклов: время пополнения запасов, обработки заказов потребителей, доставки заказов, подготовки и комплектации заказа, закупки товаров.

Четвертая группа включает издержки по управлению складскими запасами, затраты на внутрискладскую транспортировку, грузопереработку, хранение, упаковку и другие логистические издержки.

Показатели пятой группы отражают финансово-экономические результаты, представляют собой совокупность производных показателей от первых четырех групп. К ним относят: оборачиваемость запасов (срок и число оборотов), средний



уровень запасов на складе, использование объема склада, складскую мощность, число отправок на единицу складской мощности, число операций грузопереработки в день, логистические издержки на единицу товарооборота на заданном временном интервале, оборачиваемость инвестированного капитала в основные средства склада, срок окупаемости основных средств и инвестиций, затраты на коммиссионирование, упаковку и другие услуги на единицу товарооборота, рентабельность.

Архитектурно-планировочные показатели отражают качество проекта складского хозяйства и подразделяются на:

1) показатели размеров (высота в свету складского помещения, высота складирования, ширина земельного участка, длина земельного участка);

2) показатели площадей (полезная складская площадь, площадь проездов и проходов, площадь рабочих зон, площадь внутрискладских транспортных путей, площадь участков приемки и комплектации, площадь приемной и отправочной экспедиции, общая площадь склада, складская площадь, подсобная площадь склада, грузовая площадь склада, служебная площадь, вспомогательная площадь);

3) показатели объемов (складское пространство, складской объем, грузовой объем, емкость (вместимость) склада, мощность склада);

4) коэффициенты (коэффициент использования площади складских помещений, коэффициент средней нагрузки, приходящейся на 1 м<sup>2</sup> складской площади, коэффициент использования объема склада, коэффициент грузонапряженности, коэффициент неравномерности загрузки склада, коэффициент оборачиваемости грузов на складе, коэффициент использования производительности складской техники).

Для оценки вариантов проектных решений авторы предлагают ССП – сбалансированную систему показателей по размещению, решению генерального плана и складского хозяйства, архитектурно-планировочному решению, системе складирования, логистическому процессу и процессу грузопереработки. Впервые в нее вошли такие показатели как количество объектов на площадке, плотность застройки, интенсивность использования территории. Наиболее важными параметрами, которые определяют проектировщики для оценки нескольких вариантов проекта, являются:

1) по размещению – уровень грузопотоков, транспортные расходы, размещение и число складов в сети, состав и размер партии отправки, эффективность использования складских ресурсов, плотность размещения клиентов, логистические затраты;

2) по решению генерального плана и складского хозяйства – количество объектов на площадке, плотность застройки, интенсивность использования территории, увеличение складской емкости на перспективу; складская площадь; число ворот погрузо-разгрузочного фронта; число мест парковки на временной стоянке; средняя длина маршрута передвижения автотранспорта по территории складского хозяйства; размеры площадки погрузо-разгрузочного фронта, размеры офисного здания; длина маршрута от проходной до входа в офис, на склад;

3) по архитектурно-планировочному решению, системе складирования, логистическому процессу и процессу грузопереработки – этажность склада, высота складских помещений, общая площадь, объем, организация грузопотока (технология грузопереработки), коэффициент использования объема склада, длина и ширина здания, полезная высота здания, полезная площадь склада, полезный объем склада, ширина пролетов здания;



4) по технологическому решению – годовой грузопоток поступающего груза, грузооборот, годовой грузооборот, суточный грузопоток прибытия, суточный грузопоток отправки, суточный внутрискладской грузопоток, единовременная емкость хранения, общий суточный грузопоток, удельный грузооборот склада, средний срок хранения запасов, начальный запас груза, общее число наименований грузов, одновременно хранящихся на складе.

Общее число параметров, которые выбирают или рассчитывают при проектировании склада (проектировщиками при согласовании с логистами компании-заказчика), может достигать 20. Наиболее важными параметрами, которые определяют проектировщики, являются: этажность склада, высота складских помещений и организация грузопотока (технология грузопереработки).

### Выводы

Складской комплекс является достаточно простым объектом по своим архитектурно-композиционным качествам (один или несколько кубических объемов). С другой стороны, это сложнейшая архитектурно-планировочная структура, состоящая из нескольких подсистем, над созданием которой работают люди разных профессий – архитекторы, технологи, логисты и другие проектировщики. Функционально-планировочный баланс является методом оптимального проектирования складского комплекса в настоящее время, который позволяет решить многие вопросы и проблемы складского хозяйства. Функционально-планировочный баланс – надежный инструмент архитектора в создании оптимальной производственной среды, гарант соблюдения строительных норм и правил.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молодкин, С. А. О проблемах современного складского строительства / С. А. Молодкин // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 10. – С. 25–26.
2. Дыбская, В. В. Управление складом в логистической системе / В. В. Дыбская. – Москва : КИА центр, 2000. – 110 с.
3. Нормы технологического проектирования общетоварных складов. – Москва : М-во торговли СССР, 1984.
4. Объемно-планировочные решения складов тарно-штучных грузов / науч. ред. Г. А. Алексеева. – Москва : ЦИНИС по стр-ву и архитектуре ГОССТРОЯ СССР, 1978. – 56 с.
5. Хрусталева, А. А. Архитектурно-планировочное формирование складских распределительных комплексов полиграфической промышленности : дис. ... канд. архитектуры / А. А. Хрусталева. – Москва, 1980.
6. Зейферт, М. Г. Архитектурное формирование агропромышленных предприятий по хранению и переработке плодовоовощной продукции (на примере Нечерноземной зоны РСФСР) : дис. ... канд. архитектуры : 18.00.02 / М. Г. Зейферт. – Москва, 1984. – 195 с.
7. Ганжа, С. Д. Архитектурно-планировочная организация специализированных торгово-складских комплексов : автореф. дис. ... канд. архитектуры : 18.00.02 / С. Д. Ганжа. – Новосибирск, 1990. – 26 с.
8. Белоусова, Н. С. Архитектурное формирование транспортно-логистических комплексов : дис. ... канд. архитектуры / Н. С. Белоусова. – Екатеринбург, 2007.
9. СП 18.13330.2011. Свод правил. Генеральные планы промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-89-80\* : утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 27.12.10 : ввод в д. с 20.05.11. – Москва : Минрегион России, 2010. – 25 с.
10. СП 57.13330.2011. Складские здания. Актуализированная редакция СНиП 31-04-2001 : утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации : ввод в д. с 01.05.2011. – Москва : Минрегион России, 2011.
11. Нормы технологического проектирования для складов тарно-штучной продукции. 4.1. – Москва : СЭВ : Ком. по сотрудничеству в области материально-техн. снабжения, 1978.



**YAKOVLEV Andrey Aleksandrovich, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design; YAKOVLEV Mikhail Andreevich, student**

## **FUNCTIONAL PLANNING BALANCE IN THE DESIGN OF WAREHOUSE COMPLEXES**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;  
fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: nir@nngasu.ru

*Key words:* functional-planning balance, storage facilities, differentiated accommodation streams, cargo control, technical-economic indicators.

---

*The authors analyze a functional planning balance as a basic approach to the design of modern warehouse complexes. Designers' problems are accentuated, and recommendations for their solution are provided.*

---

### **REFERENCES**

1. Molodkin S. A. O problemakh sovremennogo skladsnogo stroitelstva [About problems of modern warehouse construction] / Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and civil construction]. 2008. № 10. P. 25–26.
2. Dybskaya V. V. Upravlenie skladom v logisticheskoy sisteme [Warehouse management in a logistics system]. Moscow. KIA Tsentr, 2000. P. 85–90.
3. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya obschetovarnykh skladov [Norms of technological design of warehouses]. Moscow. The Ministry of Trade of the USSR, 1984.
4. Ob'yomno-planirovochnye resheniya skladov tarno-shtuchnykh gruzov [Space-planning decisions of warehouses of piece cargoes] / nauch. red. G. A. Alekseeva. Moscow. TsINIS po stroitelstvu i arkhitekture GOSSTROYa SSSR, 1978. P. 56.
5. Khrustal'ov A. A. Arkhitekturno-planirovochnoe formirovanie skladsnikh raspredelitelnykh kompleksov poligraficheskoy promyshlennosti [Architectural planning formation of warehouse distribution complex of the printing industry]. Dis. kand. arkhitekt. Moscow. Moscow Architectural Institute, 1980.
6. Zeyfert M. G. Arkhitekturnoe formirovanie agropromyshlennykh predpriyatiy po khraneniyu i pererabotke plodoovoshnoy produktsii [Architectural formation of agro-industries for storage and processing of fruits and vegetables]. Diss. kand. arkhitekt. 1984. 195 p.
7. Ganzha S. D. Arkhitekturno-planirovochnaya organizatsiya spetsializirovannykh torгово-skladsnikh kompleksov [Architectural and planning organization of specialized trade and warehouse complexes]. Avtoref. dis. kand. arkhitekt. 18.00.02 – Novosibirsk, 1990. 26 p.
8. Belousova N. S. Arkhitekturnoe formirovanie transportno-logisticheskikh kompleksov [Architectural formation of transport and logistics complex]. Diss. kand. arkh. Ekaterinburg, 2007.
9. SP 18.13330.2011 «Generalnye plany promyshlennykh predpriyatiy. Normy proektirovaniya» [General plans of industrial enterprises. Design standards]. Aktualizirovannaya redukttsiya SNIp II-89-80\* : utv. M-vom region. razvitiya Ros. Federatsii 27.12.10 : vvod v d. s 20.05.11. – Moscow : Minregion Rossii, 2010. 25 p.
10. SP 57.13330.2011 «Skladskie zdaniya» [Warehouse Building]. Aktualizirovannaya redukttsiya SNIp 31-04-2001: utv. M-vom region. razvitiya Ros. Federatsii: vvod v d. s 01.05.2011. Moscow : Minregion Rossii, 2011.
11. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya dlya skladov tarno-shtuchnoy produktsii [Norms of technological design for warehouses unitized products]. 4.1. Moscow. CMEA: Kom. po sotrudnichestvu v oblasti materialno-tekhn. snabzheniya, 1978.

© А. А. Яковлев, М. А. Яковлев, 2016

Получено: 16.01.2016 г.



УДК 711.4

К. О. УЧАЕВА, аспирант кафедры архитектурного проектирования

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗАГОРОДНЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;  
факс: (831) 430-19-36; эл. почта: kseneyu@mail.ru

*Ключевые слова:* загородные рекреационные комплексы, архитуризм, экотуризм, паломнический туризм.

---

*В статье рассматриваются актуальные типы загородных рекреационных комплексов и новейшие тенденции в проектировании рекреационной архитектуры. Раскрываются основные понятия архитуризма, экотуризма, паломнического туризма.*

---

Развитие рекреационной архитектурной среды на различных исторических этапах определялось потребностями человека в отдыхе. Разнообразие рекреационной архитектуры зависело от различных факторов: национальных особенностей, быта, культуры, природных и климатических условий, месторасположения. Загородные рекреационные комплексы (ЗРК) удовлетворяют потребности общества в кратковременном и длительном отдыхе, а также туризме. К концу XX – началу XXI века сформировались новые типы ЗРК, соответствующие потребностям современного постиндустриального общества.

Спрос на крупномасштабные ЗРК, характерные для массового туризма середины XX века, начиная с 1970-х гг. сменился в пользу более деликатных к окружающей среде небольших рекреационных образований. Массовый туризм сменили индивидуальный и групповой виды туризма [1].

Современные ЗРК все чаще предлагают альтернативные варианты размещения (кондоминиумы, таймшеры, индивидуальные дома для кратковременного и длительного отдыха, самостоятельного питания и обслуживания, апарт-отели) [1], что позволяет повысить уровень комфортности и экономичности отдыха. Подобные формы организации жилой группы частично или в качестве основных могут применяться во всех типах ЗРК.

Становление и развитие актуальных многофункциональных общественных зданий отразилось на рекреационной архитектуре. Крупные ЗРК к концу XX в. стали в основной своей массе многофункциональными спортивно-оздоровительными комплексами с развитой социально-культурной функцией. Такие комплексы, как правило, стараются удовлетворить рекреационные потребности различных социальных групп, меняют основную специализацию в зависимости от сезона для наибольшей рентабельности, предлагают вариативное размещение, имеют развитую рекреационную группу, включающую в себя разнообразные спортивные (тренажерный зал, залы для занятий танцами, аэробикой, теннисные корты, тир, бассейн), оздоровительные (косметологические, физиотерапевтические кабинеты, бани), развлекательные (клубы по интересам, бильярд, прокат водных видов транспорта, велосипедов, квадроциклов, снегоходов) помещения и сооружения. Многофункциональными ЗРК, как правило, являются большинство современных четырех- и пятизвездочных курортных отелей. Примеры по-



**К СТАТЬЕ К. О. УЧАЕВОЙ**  
**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗАГОРОДНЫХ**  
**РЕКРЕАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ»**



Рис. 1. Проект культурно-оздоровительного комплекса в поселке Боровое Матюшино под Казанью, Россия. Архитекторы: Д. Величкин, Н. Голованов, 2008 г.



Рис. 2. База отдыха «Чайка» под Дзержинском, Нижегородская область, Россия. Архитекторы: А. Рубцов, В. Нишкин, 2002–2006 гг.



Рис. 3. Saffire Resort на острове Тасмания, Австралия. Архитекторы «Circa Architecture», 2011 г.



Рис. 4. Jean-Michel Cousteau Fiji Islands Resort на острове Вануа-Леву, Фиджи



Рис. 5. Курорт Six Senses, Вунг Тау, Вьетнам



Рис. 6. EcoCamp Patagonia, Чили



Рис. 7. Эко-отель «Новый Ковчег» на Селигере



Рис. 8. Эко-отель «Романов лес» в Костромской области, 2010 г.



Рис. 9. Эко-отель «ЭХО» на курорте Белокуриха, Алтай



Рис. 10. Музей Гуггенхайма в Бильбао, Испания. Архитектор Ф. Гери, 1997 г.



Рис. 11. Burj Al Arab в Дубае, ОАЭ. Архитекторы Atkins, 1999 г.



Рис. 12. Marina Bay Sands, Сингапур. Архитектор М. Сафди, 2010 г.



Рис. 13. Crazy House в Далате, Вьетнам

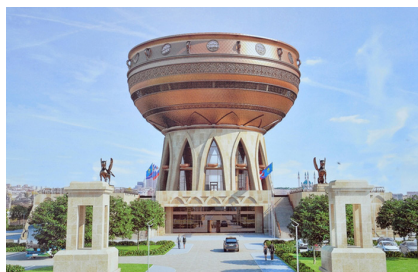


Рис. 14. Дворец торжеств «Казан» в Казани, Россия. Скульптор Д. Намдакова, 2013 г.



Рис. 15. Москва-Сити, Россия, 1995–2018 гг.



Рис. 16. Дивеевская Слобода, Нижегородская обл., Россия



добных комплексов в России: проект культурно-оздоровительного комплекса под Казанью архитекторов Д. Величкина, Н. Голованова, 2008 г. (рис. 1 цв. вклейки); база отдыха «Чайка» под Дзержинском Нижегородской области (архитекторы: А. Рубцов, В. Никишин, 2002–2006 гг.) (рис. 2 цв. вклейки).

В конце XX в. появилось новое направление рекреации – «экотуризм» – во многом противоположное по отношению к предшествующим. Впервые термин «экотуризм» был официально использован на одной из конференций мексиканским экологом Эктором Себальосом-Ласкурайном в начале 80-х гг. XX века, он отражал идею гармонии между рекреацией и экологией и приобрел большую популярность. Одним из вариантов определения понятия является «экотуризм как активная форма рекреации, основанная на рациональном использовании природных благ». Он предполагает отказ от культа комфорта, массовых коммуникаций, доступности и потребления многочисленных туристических благ. Взамен прививается другая система ценностей, которыми становятся: созерцание природы, духовное обогащение от общения с ней, сопричастность к охране природы и поддержке традиционной культуры местных сообществ [2]. В связи с появлением экотуризма продолжают развиваться и совершенствоваться появившиеся в середине XX в. формы рекреационной архитектуры, в частности некапитальные (кемпинги, ботокемпинги, приюты, хижины) и мобильные (автотранспортные, воднотранспортные, сборно-разборные, переносные, передвижные) ЗРК. По всему миру существует ряд реализованных, успешно развивающихся «экокурортов»: Saffire Resort на острове Тасмания, Австралия (архитекторы компании «Circa Architecture», 2011 г.) (рис. 3 цв. вклейки); Jean-Michel Cousteau Fiji Islands Resort на острове Вануа-Леву, Фиджи (рис. 4 цв. вклейки); курорт Six Senses в Вунг Тау, Вьетнам (рис. 5 цв. вклейки); EcoCamp Patagonia в Чили (рис. 6 цв. вклейки) и др.

В России «экотуризм» также развивается: эко-отель «Новый Ковчег» на Селигере (рис. 7 цв. вклейки); эко-отель «Романов лес» в Костромской области (рис. 8 цв. вклейки); эко-отель «ЭХО» на курорте Белокуриха, Алтай (рис. 9 цв. вклейки). Все они связаны с природными заповедниками, их архитектура подчинена естественному окружению. При возведении зданий и сооружений экокурортов часто используются местные материалы. Подобные ЗРК наносят минимальный ущерб окружающей среде, как правило, легко трансформируются и перемещаются.

В начале XXI в. архитектором Паолой Деда был введен термин «архитуризм» [3] – путешествие, целью которого являются архитектурные объекты, предназначенные для привлечения внимания международного сообщества, которые сейчас определяются как «знаковые здания» (англ. «iconic building») и являются целевым ориентиром для «архитуризма». Считается, что первый пример такого «знакового здания» – музей Гуггенхайма в Бильбао (архитектор Ф. Гери, 1997 г.) (рис. 10 цв. вклейки) [4]. Примерами использования «знаковых зданий» в качестве объекта «архитуризма» в рекреационной архитектуре являются: Burj Al Arab в Дубае, ОАЭ (архитекторы Atkins, 1999 г.) (рис. 11 цв. вклейки), отель Marina Bay Sands в Сингапуре (архитектор М. Сафди, 2010 г.) (рис. 12 цв. вклейки), Crazy House в Далате, Вьетнам (рис. 13 цв. вклейки). В России немного осуществленных проектов «знаковых зданий»: Дворец торжеств «Казань» в Казани (скульптор Д. Намдакова, 2013 г.) (рис. 14 цв. вклейки), «Москва-сити» в Москве (1995–2018 гг.) (рис. 15 цв. вклейки).

В современной России в связи с переосмыслением обществом духовных ценностей возросшей значимостью сохранения историко-культурного наследия





актуальным является развитие паломнического и религиозно-экскурсионного туризма, уже давно являющегося важной частью туристической отрасли в мире. За пределами городов, часто в местах с неразвитой туристической инфраструктурой, расположено множество духовных и культурных центров, что способствует появлению комплексов паломнического и религиозно-экскурсионного туризма. Комплексы религиозно-экскурсионного туризма, в отличие от аскетичных, по своей сути, паломнических, позволяют совместить посещение святых мест с отдыхом. Помимо помещений, связанных с биофизическими процессами могут предусматриваться помещения и зоны специфического характера, связанные с проведением молений, лекций культурно-духовного характера, организацией экскурсий. Архитектура подобных комплексов, как правило, подчиняется сложившейся историко-культурной среде. Среди современных ЗРК паломнического и религиозно-экскурсионного туризма можно выделить гостиничный комплекс «Дивеевская слобода» в Нижегородской области (рис. 16 цв. вклейки).

Итак, современные тенденции в проектировании ЗРК характеризуются:

- востребованностью малых деликатных к окружающей среде ЗРК;
- новыми формами ЗРК с самообслуживанием;
- развитием многофункциональных ЗРК;
- возникновением «экотуризма» и «архитуризма»;
- развитием паломнического и религиозно-экскурсионного туризма.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lawson, F. R. Hotels and Resorts: Planning, Design and Refurbishment / F. R. Lawson // Butterworth Architecture, 1995. – 348 p.
2. Кутузов, А. В. Роль экологического туризма в формировании новой системы принципов отношения к окружающей среде / А. В. Кутузов // Человек. Природа. Общество. Актуальные проблемы : материалы XIII междунар. конф. молодых ученых. – Санкт-Петербург, 2002. – С. 719.
3. Deda, P. Architecture and tourism: Think «glocal» / P. Deda // Hoteles Sostenibles para Destinos Sostenibles Conferencia Internacional, 2000. – P. 55–58.
4. Воловник, А. Эффект Бильбао. Реконструируя пространство / А. Воловник // Бинбанк pro. – 2013. – № 21. – С. 56–59.

**UCHAEVA Ksenia Olegovna, postgraduate student of the chair of architectural design**

#### CURRENT TRENDS IN THE DESIGN OF SUBURBAN RECREATIONAL COMPLEXES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;  
fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: kseney@mail.ru  
*Key words:* suburban recreational complexes, architourism, ecotourism, pilgrim tourism.

*In the article there are actual types of suburban recreational facilities and the latest trends in the design of recreational architecture. Basic concepts of architourism, ecotourism, pilgrim tourism reveals here.*



## REFERENCES

1. Lawson, F. R. Hotels and Resorts: Planning, Design and Refurbishment. Butterworth Architecture, 1995, 348 p.
2. Kutuzov, A. V. Rol ekologicheskogo turizma v formirovanii novoy sistemy printsiptov otnosheniya k okruzhayuschey srede [The role of eco-tourism in the formation of a new system of principles for the environment]. Chelovek. Priroda. Obschestvo. Aktualnye problem : Materialy XIII mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchyonykh [Human. Nature. Society. Current problems: Proceedings of the XIII International Conference of Young Scientists]. St. Petersburg, 2002, P. 719.
3. Deda, P. Architecture and tourism: Think «glocal». Hoteles Sostenibles para Destinos Sostenibles Conferencia Internacional. 2000, P. 55–58.
4. Volovnik, A. Effekt Bilbao. Rekonstruiruya prostranstvo [Bilbao effect. Reconstructing the space]. Binbank pro. 2013, vol. 21, P. 56–59.

© К. О. Учасева, 2016

Получено: 16.01.2016 г.

## ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

---

УДК 711.01/.09:72.03(571.14)

**И. А. ФЕДОТОВА**, аспирант кафедры градостроительства и городского хозяйства; **Д. В. КАРЕЛИН**, канд. арх., доц., зав. кафедрой градостроительства и городского хозяйства

### АНАЛИЗ ПЕШЕХОДНЫХ МИГРАЦИЙ НОВО-НИКОЛАЕВСКА В ПЕРИОД 1895–1905 гг.

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

Россия, 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, д. 113. Тел.: (383) 266-40-83; эл. почта: ika.fedotova14@mail.ru

*Ключевые слова:* Ново-Николаевск, пешеходные зоны, радиус пешеходной доступности, маятниковые миграции.

---

*Статья посвящена историческому градостроительному анализу формирования г. Новосибирска с учетом организации пешеходных улиц, формирования функциональной нагрузки на территории, принципов и подходов развития планировочной структуры как элемента, способствующего появлению пешеходных транзитов.*

---

На протяжении XX века значение пешеходных зон в планировочной структуре российских, а впоследствии советских городов, формируемое на идейных постулатах развития урбанизированных территорий, варьировалось по степени значимости плотностных характеристик застройки исходя из оптимальных соотношений ступеней обслуживания.

В мировой практике существует много примеров различной градостроительной политики, в результате которой пешеходные зоны могли стать успешным коммерческим проектом, например улица Стретегер (Копенгаген, Дания), или местом стагнации городской территории, например Каламазу (Мичиган, США).

Правильно организованные пешеходные улицы отвечают всем современным требованиям безопасности и играют важную роль в планировочной структуре города, так как могут нести в себе признаки не только рекреационного пространства, но и предлагать достойную альтернативу транспортному потоку, соединять между собой районы, формировать особую часть жизнеустройства города, рационально регулировать плотность застройки и ее функциональную нагрузку, создавать предпосылки для здоровьесберегающего образа мышления современного жителя.

На территории Сибирского федерального округа встречаются города, генеральные планы которых поддавались незначительным модификациям, результатом которых было размещение пешеходных пространств в уже сложившейся застройке, например г. Междуреченск, Кемеровская область. Но при этом для большинства крупных городов изменение назначения пространств становится комплексом программ по развитию территории. Основная причина, по которой большинство программ в конечном итоге являются нежизнеспособными, – это проблема выбора оптимального тренда городских коммуникаций в аспекте маятниковых миграций. Стремительный рост Новосибирска, связанный со строи-



тельством железнодорожного моста через реку Обь и одновременным активным ростом численности населения, а также обслуживанием крупного транспортно-перевалочного комплекса, заложил основы стихийного развития на протяжении всей его истории.

Первое организованное поселение появились здесь в 1893 г. в устье реки Каменки на берегу Оби (Центральная часть); основным составом поселка были рабочие, прибывшие для строительства железнодорожного моста. Второе поселение организовалось в Закаменской части города в месте каменоломни, параллельно сформировалось и третье поселение, так как началось строительство железнодорожной станции Обь (Вокзальная часть). С. Н. Баландин в своих работах писал, что на тот период времени на территории проживало 734 человека [1, с. 15].

Если исходить из элементарных принципов маятниковых миграций и учесть тот факт, что заселение территории на первых этапах происходило без градостроительной документации, о чем свидетельствуют работы С. Н. Баландина, можно сделать вывод, что месторасположение каменоломни как источника рабочих мест оказывало значительное влияние на заселение близлежащих территорий. В то же время глубина русла реки Каменки позволяла использовать ее для судоходства, что являлось дополнительным маршрутом для пребывания переселенцев. Приняв во внимание эти условия, можно предположить, что реальное число прибывших людей могло превышать и 1 000 человек.

Если рассматривать территорию как единое функциональное пространство, то на 1893 г. расстояние между поселением у станции Обь и поселением в устье реки Каменки составляло около двух километров, в то время как Закаменскую часть и поселение в устье реки соединял небольшой мост.

Поселок стремительно разрастался в разных направлениях, и 1894 году численность населения, включая рабочих, приезжавших на сезонные заработки, варьировалась в пределах 12 тыс. чел. [2, с. 39] (рисунок).



План города Ново-Николаевска 1906 г. Отражена ситуации 1893 г. Карта-схема формирования первых поселений

Жизнь в поселениях не отличалось многообразием, всеобщее начальное образование было не обязательным, культурная жизнь минимальна, духовная составляющая отсутствовала. Хотя в царской России духовно-нравственное воспитание по большому счету отводилось именно христианской церкви, которая, в свою очередь, имела большое влияние на жизнь общества. По материалам все-российской переписи населения за 1897 год, в среднем около 80 % процентов населения российской территории были православными [3]. В результате появление церковных объектов на заселяемых территориях означало, что такие объекты непременно станут дополнительными центрами ежедневных миграций населения. Так, строительство первого молитвенного дома на территории центральной части означало ежедневный приток населения в эту точку [4].

Радиус пешеходной доступности в исследуемом хронологическом срезе оценить сложно, фактический радиус обслуживания молитвенного дома, составлял 2,5 км. Это достаточно много, так как если выдвинуть предположение, основанное на анализе архивных источников, на посещение молитвенного дома один раз в день необходимо было затратить от 1 часа пути для разных групп населения [5]. Если рассмотреть эту территорию в разрезе современных нормативов, то радиус пешеходной доступности можно принять 1 км, следовательно, молитвенный дом могли посещать преимущественно жители центральной части и частично жители района станции Обь. Радиусы же доступности от центра жилых территорий, соответственно до зоны обслуживания молитвенного дома, практически не доходили.

Сложившаяся ситуация положила бурное начало развитию центральной территории. Ежедневные потоки, организовавшиеся на этом участке (разной временной продолжительности) обрастали коммерческой структурой, а ее центром стала базарная площадь [6]. Важно отметить, что еще до строительства церковного объекта в этом месте возникали очаги частной коммерческой торговли, они носили временный характер, но также явились основой формирования массового коммерческого узла, так как у населения выработалась привычка использования территории.

Фактическое расстояние между базарной площадью и молитвенным домом составляло один квартал, это не более 250 метров ортогонального пути (рис. 1 цв. вклейки). Временные рамки функционирования этих объектов тесно переплетались между собой, так как основное время функционирования базарной площади приходилось на воскресенье, а воскресные службы были неотъемлемой частью православной жизни. Итог такого функционирования – формирование структурно-постоянных маршрутов, активная загруженность центра в утренние и дневные часы, резкая разгруженность в вечернее время. Так, в современном Новосибирске сформировался принцип маятниковых пешеходных миграций.

Первыми улицами, по которым формировалось основное движение людских потоков в центральной части поселка, были улицы: Александровская, Кольванская, мостовая, Николаевский проспект; в Вокзальной части – Межениновская и Михайловская [7].

Большая часть переселенцев оставались в городе в надежде на быстрые заработки, средства от которых можно было потратить на свое будущее крестьянское подворье. Таким образом, вне планиметрической сетки возникают многочисленные «Нахаловки» и «Порт-Артуры» [8]. Многие из вновь прибывших снимают комнаты и флигеля у частных застройщиков. В городе образовывается широкий круг хозяев, сдающих квартиры. В Городской управе велся организованный учет аренды частных помещений, что позволяло приезжему свободно выбрать место

К СТАТЬЕ И. А. ФЕДОТОВОЙ, Д. В. КАРЕЛИНА  
«АНАЛИЗ ПЕШЕХОДНЫХ МИГРАЦИЙ  
НОВО-НИКОЛАЕВСКА В ПЕРИОД 1895–1905 ГГ.»

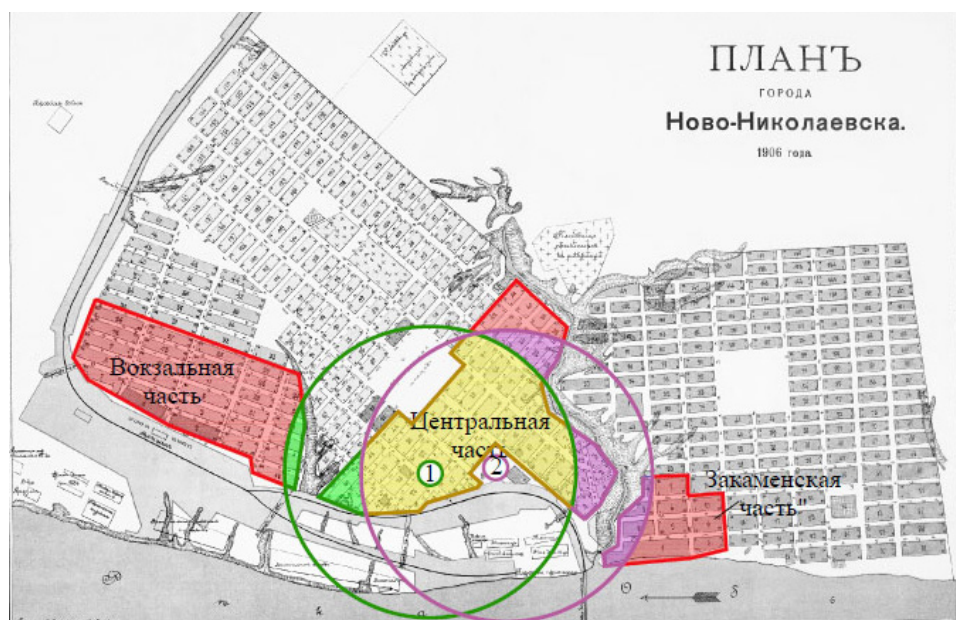


Рис. 1. План города Ново-Николаевска 1906 г. Отражена ситуация 1895 г. Радиусы пешеходной доступности молитвенного дома и базарной площади

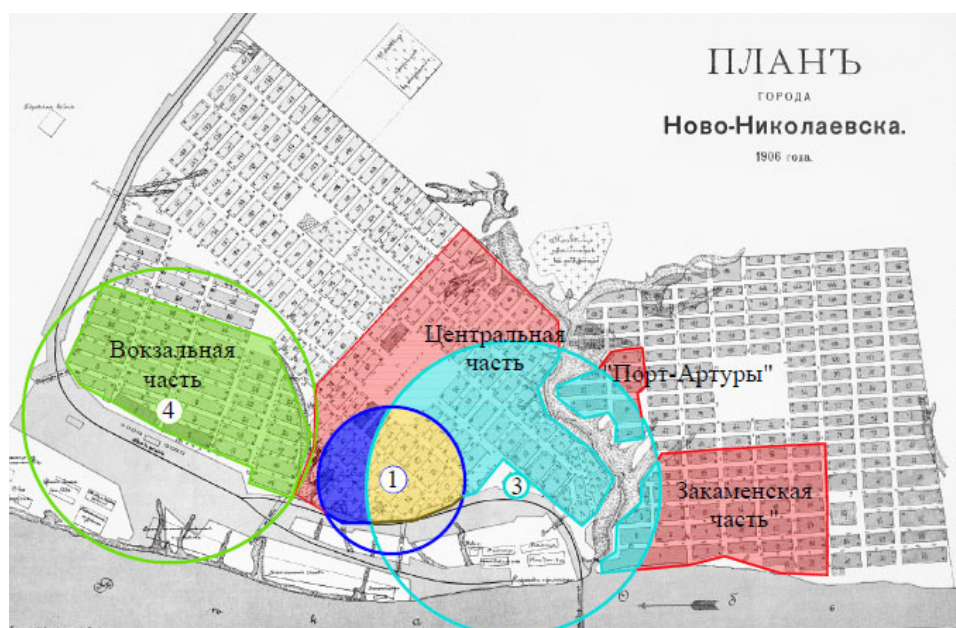


Рис. 2. План города Ново-Николаевска 1906 г. Отражена ситуация 1899 г. Радиусы пешеходной доступности церковных объектов



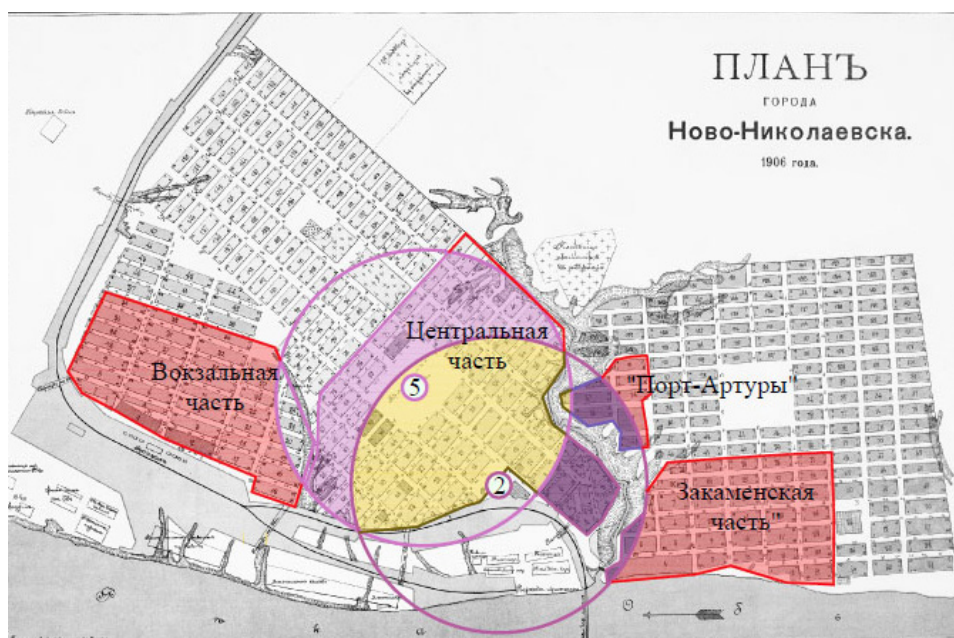


Рис. 3. План города Ново-Николаевска 1906 г. Отражена ситуация 1899 г. Радиусы обслуживания коммерческих площадей

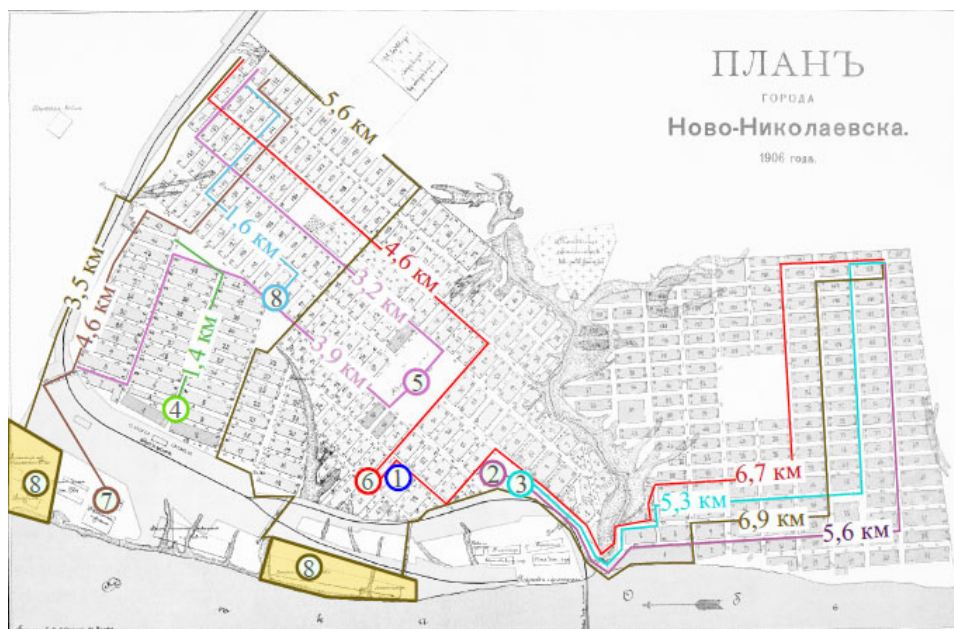


Рис. 4. План города Ново-Николаевска 1906 г. Отражена ситуация 1900 г. Основные маршруты



жительства. Данный промысел привел к массовому строительству всевозможных пристроек, флигелей и бараков, что приводило к уплотнению застройки.

В 1897 г. железнодорожный мост через реку Обь открыли для движения, появляются первые промышленные объекты. Территория стремительно стала заселяться, изменилась экономическая составляющая развития региона. К 1899 году на территории поселка появляются два церковных объекта: Церковь во имя святого пророка Даниила (район станции Обь) и Храм во имя св. Александра Невского. При этом молитвенный дом был перенесен в 28-й квартал центральной части. Произошло принципиальное перераспределение пешеходных потоков [5].

С точки зрения градостроительного проектирования Церковь во имя святого пророка Даниила заняла выгодное положение, радиус обслуживания в 1 км стал охватывать практически всю территорию застройки в районе станции Обь. Храм во имя св. Александра Невского охватывал часть застроенной территории центральной части и границу Закаменской части. Теперь жителям района станции Обь необходимо было совершать только один миграционный путь в сторону базарной площади (рис. 2 цв. вклейки).

Для улучшения пешеходной доступности, деления функциональной нагрузки на территорию возникает Ярмарочная площадь. Изначально она была привязана к плану Кузнецова, что, по сути дела, и не изменило сложившуюся ситуацию, так как площадь около 100 га обслуживается двумя коммерческими узлами, а для отдаленных территорий расстояние сократилось в среднем на 1 км. Но в контексте того времени такое деление было разумно, так как быстрый рост населения требовал большого количества обслуживающих объектов. Так как Центральная часть была наиболее застраиваемой, Ярмарочная площадь образовалась именно в новом центре стремительного роста. Это говорит о том, что основной принцип возникновения коммерческих узлов в Ново-Николаевске характеризовался именно пешеходной доступностью (рис. 3 цв. вклейки).

Структурно-функциональный потенциал пространства между узлами сначала всегда значительно уступал активности в узлах [2]. Но в процессе развития территории, вдоль основных маршрутов, начиная от самых отдаленных территорий стали возникать жилые дома, первые этажи которых превращались в купеческие лавки, а вторые отводились для проживания купца. Такой способ ведения торговли позволял уменьшить маятниковые миграции на главных улицах, так как у жителей таких домов частично отсутствовали ежедневные маршруты.

Но помимо духовной жизни, в Ново-Николаевске как городе с достаточно принципиальным расслоением населения развивалась и другая сторона общественной жизни. Организация вечернего досуга, прежде всего, была связана с появлением «питейных заведений» и «домов терпимости». Появлялись они бесконтрольно и, как правило, в местах, приближенных к достаточно оживленным территориям.

Такие территории стали местом концентрации денежных масс. Одна из основных особенностей денег состоит в том, что они обеспечивают вполне естественный переход к населению. Психологические паттерны толпы и паттерны, связанные с накоплением богатства, очень близки. Такая взаимосвязь подстегивает территории к еще более быстрому и неограниченному росту [9].

Согласно переписи населения от 1905 года, в статусе города Ново-Николаевска в границах поселения проживало 22 708 постоянных жителей: 11 579 мужчин и 11 129 женщин. Если учесть тех, кто постоянно проживал за пределами поселения, то общее число составляло порядка 26 028 человек [1, с. 23].



К 1905 году на территории г. Ново-Николаевска числилось порядка 5 храмов и церквей и две школы [5]. Береговая зона была застроена производственными объектами, это связано с тем, что вдоль берега проходил железнодорожный путь, такое месторасположение упрощало погрузочно-разгрузочные работы, но при этом создавало проблему доступности для рабочих.

Рассматривая пешеходные перемещения жителей Ново-Николаевска, можно выделить основные группы маршрутов и среднюю протяженность на одного жителя. Также следует учитывать, что отдельные части города были труднодоступны. Для сравнения выбраны самые удаленные части районов. Построение маршрутов будет основано по кратчайшему расстоянию (рис. 4 цв. вклейки): маршрут 1 «место проживания – место труда (производственные зоны)»; маршрут 2 «место проживания – церковный объект»; маршрут 3 «место проживания – школа»; маршрут 4 «место проживания – базарное место». Из рис. 4 цв. вклейки видно, что среднее расстояние по маршрутам варьируется от 3 до 5 км. Общее время пути, следовательно, составляет 2–3 часа.

В итоге, если сравнить время, затраченное на ежедневные миграции 1895 и 1905 годов, можно сделать вывод, что с самого начала своего развития город разрастался настолько быстро, что соблюдать нормы пешеходной доступности не предоставлялось возможным. Но при этом хорошим плюсом было то, что жители Ново-Николаевска могли варьировать свои маршруты. В общественной жизни появлялось множество объектов, пути к ним могли легко варьироваться и взаимозаменяться. Уже в 1905 году стало понятно, что в городе возникают два принципиальных ядра, которые в будущем должны полностью распределить между собой нагрузку. На этот момент времени Ново-Николаевск можно рассматривать как город, чье формирование было связано именно с возникающей потребностью, что позволило еще в то время провести достаточно выгодную градацию территории.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баландин, С. Н. Новосибирск. История градостроительства (1893–1945 гг.). Кн. 1 / С. Н. Баландин. – Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1978. – 135 с.
2. Изнаирская, Е. М. Главная улица города как феномен структурно- функциональной организации градостроительной системы (на примере Красного проспекта г. Новосибирска) [Электронный ресурс] / Е. М. Изнаирская, А. П. Долнаков // Архитектон: известия вузов. – 2010. – № 30. – Режим доступа : [http://archvuz.ru/2010\\_2/8](http://archvuz.ru/2010_2/8).
3. Первая всеобщая перепись населения Российской Империи 1897 г. Распределение населения по вероисповеданиям и регионам [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://demoscope.ru/weekly/ssp/rus\\_rel\\_97.php?reg=195](http://demoscope.ru/weekly/ssp/rus_rel_97.php?reg=195).
4. NOVOSIBDOM.RU: Архитектура Новосибирска [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://nsk.novosibdom.ru/map>.
5. Церкви г. Новониколаевска (1859–1923) // ГАНО. Ф. Д-159, 151 ед. хр., 1859–1923 гг., оп. 1. Л. 12.
6. Библиотека сибирского краеведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://bsk.nios.ru/content/iz-istorii-formirovaniya-pervyh-bazarnyh-ploshcha-dey-novonikolaevska>.
7. Шумилов, В. Н. Новосибирск. История генеральных планов в документах, 1897–2007 : справочник / В. Н. Шумилов. – Новосибирск : Новосиб. кн. изд-во, 2007. – 112 с.
8. Горюшкин, Л. М. Новосибирск в историческом прошлом (конец XIX – начало XX в.) / Л. М. Горюшкин, Г. А. Бочанова, Л. Н. Цеplяев ; отв. ред. А. П. Окладников. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1978. – 296 с.
9. Маклюэн, М. Понимание медиа: Внешнее расширение человека : пер. с англ. / М. Маклюэн. – Москва : Кучково поле, 2014. – 464 с.





**FEDOTOVA Irina Anatol'evna**, post-graduate student of the chair of urban planning and urban management; **KARELIN Dmitry Viktorovich**, candidate of architecture, associate professor, holder of the chair of urban planning and urban management

## **ANALYSIS OF PEDESTRIAN MIGRATION OF NOVO-NIKOLAEVSK FOR 1895–1905**

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering  
113, Leningradskaya St., Novosibirsk, 630008, Russia. Tel.: +7 (383) 266-40-83;  
e-mail: [ika.fedotova14@mail.ru](mailto:ika.fedotova14@mail.ru)

*Key words:* Novo-Nikolayevsk, pedestrian areas, radius of pedestrian accessibility, pendulum migration.

---

*The article focuses on the historical urban analysis of the city of Novosibirsk, a cross-sectional analysis of the pedestrian streets, formation of functional load on the territory, principles and approaches of development of a planning structure as an element contributing to the appearance of pedestrian transit.*

---

### REFERENCES

1. Balandin, S. N. Novosibirsk. Istoriya gradostroitelstva (1893-1945 gg.). Kn. 1 [Novosibirsk. History of urban planning (1893–1945). B. 1]. Novosibirsk: Zap.-Sib. kn. izd-vo, 1978. 135 p.
2. Iznairskaya, E. M., Dolnakov A. P. Glavnaya ulitsa goroda kak fenomen strukturno-funktsionalnoy organizatsii gradostroitelnoy sistemy (na primere Krasnogo prospekta g. Novosibirska) [The main street of a city as a phenomenon of structural and functional organization of the urban system (by the example of the Krasny Prospekt of Novosibirsk)]. Arkhitekton: izvestiya vuzov. [News of higher education institutions]. 2010. №. 30; [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: [http://archvuz.ru/2010\\_2/8](http://archvuz.ru/2010_2/8).
3. Pervaya vseobshchaya perepis naseleniya Rossiyskoy Imperii 1897 g. Raspredelenie naseleniya po veroisповедaniyam i regionam [The first national census of the Russian Empire in 1897. Population by religions and regions]. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: [http://demoscope.ru/weekly/ssp/rus\\_rel\\_97.php?reg=195](http://demoscope.ru/weekly/ssp/rus_rel_97.php?reg=195).
4. NOVOSIBDOM.RU: Arkhitektura Novosibirska [NOVOSIBDOM.RU: Architecture of Novosibirsk.]. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://nsk.novosibdom.ru/map>.
5. Tserkvi g. Novonikolaevska (1859–1923) [Churches of Novonikolaevsk (1859–1923)]// GANO. F. D-159, 151 ed. khr., 1859–1923, op. 1. P. 12.
6. Biblioteka sibirskogo kraevedeniya [Library of the Siberian local lore]. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://bsk.nios.ru/content/iz-istorii-formirovaniya-pervyh-bazarnyh-ploshcha-dey-novonikolaevska>.
7. Shumilov, V. N. Novosibirsk. Istoriya generalnykh planov v dokumentakh, 1897–2007 [Novosibirsk. History of general layouts in documents 1897–2007]. Novosibirsk: Novosibirskoe knizhnoe izdatelstvo, 2007. P. 18.
8. Goryushkin L. M., Bochanova G. A., Tseplyaev L. N. Novosibirsk v istoricheskom proshlom (konets XIX – nachalo XX v.) [Novosibirsk in the historical past (late XIX – early XX century)]. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otdelenie, 1978. P. 59.
9. McLuhan, M. Ponimanie media: Vneshnie rasshireniya cheloveka [Understanding media: The extensions of man]. Per. s angl. Moscow, Kuchkovo pole, 2014. P. 162.

© И. А. Федотова, Д. В. Карелин, 2016

Получено: 14.11.2015 г.



УДК 711.4-16(470.40)

Е. П. КУТАЙ, аспирант кафедры градостроительства

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ВЫСОТНЫХ ОРИЕНТИРОВ ЦЕНТРА ИСТОРИЧЕСКОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ Г. ПЕНЗЫ)

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Россия, 440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, д. 28. Тел./факс: (841) 249-72-77;  
эл. почта: kutayevg@gmail.com

*Ключевые слова:* высотные ориентиры, центр города, композиция города, панорамы, реконструкция центра.

---

*В статье рассматривается динамика развития системы высотных ориентиров и доминант в центральной части г. Пензы с момента его основания по сегодняшний день. Исследуется взаимосвязь ландшафтных и градостроительных доминант.*

---

### Формирование системы высотных ориентиров

Силуэт города как важная часть его образа строится на взаимоотношении визуальной массы застройки, высотных акцентов и рельефа местности. Через систему высотных ориентиров, их иерархию, часто опирающуюся на особенности рельефа, можно прочесть структуру города. Система высотных ориентиров может иметь художественное воздействие на большую территорию. Она воспринимается взглядом целиком с отдаленных панорам и с видовых точек внутри этой системы.

Формирование системы высотных ориентиров всегда было важной задачей для городов. Например, в Москве существовало ограничение не строить выше колокольни Ивана Великого, и в провинциальных городах также были ограничения высоты жилых зданий [1]. В советский период в центрах городов взамен утраченных доминант – храмов – проектировалась цельная соподчиненная система доминант, однако из-за масштабности эти проекты редко реализовывались. В постсоветский период строительство высотных зданий получило широкое распространение, но часто их постановка в структуре центра случайна. Таким образом, утрачивается старая система высотных ориентиров, рельеф города скрывается за многоэтажными домами, уменьшается глубина раскрытия видов. М. Г. Бархин отмечает, что градостроительная концепция должна соответствовать идее: «В городе необходимы осмысленные доминанты» [2].

*Цель* – выявить особенности развития системы вертикальных доминант исторического центра города Пензы.

*Метод* – историко-генетический, сравнительный анализ, графоаналитический, натурное обследование.

Рельеф оказывает сильное влияние на развитие города – задает условия размещения застройки, трассировки улиц, художественного восприятия. Следовательно, это важная составляющая образа города. Его особенности в соответствии с методикой Е. А. Лапшиной [3] можно прочитать как композицию линейных и узловых элементов. Линейные элементы природной системы – бровки, водоразделы, тальвеги, подошвы, берега. Узловые – вершины и котловины. По классификации Р. В. Крогиуса рельефная ситуация г. Пензы приподнятая, холмисто-овражная, однобережная; подобная ситуация у г. Нижнего Новгорода,



г. Хабаровска [4, с. 36]. При плоском рельефе радиус поля видения застройки редко превышает 3,5 км, восприятие построек на холме значительно дальше [4].

Хребет главного холма г. Пензы проходит между ул. Лермонтова и ул. К. Маркса, он делит центр на визуальные бассейны: на левом берегу р. Суры воспринимаются только отдельные склоны (северный и южный) – панорамные визуальные пространства. Наиболее цельно центр наблюдается с восточной части города: с р. Суры и ее набережной. Сам хребет холма с парком на вершине виден с многих частей центра, на нем как раз находились крепость Пенза и Спасский собор – главная высотная доминанта. Вид на зеленый холм и его застройку – отличительная черта панорамы Пензы. На бровках этого холма располагаются видовые точки: с севера из парка раскрываются панорамы нижней террасы центра и окраины, охватывают фрагмент заречной части города. С видовой точки восточной бровки наиболее широко раскрывается вид на правый берег р. Суры и его леса.

Центр г. Пензы имеет почти правильную прямоугольную сетку улиц с кварталами, вытянутыми с севера на юг вдоль реки. Поперечные улицы параллельны главному водоразделу, раскрывают город на р. Суру. Таким образом, основные направления улиц заданы природным каркасом.

#### **XVII век: закладка высотных акцентов**

В 1663 году была построена крепость Пенза, она располагалась в районе Советской (бывшей Соборной) площади. Место выбрано на возвышенности, с востока она граничила с крутым склоном, выходящим к р. Пензе. С севера и юга были пологие склоны, где начали селиться служивые люди. Благодаря такому удобному в оборонительном плане расположению на возвышенности крепостные башни и первая Спасская церковь были высотными доминантами над окружающей местностью.

Одновременно со строительством крепости строятся слободы: с севера – Конная, Новодрагунская, Черкасская и посад, с юга – Пушкарская, Стародрагунская, Пешая [5]. К 1680-му году все слободы построили на своей территории деревянные храмы, кроме Пушкарской, в виду ее малости, Новодрагунская относилась к Конной слободе (см. схему на рис. 1 цв. вклейки). Чуть позже были основаны мужской (1689 г.) и женский (1692 г.) монастыри на ул. Троицкой (ныне ул. Кирова). В 1705 г. строится Казанская церковь на о. Пески.

На рис. 1 и 2 цв. вклейки показаны схемы города Пензы в 1918 и 2015 гг. с наложением системы ориентиров на природный каркас.

На рис. 3–10 цв. вклейки – виды города Пензы с указанием положения высотных ориентиров.

Таким образом, к началу XVIII века социальная структура, существовавшая в городе, получила объемно-пространственное выражение. Центр – в виде крепости с самой высокой Спасской церковью внутри. Слободы и монастыри имели собственные храмы меньшей высоты. Слободские церкви стояли на небольших площадях (градостроительные узлы). На главной торговой площади – Верхнем торге – у северной стены крепости стояла церковь Никольская (рис. 4 цв. вклейки). Храмы перестраивали, часто возникали комплексы из 2-3 церквей, с сер. XVIII века на месте нескольких деревянных церквей возводились крупные кирпичные храмы [6]. Но всегда расположение храмовых комплексов (доминант) в структуре города оставалось неизменным.

Стоит отметить, что на начало XVIII века из существовавших девяти храмов пять находились на одной оси (рис. 1 цв. вклейки), восточнее улиц Троицкой,

Покровской, (ул. Калинина, Кирова). Можно говорить о важности этих улиц в жизни города той эпохи. Благодаря этому главную ось можно выделить на панораме города. Место расположения этих церквей выбрано на холме и в то же время неглубоко, в береговой части, чтобы с реки они выглядели достаточно крупными. В уличных перспективах они выигрышно воспринимались на фоне р. Пензы (ныне р. Суры) и заречных лесов, погруженных в дымку. Примечательно, что в цепочке 4 церквей (Покровская, Преображенская, Троицкая, Рождественская) расстояние между каждым ближайшим храмом примерно 500 метров (рис. 1 цв. вклейки).

#### **XVIII – начало XX века: развитие системы доминант**

В 1785 г. Пенза, как и многие города Российской империи, получает регулярный план, разработанный в Петербурге. Жители слобод переселяются на окраины, их места занимают дворяне и купцы. Во второй половине XVIII века все деревянные церкви заменяются каменными. На месте разобранной крепости воздвигаются первые комплексы кирпичных общественных зданий. В приречной панораме своей масштабностью они визуальнo заменяли крепостные стены, особенно по сравнению с окружавшей деревянной застройкой. Тем самым сохранялась композиционная иерархия, сложившаяся в прошлом веке.

Развиваются ул. Спасская (Московская) – главная торговая улица и нижний торг – Базарная площадь. Усиливающаяся главенствующая роль этих композиционных элементов вызвала необходимость выделить их, и в конце XVIII века на Базарной площади строится каменная Петропавловская церковь. Таким образом, главная городская композиционная ось – ул. Спасская (Московская) – визуальнo закрепляется между двумя храмами: Спасским и Петропавловским (рис. 5, 6 цв. вклейки). Позже эта ось будет продлена с появлением ярмарочной площади, переходящей в привокзальную. Ярмарочная площадь также была отмечена строительством Богоявленского собора (рис. 6 цв. вклейки).

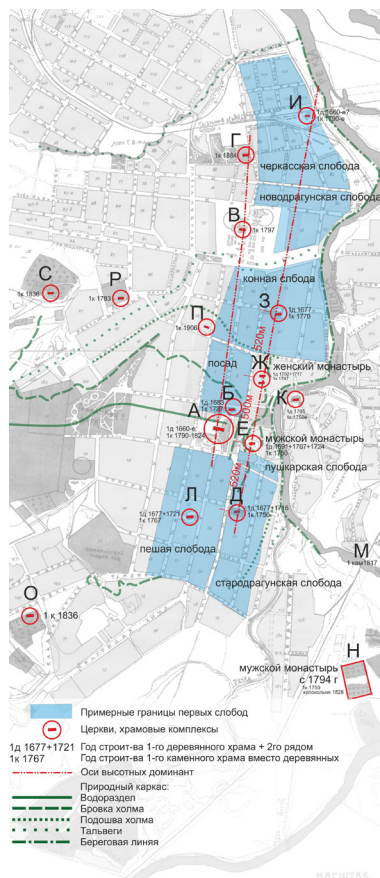
Церкви были также на погостах. Сами кладбища располагались на окраинах, а их церкви обычно были невелики, поэтому не были заметны в панораме. У южной границы города находился мужской монастырь. Благодаря крупным размерам, сопоставимым со Спасским собором, он просматривался с бровки холма южнее Соборной площади.

В эпоху промышленной революции городская застройка многих городов с холмистой местности спускается на равнинную, удобную для производства [4]. Рост промышленности г. Пензы пришелся на рубеж XIX – XX веков. Северная равнинная часть города получает высотные акценты в виде инженерных сооружений. У Хлебной площади – паровые мельницы, у железной дороги – элеватор и водонапорные башни. На окраинах появлялись заводские трубы Трубочного завода, Писчебумажной фабрики и др. Уже тогда перспективные виды на северную часть ул. Лекарской (Володарского) и ул. Московской замыкали промышленные сооружения. В нагорной части высотными акцентами становятся пожарные депо на ул. Троицкой (Кирова) (рис. 7 цв. вклейки) и ул. Никольской (К. Маркса).

#### **Советский период**

Вплоть до 1930-х годов силуэт города не менялся. Затем в рамках борьбы с религией большинство церквей было закрыто. Вскоре силуэт города стал решительно меняться, первой в 1931 г. была снесена Казанская церковь на о. Пески. В 1934 году был уничтожен Спасский собор – высотная доминанта с самого основания города. К 1950-60-м годам почти все колокольни были уничтожены, а сами церкви, если не снесены, то обезглавлены. Взамен утраченной системы высотных

**К СТАТЬЕ Е. П. КУТАЯ**  
**«РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ВЫСОТНЫХ ОРИЕНТИРОВ ЦЕНТРА**  
**ИСТОРИЧЕСКОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ Г. ПЕНЗЫ)»**



1918 г.

Рис. 1. Наложение системы ориентиров на природный каркас.

Отмечено расположение слобод в XVII веке: А – Спасский собор; церкви: Б – Никольская; В – Петропавловская; Г – Богоявленская; Д – Покровская; Е – Преображенская; Ж – Троицкий монастырь; З – Рождественская; И – Воскресенская; К – Казанская; Л – Введенская; М – Всехсвятская; Н – Спасо-Преображенский монастырь; О – Митрофановская; П – Костел; Р – Боголюбская; С – Мироносицкая



2015 г.

Рис. 2. Существующее положение высотных ориентиров во взаимосвязи с природным каркасом и градостроительной композицией: буквами обозначены церкви, смотри обозначения рис. 1; цифрами обозначены высотные доминанты, построенные после 1918 г.: 1–3 – инженерные сооружения; 4–16 – жилые и общественные здания





Рис. 3. Гравюра вида Пензы с рисунка А. И. Свечина, 1764 г.

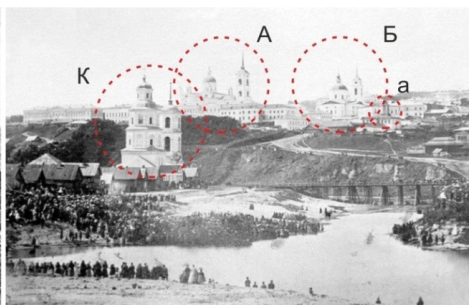


Рис. 4. Вид на Пензу с правого берега: А – Спасский собор; Б – Никольская церковь; К – Казанская церковь; а – пожарное депо

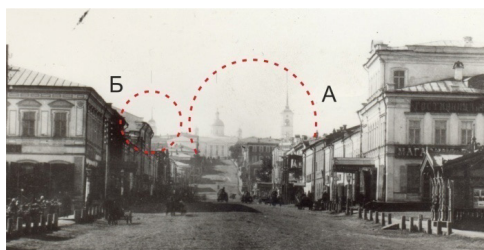


Рис. 5. Вид с ул. Московской на Спасский собор (А) и Никольскую церковь (Б)

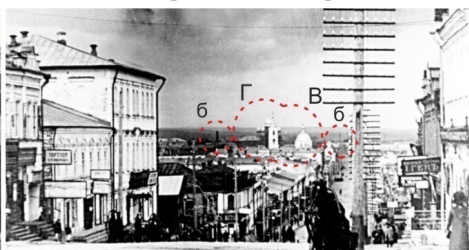


Рис. 6. Вид с ул. Московской на Петропавловскую (В) и Богоявленскую (Г) церкви; б – заводские трубы

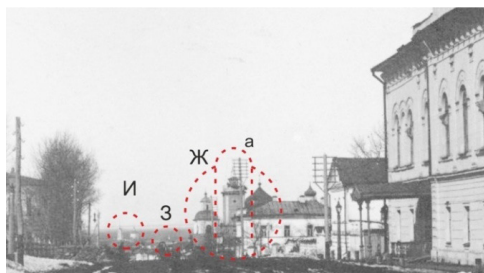


Рис. 7. Вид ул. Троицкой (Кирова): а – пожарное депо; И – Воскресенская церковь; Ж – Троицкий монастырь; З – Рождественская церковь

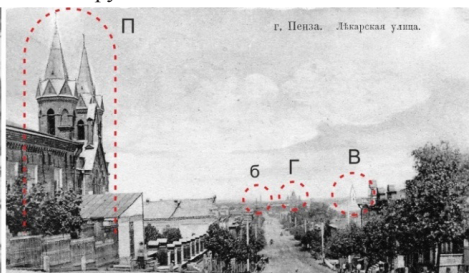


Рис. 8. Вид ул. Лекарской (Володарского): б – заводские трубы; В – Петропавловская церковь; Г – Богоявленская церковь; П – костел

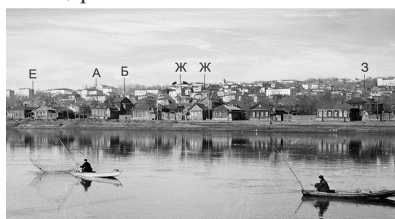


Рис. 9. Вид с правого берега р. Суры на центр Пензы, 1940-50-е гг. Буквами отмечены места разрушенных церквей: А – Спасского собора; Б – Никольской; Е – Преображенской; Ж – Троицкого монастыря; З – Рождественской

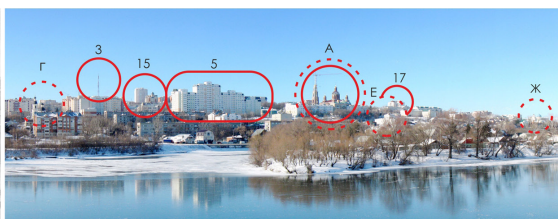


Рис. 10. Вид на Пензу, 2015 г.: А – Спасский собор; Г – Покровская церковь; Е – Преображенская церковь; 3 – телевышка; 5, 15, 17 – жилые дома





ориентиров город долго не получает новую (рис. 9 цв. вклейки). Центр застраивается зданиями не выше 5 этажей. Перестраивается район Базарной площади, появляются первые типовые дома. Новая равновысотная застройка севернее ул. Пушкина нарочито делает силуэт города плоским. В других частях центра холмистый рельеф спасает ситуацию. В обзоре города с верхней части центра выделяется новый Дом Советов благодаря не столько высоте, сколько своему масштабу и большой площади перед ним.

Доминантами служили технические сооружения за пределами центра: на горизонте с севера – трубы ТЭЦ-1 (1943 г.), с запада – телевышка (1957 г.), с юга – ТЭЦ-2 (1957 г.) (рис. 2 цв. вклейки).

Повышение этажности побудило к строительству новых высотных доминант. В 1970-х гг. в центре стали строиться 9-этажные жилые и общественные здания. Новый административный центр отмечен тремя высотными акцентами: на ул. Володарского – здание сельхозорганизаций, на новой административной площади перед Горисполкомом строится многоэтажное офисное здание Пензгражданпроекта, через дорогу – здание гостиницы «Интурист» такой же высоты. Это выделяет площадь в силуэте города, ее высотные акценты видны с набережной и с холма центра. Проектировщики воспользовались классическим принципом – высотной доминантой обозначить начало новой центральной оси города ул. Пушкина. Но из-за плоского рельефа и значительного отступа от красной линии с ул. Пушкина они не видны.

Во второй половине 1970-х гг. доминанты располагаются в следующих важных композиционных узлах: три 12-этажных дома на ул. Урицкого обозначают ось набережной Суры; новое здание вокзала становится заметным в структуре города благодаря 11-этажной гостинице, включенной в его объем. Но есть примеры постановки доминант в структуре города, не обоснованные логически, прежде всего, это многоэтажные жилые дома.

### **Позднесоветский и постсоветский периоды**

С конца 1980-х гг. начинается восстановление исторических доминант – церквей. Несмотря на то, что окружающая застройка подросла, церкви до сих пор выделяются в прибрежной панораме благодаря сложному силуэту. Часть храмов граничила с крутыми склонами, переходящими в набережные, и эти условия были сложны для советских строителей. Поэтому со стороны р. Суры храмы не закрывались новыми постройками.

1990-е – середина 2000-х гг. в основном ознаменованы восстановлением исторической среды города, новые здания в центре, как правило, невысокие, в основном подчинены исторической застройке.

С середины 2000-х начинается новый бурный рост строительной отрасли. Масштаб и этажность застройки значительно увеличились. Появление высотных акцентов в городе объясняется наличием свободных участков под застройку. Доминанты (жилые дома, многоэтажные паркинги) случайны как по расположению, так и по функции. Закрываются виды на церкви с городских магистралей. Среди всей композиционной неразберихи в середине 2000-х гг. наверху и внизу по ул. Московской строятся 2 дома с угловыми башнями, которые подобно утраченным церквям – Никольской и Петропавловской – закрепляют исторические границы улицы, правда, эти дома можно классифицировать только как доминанты местного уровня. А в 2010 году начинается строительство Спасского собора (рис. 10 цв. вклейки). Сейчас, когда основной его объем достроен, можно сказать, что и спустя 80 лет, даже на фоне подросшей окружающей застройки, он является доминантой, композиционным центром, видимым за несколько километров.



### Выводы:

В ходе исследования развития исторического центра г. Пензы выявлено несколько этапов формирования высотных ориентиров:

1. 1663-1690-е гг. Закладка системы доминант, состоящей из храмов и крепостных башен (до XVIII в.). Храмы обозначали центры слобод.

2. 1700-1920-е гг. Развитие сложившейся системы доминант, которая объединяла город в ансамбль, отчасти соответствовала природному каркасу – главный храм на вершине холма, 5 храмов расположены на одной линии вдоль р. Пензы (Суры), вся система рассчитана на раскрытие с реки и правобережья. Доминантами выделялись главные градостроительные узлы и оси: пл. Соборная, Базарная, Ярмарочная, ул. Московская, ул. Троицкая – В. Покровская (Кирова – Калинина). Система расширялась, доминанты укрупнялись вместе с изменением масштаба тканевой застройки, но при этом ориентиры никогда не меняли своего расположения, сохранялась иерархия высотных акцентов. Эта система просуществовала до 1930-х гг., когда началось ее физическое уничтожение.

На рубеже XIX – XX вв. в низинной части города появляются акценты в виде заводских труб и прочих инженерных сооружений.

2. 1930 – 1960-е гг. Утрата старой системы высотных ориентиров, отсутствие новой. Ориентирами служат промышленные сооружения на периферии.

3. 1970 – 1984 гг. Формирование системы доминант нижней террасы центра. Комплексом доминант выделяются: градостроительные узлы (новая административная площадь, вокзальная площадь); природный каркас – набережная р. Суры. Стали появляться высотные жилые дома, теперь смысловая важность наполнения доминант отодвинута на второй план.

4. 1985 – 2005 гг. Восстановление храмов, застройка средней этажности в исторической среде, строительство доминант, выделяющих природный каркас на вершине холма (выше ул. Красной).

5. 2006 г. – наши дни. Новое строительство 10 этажей и выше, случайная их постановка приводят к деградации системы ориентиров. Лишь часть построек подчеркивает композиционные оси и узлы. Возводится Спасский собор, который стал доминантой городского уровня.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбальченко, Ю. Д. Градостроительные преобразования в провинциальных городах России XVIII – начала XX вв. / Ю. Д. Рыбальченко // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2009. – № 2 (10). – С. 65–71.
2. Бархин, М. Г. Город, структура и композиция / М. Г. Бархин. – Москва : Наука, 1986. – 263 с.
3. Лапшина, Е. А. Композиция города и рельеф : монография / Е. А. Лапшина ; Дальневост. гос. техн. ун-т. – Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2003. – 240 с.
4. Крогиус, В. Р. Город и рельеф / В. Р. Крогиус. – Москва : Стройиздат, 1979. – 129 с.
5. Дворжанский, А. И. Топонимика Пензы. История Пензенских улиц. Улица Троицкая / А. И. Дворжанский, И. С. Шишкин. – Москва : Локус Станди, 2012. – 460 с.
6. Щукин, С. И. Губернский город Пенза на рубеже XIX–XX веков : [Кн.-альбом] / С. И. Щукин. – Пенза : [б. и.], 2001. – 227 с. : ил.



**KUTAY Evgeniy Petrovich, postgraduate student of the chair of urban planning**

**DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF HIGH-RISE LANDMARKS IN THE  
CENTER OF A HISTORICAL CITY (BY THE EXAMPLE OF PENZA CITY)**

Penza State University of Architecture and Constructon

28, Titov St., Penza, 440028, Russia. Tel./fax: +7 (841) 249-72-77;

e-mail: kutayevg@gmail.com

*Key words:* high-rise landmarks, city center, city composition, panorama, city center reconstruction.

---

*The article examines the dynamics of development of high-rise landmarks in the central part of the city of Penza since its foundation till nowadays. The relationship of landscape and urban dominants is investigated.*

---

REFERENCES

1. Rybalchenko Yu. D. Gradostroitelnye preobrazovaniya v provintsialnykh gorogakh Rossii XVIII – nachala XX vv. [Town-planning transformations of provincial towns of Russia of XVIII – the beginning of XX centuries]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [The Privolzhsky Scientific Journal], № 2 (10), June 2009. 260 p.
2. Barkhin M. G. Gorod, struktura i kompozitsiya [City, structure and composition]. Moscow. Nauka, 1986. 263 p.
3. Lapshina E. A. Kompozitsiya goroda i rel'ef : monografiya [The composition of the city and relief (monograph)]. Dalnevost. gos. tekhn. un-t. Vladivostok, 2003. 240 p.
4. Krogus V. R. Gorod i rel'ef [City and relief]. Moscow. Stroyizdat, 1979. 129 p.
5. Dvorzhansky A. I., Shishkin I. S. Toponimika Penzy. Istoriya Penzenskikh ulits. Ulitsa Troitskaya [Toponymy of Penza. History of Penza streets. Troitskaya Street]. Moscow. Lokus Standi, 2012. 460 p.
6. Schukin S. I. Gubernskiy gorod Penza na rubezhe XIX–XX vekov [Provincial city of Penza at the turn of XIX–XX centuries]. Penza, 2001. 191 p.

© **Е. П. Кутай, 2016**

Получено: 19.10.2015 г.

### ЮБИЛЕЙ ПРОФЕССОРА С. В. СОБОЛЯ



*20 февраля 2016 г. исполнилось 70 лет Станиславу Владимировичу Соболю, доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой гидротехнических сооружений ННГАСУ, главному редактору «Приволжского научного журнала».*

С. В. Соболев родился в г. Горьком в послевоенном 1946 году. В 1969 г. окончил Горьковский инженерно-строительный институт им. В. П. Чкалова по специальности «Строительство речных сооружений и гидроэлектростанций», где остался работать ассистентом. В 1975 г. защитил кандидатскую, а в 1993 г. в диссертационном совете при Санкт-Петербургском государственном техническом университете защитил докторскую диссертацию «Взаимодействие водохранилищ с основанием и берегами в области вечной мерзлоты» по специальности «Гидротехническое и мелиоративное строительство». Поднялся по служебной лестнице в вузе от ассистента до профессора (1994 г.), в 1995 г. был избран по конкурсу и занял должность заведующего кафедрой гидротехнических сооружений, в которой пребывает по настоящее время. В 2006–2013 гг. успешно трудился на посту проректора ННГАСУ по научной работе.

Профессиональные интересы С. В. Соболева распространяются на строительство гидроузлов и водохранилищ в сложных природных условиях. Им опубликовано более 160 научных статей, 5 монографий, в том числе первая в России книга «Водохранилища в области вечной мерзлоты» (2007 г.), составлено несколько сборников научных трудов и учебных пособий по гидротехнике, получено 12 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

За годы работы С. В. Соболева заведующим кафедрой гидротехнических сооружений ее сотрудники защитили пять кандидатских и две докторских диссертации, из ее коллектива вышли четыре проректора университета, два заведующих смежными кафедрами, два ведущих доцента получили должности профессоров. Научная, проектная и экспертная деятельность кафедры распространяется на крупные гидротехнические объекты приволжского региона и северо-востока страны, дает вузу наибольший среди кафедр объем контрактных работ.

С. В. Соболев был одним из организаторов научного конгресса международного научно-промышленного форума «Великие реки» в г. Нижнем Новгороде, одним из создателей «Приволжского научного журнала», учрежденного университетом, является членом научно-технического совета Верхневолжского бассейнового округа, работает в диссертационных советах и редколлегиях журналов гидротехнического профиля.

В 2008 г. профессору С. В. Соболю присвоено звание «Почетный работник высшего профессионального образования».

*Ректорат, коллектив преподавателей и сотрудников ННГАСУ, редакторская коллегия «Приволжского научного журнала», поздравляют Станислава Владимировича с юбилеем, желают ему доброго здоровья, благополучия, творческих успехов на предстоящие годы!*

**ЮБИЛЕЙ ПРОФЕССОРА В. И. БОДРОВА**

*19 февраля 2016 года исполнилось 75 лет Валерию Иосифовичу Бодрову, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой отопления и вентиляции ННГАСУ, члену редакционной коллегии «Приволжского научного журнала».*

В. И. Бодров окончил Горьковский инженерно-строительный институт им. В. П. Чкалова в 1964 г., затем обучался в аспирантуре МИСИ им. В. В. Куйбышева, в 1971 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в 1988 г. – докторскую диссертацию. С 1976 г. по настоящее время В. И. Бодров является заведующим кафедрой отопления и вентиляции.

Под руководством профессора В. И. Бодрова в ННГАСУ создана и успешно работает научно-педагогическая школа по разработке систем обеспечения микроклимата производственных сельскохозяйственных зданий, разработаны основы теории теплообмена в биологически активных средах, методология нормирования теплозащитных характеристик наружных ограждений и основы расчета систем обеспечения микроклимата энергоэффективных сельскохозяйственных зданий. При активном участии В. И. Бодрова разработана методика расчета систем поддержания параметров микроклимата в культовых сооружениях, результатом которой явился отраслевой стандарт «Храмы православные. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха», изданный в 2002 г. и переизданный в 2004 г.

Профессор В. И. Бодров является автором более 300 научных и учебно-методических публикаций, 8 монографий, 22 учебно-методических пособий. Им подготовлено 3 доктора технических наук, более 30 кандидатов технических наук, работающих в различных регионах страны и за рубежом. Валерий Иосифович большое внимание уделяет общественной деятельности, являясь членом УМО по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция», членом диссертационных советов при НИУ МГСУ (г. Москва) и ТюмГАСУ (г. Тюмень).

За плодотворную учебно-методическую и научную работу, подготовку высококвалифицированных кадров в 2002 г. профессору В. И. Бодрову присвоено почетное звание «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации», а в 2010 г. – почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

*Ректорат, коллектив преподавателей и студентов ННГАСУ, редакция «Приволжского научного журнала» сердечно поздравляют Валерия Иосифовича с юбилеем, желают ему здоровья и творческих успехов!*

## ЮБИЛЕЙ ПРОФЕССОРА Р. ГРЭФЕ



*22 февраля 2016 года исполнилось 75 лет Райнеру Грэфе, профессору Университета Леопольда-Франца (Leopold-Franzens-Universität Innsbruck), г. Инсбрук (Австрия), почетному доктору ННГАСУ, члену редакционной коллегии «Приволжского научного журнала».*

Профессор Грэфе сотрудничает с Нижегородским государственным архитектурно-строительным университетом более десяти лет. За это время он зарекомендовал себя надежным зарубежным партнером и высококвалифицированным специалистом.

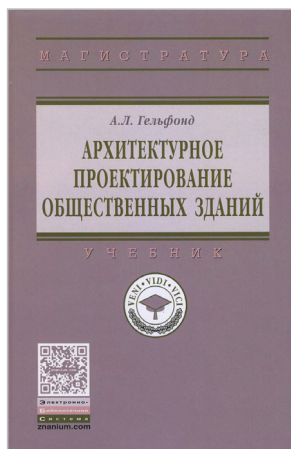
Райнер Грэфе родился в 1941 году в Берлине. Свою научную деятельность он начал в 1969 году с защиты магистерской диссертации по теме «Идея театра Баухауз». В 1976 году после защиты диссертации по теме «Римский театр Вела» ему была присвоена ученая степень доктора философии.

Свою трудовую деятельность Райнер Грэфе начал в Университете Штутгарта, где он занимался историей дизайна в строительстве, а также изучал природные конструкции. Начиная с 1991 года по настоящее время, профессор Грэфе работает в Университете Леопольда-Франца. В течение многих лет он руководил Институтом истории архитектуры и охраны. Научная деятельность Р. Грэфе неразрывно связана с Россией, с изучением творческого наследия великого русского инженера В. Г. Шухова. В 2003 году за свои научные разработки профессор Грэфе был награжден Союзом научных и инженерных объединений (обществ) и Российским Союзом научных и инженерных организаций Золотой медалью им. В. Г. Шухова. В составе международного коллектива ученых, архитекторов и инженеров он принимал участие в проекте восстановления Шуховской башни на р. Оке вблизи г. Дзержинска Нижегородской области.

*Ректорат Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, сотрудники Международной кафедры ЮНЕСКО ННГАСУ, редакционная коллегия «Приволжского научного журнала» поздравляют Райнера Грэфе с юбилеем и от всей души желают успехов в научной и педагогической деятельности, здоровья и благополучия!*



## НОВЫЕ ИЗДАНИЯ



**Гельфонд, А. Л.** Архитектурное проектирование общественных зданий : учебник / А. Л. Гельфонд. – Москва : ИНФРА-М, 2016. – 368 с. : [16] с цв. ил. – (Высшее образование: Магистратура). – [www.dx.doi.org/10.12737/14046](http://www.dx.doi.org/10.12737/14046).

ISBN 978-5-16-010739-4 (print)

ISBN 978-5-16-102744-8 (online)

Учебник посвящен основным принципам формирования архитектуры общественных зданий различного типа. Рассматривает социальные, экономические, градостроительные, функциональные, планировочные, конструктивные, композиционно-художественные основы проектирования, а также нормативные требования к проектированию общественных зданий. Настоящий курс охватывает материал от изучения структурных узлов здания и отдельных его элементов до сооружения в целом и направлен на то, чтобы максимально ознакомить студентов с потребностями реального архитектурного проектирования. Большое внимание уделено всем актуальным в настоящее время типам зданий: учебно-воспитательным учреждениям, музейно-выставочным, спортивным сооружениям; учреждениям торговли и общественного питания; сооружениям по обслуживанию автомобилей; зрелищным сооружениям; кредитно-финансовым учреждениям; офисам; бюро: деловым центрам, а также многофункциональным комплексам.

Предназначен для студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям 07.03.01, 07.04.04, 07.06.01 «Архитектура».

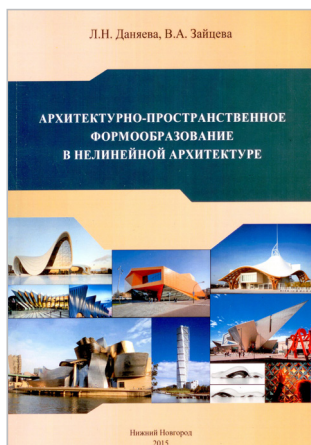


**Иллюстрированный каталог объектов культурного наследия (памятников истории и культуры), расположенных на территории Павловского района Нижегородской области:** [отв. ред. А. В. Лисицына]. – Нижний Новгород : Кварц, 2015. – 560 с. : ил.

ISBN 978-5-906698-34-6

В каталог включены статьи, посвященные объектам культурного наследия (памятникам истории и архитектуры), расположенным на территории Павловского района Нижегородской области. Каталог иллюстрирован натурными и архивными фотографиями, а также обмерными и архивными чертежами; снабжен предметным, именным и географическим указателями, обширным списком литературы и других источников.

Для архитекторов, градостроителей, реставраторов, искусствоведов, музейных работников, сотрудников органов охраны памятников, экскурсоводов, краеведов и всех интересующихся отечественной культурой.



**Даняева, Л. Н.** Архитектурно-пространственное формообразование в нелинейной архитектуре : монография / Л. Н. Даняева, В. А. Зайцева ; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2015. – 128 с.

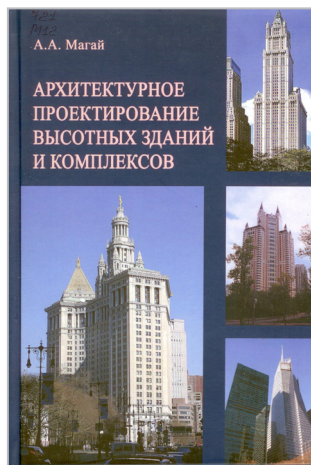
ISBN 978-5-528-00077-0

Монография раскрывает вопросы архитектурно-пространственного формообразования в нелинейной архитектуре как науки о сложных системах, включающих фрактальную геометрию, нелинейную динамику, неокосмологию, теории самоорганизации. Нелинейная архитектура рассматривается как результат развития новых методов мышления современной

науки и философии нелинейности, представления об объемно-пространственном формообразовании как многосложной, динамической, саморазвивающейся системе с изменяющейся мировоззренческой перспективой, повлиявшей как на сознание людей, так и архитектурно-строительную концепцию современного проектирования.

Исследование рассматривает основные направления развития творческого потенциала современного проектирования и строительства, а также показывает, что нелинейная архитектура предоставляет безграничные возможности для реализации идейно-художественных, функционально-конструктивных и инженерно-технических концепций архитектурно-пространственного формообразования в новейшей архитектуре.

Предназначена проектировщикам, студентам вузов архитектурно-строительных специальностей, аспирантам, магистрантам.



**Магай, А. А.** Архитектурное проектирование высотных зданий и комплексов : учеб. пособие / А. А. Магай. – Москва : АСВ, 2015. – 248 с.

ISBN 978-5-4323-0057-7

В учебном пособии приведены основные термины и определения высотных зданий, их объемно-пространственных элементов и типологических структур, даны основные характеристики и классификация разных типов высотных зданий и комплексов: специализированных жилых зданий, гостиниц, офисных зданий, технологических, финансовых, медицинских, учебных и многофункциональных, включающих перечисленные выше функции в одном здании. Приведены отечественные и зарубежные

примеры, подтверждающие тот или иной тип высотного здания.



Раскрыто влияние различных факторов на формирование разных типов высотных зданий и комплексов и в первую очередь ветровых воздействий, конструктивных и инженерных решений, санитарно-гигиенических требований и др.

Приведены примеры различных архитектурно-планировочных и конструктивных решений, применения различных альтернативных источников энергии.

В пособии освещены перспективные направления развития высотных зданий и комплексов, городов-башен, городов-пирамид. Даны материалы по проектам, располагаемым на земле, под землей, на воде и под водой.

Поскольку в пособии освещены самые различные проблемы, возникающие при разработке проектов, включены разнообразные примеры отечественного и зарубежного опыта проектирования высотных зданий и комплексов, в первую очередь оно предназначено для студентов, аспирантов, а также для квалифицированных специалистов, слушателей курсов повышения квалификации.

## ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И УСЛОВИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НАУЧНОЙ СТАТЬИ В ПЕРИОДИЧЕСКОМ НАУЧНОМ ИЗДАНИИ «ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»

### 1. Список материалов, необходимых для публикации научной статьи

1.1. Автор (авторы) в соответствии с приведенными ниже требованиями должен оформить материалы научной статьи: рукопись статьи и сопроводительные документы к ней. Журнал является двуязычным и материалы научной статьи могут подаваться в редакцию на русском или на английском языках (здесь имеется ввиду язык основного текста статьи, т. к. часть материалов статьи должна оформляться на обоих языках).

1.2. Рукопись статьи представляется в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4 (оформление – см. п. 2) и в электронном виде (оформление – см. п. 3). ***Печатный и электронный варианты рукописи статьи должны быть идентичны.***

1.3. Сопроводительные документы к рукописи статьи должны включать в себя:

1.3.1. Сопроводительное письмо в двух экземплярах в печатном виде на листе формата А4 **по утвержденной форме**, которая приведена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> Данное письмо подписывается руководителем организации (юридического лица), откуда исходит рукопись статьи. Если автор статьи не является работником какой-либо организации, не является аспирантом, докторантом, соискателем ученой степени, то сопроводительное письмо подписывается им лично (в этом случае к сопроводительному письму должны прилагаться документы, подтверждающие статус безработного). Для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, сопроводительное письмо представлять не требуется.

1.3.2. Выписку из протокола заседания кафедры (отдела, научно-технического совета или иного правомочного органа) с рекомендацией статьи к публикации в Приволжском научном журнале в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то вместо выписки представляется рекомендация к опубликованию, подписанная научным работником, имеющим ученую степень по соответствующей специальности (определяется по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России).

1.3.3. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Данный документ оформляется по форме, утвержденной в организации, откуда исходит рукопись статьи. Форма экспертного заключения, утвержденная в ННГАСУ, размещена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> (для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, данный документ оформляется в отделе интеллектуальной собственности и трансфера технологий (корпус II, каб. 213-а, тел.: (831) 430-19-34)).

Если в организации, откуда исходит рукопись статьи, нет утвержденной формы экспертного заключения, то в качестве образца может использоваться форма ННГАСУ (при этом автор должен внести соответствующие изменения в наименования должностей и Ф.И.О. ответственных лиц). Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати представлять не требуется.

1.3.4. Документ (копия бланка подписки), подтверждающий оформление подписки на Приволжский научный журнал на 2 (два) номера или более (ин-



декс 80382 в каталоге Агентства «Роспечать»). Подписка может быть оформлена физическим или юридическим лицом. Требование по оформлению подписки **не распространяется** на следующие категории лиц: 1) на аспирантов (статус аспиранта подтверждается справкой из организации, в которой проходит обучение в аспирантуре); 2) на штатных сотрудников ННГАСУ; 3) на членов редакционной коллегии Приволжского научного журнала. *Примечание:* если соавтором статьи является лицо, не относящееся ни к одной из вышеуказанных категорий, то требование по оформлению подписки на журнал сохраняется.

1.4. Если авторами статьи являются работники различных организаций (юридических лиц), то сопроводительные документы оформляются от одной из организаций (по усмотрению авторов), а от остальных необходимо представить выписки из протоколов заседаний кафедр (отделов, научно-технических советов или иных правомочных органов) с рекомендацией статьи к опубликованию с учетом сформированного авторского коллектива. Данные выписки должны быть подписаны руководителем организации, которая заверяется печатью организации.

## **2. Правила оформления рукописи научной статьи в печатном виде**

2.1. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи **на русском языке**) должна включать в себя следующие составные элементы:

- индекс УДК (универсальная десятичная классификация);
- фамилии, инициалы авторов **на русском языке**;
- ученые степени и ученые звания авторов **на русском языке** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);
- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) **на русском языке** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);
- название статьи **на русском языке**;
- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на русском языке**;
- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на русском языке**: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;
- ключевые слова **на русском языке** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);
- аннотация статьи **на русском языке** (общий объем не более 0,3 стр.);
- основной текст статьи **на русском языке**;
- библиографический список **на русском языке** (не менее трех источников);
- фамилии, имена, отчества (полностью) авторов **на английском языке**;
- ученые степени и ученые звания авторов **на английском языке** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);
- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) **на английском языке** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);
- название статьи **на английском языке**;
- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на английском языке**;





- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на английском языке**: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;

- ключевые слова **на английском языке** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);  
- аннотация статьи **на английском языке** (общий объем не более 0,3 стр.);  
- библиографический список **на английском языке** (не менее трех источников);  
- знак охраны авторского права, состоящий из следующих элементов: латинская буква «С» в окружности, фамилии, инициалы авторов на русском языке, год направления статьи в редакцию.

**Расположение и оформление вышеперечисленных частей рукописи статьи должно соответствовать образцу оформления научной статьи, который размещен на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru>.**

2.2. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи **на английском языке**) должна включать в себя те же составные элементы, которые указаны в п. 2.1. При этом русскоязычное написание заменяется на англоязычное, а англоязычное – на русскоязычное.

2.3. При оформлении рукописи статьи необходимо соблюдать следующие требования:

2.3.1. Текст рукописи статьи набирается на компьютере в текстовом редакторе «Microsoft Word» и распечатывается на принтере на листах бумаги формата А4 с одной стороны. Плотность бумаги 80 г/м<sup>2</sup>. Размеры полей страниц: верхнее 25 мм, нижнее 25 мм, левое 25 мм, правое 25 мм. Страницы должны быть пронумерованы в нижней правой части.

2.3.2. Текст рукописи статьи набирается шрифтом Times New Roman Cyr. Шрифт № 14 с межстрочным интервалом 1,0 (одинарный) используется для набора следующих частей рукописи: индекс УДК, Ф.И.О. авторов, ученые степени и ученые звания авторов, должности авторов, название статьи. Шрифт № 14 с межстрочным интервалом 1,5 (полуторный) используется для набора следующих частей рукописи: основной текст статьи, знак охраны авторского права. Шрифт № 12 с межстрочным интервалом 1,0 (одинарный) используется для набора следующих частей рукописи: наименование организации (места работы авторов), контактная информация (адрес организации и др.), аннотация статьи, ключевые слова, библиографический список.

2.3.3. Буквы русского и греческого алфавитов (в том числе индексы), а также все цифры (в том числе индексы) необходимо набирать прямым шрифтом, а буквы латинского алфавита – курсивом. Аббревиатуры, стандартные функции (Re, sin, cos и т. п.) и символы химических элементов набираются прямым шрифтом.

2.3.4. Текст статьи может включать формулы, которые должны набираться **только с использованием редактора формул «Microsoft Word»**. При этом необходимо использовать редактор формул «MathType 6» или «Microsoft Equation 3.0». При использовании текстового редактора «Microsoft Word, Office-2010» не допускается использование редактора формул, открывающегося по команде «Вставка – Формула» (кнопка «л» 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 Сур, 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 ВПО «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 профессионального 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 2016 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 >